

# Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara

Volume 9, Nomor 2, Mei 2013

Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara terbit pada bulan Januari, Mei, September dan memuat karya-karya ilmiah yang berkaitan dengan litbang mineral dan batubara mulai dari eksplorasi, eksploitasi, pengolahan, ekstraksi, pemanfaatan, lingkungan, hingga kebijakan dan keekonomian.

Redaksi menerima naskah yang relevan dengan substansi terbitan ini.

## PENASIHAT

Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara  
Kepala Bidang Afiliasi dan Informasi

## PEMIMPIN REDAKSI

Prof. I G. Ngurah Ardha, M.Sc.

## REDAKTUR PELAKSANA

Umar Antana

## DEWAN REDAKSI

1. Prof. I G. Ngurah Ardha, M.Sc. (Metalurgi/Pengolahan Mineral)
2. Tatang Wahyudi, Ir. M.Sc. (Geologi/Mineralogi Proses)
3. Jafril, Drs. (Manajemen Sumber Daya Mineral dan Batubara)
4. Dr. Miftahul Huda, Ir., M.Sc. (Teknik Kimia Terapan/ Teknologi Pemanfaatan Batubara)
5. Prof. Dr. Siti Rochani, M.Sc. (Kimia/Teknologi Bahan)
6. Nining Sudini Ningrum, M.Sc. (Geologi/Teknologi Pemanfaatan Batubara)
7. Zulfahmi, Ir., MT. (Tambang Bawah Tanah)
8. Retno Damayanti, Dra., Dipl.Est. (Kimia/Lingkungan Pertambangan)

## PENYUNTING ILMIAH

1. Dr. Miftahul Huda, Ir., M.Sc.
2. Tatang Wahyudi, Ir. M.Sc.
3. Nining Sudini Ningrum, M.Sc.

## MITRA BESTARI

1. Prof. Dr. Syoni Supriyanto, M.Sc. (ITB - Teknik Pertambangan)
2. Dr. Ing. Ir. Aryo Prawoto Wibowo, M.Eng. (ITB - Ekonomi Mineral dan Batubara)
3. Dr. Ir. Suseno Kramadibrata, M.Sc. (ITB - Desain Tambang)
4. Dr. Ir. Imam Sadisun, M.T. (ITB - Geologi Teknik)
5. Prof. Dr. Ir. Udi Hartono (Badan Geologi - Petrologi dan Mineralogi)
6. Prof. Dr. Ir. Surono (Pusat Survei Geologi - Geologi Bahan Galian Tambang)
7. Dr. Hermes Panggabean, M.Sc. (PSG - Energi Fosil)
8. Ir. Dida Kusnida, M.Sc. (P3GL - Geofisika Marin)
9. Drs. Lukman Arifin, M.Si. (P3GL - Geofisika Kelautan)
10. Ir. Sri Widayati, M.T. (Unisba - Ekonomi Mineral)
11. Dr. Ir. Ukar W. Soelistijo, M.Sc. APU. (Unisba - Ekonomi Mineral, Energi dan Regional)

12. Sudaryanto, Ir., M.T. (LIPI - Tambang Permukaan)
13. Eko Tri Sumardani Agustinus, Ir., M.T. (LIPI - Tambang Bawah Permukaan)
14. Achmad Subardja Djakamihardja, Ir., M.Sc. (LIPI - Geo Mekanika Batuan)
15. Nyoman Sumawijaya, Ir., M.Sc. (LIPI - Geohidrologi Pertambangan)
16. Dr. Binarko Santoso, Ir. (tekMIRA - Mineral dan Geologi Batubara)
17. Prof. Dr. Datin Fatia Umar, Ir., M.T. (tekMIRA - Teknik Kimia/Pengolahan dan Pemanfaatan Batubara)
18. Sri Handayani, Dra., M.Sc. (tekMIRA - Bioteknologi Mineral)
19. Prof. Husaini, Ir., M.Sc. (tekMIRA - Teknik Lingkungan)
20. Prof. Dr. Pramusanto, Ir. (tekMIRA - Metalurgi ekstraktif)
21. Slamet Suprpto, M.Sc. (tekMIRA - Teknologi Batubara)
22. Sumaryono, Drs., M.Sc. (tekMIRA - Pembakaran Batubara)
23. Prof. Dr. Bukin Daulay, M.Sc. (tekMIRA - Teknologi Batubara)
24. Nendaryono Madiutomo, Ir., M.T. (tekMIRA - Teknologi Penambangan)
25. Darsa Permana, Ir. (tekMIRA - Kebijakan Pertambangan)
26. Eko Pujiyanto, Ir. M.Sc. (tekMIRA - Geoteknik-Tambang)

Redaksi Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bestari, khususnya kepada mereka yang telah berpartisipasi menelaah naskah-naskah yang dapat diterbitkan dalam jurnal ilmiah tekMIRA Vol. 9, No. 2, Mei 2013 ini. Para Mitra Bestari yang telah berpartisipasi menelaah makalah ilmiah untuk edisi ini adalah

1. Prof. Dr. Ir. Datin Fatia Umar, M.T.
2. Prof. Husaini, Ir., M.Sc.
3. Dr. Ir. Binarko Santoso
4. Sumaryono, Drs., M.Sc.
5. Eko Pujiyanto, Ir. M.Sc.
6. Sri Handayani, Dra., M.Sc.

## STAF REDAKSI

Umar Antana, K. Sri Henny, Rusmanto, Bachtiar Efendi, Arie Aryansyah dan Andi Wicaksono

## PENERBIT

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara

## ALAMAT REDAKSI

Jl. Jend. Sudirman 623 Bandung 40211  
Telpon : (022) 6030483 - 5, Fax : (022) 6003373  
e-mail : publikasitekmira@tekmira.esdm.go.id /  
publikasitekmira@yahoo.com  
Website : http://www.tekmira.esdm.go.id

# Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara

Volume 9, Nomor 2, Mei 2013

## DAFTAR ISI

- ❑ **Prediksi Zona Kerusakan Batuan Setelah Peledakan pada Beberapa Tambang Batubara .....61 - 73**  
**di Indonesia Menggunakan Data Seismik Refraksi dan Getaran Peledakan**  
*Prediction of Rock Damage Zone After Blasting at Several Indonesia Coal Mine*  
*Using Seismic Refraction and Blasting Vibration Data*  
Zulfahmi
  
- ❑ **Analisis Kelayakan Finansial Pembangunan Pabrik SGA (Smelter Grade Alumina) .....74 - 87**  
**Mempawah dengan Proses Bayer**  
*Financial Feasibility Analysis of SGA (Smelter Grade Alumina) Plant Construction*  
*Using Bayer Process at Mempawah*  
Harta Haryadi
  
- ❑ **Prospeksi Galena di Daerah Sungai Uring, Nangroe Aceh Darussalam.....88 - 97**  
*Galena Prospection at Sungai Uring Area, Nangroe Aceh Darussalam*  
Harry Utoyo
  
- ❑ **Pengaruh Ukuran Partikel, Waktu Reaksi dan Jumlah Oksidan pada Desulfurisasi .....98 - 107**  
**Secara Kimia Terhadap Batubara Binungan**  
*Effect of Particle Size, Reaction Time and Oxidant in Chemical*  
*Desulfurisation of Binungan Coal*  
Hariyanto Soetjijo
  
- ❑ **Pembakaran Bersama Tepung Batubara dan Serbuk Gergaji Menggunakan.....108 - 117**  
**Pembakar Siklon Sederhana**  
*Co-Firing Coal Powder and Sawdust Using Simplified Cyclone Burner*  
*for Small and Medium Industries*  
Ikin Sodikin

## *Dari Redaksi*

“Energi dan Sumber Daya Mineral untuk Kesejahteraan Rakyat” merupakan slogan lugas yang saat ini terpampang mencolok di beberapa sudut ruang institusi-institusi perkantoran dalam jajaran kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). Slogan ini sebenarnya merupakan tekad kuat pemerintah dalam upaya memanfaatkan kekayaan alam Indonesia sebaik-baiknya untuk kepentingan dan kemakmuran rakyat sesuai amanat pasal 33 UUD 1945. Untuk itu pula ada UU No.4/2009, ada PP dan PERMEN ESDM terkait yang sangat jelas menyiratkan kewajiban industri pertambangan melaksanakan hilirisasi produk-produknya di Indonesia melalui proses peningkatan nilai tambah, termasuk menjaga kelangsungan produksi sekaligus bersahabat dengan masyarakat sekitar tambang yang peduli kepada lingkungan. Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara (*tekMIRA*) sebagai institusi penelitian dan pengembangan berkewajiban ikut berpartisipasi membantu melaksanakan tekad tersebut melalui kegiatan-kegiatan penelitian, pengkajian, perekayasaan dan pengembangan teknologi serta ikut berpartisipasi dalam penyusunan kebijakan subsektor mineral dan batubara. Sejak Januari hingga Mei 2013 banyak kegiatan dilakukan di Puslitbang *tekMIRA*, beberapa diantaranya adalah berlangsungnya ajang diskusi dan pertemuan antar lembaga penelitian dalam rangka sinergi penelitian dan pengembangan teknologi pengolahan/pemurnian mineral logam tanah jarang (LTJ) yang diikuti antara lain PPGN (Batan), PTAPB (Batan), LIPI, BPPT, kementerian Ristek, Bapeten, ITB, Unpad, UI, PPGL, PT. Timah, pemda Babel, dll., yang menelaah kemungkinan percepatan terwujudnya industri LTJ di Indonesia. Selain itu, Puslitbang *tekMIRA* boleh berbangga kepada 2 (dua) orang penelitiannya atas kerja kerasnya dan ketekunannya dalam melakukan penelitian terapan di bidang teknologi pemanfaatan batubara sehingga berhasil memperoleh sertifikat Paten. Sejalan dengan tekad pemerintah untuk memanfaatkan sumber daya alam yang baik dan benar untuk kesejahteraan rakyat, maka Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara (Jurnal *tekMIRA*) Volume 9, No.2, edisi Mei 2013 ini hadir ke hadapan para pembaca yang budiman dengan menyetengahkan topik-topik antara lain dalam rangka *good mining practices* telah dilakukan penelitian “pengaruh intensitas peledakan terhadap struktur batuan di sekitar tambang batubara” di Indonesia. Selain itu, berkaitan dengan proses hilirisasi produk tambang maka dalam waktu tidak lama lagi direncanakan akan dibangun pabrik pengolahan dan pemurnian (*smelter*) bauksit di Kendawangan, Kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat dengan kapasitas tidak kurang dari 1 juta ton/tahun untuk tahap pertama yang diharapkan beroperasi tahun 2014 atau 2015 dan tambahan kapasitas 1 juta ton lagi/tahun pada tahap kedua sehingga total menjadi kapasitas 2 juta ton/tahun yang diharapkan beroperasi tahun 2017; untuk itu telah dilakukan “kajian analisis kelayakan finansial pembangunan pabrik *smelter grade alumina* (SGA)”. Hal lain yang tidak kalah pentingnya adalah penelitian “prospeksi mineral sulfida galena di Nangroe Aceh Darussalam” dengan maksud agar keberlanjutan sumber daya mineral di Indonesia tetap terjaga bahkan bertambah banyak melalui penyelidikan dan eksplorasi geologis yang intensif. Penelitian “desulfurisasi batubara Binungan” sebagai salah satu upaya peningkatan nilai kalor dan nilai tambah batubara. “Penguji efisiensi pembakar siklon menggunakan bahan bakar campuran tepung batubara dan serbuk gergaji” yang diaplikasikan pada industri kecil menengah (IKM). Kedua topik terakhir ini diketengahkan untuk memanfaatkan batubara dan limbah kayu. Semua topik-topik yang dituangkan dalam jurnal ini kelak dapat dimanfaatkan dan diaplikasikan oleh industri terkait untuk kesejahteraan dan kemakmuran rakyat Indonesia. Akhir kata, redaksi percaya bahwa informasi umum tentang isu terkini, ragam topik penelitian dan kajian yang disajikan dalam Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara edisi bulan Mei 2013 ini dapat menambah wawasan para peneliti, perekayasa, pemerhati subsektor mineral batubara serta para pembaca pada umumnya.

Redaksi

# JURNAL TEKNOLOGI MINERAL DAN BATUBARA

ISSN 1979 – 6560

Volume 9, Nomor 2, Mei 2013

Kata kunci yang dicantumkan adalah istilah bebas. Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa izin dan biaya.

## Indeks Sari

**Zulfahmi (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara)**  
**Prediksi Zona Kerusakan Batuan Setelah Peledakan pada Beberapa Tambang Batubara di Indonesia Menggunakan Data Seismik Refraksi dan Getaran Peledakan**  
*Prediction of Rock Damage Zone After Blasting at Several Indonesia Coal Mines Using Seismic Refraction and Blasting Vibration Data*  
**Jurnal tekMIRA, Vol. 9, No. 2, Mei 2013,**  
**hlm.61 - 73**

Untuk mengevaluasi pengaruh peledakan terhadap zona kerusakan struktur batuan, telah dilakukan penelitian terhadap kondisi batuan di sekitar lokasi peledakan dengan pengukuran seismik refraksi dan getaran peledakan. Hipotesis awal adalah terdapat korelasi antara kecepatan rambat gelombang seismik, kerusakan struktur batuan dan jarak dari sumber peledakan. Tiga refraktor dengan kedalaman bervariasi telah dihasilkan dari pengukuran seismik ini. Refraktor tersebut berada kedalaman antara 0,15 - 2,1 meter, 2,2 - 3,5 meter dan 2,7 - 4,5 meter dari permukaan. Kecepatan rambat gelombang pada lapisan 3 menunjukkan nilai perambatan paling tinggi dibandingkan dengan lapisan yang lain. Kurva dari grafik kecepatan rambat gelombang sebelum dan sesudah peledakan cenderung berhimpitan. Hal ini berarti pada lapisan tersebut tidak terjadi kerusakan signifikan. Pada lapisan 1 dan 2 terjadi perbedaan kecepatan yang ditunjukkan dengan kurva yang berjauhan. Hal ini berarti terjadi perubahan struktur batuan. Lapisan 1 menunjukkan kurva sejajar ke arah menjauhi lokasi peledakan, sedangkan kurva pada lapisan 2 menunjukkan saling berpotongan atau saling mendekati. Dari perhitungan, diperoleh jarak minimum yang aman dari kerusakan adalah 35,65 meter (PT.KJA), 29,00 meter (PTBA), 39,09 meter (PT.BBE) dan 38,19 meter (PT. MSJ). Hasil korelasi antara jarak minimum yang aman dari kerusakan batuan dengan grafik kecepatan partikel puncak (PPV) diperoleh nilai PPV 17,20 mm/detik untuk PT. KJA, 18,41 mm/detik (PTBA), 16,70 mm/detik (PT. BBE) dan 16,80 mm/detik (PT. MSJ). Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui kondisi kerusakan batuan pada beberapa lokasi penambangan batubara di Indonesia berada sampai pada jarak antara 29,00 - 39,09 meter dengan nilai ambang PPV antara 16,70 - 18,41 mm/detik.

Kata kunci: seismik refraksi, getaran peledakan, kecepatan rambat gelombang, kerusakan akibat peledakan

**Haryadi, Harta (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara)**  
**Analisis Kelayakan Finansial Pembangunan Pabrik SGA (Smelter Grade Alumina) Mempawah dengan Proses Bayer**  
*Financial Feasibility Analysis of SGA (Smelter Grade Alumina) Plant Construction Using Bayer Process at Mempawah*  
**Jurnal tekMIRA, Vol. 9, No. 2, Mei 2013,**  
**hlm.74-87**

Peningkatan nilai tambah mineral dan batubara (minerba) merupakan kewajiban bagi setiap perusahaan tambang minerba sesuai amanat yang tertuang di dalam Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, yang dijabarkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 23 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara. Ketentuan ini membawa konsekuensi bagi pengusaha agar produk pertambangan yang masih bentuk mentah, harus dilakukan pengolahan menjadi barang jadi atau setengah jadi sebelum diekspor, sehingga ada nilai tambah yang bisa didapatkan serta dapat memenuhi kebutuhan industri dalam negeri. Amanat UU pertambangan tersebut, direspon dengan baik oleh PT. Aneka Tambang (Antam), Tbk selaku produsen bauksit dalam negeri, dengan merencanakan pembangunan pabrik Smelter Grade Alumina (SGA) yang akan dibiayai dengan dana sendiri. Pabrik SGA memiliki kapasitas 1.000.000 ton alumina per tahun, dengan mengolah 2.499.999 ton bijih bauksit. Rencananya, pada 2014, operasi komersial perdana akan dilakukan. Pabrik SGA dengan nilai proyek US\$ 1 miliar ini, akan menghasilkan alumina sebagai bahan baku logam aluminium PT. Inalum. Kebutuhan bahan baku untuk Pabrik SGA ini dipasok dari tambang bauksit di Sanggau dengan total cadangan yang dimiliki oleh PT. Antam Tbk berjumlah sebesar 188,30 juta ton, yang luasnya 36.410 ha. Dengan asumsi tingkat produksi tetap, maka umur tambang perusahaan ini sekitar 75,62 tahun. Dari rencana pembangunan pabrik SGA ini dilakukan analisis finansial, untuk mengetahui kelayakan rencana pendirian pabrik tersebut dan kemampuan investasinya dalam memberikan keuntungan terhadap jumlah modal yang ditanamkan. Analisis finansial ini bertujuan untuk mengkaji aspek finansial dari pembangunan pabrik komersial SGA. Metode yang digunakan dalam analisis finansial ini dilakukan dengan menggunakan kriteria *Net Present Value (NPV)*, *Internal*

<p><i>Rate of Return (IRR), Return on Investment (ROI), Pay Back Period (PBP), Laba Bersih dan Laba Kotor, Benefit Cost Ratio (B/C R), serta Break Even Point (BEP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembangunan pabrik komersial SGA secara finansial layak dijalankan dan proyek dapat diterima. Dengan menggunakan beberapa variabel pengukuran yang umumnya digunakan dalam menganalisis sensitivitas usaha, yaitu harga jual SGA diasumsikan diturunkan sebesar 5% dan biaya produksi dinaikkan sebesar 5%, ternyata rencana pembangunan pabrik SGA di Mempawah ini tidak sensitif terhadap penurunan harga jual, juga tidak sensitif terhadap peningkatan biaya produksi.</i></p> <p>Kata kunci : analisis, kelayakan, finansial, bauksit, smelter grade alumina</p>	<p>dalam larutan 0.1 N asam sulfat telah dilakukan terhadap batubara Binungan (Kalimantan Timur) dengan menggunakan sebuah reaktor berpengaduk terbuat dari <i>stainless steel</i> dengan volume 1 liter. Variabel percobaan meliputi ukuran partikel batubara <math>\{-20+100\}</math> dan <math>\{-100\}</math> mesh}, waktu reaksi (30 sampai 180 menit) dan jumlah oksidan (500 dan 250 ml). Hasil percobaan memperlihatkan bahwa pengurangan kandungan sulfur batubara Binungan bervariasi tergantung pada ukuran partikel, waktu reaksi dan jumlah oksidan yang digunakan. Selain itu hasil analisis kimia serta difraksi sinar X mengindikasikan bahwa sebagian besar sulfur yang dihilangkan adalah sulfur piritik.</p> <p>Kata kunci : desulfurisasi kimiawi; batubara; kandungan sulfur, oksidan</p>
<p><b>Utoyo, Harry (Pusat Survei Geologi)</b>  <b>Prospeksi Galena di Daerah Sungai Uring, Nangroe Aceh Darussalam</b>  <i>Galena Prospection at Sungai Uring Area, Nangroe Aceh Darussalam</i>  <b>Jurnal tekMIRA, Vol. 9, No. 2, Mei 2013, hlm.88-97</b></p> <p>Mineralisasi galena (PbS) terdapat di sungai Uring, kecamatan Pining, kabupaten Gayo Lues, Nangroe Aceh Darussalam. Mineralisasi tersebut berupa urat-urat kuarsa dengan ketebalan beberapa cm hingga 4,80 m dengan arah umum N295°E/55° (Baratlaut-Tenggara) dan N195°E/50° (Timurlaut-Baratdaya). Mineralisasi galena dengan mineral asosiasinya, yaitu sfalerit, kalkopirit, pirolusit serta mineral logam mulia berupa emas dan perak. Alterasi yang terjadi terutama silisifikasi, seritisasi serta kaolinitisasi. Sebagai batuan induk (<i>host rock</i>) adalah batusabak, kuarsit, batupasir dan batugamping yang termasuk dalam Formasi Kluet, sedangkan mikrodiorit sebagai batuan sumber (<i>source rock</i>). Berdasarkan analisis kimia, kadar Pb total cukup bagus berkisar antara 37,65 – 63,25 % dengan perkiraan sumber daya lebih dari 100 ton.</p> <p>Kata kunci : galena, prospeksi, formasi Kluet, sungai Uring</p>	<p><b>Sodikin, Ikin (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara)</b>  <b>Pembakaran Bersama Tepung Batubara dan Serbuk Gergaji Menggunakan Pembakar Siklon Sederhana</b>  <i>Co-Firing Coal Powder and Sawdust Using Simplified Cyclone Burner for Small and Medium Industries</i>  <b>Jurnal tekMIRA, Vol. 9, No. 2, Mei 2013, hlm.108-117</b></p> <p>Saat ini di daerah padat penduduk mulai dari Lampung, Jawa, Bali dan Nusatenggara Barat, limbah kayu berupa serbuk gergaji relatif melimpah, karena berkembangnya industri kayu albasia setelah surutnya pasokan kayu dari Kalimantan. Serbuk gergaji dapat dibakar secara efektif dan efisien melalui pembakaran bersama (<i>co-firing</i>) dengan batubara. Pembakaran bersama dapat dilakukan melalui briket <i>biocoal</i> atau melalui pembakaran kombinasi kayu gelondongan dengan batubara bongkah yang telah banyak diteliti dan menghasilkan efisiensi energi yang tinggi. Pembakaran bersama ini dapat juga dilakukan melalui pembakaran serbuk gergaji dengan tepung batubara. Alat pembakar yang digunakan adalah pembakar siklon tipe sederhana yang terjangkau harganya untuk Industri Kecil Menengah (IKM) di pedesaan, sehingga dapat menunjang program desa mandiri energi. Pembakar siklon merupakan alat pembakar tepung bahan bakar padat yang efektif, karena kondisi turbulensi yang tinggi. Dari hasil percobaan yang dilakukan, pembakaran bersama antara tepung batubara dan serbuk gergaji dengan komposisi 25% : 75% telah memberikan efisiensi energi sebesar 56-69%. Hal ini mendekati efisiensi energi penggunaan bahan bakar gas untuk penggunaan dalam rumah tangga dengan efisiensi <math>\pm 65\%</math>. Efisiensi energi sebesar ini dicapai penghematan <math>\pm 50\%</math> dibanding penggunaan Bahan Bakar Gas (BBG) bersubsidi 3 kg. Kelebihan lain, dengan penggunaan teknik pembakaran bersama ini, proses pembakaran dapat dilakukan pada skala yang lebih besar, sehingga lebih efektif untuk pengembangan IKM di pedesaan, maupun untuk menunjang program desa mandiri energi. Selain itu, pembakaran bersama</p>
<p><b>Soetjijo, Hariyanto (Pusat Penelitian Geopteknologi - LIPI)</b>  <b>Pengaruh Ukuran Partikel, Waktu Reaksi dan Jumlah Oksidan pada Desulfurisasi Secara Kimiawi Terhadap Batubara Binungan</b>  <i>Effect of Particle Size, Reaction Time and Oxidant in Chemical Desulfurisation of Binungan Coal</i>  <b>Jurnal tekMIRA, Vol. 9, No. 2, Mei 2013, hlm.98-107</b></p> <p>Percobaan desulfurisasi secara kimiawi dengan menggunakan hidrogen peroksida berkonsentrasi 15%v/v</p>	

tetap layak untuk industri di perkotaan karena secara ekonomis dapat bersaing dengan gas bersubsidi maupun bahan bakar lainnya.

Kata kunci : pembakaran bersama, serbuk gergaji, tepung batubara, pembakar siklon