

PEMANFAATAN LIMBAH KACA LAMPU SEBAGAI MEDIA PERALATAN PRAKTIKUM UNTUK PEMBELAJARAN KIMIA

Itsnaini Rahmawati, Yuni Nurfiana, Izzatin Kamala, Arif Hidayat, dan Friyatmoko W. K.

Mahasiswa FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

Abstract

This research is aimed at finding out the making process, the performance and suitability of products, the endurance of products toward temperature and chemical substances, to know the appreciation of chemistry society (students and lecturers) about the chemistry practical equipment glass which is made of lamp glass waste.

The methods employed in this research are making the products, temperature endurance testing, chemical substances' endurance testing and appreciation of the products testing.

The results of the research show that (1) the process of making chemistry practical equipments from lamp glass waste consist of five steps (sorting the lamp glass, cleaning lamp glass, making the models, glassblowing and testing products), (2) the products include tube, baker glass, volumetric glass, pipette, flask volumetric, erlenmeyer, graduate pipette. (3) based on the temperature testing, in which the temperature is up to 180°C the products are good, and based on the chemical substance testing, which is 12 M of acid and base, the products also are good. (4) based on the questionnaires revealing the appreciation of chemical society about performance and utility of the products, the average score of performance is 9.7 ($X=9.7$). It means the performance of products is sufficient. The average score of utilizing the products is 8.5 ($X=8.5$).

Keywords: lamp glass waste, chemistry equipments glass, chemistry learning

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan berjalan seiring dengan kebutuhan masyarakat. Semakin banyak ditemukannya pengetahuan akan memicu keberagaman kebutuhan masyarakat. Kebutuhan masyarakat tersebut dapat dipenuhi dengan teknologi manusia. Listrik dan penerangan merupakan kebutuhan pokok bagi masyarakat saat ini. Konsekuensinya, produk-produk lampu banyak bermunculan di Indonesia. Berbagai jenis merk lampu dengan beragam tingkat kualitas dapat ditemukan, mulai dari produk dengan kualitas efisiensi pendek sampai dengan yang tinggi. Hal ini didasarkan pada komposisi bahan pembuatan lampu itu sendiri.

Semakin banyak kebutuhan lampu pada masyarakat menyebabkan semakin banyak pula limbah kaca lampu yang terdapat di lingkungan. Berdasarkan survei yang telah dilakukan, setiap rumah menghasilkan 2 sampai 10 buah limbah kaca lampu dalam satu tahun (Antonius, 2007: 19). Hal ini terjadi karena kaca lampu yang sudah tidak berfungsi lagi hanya dibuang oleh masyarakat dan akhirnya menjadi limbah bagi

lingkungan. Kaca lampu merupakan gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir, serta berbagai penyusun lainnya (Viko Ladelta, 2007). Seperti halnya limbah anorganik lain, kaca lampu akan sulit mengalami proses dekomposisi secara biologis, fisis, maupun kimia (A.K. Prodjosantoso, 2007).

Sementara kebutuhan akan media pembelajaran kimia semakin meningkat, persaingan global telah memaksa ahli kimia untuk memiliki keahlian dan keterampilan dalam menggunakan alat-alat gelas yang ada di laboratorium kimia. Kenyataannya, ketersediaan alat-alat gelas tersebut belum mencukupi. Salah satu faktor penyebab kurangnya media pembelajaran tersebut adalah harga alat yang cukup mahal.

Pada temperatur tertentu kaca mudah dibentuk, sehingga dengan menggunakan teknik pengelasan, limbah kaca lampu dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan alat-alat gelas yang sering digunakan di laboratorium kimia. Oleh karena itu, sangat diperlukan adanya suatu penelitian untuk memanfaatkan limbah kaca lampu sebagai media pembelajaran kimia. Karena terlalu banyaknya macam alat peraga kimia, maka untuk memfokuskan arah penelitian ini akan dilakukan pembatasan pada pembuatan alat peraga yang umum digunakan dalam pembelajaran kimia, yaitu tabung reaksi, gelas beker, gelas ukur, pipet tetes, kaca arloji, corong kaca, buret, erlenmeyer, pipa U. Pengujian akan dilakukan pada percobaan penurunan titik beku larutan, daya hantar listrik larutan elektrolit, dan penentuan panas pelarutan.

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan 3 permasalahan, meliputi: 1) Bagaimana bentuk fisik dan kesesuaian ukuran dari peralatan praktikum kimia dari limbah kaca lampu? 2) Bagaimana ketahanan produk terhadap suhu dan zat kimia? 3) Bagaimana keberterimaan masyarakat (dosen dan mahasiswa kimia) terhadap peralatan praktikum kimia dari limbah kaca lampu?

KAJIAN TEORI

Kaca/Gelas

Gelas dapat didefinisikan menurut ilmu fisika dan ilmu kimia (Suryono, 2002 : hal 64). Menurut ilmu fisika, gelas adalah benda yang berwujud *liquid* padat, yang berasal dari *liquid* cair yang didinginkan, sehingga mempunyai viskositas besar (10^3 poise) dan titik leburnya tidak tetap (2000 - 2600 °C). Menurut ilmu kimia, gelas merupakan kumpulan senyawa oksida anorganik yang tidak mudah menguap, berasal dari peleburan senyawa alkali (Na, K, Li, Rb, dan Cs), alkali tanah (Ca, Ba, Sr, Mg), dan silikat (SiO_2) serta senyawa pembentukan gelas yang lain. Beberapa sifat kaca secara umum adalah:

1. Padatan amorf (*short range order*).
2. Berwujud padat tetapi susunan atom-atomnya seperti pada zat cair.
3. Tidak memiliki titik lebur yang pasti (ada range tertentu).
4. Memiliki viskositas cukup tinggi (lebih besar dari 10¹² Pa.s).
5. Transparan, tahan terhadap serangan kimia, kecuali hidrogen fluorida, sehingga kaca banyak dipakai untuk peralatan laboratorium.
6. Efektif sebagai isolator.
7. Mampu menahan vakum, tetapi rapuh terhadap benturan. (sumber: Michael Barsounan, 1997)

Secara umum, kaca komersial dapat dikelompokkan menjadi beberapa golongan (Austin, 1996: hal 209), antara lain silika lebur, alkali silikat, kaca soda-gamping, kaca timbal, kaca borosilikat, kaca khusus, dan serat kaca.

Glassblowing

Glassblowing merupakan suatu teknik pembentukan gelas yang melibatkan hembusan cairan gelas di dalam suatu gumpalan gelas dengan bantuan pipa tiup. Tidak banyak orang menggunakan teknik ini untuk membuat barang-barang seni dan kerajinan dari kaca, seperti vas dan bunga kaca. Orang yang meniup gelas disebut *glassblower*, *glassmith*, atau *graffer*.

Sebagai suatu teknik pembentukan gelas yang ditemukan pada pertengahan abad pertama sebelum masehi, *glassblowing* sebelumnya dilakukan dengan hembusan. Hembusan tersebut menyebabkan ekspansi gumpalan cairan gelas dengan membuka sejumlah kecil udara ke dalamnya. Sifat tersebut didasarkan pada struktur cair dari gelas, dimana atom yang didirikan bersama dengan ikatan kimia yang kuat pada suatu susunan dan jaringan acak, yang mana cairan gelas cukup kental untuk ditiup dan mengeras secara perlahan karena kehilangan panas. Pada susunan bertambah kerasnya cairan gelas yang memblokirkan fasilitas proses peniupan yang lembut dapat merubah komposisi gelas (www.wikipedia.com/glassblowing).

Media Pembelajaran

Media berasal dari bahasa latin merupakan bentuk jamak dari “medium” yang secara harfiah berarti “perantara” atau “pengantar” yaitu perantara atau pengantar sumber pesan dengan penerima pesan. Beberapa ahli memberikan definisi tentang media pembelajaran. Schramm (1977) mengemukakan bahwa media pembelajaran adalah teknologi pembawa pesan yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan

pembelajaran. Sementara itu, Briggs (1977) berpendapat bahwa media pembelajaran adalah sarana fisik untuk menyampaikan isi/materi pembelajaran seperti buku, film, dan video. *National Education Association* (1969) mengungkapkan bahwa media pembelajaran adalah sarana komunikasi dalam bentuk cetak maupun pandang-dengar, termasuk teknologi perangkat keras.

Dari ketiga pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran adalah segala sesuatu yang dapat menyalurkan pesan, dapat merangsang fikiran, perasaan, dan kemauan peserta didik sehingga dapat mendorong terciptanya proses belajar pada diri peserta didik (Akhmadsudrajat.wordpress.com).

Media memiliki beberapa fungsi, diantaranya:

1. Media pembelajaran dapat mengatasi keterbatasan pengalaman yang dimiliki oleh para peserta didik.
2. Media pembelajaran dapat melampaui batasan ruang kelas. Banyak hal yang tidak mungkin dialami secara langsung di dalam kelas oleh para peserta didik tentang suatu objek, yang disebabkan karena : (a) objek terlalu besar; (b) objek terlalu kecil; (c) objek yang bergerak terlalu lambat; (d) objek yang bergerak terlalu cepat; (e) objek yang terlalu kompleks; (f) objek yang bunyinya terlalu halus; (g) objek berbahaya dan mengandung resiko tinggi. Melalui penggunaan media yang tepat, maka semua objek itu dapat disajikan kepada peserta didik.
3. Media pembelajaran memungkinkan adanya interaksi langsung antara peserta didik dengan lingkungannya.
4. Media menghasilkan keseragaman pengamatan.
5. Media dapat menanamkan konsep dasar yang benar, konkrit, dan realistik.
6. Media membangkitkan keinginan dan minat baru.
7. Media membangkitkan motivasi dan merangsang anak untuk belajar.
8. Media memberikan pengalaman yang integral/menyeluruh dari yang konkrit sampai dengan abstrak.

Alat-alat Gelas yang Digunakan dalam Laboratorium Kimia

Peralatan gelas merupakan alat pokok pembentukan laboratorium pendidikan, uji khusus, maupun penelitian. Kaca sebagai bahan baku peralatan gelas memiliki beberapa jenis kaca biasa, kaca *pyrex*, dan kaca *vycor*. Setiap jenis kaca memiliki sifat dan harga yang berbeda. Alat laboratorium diberi nama sesuai penemu alat seperti Erlenmeyer, atau berdasarkan kegunaannya, seperti batang pengaduk, labu takar, atau labu volumetri. Tingkat ketelitian alat laboratorium dibedakan ke dalam ketelitian tingkat

tinggi, sedang, dan rendah. Alat-alat gelas yang sering digunakan di laboratorium kimia antara lain : tabung reaksi, tabung nessler, gelas piala, labu Erlenmeyer.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen untuk selanjutnya hasil penelitian ini akan diuji. Metode yang digunakan adalah sebagai berikut :

Pengambilan Limbah Lampu

Limbah lampu yang digunakan dipilih berdasarkan:

1. Bentuk : silinder, U, dan bola.
2. Warna : bening tak berwarna

Pembuatan

1. Pembersihan serbuk neon: Pembersihan serbuk neon bertujuan untuk menghindari terbakarnya neon dan kotoran-kotoran lain untuk mempermudah dalam pengelasan. Alat pembersih yang akan digunakan berupa spon bertangkai panjang.
2. Rancang Model: Rancang model bertujuan untuk memprediksi bentuk dan ukuran produk yang akan dihasilkan. Bentuk yang dihasilkan adalah tabung reaksi, gelas beker, gelas ukur, pipet tetes, kaca arloji, corong kaca, buret, erlenmeyer. Ukuran produk disesuaikan dengan ukuran lampu.
3. Pengelasan: Ada 3 teknik dalam pengelasan, yaitu : teknik tiup, tarik, dan cetak.
4. Pembuatan skala ukuran volume: Membuat ukuran skala larutan dengan larutan HF.

Pengujian terhadap Suhu

1. Panas langsung : sampel produk berisi akuades dipanaskan dengan pembakar spirtus.
2. Panas tak langsung : memasukkan sampel produk dan standar pembanding ke dalam oven dengan yang telah diatur suhunya dengan menggunakan variabel suhu 50 °C, 60 °C, 70 °C,, 100°C. Pengamatan secara visual : adanya perubahan warna, bentuk, dan ukuran. Indikator keberhasilan : produk tidak pecah dan tidak leleh.

Pengujian terhadap Zat Kimia

Sampel produk kering (bebas air) ditimbang, dicatat massanya. Dilakukan kontak langsung dengan zat kimia (asam kuat dan basa kuat) dengan variabel konsentrasi 3 M, 6 M, dan 10 M selama satu hari. Sampel produk tersebut dicuci dan dikeringkaa hingga bebas air. Ditimbang massanya, dan dilakukan pengamatan visual (bentuk, warna, ukuran). Dibandingkan dengan produk lain yang tidak mengalami kontak terhadap zat

kimia. Indikator keberhasilan : tidak terjadi perubahan fisik, tidak terjadi perubahan massa yang signifikan.

Pengujian Ketepatan Skala

Mengisi aquades pada alat pembanding dengan volum tertentu. Mengisi aquades pada produk yang akan dibandingkan dengan volum yang sama. Membandingkan volume terukur pada skala. Indikator keberhasilan: volum terukur pada produk sama dengan volum terukur pada alat pembanding

Uji Pemakaian Alat

Alat yang digunakan pada praktikum telah ditentukan (penurunan titik beku larutan, daya hantar listrik larutan elektrolit, dan penentuan panas pelarutan). Mengamati daya pakai alat dalam percobaan. Menilai tingkat efektivitas dalam keterlaksanaan belajar, kemudahan penggunaan, dan keamanan

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian tentang “Pemanfaatan Limbah Kaca Lampu Sebagai Media Peralatan Praktikum untuk Pembelajaran Kimia” bertujuan mengetahui pembuatan alat praktikum kimia dari limbah kaca lampu, mengetahui bentuk fisik dan kesesuaian ukuran dari peralatan praktikum kimia dari limbah kaca lampu, mengetahui ketahanan produk terhadap suhu dan zat kimia dan mengetahui keberterimaan masyarakat (dosen dan mahasiswa Kimia) terhadap peralatan praktikum kimia dari limbah kaca lampu. Alat-alat gelas kimia yang dihasilkan kemudian dilakukan uji terhadap suhu, bahan kimia, dan keberterimaan produk.

Pembuatan Alat Praktikum Kimia dari Limbah Kaca Lampu

Dalam penelitian ini pembuatan alat-alat gelas kimia menggunakan lampu bekas yang kemudian dilakukan pembersihan serbuk neon untuk mempermudah dalam pengelasan. Alat pembersih yang akan digunakan berupa spon bertangkai panjang. Setelah dilakukan pembersihan kemudian dirancang alat-alat gelas apa saja yang bisa dibuat dari limbah kaca lampu. Rancang model bertujuan untuk memprediksi bentuk dan ukuran produk yang akan dihasilkan.

Bentuk yang dihasilkan adalah tabung reaksi, gelas beker, gelas ukur, pipet tetes, labu takar, erlenmeyer, pipet gondok. Ukuran produk disesuaikan dengan ukuran lampu. Pada penelitian ini digunakan teknik tiup. Tapi kelemahan dalam pembuatan alat gelas ini adalah bahannya tidak bisa menjadi tebal dan sulit dibuat ukuran yang sesuai standar yang ada sehingga hasil dari produk ini kacanya masih tipis.

Bentuk Fisik dan Kesesuaian Ukuran dari Peralatan Praktikum Kimia dari Limbah Kaca Lampu

Pada penelitian ini bentuk yang dihasilkan adalah tabung reaksi, gelas beker, gelas ukur, pipet tetes, labu takar, erlenmeyer, pipet gondok hal ini adalah keterbatasan kaca lampu yang tidak bisa dirubah-rubah bentuknya seperti kaca pirek yang ada saat ini. Setelah produknya terbentuk kemudian dilakukan penskalaan Pada proses pembuatan skala, hal ini tidak dapat dilaksanakan karena dalam pembuatan skala menggunakan HF, produk alat-alat gelas praktikum dari limbah kaca lampu tidak tahan terhadap pemanasan tinggi.

Oleh karena itu, produk yang dihasilkan tidak dapat digunakan sebagai alat volumetric, sehingga uji ketepatan skala tidak dapat dilakukan selain kualitas kaca dari alat gelas yang dihasilkan masih tipis sehingga mudah terjadi keretakan. Penggunaan alat-alat gelas kimia yang bisa digunakan pada produk ini adalah tabung reaksi ukuran besar yang bisa digunakan sebagai alat praktikum untuk pembuatan jembatan garam. Di bawah ini adalah gambar alat-alat praktikum dari limbah kaca lampu.



Gambar 1. Produk Alat-Alat Kimia dari Limbah Lampu Kaca

Ketahanan Produk terhadap Suhu dan Zat Kimia

Hasil Uji Ketahanan terhadap Suhu

Produk yang diujikan terhadap suhu adalah tabung reaksi dan Erlenmeyer. Hal tersebut karena diantara alat gelas kimia yang biasa digunakan dalam pemanasan adalah tabung reaksi dan Erlenmeyer.

Tabel 1. Hasil Pemanasan Tidak Langsung

| Produk | Suhu | 100 °C | 120 °C | 140 °C | 160 °C | 180 °C |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Fisik | | | | | |
| Tabung Reaksi | Warna | Bening | Bening | Bening | Bening | Bening |
| | Bentuk | Baik | Baik | Baik | Baik | Baik |
| Erlenmeyer | Warna | Bening | Bening | Bening | Bening | Bening |
| | Bentuk | Baik | Baik | Baik | Baik | Baik |

Hasil uji ketahanan suhu menggunakan oven, dilakukan hingga pemanasan mencapai 180°C. Produk sampel yang digunakan tidak mengalami perubahan warna juga tidak mengalami perubahan bentuk (leleh). Bila dibandingkan dengan alat pembanding, produk lampu bekas lebih mudah dingin daripada alat pembanding, hal itu dikarenakan kaca yang lebih tipis sehingga lebih mudah menyerap dan melepas panas.

Tabel 2. Hasil Pemanasan Secara Langsung

| Produk | Suhu | 40 °C | 60 °C | 80 °C | 100 °C |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Fisik | | | | |
| Tabung Reaksi | Warna | Bening | Bening | Bening | Bening |
| | Bentuk | Baik | Baik | Baik | Baik |
| Erlenmeyer | Warna | Bening | Bening | Bening | Bening |
| | Bentuk | Baik | Baik | Baik | Baik |

Pada uji pemanasan secara langsung, tabung reaksi dan erlenmeyer berisi akuades dipanaskan menggunakan pembakar spirtus hingga mendidih. Suhu akuades dipantau dengan pengukuran menggunakan thermometer berskala 130 °C. Hasil dari uji ini, kedua produk tersebut tidak mengalami perubahan warna dan bentuk, tetap dalam keadaan baik. Di bawah ini gambar pengujian terhadap suhu.



Gambar 2. Uji Ketahanan Suhu

Hasil Uji Ketahanan terhadap Zat Kimia

Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah produk tahan terhadap zat kimia (asam dan basa kuat). Adapun produk yang diujikan adalah tabung reaksi dan Erlenmeyer karena umumnya alat gelas ini yang sering digunakan untuk larutan dengan konsentrasi besar.

Uji dengan asam dilakukan menggunakan asam kuat HCl 37%. Produk diisi dengan HCl 37% dan didiamkan selama satu hari. Hasilnya, tidak terjadi perubahan warna pada produk (kaca larut), dan tidak terjadi perubahan bentuk.

Uji dengan basa kuat menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 12 M, selanjutnya didiamkan selama satu hari. Hasilnya, tidak terdapat perubahan warna dan bentuk pada produk tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa produk dapat digunakan untuk pemanasan hingga 100 °C. Uji ketahanan bahan kimia dapat dilihat pada gambar 7 di bawah ini.



Gambar 3. Uji Ketahanan Bahan Kimia

Keberterimaan Masyarakat (Dosen dan Mahasiswa Kimia) terhadap Peralatan Praktikum Kimia dari Limbah Kaca Lampu

Uji keberterimaan alat praktikum kimia ini dilakukan dengan tiga cara:

1. Memanfaatkan alat praktikum kimia dari lampu bekas untuk praktikum kimia fisika (materi penurunan titik beku, entalpi pembakaran dan laju reaksi) dengan 10 responden.
2. Menggunakan alat praktikum kimia dari lampu bekas untuk mata kuliah microteaching.
3. Menggunakan alat praktikum kimia untuk peerteaching.

Berdasarkan rumus tersebut terlihat bahwa, skor rata-rata pada aspek tampilan 9,7 ($X=9,7$). Pada aspek tampilan dapat dikategorikan, tampilan alat praktikum dari lampu bekas dikatakan cukup. Skor rata-rata pada aspek penggunaan alat praktikum kimia dari lampu bekas adalah 8,5 ($X=8,5$). Berdasarkan penilaian tersebut aspek tampilan dapat dikatakan cukup. Sebagian besar dari responden tersebut memberi saran agar alat praktikum dari limbah lampu bekas dapat dipertebal.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Pembuatan limbah lampu terdiri dari 5 tahap yaitu pemilihan kaca lampu, pembersihan kaca lampu, rancang model, pengelasan, dan pengujian.

2. Bentuk produk yang dapat dihasilkan adalah tabung reaksi, gelas beker, gelas ukur, pipet tetes, labu takar, erlenmeyer, pipet gondok.
3. Hasil ketahanan suhu sampai suhu 180 °C dan bahan kimia asam dan basa konsentrasi 12 M produk alat-alat gelas kimia tidak mengalami perubahan.
4. Berdasarkan angket mengenai keberterimaan tampilan dan penggunaan. Skor rata-rata pada aspek tampilan 9,7 (X=9,7). Pada aspek tampilan dapat dikategorikan, tampilan alat praktikum dari lampu bekas dikatakan cukup. Skor rata-rata pada aspek penggunaan alat praktikum kimia dari lampu bekas adalah 8,5 (X=8,5).

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dari penelitian ini, ada beberapa saran yang akan dikemukakan.

1. Perlu dilakukan pengembangan lanjut tentang pembuatan alat-alat gelas kimia dengan berbagai perbandingan campuran limbah kaca lampu dengan kaca lainnya.
2. Perlu dilakukan penambahan bahan lain sebagai penguat alat-alat gelas kimia dari limbah lampu agar kacanya mempunyai ketebalan seperti standar alat-alat kimia yang ada saat ini.

DAFTAR PUSTAKA

Akhmad Sudrajat. 2009. *Media Pembelajaran*. Akhmadsudrajat.wordpress.com diakses tanggal 8 Agustus 2009.

Anonim. 2009. *Teknologi Gelas: Komposisi Gelas*. <http://members.bumn.go.id/iglas> diakses tanggal 8 Agustus 2009.

Austin, George T. 1984. *Shereve's Chemical Process Industries*. The Mac Graw Hill inc. Singapore.

Austin, George T. 1996. *Industri Proses Kimia*. Jakarta: Erlangga.

Babcock, C.L. 1977. *Silicate Glass Technology Methods*, New York: Wiley.

Barsounan Michael. 1997. *Fundamental of Ceramics*. The Mac Graw Hill inc. Singapore.

Haryadi. 1990. *Ilmu Kimia Analitik Dasar*. Jakarta : Gramedia.

[Http://www.ajimut.com](http://www.ajimut.com), *Daftar Harga Kelengkapan Laboratorium Kimia*, diakses tanggal 11 Agustus 2009.

[Http://chemistry.anl.gov](http://chemistry.anl.gov), *Glassblowing*, diakses tanggal 11 Agustus 2009.

[Http://www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com), *Gelas*, diakses tanggal 11 Agustus 2009.

Prodjosantoso, A.K., 2007. *Kimia Lingkungan*, Yogyakarta : FMIPA UNY.

Suryono. 2002. *Kimia Industri*. Yogyakarta: SMTI Yogyakarta.

Wibisono, Antonius. 2007. *Sampah Organik dan Anorganik, dan Dampaknya terhadap Lingkungan*. Yogyakarta : UPN Veteran.