

PERBAIKAN KINERJA MESIN INSINERATOR MELALUI MODIFIKASI PADA BAGIAN PIPA ALIRAN UDARA UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS PEMBAKARAN SAMPAH DI POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG

Oleh

Fahmi Fauzan Aprianto⁽¹⁾ dan Heri Setiawan⁽²⁾

Jurusan Teknik Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung
Jl. Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung 40135
Phone/Fax. 022 250 0241 / 250 2649

E-mail: fahmiianto@gmail.com¹, herisetiawan529@gmail.com²

Abstrak

Limbah merupakan semua buangan yang dihasilkan oleh aktivitas manusia dan hewan yang berbentuk padat, lumpur (*sludge*), cair maupun gas yang dibuang karena tidak dibutuhkan atau tidak diinginkan lagi. Permasalahan utama dari pengolahan sampah saat ini di Indonesia adalah penumpukannya sampah di TPA.

Politeknik Manufaktur Bandung telah menggunakan sistem insinerasi dengan menggunakan mesin insinerator yang dibuat oleh CV. Lancar Mandiri dalam pengelolaan sampahnya. Mesin insinerator yang ada di Politeknik Manufaktur Bandung sudah cukup tua sehingga dengan bertambahnya umur maka beberapa permasalahan muncul terutama yang berhubungan dengan fungsi pembakaran, untuk itu dilakukan modifikasi pada mesin insinerator yang ada di Politeknik Manufaktur Bandung untuk meningkatkan performa mesin pada bagian proses pembakarannya.

Hasilnya, modifikasi yang dilakukan dapat meningkatkan performa mesin insinerator yaitu pada laju pembakaran yang meningkat dari 60 kg/jam menjadi 93,3 kg/jam, pengurangan massa sampah pun meningkat dari 66,6% menjadi 93,36%, dan pada proses *unloading* abu hasil pembakaran menjadi lebih efektif dengan berkurangnya waktu yang dibutuhkan pada proses tersebut dari 257,6 detik menjadi 33,6 detik.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah merupakan semua buangan yang dihasilkan oleh aktivitas manusia dan hewan yang berbentuk padat, lumpur (*sludge*), cair maupun gas yang dibuang karena tidak dibutuhkan atau tidak diinginkan lagi. Walaupun dianggap sudah tidak berguna dan tidak dikehendaki, namun bahan tersebut kadang – kadang masih dapat dimanfaatkan kembali dan dijadikan bahan baku. Limbah terbagi atas beberapa jenis salah satunya adalah limbah domestik. Limbah domestik terbagi atas dua jenis yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah padat atau biasa disebut sampah menurut

UU-18/2008 tentang Pengelolaan Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat.

Permasalahan utama dari pengolahan sampah saat ini di Indonesia adalah penumpukannya sampah di TPA. Penumpukan sampah ini terjadi karena paradigma pengelolaan sampah yang digunakan adalah kumpul-angkut-buang dengan penanganan akhir berupa *landfilling* di TPA. Berdasarkan data tahun 2018, jumlah timbulan sampah di Indonesia mencapai 65.200.000 ton pertahun dengan penduduk sebanyak 261.115.456 orang. Jenis penanganan sampah yang berlangsung di Indonesia adalah pengurangan (*landfilling*)

sebesar 68,86%, pengomposan sebesar 7,19%, open burning sebesar 4,79%, dibuang ke sungai sebesar 2,99%, proses insinerator skala kecil sebesar 6,59%, proses non-pengurangan sebesar 9,58%. Dapat terlihat bahwa penanganan akhir terbesar adalah dengan *landfilling*. Dengan paradigma pengelolaan sampah saat ini, permasalahan sampah menjadi sesuatu yang krusial (sulit terselesaikan) dan kultural (kebiasaan). Begitu pula dengan penanganan akhir yang paling banyak dilakukan saat ini tidak dapat mengurangi volume sampah yang dihasilkan secara signifikan.

Saat ini terdapat penanganan akhir lain untuk sampah berupa proses insinerasi menggunakan mesin insinerator. Mesin insinerator memiliki metode penanganan sampah dengan menghancurkan sampah padat dengan membakarnya pada temperatur tinggi ($600^{\circ}\text{C} \div 1100^{\circ}\text{C}$) kemudian melalui serangkaian pengolahan polutan udara agar tidak menghasilkan gas buang yang berbahaya. Penanganan akhir dengan proses insinerasi merupakan proses yang mempunyai potensi paling besar dalam mengurangi sampah secara signifikan. Mesin insinerator pada umumnya terdiri dari 4 bagian utama yaitu *burner system*, *cyclone dust separation*, *wet scrubber*, dan *chimney*.

Pada bagian *burner system* terdiri dari dua bagian yaitu *primary burner* dan *secondary burner*. *Primary burner* berfungsi sebagai tempat pembakaran limbah. Kondisi pembakaran dirancang dengan jumlah udara untuk reaksi pembakaran kurang dari semestinya, sehingga di samping pembakaran juga terjadi reaksi pirolisa. Pada reaksi pirolisa material terdegradasi menjadi karbon monoksida dan metana. Temperature pada proses *primary chamber* diatur sekitar $300^{\circ}\text{C} \div 600^{\circ}\text{C}$ dan untuk mencapai temperatur tersebut pemanasaannya dibantu oleh energi dari *burner* dan energi pembakaran yang timbul dari limbah. Udara (oksigen) untuk pembakaran di suplai oleh *blower* pada jumlah yang terkontrol. Sedangkan

secondary chamber merupakan pembakaran lanjutan gas hasil pembakaran di *primary chamber* dan pirolisa agar tidak mencemari lingkungan. Pembakaran gas tersebut dapat berlangsung dengan baik jika terdapat pencampuran oksigen yang tepat antara oksigen dengan gas hasil pirolisa, serta ditunjang oleh waktu tinggal (*retention time*) yang cukup. Selanjutnya gas pirolisa yang tercampur dengan udara dibakar sempurna dalam temperatur tinggi yaitu sekitar $600^{\circ}\text{C} \div 1100^{\circ}\text{C}$. sehingga gas – gas hasil pirolisa (Metana, Etana, Hidrokarbon, dan lainnya) terurai menjadi CO dan HO

Politeknik Manufaktur Bandung telah menggunakan sistem insinerasi dengan menggunakan mesin insinerator yang dibuat oleh CV. Lancar Mandiri dalam pengelolaan sampahnya. Mesin insinerator yang ada di Politeknik Manufaktur Bandung sudah cukup tua sehingga dengan bertambahnya umur maka beberapa permasalahan muncul terutama yang berhubungan dengan fungsi pembakaran. Maka untuk meningkatkan performa mesin insinerator yang ada di Politeknik Manufaktur Bandung utamanya pada bagian proses pembakaran maka dilakukanlah penelitian dengan judul “Analisis Modifikasi Mesin Insinerator Pada Bagian Sistem Pembakaran di Politeknik Manufaktur Bandung”.

II. TUJUAN

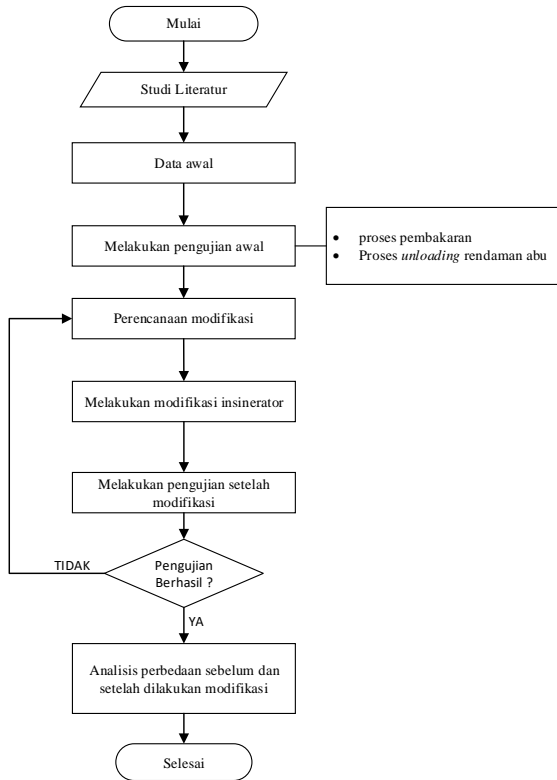
2.1 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai penulis dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui prinsip kerja mesin insinerator pada bagian sistem pembakaran di Politeknik Manufaktur Bandung, untuk memperbaiki bagian sistem pembakaran pada mesin insinerator yang ada di Politeknik Manufaktur Bandung dengan parameter abu hasil pembakaran dan laju pembakaran, dan untuk memudahkan proses *unloading* abu hasil pembakaran pada mesin insinerator yang ada di Politeknik Manufaktur Bandung.

diatur oleh *blower* yang kemudian disalurkan melalui sebuah pipa seperti pada gambar 3.1 hingga akhirnya udara masuk ke ruang bakar.

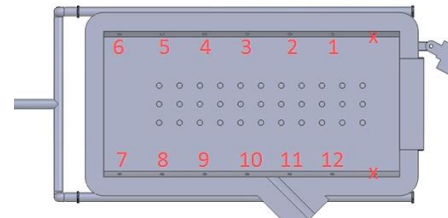
III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Blower dan pipa aliran udara

Pada tahap ini didapatkan bahwa banyak lubang aliran udara pada ruang pembakaran yang tidak berfungsi sehingga udara tidak mengalir secara merata ke ruang bakar seperti pada Gambar 3.2 dan Tabel 3.1 .Hal ini terjadi karena adanya sumbatan kotoran hasil pembakaran sebelumnya pada jalur aliran udara tersebut.



Gambar 3. 2 Status Lubang Aliran Udara Awal

Tabel 3. 1 Status Lubang Aliran Udara Awal

Lubang	Status
1	Tidak Berfungsi
2	Tidak Berfungsi
3	Tidak Berfungsi
4	Tidak Berfungsi
5	Berfungsi
6	Tidak Berfungsi
7	Tidak Berfungsi
8	Tidak Berfungsi
9	Tidak Berfungsi
10	Tidak Berfungsi
11	Tidak Berfungsi
12	Berfungsi

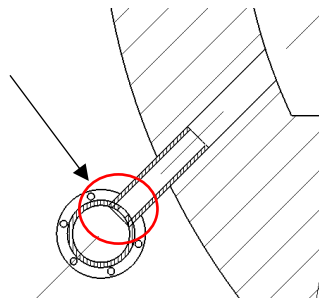
3.2 Identifikasi Masalah

Setelah dilakukan pengujian awal dengan melakukan proses pembakaran sampah pada mesin insinerator di Politeknik Manufaktur Bandung, maka didapatkan beberapa masalah pada proses pembakaran tersebut. Adapun masalah tersebut adalah sebagai berikut:

a. Kesempurnaan proses pembakaran

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya kesempurnaan pada proses pembakaran ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satu faktornya adalah ketersediaan udara. Aliran udara yang masuk ke ruang bakar pada mesin insinerator yang ada di Polman Bandung ini

Jika melihat detail bentuk lubang aliran udara seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 dapat dilihat bahwa kotoran akan mudah tersumbat dengan konstruksi tersebut. Hal ini membuat hasil pembakaran tidak sempurna dilihat dari hasil pembakaran yang masih bersisa dan tidak menjadi abu. Kemudian ketika terjadi penyumbatan pada lubang, sulit dilakukan proses pembersihannya karena harus dilakukan dari dalam ruang pembakaran mesin insinerator.



Gambar 3. 3 Desain Kontruksi Awal Lubang Aliran Udara

b. Proses *unloading* abu hasil pembakaran

Pada proses *unloading* abu hasil pembakaran masih menggunakan cara kerja manual yang dinilai kurang efektif yaitu dengan menarik abu keluar dengan alat bantu *scraper* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4 yang kemudian dipindahkan ke tempat lain dengan beberapa kali pengambilan menggunakan alat bantu sekop. Tempat penyimpanan abu hasil pembakaran (*bottom ash*) saat ini ditunjukkan pada Gambar 3.4

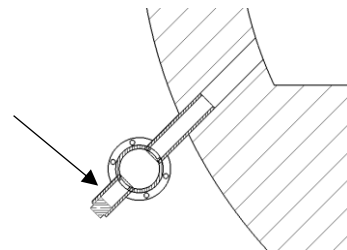


Gambar 3. 4 Proses Pengeluaran Abu Awal

3.3 Modifikasi Insinerator

Modifikasi mesin insinerator didasarkan pada hasil daripada pengujian awal dan identifikasi masalah yang telah penulis bahas sebelumnya. Berdasarkan hasil pengujian awal perlu dilakukan modifikasi pada saluran udara menuju ke ruang bakar dikarenakan proses pembersihan sulit dilakukan dari dalam ruang bakar dan proses *unloading* abu hasil pembakaran menjadi lebih efisien.

Gambar 3.5 merupakan desain kontruksi hasil modifikasi pada bagian lubang aliran udara. Lubang aliran udara yang menyambung pada pipa diperbesar supaya kotoran tidak mudah menyumbat dan menutup aliran udara pada pipa tersebut. Kemudian pada pipa bagian luar dibuat lubang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5 untuk memudahkan proses pembersihan saat terjadi penyumbatan pada lubang aliran udara, sehingga proses pembersihan bisa dilakukan dari luar mesin insinerator. Kontruksi pipa aliran udara setelah modifikasi dapat dilihat pada Gambar 3.6.

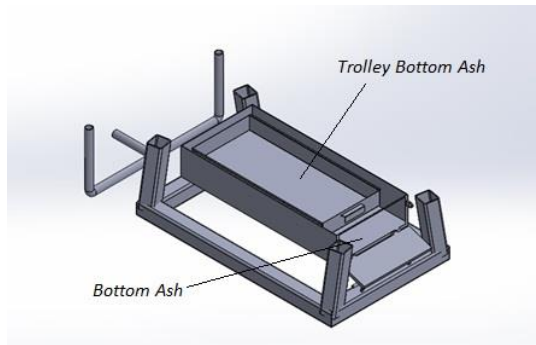


Gambar 3. 5 Desain Kontruksi Modifikasi Lubang Aliran Udara



Gambar 3. 6 Kontruksi Pipa Aliran Udara Setelah Modifikasi

Pada proses *unloading* abu hasil pembakaran di tambahkan konstruksi *trolley* yang sifatnya bisa *mobile* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.7. Dengan penambahan *trolley* ini akan memudahkan proses *unloading* abu hasil pembakaran tersebut. Karena dengan adanya *trolley* ini akan mengurangi tahapan yang ada sebelumnya, yaitu penarikan abu menggunakan *scraper* dan sekop yang dilakukan berulang. Konstruksi hasil modifikasi pada sistem *unloading* dapat dilihat pada Gambar 3.8



Gambar 3. 7 Desain Kontruksi *Trolley Bottom Ash*



Gambar 3. 8 Kontruksi Bottom Ash Setelah Modifikasi

IV. HASIL DAN ANALISIS

4.1 Perhitungan Kebutuhan Udara Terhadap Kapasitas Mesin

Berikut ini merupakan kapasitas awal mesin insinerator yang ada di Politeknik Manufaktur Bandung:

Massa sampah = 30 kg

Waktu pembakaran = 30 menit

Kandungan karbon dalam bahan bakar (C) = 39,2 % = 0,392

Kandungan hidrogen dalam bahan bakar (H) = 4 % = 0,04

Debit udara *blower* = 0,875 m³/detik

a. Kebutuhan udara minimum

$$W_{min} = \frac{100}{21} \times [(1,96 \times C) + (5,85 \times H)]$$

$$W_{min} = \frac{100}{21} \times [(1,96 \times 0,392) + (5,85 \times 0,04)]$$

$$W_{min} = 4,78 \text{ m}^3/\text{kg}$$

b. Laju pembakaran

$$B_{bt} = \frac{m}{t}$$

$$B_{bt} = \frac{30}{0,5} = 60 \text{ kg/jam}$$

c. Debit udara secara teoritis

$$Q_{ud} = W_{min} \times B_{bt}$$

$$Q_{ud} = 4,78 \times 60$$

$$Q_{ud} = 286,8 \text{ m}^3/\text{jam}$$

d. Total debit udara

$$Q = (40 \% \times Q_{ud}) + Q_{ud}$$

$$Q = (0,4 \times 286,8) + 286,8$$

$$Q = 401,52 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q = 0,112 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Maka diketahui bahwa kebutuhan udara untuk proses pembakaran terpenuhi oleh *blower* tersebut.

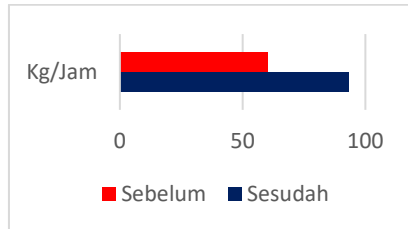
4.2 Perbandingan Sebelum dan Setelah Modifikasi

Setelah diketahui hasil dari proses pembakaran pada mesin insinerator yang ada di Polman Bandung sebelum dan setelah modifikasi. Maka hasil tersebut dapat kita bandingkan:

a. Perbandingan Laju Pembakaran

Berikut ini merupakan grafik perbandingan laju pembakaran pada mesin insinerator sebelum dan setelah modifikasi:

Grafik 4. 1 Perbandingan Laju Pembakaran

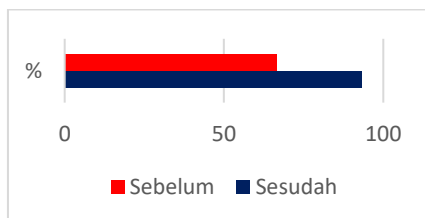


Dapat kita lihat pada grafik diatas menunjukkan peningkatan kemampuan laju pembakaran pada mesin insinerator tersebut. Hal ini terjadi karena sudah meratanya aliran udara pada ruang pembakaran tersebut. Karena sebelumnya hanya dua lubang saja yang berfungsi sehingga aliran udara yang masuk ke ruang pembakaran tidak merata dan hasilnya pembakaran hanya terjadi pada bagian tertentu saja pada ruang pembakaran tersebut.

b. Perbandingan Pengurangan Massa Sampah

Berikut ini merupakan grafik perbandingan pengurangan massa sampah pada mesin insinerator sebelum dan setelah modifikasi:

Grafik 4. 2 Grafik Pengurangan Massa Sampah



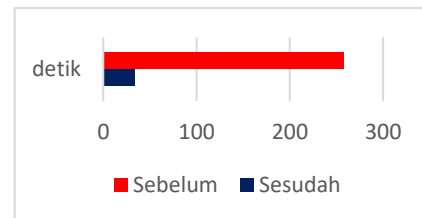
Pada grafik menunjukkan peningkatan mesin insinerator dalam hal pengurangan massa sampah. Hasil yang didapatkan ini juga dipengaruhi oleh meratanya aliran udara ke

dalam ruang pembakaran. Pembakaran yang tidak merata ini membuat beberapa sampah tidak terbakar dengan sempurna sehingga hasilnya tidak menjadi abu, sehingga hasil yang didapatkan tidak sesuai dengan yang diharapkan. Karena keunggulan pengelolaan sampah menggunakan mesin insinerator salah satunya adalah dapat mengurangi massa sampah hingga bersisa 3% - 10% saja. Nilai ini bisa didapatkan pada pengujian setelah modifikasi yaitu hanya bersisa 6% dari massa awalnya.

c. Perbandingan Waktu Proses Unloading Abu Hasil Pembakaran

Berikut ini merupakan grafik perbandingan waktu proses *unloading* abu hasil pembakaran pada mesin insinerator sebelum dan setelah modifikasi:

Grafik 4. 3 Perbandingan Waktu Proses Unloading Abu Hasil Pembakaran



Pada grafik ini menunjukkan efektifnya penggunaan *trolley* pada *bottom ash* dengan membandingkan waktu dan tahapan prosesnya. Dengan menggunakan *trolley* proses *unloading* abu hasil pembakaran ini menjadi lebih cepat 224 detik dibandingkan proses sebelumnya. Adapun keuntungan lainnya adalah dengan menggunakan alat bantu *scraper* dan sekop membuat banyak abu berterbangan dan menimbulkan kontak terhadap operatornya, hal ini tentunya akan berdampak pada kesehatan operator tersebut. Dengan menggunakan *trolley* ini mengurangi aktivitas berterbangan abu sehingga kontak antara operator dan abu tersebut berkurang.

Pada akhirnya proses *unloading* abu hasil pembakaran ini tidak terlalu berdampak pada kesehatan operatornya.

Tabel 4. 1 Perbandingan Hasil Sebelum dan Setelah Modifikasi

No .	Sistem Kerja	Nama Bagian	Sebelum	Sesudah	Hasil
1	Aliran Udara	Lubang Udara	Hanya 2 lubang udara yang berfungsi	12 lubang udara berfungsi	Pengurangan massa sampah mencapai 93,36 %
2	Proses <i>unloading</i>	<i>Bottom ash</i>	Menggunakan alat bantu <i>scraper</i> dan sekop	Menggunakan <i>trolley</i>	Mengurangi <i>cycle time</i> pengambilan abu setiap pembakaran 3 menit 43 detik

V. PENUTUP

5.1 Simpulan

- Prinsip kerja mesin insinerator yang ada di Politeknik Manufaktur Bandung adalah membakar sampah mulai dari *primary burner*, kemudian asap hasil pembakaran tersebut dibakar lagi pada *secondary chamber* untuk membunuh zat-zat yang berbahaya (metana, etana, hidrokarbon, dan lainnya). Kemudian hasil pembakaran melewati proses *wet scrubber* dan diharapkan udara yang keluar dari cerobong tidak berbahaya.
- Modifikasi yang dilakukan adalah menambahkan lubang untuk proses pembersihan aliran udara dan mengganti alat bantu *scraper* dan sekop dengan *trolley* pada proses *unloading* abu hasil pembakaran.
- Hasil pengujian sebelum modifikasi adalah 60 kg/jam pada laju pembakaran, 66,6% pengurangan massa sampah yang tercapai, dan 257,6 detik waktu yang dibutuhkan untuk proses *unloading* abu hasil pembakaran. Setelah dilakukan modifikasi hasil pengujiannya adalah 93,3 kg/jam pada laju pembakaran, 93,36% pengurangan massa sampah yang tercapai, dan 33,6 detik waktu yang dibutuhkan untuk proses *unloading* abu hasil pembakaran.

5.2 Saran

Dengan meratanya aliran udara pada ruang pembakaran, hal ini membuat *burner* hanya menyala sampai suhu minimal yang di *setting*. Kemudian proses seterusnya hanya menggunakan aliran udara dan sampah yang dibakar. Jika dibandingkan dengan proses pembakaran sebelumnya, dimana aliran udaranya tidak merata sehingga membuat *burner* lebih sering untuk menyala. Hal ini berpengaruh pada penggunaan bahan bakar solar yang digunakan oleh *burner*. Maka untuk selanjutnya bisa dikaji tentang penghematan bahan bakar tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Damanhuri E, Padmi T. 2010. Diktat kuliah TL-3104 pengelolaan sampah. Bandung
- Patrick P. K. 1980. WHO *activities in the field of solid waste management. Proc. of the VAM/KIT Workshop*, Amsterdam, 13-17 October 1980.
- Budiman A. 2001. Modifikasi desain dan uji unjuk kerja alat pembakar sampah (*incinerator*) tipe *batch*. Bogor.
- McGuinn YC, Louis T. 1992. *Pollution prevention*. New York.
- Prastikasari W. 2013. Modifikasi *incinerator* untuk meningkatkan faktor keamanan. Bogor.
- Wilson DG. 1977. *Handbook of solid waste management*.
- Culp, A. W. 1991. *Principles of Energy Conversion*. Mc Graw-Hill, USA
- [EPA] Environmental Protection Agency. 1990. *Handbook Operation and Maintenance of Hospital Medical Waste Incinerator*.
- Abdullah. 1998. Energi dan Listrik Pertanian. JICA, Bogor.
- Anshory L. 1988. Penuntutan Pelajaran Kimia. Penerbit Ganesha Exact Bandung. Bandung