

Analisis Pengaruh Kandungan Logam Berat Terhadap Energi Pembakaran Batubara

Hadi Kurniawan

Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Tarbiyah dan Keguruan,
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

e-mail: ¹⁾ hadik@ar-raniry.ac.id,

Abstract

The research has been conducted to determine the effect of heavy metals on coal, where the coal comes from three different places in Indonesia. The collection and testing of samples was conducted by PT Sucofindo Padang branch. From the sample tested, the combustion energy is 6562 Kkal / Kg, 6331 Kkal / Kg and 6375 Kkal / Kg, for coal with initials A, B and C. Heavy metal testing is done using Atomic Absorption Spectrophotometer (SSA). From the test, the biggest metal concentration is metal potassium (K) followed by other metal. From the data it can be seen that Iron (Fe), Mangan (Mn), Lead (Pb) and Potassium (K) if the concentration is large, the combustion energy is small. While the two metals of Magnesium (Mg) and Calcium (K) have no effect at all. In Aluminum (Al) and Copper (Cu) metals if the concentration is large the energy is also large.

Keywords: Combustion energy, coal, heavy metal, atomic absorption spectrophotometer (SSA)

Abstrak

Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh logam berat pada batubara, dimana batubara tersebut berasal dari tiga tempat yang berbeda di Indonesia. Pengumpulan dan pengujian sampel dilakukan oleh PT Sucofindo cabang Padang. Dari sampel yang diuji didapatkan energi pembakarannya sebesar 6562 Kkal/Kg, 6331 Kkal/Kg dan 6375 Kkal/Kg, untuk batubara dengan inisial A, B dan C. Pengujian logam berat dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Dari pengujian tersebut didapatkan konsentrasi logam terbesar adalah logam Kalium (K) disusul logam lain. Dari data-data yang didapat terlihat bahwa logam Besi (Fe), Mangan (Mn), Timbal (Pb) dan Kalium (K) apabila konsentrasinya besar maka energi pembakarannya kecil. Sementara pada dua logam yaitu Magnesium (Mg) dan Kalsium (K) tidak berpengaruh sama sekali. Pada logam Aluminium (Al) dan Tembaga (Cu) jika konsentrasinya besar maka energinyaa besar pula.

Kata kunci: energi pembakaran, batubara, logam berat, spektrofotometer serapan atom (SSA)

1. Pendahuluan

Kebutuhan manusia akan energi semakin meningkat, hal ini ditandai dengan usaha-usaha manusia untuk mencari energi alternatif baru. Salah satu energi alternatif baru adalah batubara. Batubara merupakan salah satu bahan tambang yang masih banyak terdapat di bumi ini diperkirakan dapat mencukupi kebutuhan dunia akan energi selama 150 tahun ke depan. Jika dilihat dari volume konsumsi energi primer berdasarkan jenis bahan bakarnya, maka kebutuhan

energi dunia dipasok dari minyak bumi sekitar 40%, batu bara sekitar 25%, dan tenaga nuklir sekitar 7%. Dengan kata lain bahan bakar dari fosil menutupi sekitar 90% kebutuhan energi. Dan dari jumlah tersebut, batu bara menyumbang $\frac{1}{4}$ dari kebutuhan energi dunia. Di Indonesia saja cadangan batu bara mencapai 5.370.000.000 Ton . Cadangan ini jika disetarakan dengan energi yang dihasilkan oleh solar pada saat ini setara dengan 160 tahun pemakaian (Tirasonjaya, 2000).

Indonesia sebagai Negara penghasil dan pengekspor batubara terbesar ke 9 di dunia sudah mulai menggunakan batu bara sebagai sumber energi bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Namun jika semua cadangan batubara tersebut digunakan sebagai bahan bakar PLTU, dapat kita bayangkan banyaknya dampak lingkungan yang terjadi.

Berbagai upaya telah banyak dilakukan untuk menghindari dampak negatif dari pemakaian batubara sebagai bahan bakar. Akan tetapi usaha –usaha tersebut masih dirasakan kurang efisien dan tidak ekonomis. Dampak negatif dari pemakaian batubara sebagai energi alternatif memang tidak bisa dihindari, terutama dari zat-zat hasil pembakarannya seperti bahan aktif karbon, sulfur dan lain-lain. Belum lagi proses penambangannya yang memberikan kerusakan dan pencemaran lingkungan yang cukup parah. Tanah menjadi asam dan tercemar logam berat. Sebagian logam berat sangat berbahaya bagi tubuh makhluk hidup apabila melebihi ambang batas yang diperkenankan bagi makhluk hidup itu sendiri. Logam berat pada batubara ada yang berasal dari interaksi batubara dengan lingkungan selama jutaan tahun proses pembentukannya, tetapi ada pula logam yang berasal dari tumbuhan penyusunnya sendiri.

Pada penelitian ini penulis melakukan pengukuran logam berat pada batubara seperti mangan (Mn), besi (Fe), tembaga (Cu), aluminium (Al), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg) dan timbal (Pb) dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)/ Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) dan melihat hubungan dengan energi yang dihasilkannya.

Logam berat dapat ditemukan di berbagai tempat, terutama daerah yang dekat dengan kawasan industri dan pantai dekat kota. Penelitian ini telah dilakukan oleh Adaikpoh (2005) yang menganalisis kadar logam berat pada batubara dan sedimen dari sungai Ekulu, Nigeria. seperti logam Mangan, krom, Kadmium, Arsen, Nikel dan Timbal. Penelitian ini menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom model Spectra-AA-10. Dari hasil yang didapat, dicatat bahwa rata-rata konsentrasi logam mangan sebesar 0,256 mg/kg sampai dengan 0,389 mg/kg. Konsentrasi logam krom sebesar 0,214 mg/kg sampai dengan 0,267 mg/kg. Sementara itu konsentrasi logam kadmium rata-rata sebesar 0,036 mg/kg sampai dengan 0,043 mg/kg dan konsentrasi arsen sebesar 0,016 mg/kg sampai dengan 0,018 mg/kg. Untuk logam nikel konsentrasinya rata-rata sebesar 0,064 mg/kg sampai dengan 0,067 mg/kg logam timbal memiliki rata-rata konsentrasi sebesar 0,013 mg/kg sampai 0,017 mg/kg .

Konsentrasi logam berat yang diteliti umumnya lebih besar pada batubara dari pada konsentrasinya pada sedimen sungai. Akan tetapi karena penelitian dilakukan dalam 5 bulan maka perbedaan data yang sangat bervariasi diperoleh dari sedimen sungai Enugu, dikarenakan limbah industri dan masyarakat banyak mengalir pada sungai itu. Sementara pada batubara variasi kadar logam berat tidak begitu besar, hal ini dikarenakan batubara berada di bawah permukaan tanah dan tidak bercampur dengan material dari permukaan tanah.

Batubara merupakan sedimen organik, lebih tepatnya merupakan batuan organik, terdiri dari kandungan bermacam-macam mineral. Batubara terbentuk dari sisa tumbuhan yang membusuk dan terkumpul dalam suatu daerah dengan kondisi banyak air, biasa disebut rawa-rawa. Kondisi tersebut yang menghambat penguraian menyeluruh dari sisa-sisa tumbuhan yang kemudian mengalami proses perubahan menjadi batubara.

Selain tumbuhan yang ditemukan bermacam-macam, tingkat kematangan juga bervariasi, karena dipengaruhi oleh kondisi-kondisi lokal. Kondisi lokal ini biasanya kandungan oksigen, tingkat keasaman, dan kehadiran mikroba. Pada umumnya sisa-sisa tanaman tersebut dapat berupa pepohonan, ganggang, lumut, bunga, serta tumbuhan yang biasa hidup di rawa-rawa. Ditemukannya jenis flora yang terdapat pada sebuah lapisan batubara tergantung pada kondisi iklim setempat. Dalam suatu cebakan yang sama, sifat-sifat analitik yang ditemukan dapat berbeda, selain karena tumbuhan asalnya yang mungkin berbeda, juga karena banyaknya reaksi kimia yang mempengaruhi kematangan suatu batubara.

Secara umum, setelah sisa tanaman tersebut terkumpul dalam suatu kondisi tertentu yang mendukung (banyak air), pembentukan dari *peat* (gambut) umumnya terjadi. Dalam hal ini *peat* tidak dimasukkan sebagai golongan batubara, namun terbentuknya *peat* merupakan tahap awal dari terbentuknya batubara. Proses pembentukan batubara sendiri secara singkat dapat didefinisikan sebagai suatu perubahan dari sisa-sisa tumbuhan yang ada, mulai dari pembentukan *peat* (*peatifikasi*) kemudian *lignit* dan menjadi berbagai macam tingkat batubara, disebut juga sebagai proses koalifikasi, yang kemudian berubah menjadi *antrasit*. Pembentukan batubara ini sangat menentukan kualitas batubara, dimana proses yang berlangsung selain melibatkan metamorfosis dari sisa tumbuhan, juga tergantung pada keadaan pada waktu geologi tersebut dan kondisi lokal seperti iklim dan tekanan. Jadi pembentukan batubara berlangsung dengan penimbunan akumulasi dari sisa tumbuhan yang mengakibatkan perubahan seperti pengayaan unsur karbon, pengurangan kandungan air, dalam tahap awal pengaruh dari mikroorganisme juga memegang peranan yang sangat penting.

Kalor merupakan bentuk energi yang terjadi akibat adanya perubahan suhu. Jadi perubahan kalor pada suatu reaksi dapat diukur melalui pengukuran perubahan suhu yang terjadi (Kamus lengkap fisika, 1994).

$$q = m \times c \times \Delta T \dots\dots\dots(1)$$

q = perubahan kalor (J)

m = massa zat (g)

c = kalor jenis zat (J g⁻¹K⁻¹)

ΔT = perubahan suhu (K)

Pengukuran perubahan kalor tersebut dapat diukur dengan kalorimeter yaitu sebuah wadah yang bersifat osilator, sehingga perubahan kalor selama reaksi tidak hilang.

Bom Kalorimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor (nilai kalori) yang dibebaskan pada pembakaran sempurna (dalam O₂ berlebih) suatu senyawa, bahan makanan, bahan bakar. Sejumlah sampel ditempatkan pada tabung beroksigen yang tercelup dalam

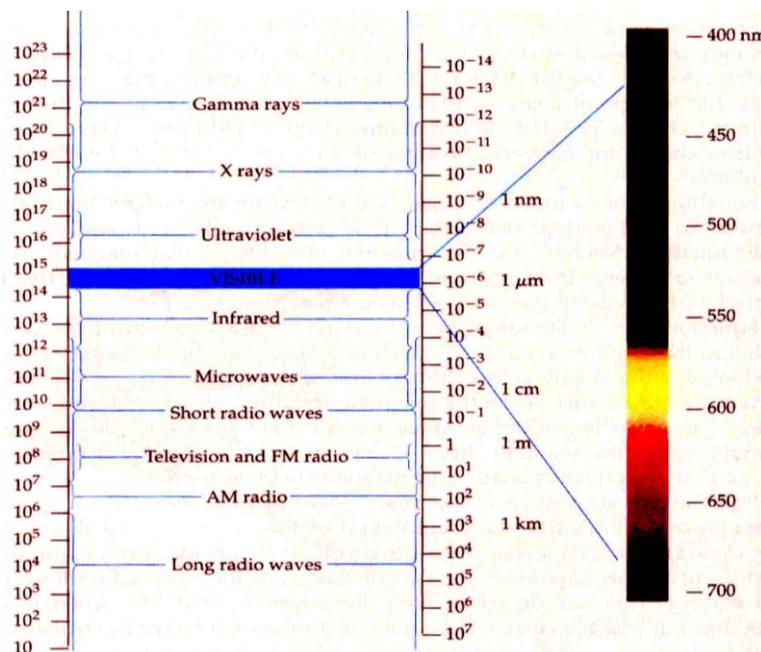
medium penyerap kalor (kalorimeter), dan sampel akan terbakar oleh api listrik dari kawat logam terpasang dalam tabung. Kalorimeter bom terdiri dari 2 unit yang digabungkan menjadi satu alat. Unit pertama ialah unit pembakaran di mana batubara dimasukkan ke dalam bejana dan dibakar dengan pasokan udara/oksigen pembakar. Unit kedua ialah unit pendingin (*kondensor*) (Wahyu Hidayat, 2004).



Gambar 1. Bom Kalorimeter

Cahaya adalah radiasi elektromagnetik yang dapat merambat seperti gelombang. Cahaya pada suatu waktu juga dapat berlaku seperti partikel, jadi cahaya mempunyai sifat sebagai gelombang dan sebagai partikel. Prinsip ini dinamakan juga dengan dualisme cahaya. Partikel-partikel cahaya tersebut dinamakan dengan foton. Energi sebuah foton E dapat dihitung karena gelombang cahaya memiliki frekuensi f , maka Einstein merumuskan energi foton $E = h f \dots\dots\dots (2)$

Dimana h adalah tetapan Planck, $h = 6,623 \times 10^{-34}$ JS



Gambar 2. Spektrum elektromagnetik

Sifat dualisme cahaya tersebut mengakibatkan cahaya mempunyai cepat rambat gelombang, cepat rambat ini pada mulanya dapat dihitung dengan pengamatan astronomis yaitu dengan menentukan diameter orbit bumi dan waktu gerhana bulan pada planet Jupiter, akan tetapi penelitian yang lebih sempurna melibatkan konstanta elektrik ϵ_0 , dimana

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \dots\dots\dots(3)$$

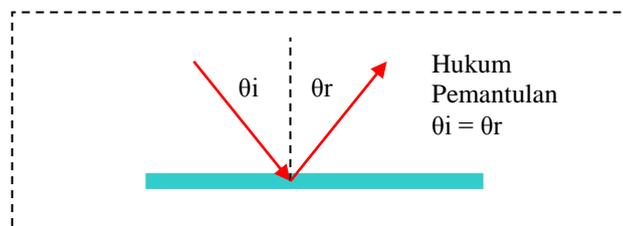
Dimana konstanta ϵ_0 tersebut diperoleh dengan mengukur kapasitansi kapasitor parallel. Konstanta μ_0 didefinisikan berkenaan dengan definisi ampere, sehingga dari beberapa percobaan didapatkan kecepatan cahaya 3×10^8 m/detik.

a. Pemantulan dan Pembiasan Cahaya

Cahaya dapat merambat pada berbagai macam medium dan ruang hampa udara. Perambatan cahaya yang terhalangi oleh bidang pantul seperti cermin akan membuat cahaya menjauhi bidang tersebut, fenomena ini yang dinamakan pemantulan (Tipler, 1991). Pemantulan terjadi pada bidang batas antara dua medium berbeda. Sudut antara sinar datang garis normal (garis yang tegak lurus permukaan) disebut sudut datang, bidang yang dibatasi oleh dua garis ini disebut bidang datang. Sinar yang dipantulkan terletak pada bidang datang tersebut membentuk sudut θ_r dengan garis normal yang sama dengan sudut datang θ_i

$$\theta_r = \theta_i \dots\dots\dots(4)$$

Ini dikenal dengan Hukum Pemantulan.



Gambar 3. Pemantulan cahaya

Laju cahaya dalam medium ditentukan oleh indeks bias n , yaitu perbandingan laju cahaya dalam ruang hampa c terhadap laju cahaya dalam medium v .

$$n = \frac{c}{v} \dots\dots\dots(5)$$

Pembiasan didefinisikan sebagai perubahan arah sinar datang yang ditransmisikan. Gelombang yang ditransmisikan adalah hasil dari interferensi dari gelombang datang dan gelombang yang dihasilkan oleh penyerapan dan radiasi ulang cahaya oleh atom-atom dalam medium tersebut. Jika λ adalah panjang gelombang cahaya di ruang hampa, panjang gelombang λ' di dalam medium dengan indek bias n adalah

$$\lambda' = \frac{v}{f} = \frac{c/n}{f} = \frac{\lambda}{n} \dots\dots\dots(6)$$

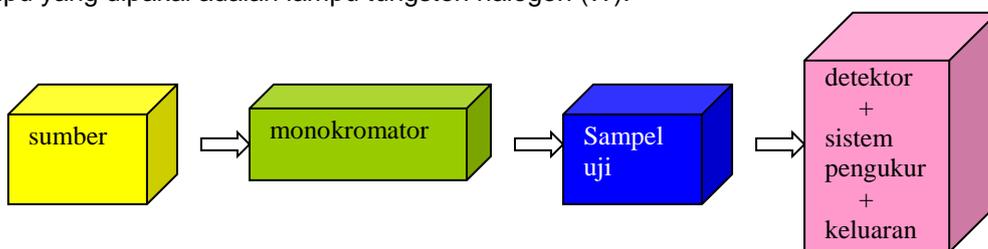
b. Difraksi

Difraksi adalah penyebaran atau pembelokan gelombang pada saat gelombang ini melintasi bukaan atau mengelilingi ujung penghalang. Gelombang terdifraksi selanjutnya mengalami interaksi dengan gelombang lain yang mempengaruhi suatu bagian medium yang sama sehingga gangguan sesaat pada gelombang paduan merupakan jumlah vektor gangguan sesaat pada masing-masing gelombang (interferensi) sehingga menghasilkan daerah penguatan dan pelemahan atau disebut juga daerah gelap terang (kamus lengkap fisika, 1994).

Untuk menghasilkan spektrum gelombang cahaya maka diperlukan kisi difraksi yang terdiri dari lembaran gelas atau logam spekulum dengan garis-garis sejajar yang berjumlah sangat banyak dan memiliki jarak yang sama pada lembaran tersebut.

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometer serapan atom adalah alat yang digunakan untuk mengukur perubahan intensitas radiasi suatu atom, menggunakan cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda sebagai penghasil spektrum cahaya yang diserap dan dipantulkan oleh atom tersebut. Spektrum tersebut berbentuk energi. Cahaya yang dipancarkan berasal dari sebuah sumber yaitu sebuah lampu monokromator yang berfungsi sebagai sumber radiasi sampel. Biasanya lampu yang dipakai adalah lampu tungsten halogen (W).



Gambar 4. Skema spektrofotometer serapan atom

2. Eksperimen dan hasil

Batubara yang digunakan dalam pengujian energi dan logam berat ini berasal dari beberapa tempat di Indonesia. Pengumpulan sampel dilakukan oleh PT Sucofindo cabang Padang. Persiapan sampel dilakukan di labor pengujian kualitas batubara milik PT Sucofindo di jalan raya Pagang no 16, Nanggalo, Padang, Sumatera Barat, yaitu dengan menjemur dan menggiling sampel sampai kadar ukuran baku, kemudian membiarkan sampel selama beberapa jam agar kondisi sampel sesuai dengan kelembaban dan keadaan laboratorium.

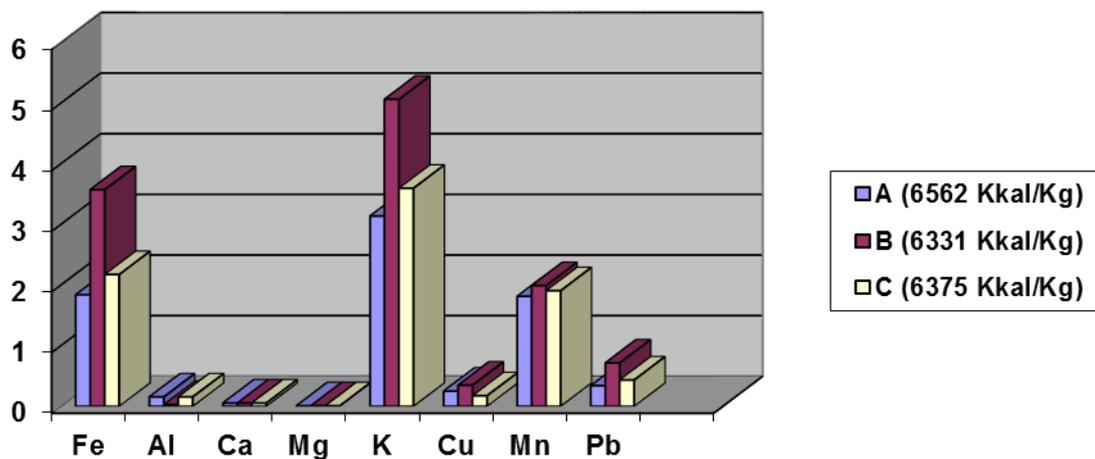
Pengujian kadar energi sampel batubara dilakukan oleh PT Sucofindo, cabang Padang dengan melibatkan tiga macam sampel dari lokasi penambangan yang berbeda. Sampel tersebut diberi

inisial A, B dan C untuk menjaga kerahasiaan penelitian perusahaan. Dari pengujian tersebut didapatkan nilai energi batubara dan kadar sulfur (S) yang terkandung di dalamnya.

Pengujian logam berat dilakukan dengan melarutkan batubara dengan cara dibakar dengan furnace dengan tiga tahap, tahap pertama pada suhu 105 0C selama 1 jam untuk menghilangkan kadar air, kemudian batubara ditimbang kembali. Tahap kedua pada suhu 600 0C selama 1 jam untuk menghilangkan material pengotor (volatile material), kemudian ditimbang kembali. Tahap ketiga pada suhu 1000 0C selama 1 jam untuk pengabuan.

Batubara yang telah menjadi abu ditimbang kembali dan dimasukkan ke dalam 5 ml larutan HNO3 pekat, kemudian ditambahkan aquades sampai volume 50 ml. Larutan didestruksi selama 8 jam, kemudian disaring dengan kertas saring. Volume larutan dicukupkan 100 ml dengan menambahkan akuades.

Perbandingan Logam Berat Pada Sampel Batubara A, B dan C



Gambar 5. Logam berat pada sampel A, B dan C

Pada 9 sampel logam yang diteliti didapatkan 4 sampel yang jika konsentrasinya tinggi, maka energi yang dihasilkan akan semakin kecil. Sampel tersebut adalah Fe, K, Mn dan Pb dengan persentase sebesar 50 %. Kemudian 2 sampel yang apabila konsentrasinya tinggi maka energi yang dihasilkan juga akan semakin besar, sampel tersebut adalah Al dan Cu dengan persentase 25 %. Dua sampel berikutnya yaitu Ca dan Mg sebanyak 25 % sama sekali tidak berpengaruh.

3. KESIMPULAN

Dari perbandingan data energi batubara dengan konsentrasi logam beratnya maka dapat diambil kesimpulan;

1. Untuk logam besi, mangan, kalium dan timbal, energi pembakaran batubara kecil dengan konsentrasi logam yang semakin besar
2. Untuk logam aluminium dan tembaga, energi pembakaran batubara besar dengan konsentrasi logam yang semakin besar

3. Logam kalsium dan magnesium tidak berpengaruh pada energi pembakaran sampel batubara
4. Besarnya energi batubara pada sampel A, B dan C juga dipengaruhi oleh kadar air, material pengotor, jumlah karbon dan kadar abu.
5. Logam berat sebagai parameter energi pembakaran batubara kurang signifikan karena konsentrasinya sangat kecil yaitu dalam ukuran ppm (part per million).

REFERENSI

- [1] Bishop, R.J.S. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Erlangga . Jakarta. 2000
- [2] Ewing, G.W. *Instrumental Methods of Chemical Analysis*. Mcgraw-Hill. New York. 1990
- [3] Kittel, C. *Introduction to Solid State Physics*. Jhon Wiley & Sons. New York. 1996
- [4] Krull, J. S. *The Use Complexing Eluents for The High Performance Liquid Chromatographic Determination of Metal Species*. Jhon Willey & Sons. New York. 1991
- [5] Kusumoyudo, W. *Mineralogi Dasar*. Bina cipta. Bandung. 1986
- [6] Lajunen, L.H.J. *Spectrochemical Analysis by Atomic Absorption and Emission*. Royal Society of Chemistry . Findland. 1992
- [7] Tipler, P.A. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Erlangga . Jakarta. 1991
- [8] Vlack, L.H. *Ilmu dan teknologi bahan*. Erlangga. Jakarta. 1983
- [9] Himdika. *Spektrofotometri Serapan Atom*. 8 hal. <http://www.spektrofotometri.com>. 25 november 2008, pk.18.54. 2008
- [10] Fariz Tirasonjaya. *Fundamental of Coal Petrology*. 8 hal. <http://www.tekmira.esdm.go.id/> , 16 september 2008.
- [11] Wikipedia. *Besi, tembaga, aluminium, mangan, timbal, kalium, kalsium, magnesium*. 8 hal. <http://www.toksikologilogamberat.go.id/> , 12 desember 2008.
- [12] Optik. 2009. <http://www.hyperphysics.com>
- [13] Chrisye Dewi Puspita. *Spektroskopi Serapan Atom*. 8 hal. <http://www.spectroscopy.com>. 25 november 2008