

Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara

Volume 13, Nomor 3, September 2017

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

Redaksi menerima naskah yang relevan dengan substansi terbitan ini.

PENASIHAT

Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara

Kepala Bidang Afiliasi dan Informasi

Kepala Sub Bidang Informasi

PEMIMPIN REDAKSI

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

REDAKTUR PELAKSANA

Umar Antana

DEWAN REDAKSI

1. Prof. I G. Ngurah Ardha, M.Met. (Metalurgi/Pengolahan Mineral)
2. Prof. Dr. Siti Rochani, M.Sc. (Kimia/Teknologi Bahan)
3. Zufahmi, Ir., M.T. (Tambang Bawah Tanah)
4. Retno Damayanti, Dra., Dipl.Est. (Kimia/Lingkungan Pertambangan)
5. Eko Pujiyanto, Ir., M.E. (Geoteknologi)
6. Nendaryono Madiutomo, Ir., M.T. (tekMIRA - Teknologi Penambangan)
7. Ridwan Saleh, Drs. (tekMIRA – Ekonomi Mineral)

PENYUNTING ILMIAH

1. Prof. Dr. Siti Rochani, M.Sc.
2. Prof. I G. Ngurah Ardha, M.Met.
3. Zufahmi, Ir., M.T.
4. Eko Pujiyanto, Ir., M.E.
5. Retno Damayanti, Dra., Dipl.Est.

MITRA BESTARI

1. Prof. Dr. Syoni Supriyanto, M.Sc. (ITB - Teknik Pertambangan)
2. Dr. Singgih Saptono, M.Sc. (UPN Veteran Yogyakarta - Teknik Pertambangan)
3. Dr. Said Muzambiq, M.Sc. (ITM Medan - Lingkungan Pertambangan)
4. Dr. Phil.Nat. Sri Widodo, M.T. (UNHAS - Desain Pertambangan)
5. Dr. Nuzul Achjar (FE-UI - Ekonomi)
6. Dr. Ir. Edi Sanwani (ITB - Pengolahan Mineral-Batubara)
7. Prof. Dr. Pramusanto, Ir. (Unisba - Metalurgi ekstraktif)
8. Prof. Dr. Ir. Udi Hartono (Badan Geologi - Petrologi dan Mineralogi)
9. Prof. Dr. Ir. Surono (Pusat Survei Geologi - Geologi Bahan Galian Tambang)
10. Dr. Hermes Panggabean, M.Sc. (PSG - Energi Fosil)
11. Dida Kusnida, Ir., M.Sc. (P3GL - Geofisika Marin)
12. Lukman Arifin, Drs., M.Si. (P3GL - Geofisika Kelautan)
13. Sri Widayati, Ir., M.T. (Unisba - Ekonomi Mineral)

14. Dr. Ir. Ukar W. Soelistijo, M.Sc. APU. (Unisba - Ekonomi Mineral, Energi dan Regional)
15. Dr. Asri Peni Wulandari, M.Sc. (UNPAD - Bioteknologi)
16. Dr. D. Hendra Amijaya (UGM - Geokimia Hidrokarbon dan Geologi Batubara)
17. Dr. Sri Mulyaningsih, S.T., M.T. (IST AKPRIND Yogyakarta - Geologi Teknik)
18. Dr. Muchlis, M.Sc. (IST AKPRIND Yogyakarta - Teknik Geologi Lingkungan)
19. Dr. Tri Nuke Pudjiastuti, M.A. (LIPI - Lingkungan/Hukum Pertambangan)
20. Achmad Subardja Djakamihardja, Ir., M.Sc. (LIPI - Geo Mekanika Batuan)
21. Prof. Dr. Ir. Adjat Sudradjat, M.Sc. (UNPAD - Kebijakan Pertambangan)
22. Dr. Ir. Ismi Handayani, MT. (ITB - Pengolahan Mineral)
23. Prof. Dr. Binarko Santoso, Ir. (tekMIRA - Mineral dan Geologi Batubara)
24. Prof. Dr. Datin Fatia Umar, Ir., M.T. (tekMIRA - Teknik Kimia/Pengolahan dan Pemanfaatan Batubara)
25. Dr. Miifahul Huda, Ir., M.Sc. (Teknik Kimia Terapan/ Teknologi Pemanfaatan Batubara)
26. Sri Handayani, Dra., M.Sc. (tekMIRA - Bioteknologi Mineral)
27. Tatang Wahyudi, Ir. M.Sc. (tekMIRA - Geologi/Mineralogi Proses)
28. Prof. Husaini, Ir., M.Sc. (tekMIRA - Teknik Lingkungan)

Redaksi Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari, khususnya kepada mereka yang telah berpartisipasi menelaah naskah-naskah yang diterbitkan dalam jurnal ilmiah tekMIRA Vol. 13, No. 3, September 2017 ini. Para Mitra Bebestari yang telah berpartisipasi menelaah makalah ilmiah untuk edisi ini adalah

1. Prof. Dr. Pramusanto, Ir.
2. Sri Widayati, Ir., M.T.
3. Prof. Dr. Binarko Santoso, Ir.
4. Prof. Dr. Datin Fatia Umar, Ir., M.T.

STAF REDAKSI

Umar Antana, Hanny F. Fauziah, Bachtiar Efendi 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 : jumaltekmira@gmail.com /

publikasitekmira@yahoo.com

Website : <http://jurnal.tekmira.esdm.go.id/index.php/minerba>

Jurnal

Teknologi Mineral dan Batubara

Volume 13, Nomor 3, September 2017

DAFTAR ISI

- ❑ **Prediksi Zona Jenuh Airtanah pada Batuan di Areal *Pilot Plant Underground Coal Gasification*, Musi Banyuasin, Sumatera Selatan..... 171 - 183**
Prediction of Groundwater Saturated Zone on the Rock at the Area of UCG Pilot Plant, Musi Banyuasin, South Sumatera
Eko Pujiyanto dan Agus Nugroho

- ❑ **Rancang Bangun Sistem Pemantauan Terpadu Keselamatan Kerja Tambang Bawah Tanah Menggunakan Sistem Kabel dan Telemetry..... 185 – 196**
Development of Integrated Monitoring System for Underground Mine Safety Using Cable and Telemetry System
Hasniati Astika dan Zulkifli Pulungan

- ❑ **Bioksidasi: Teknologi Alternatif Pengolahan Bijih Emas Refraktori 197 - 211**
Biooxidation: An Alternative Technology for Refractory Gold Ore Processing
Sri Handayani dan Suratman

- ❑ **Penyiapan Serbuk Komposit Korundum – Titanium Karbida (Al_2O_3-TiC) sebagai Bahan Abrasif..... 213 - 223**
Powder Preparation of Corundum-Titanium Carbide Composites (Al_2O_3-TiC) as Abrasive Materials
Frank Edwin dan Subari

- ❑ **Perubahan Komposisi Maseral dalam Batubara Wahau Setelah Proses Pengeringan/*Upgrading* 225 - 235**
Changes in Wahau's Coal Maceral Composition After Upgrading Process
Miftahul Huda, Silti Salinita dan Nining S. Ningrum

- ❑ **Dampak Keberadaan Usaha Pertambangan Tembaga di Papua Terhadap Perekonomian Nasional: Analisis *Input-Output* 237 - 252**
Impact of the Existence of Copper Mining in Papua on the National Economy: Input-Output Analysis
Ridwan Saleh dan Triswan Suseno

Dari Redaksi

Berkat rahmat dan karunia-NYA, Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara (Jurnal *tekMIRA*), Vol.13, No.3, edisi September 2017 hadir kembali secara daring menemui para pembaca. Kepada para pembaca yang budiman, sepanjang Juni hingga September 2017 ada beberapa isu muncul di sektor Minerba, diantaranya masalah negosiasi mekanisme divestasi PT Freeport oleh pemerintah yang masih belum tuntas, mengakibatkan sekitar 2000 karyawan dirumahkan akibat berkurangnya aktifitas produksi konsentrat. Masalah lingkungan pertambangan mulai lagi diperbincangkan khususnya untuk melarang adanya PETI (Pertambangan Emas Tanpa Ijin) dan harus menerapkan pengolahan bijih emas tanpa merkuri. Isu kegiatan pasca tambang juga menjadi sorotan dimana kem.ESDM menargetkan sepanjang tahun 2017 lahan pasca tambang terreklamasi seluas 6800 ha, tetapi hanya bisa tercapai 28% per Agustus 2017. Isu yang menggembirakan menurut *Bisnis.com*, bahwa PNBPNP minerba tembus Rp. 23,8 triliun per Agustus 2017. Berita bagus ini dipengaruhi oleh harga komoditas yang membaik khususnya batubara. Juga PT. PLN akan mengakuisisi beberapa perusahaan tambang batubara agar dapat mengamankan pasokan batubara yang menjadi kebutuhan bahan bakar pembangkit listriknya. Mengenai IPTEK, nampaknya potensi iptek di Indonesia belum menjadi prioritas dimana sepertinya investasi untuk mendukung penguatan dan pengembangan riset masih minim, ditambah lagi aturan biaya riset oleh swasta masih perlu diperjelas. Isu lainnya adalah PP No 11/2017 yang salah satu isinya terkait pembatasan usia pensiun pejabat fungsional madya dari 65 tahun menjadi 60 tahun lagi hangat-hangatnya yang menimbulkan kegelisahan para peneliti pada jenjang madya tersebut. Masalah-masalah seperti ini, secara umum menyebabkan penguatan dan pengembangan iptek masih berjalan ditempat.

Para pembaca yang budiman, bagaimanapun kegiatan riset harus tetap berjalan dan berkesinambungan. Untuk itu dalam Jurnal *tekMIRA* edisi ini memuat 6 (enam) karya-karya tulis ilmiah hasil riset dan kajian para peneliti. Secara umum topik pertama menyangkut masalah adanya zona jenuh air tanah di lokasi pilot plant UCG yang berpengaruh terhadap proses gasifikasi batubara bawah tanah. Topik kedua mengenai sistem pemantauan keselamatan kerja tambang bawah tanah yang dirancang dan telah diuji coba untuk mendeteksi kondisi bawah tanah secara langsung dari permukaan tambang. Hasil rekayasa alatnya dapat beroperasi dengan baik. Topik ketiga adalah mengenai bijih emas refraktori yang memang relatif sulit diekstraksi dengan metode konvensional (sianidasi) secara langsung. Untuk itu perlu ada proses praolahan berupa proses oksidasi. Metode praolah bio-oksidasi yang ramah lingkungan dapat meningkatkan kemampuan ekstraksi konvensional tersebut. Selanjutnya adalah riset mengenai pembuatan bubuk keramik abrasif berbasis komposit korundum-titanium karbida. Secara teknis pembuatan komposit tersebut berhasil, namun secara standar kualitas pasar masih perlu diteliti lebih lanjut. Berikutnya adalah topik mengenai batubara, bahwa batubara di Indonesia pada umumnya berperingkat rendah. Karena itu, perlu peningkatan nilai kalornya melalui proses upgrading dan/atau pengeringan. Dalam proses pengeringan diketahui terjadi perubahan komposisi maseral dan perubahan reflektan vitrinitnya, dimana pada suhu tertentu peningkatan reflektan vitrinit akan meningkatkan kualitas batubara tersebut. Topik terakhir membahas tentang pengaruh keberadaan pertambangan tembaga di Papua terhadap PDB nasional secara langsung dan tidak langsung. Bagaimana pengaruhnya, para pembaca yang budiman dapat mengetahui lebih detail setelah membaca isi ulasannya.

Demikian sekilas tentang isu sektor minerba dan isi karya tulis ilmiah Jurnal *tekMIRA* edisi September 2017 ini, kami menyadari bahwa masih banyak kekurangan, walau para penulis telah berusaha menuangkan hasil-hasil penelitiannya serta ide-ide ilmiahnya untuk penguatan IPTEK dengan harapan semoga bermanfaat, khususnya dalam upaya menunjang misi hilirisasi sektor mineral dan batubara di Indonesia. Redaksi tidak lupa mengucapkan terima kasih dan salam hormat kepada para Mitra Bebestari serta para Penyunting ilmiah yang telah meluangkan waktunya menelaah dan mengedit naskah-naskah agar layak diinformasikan. Akhir kata semoga Jurnal ini dapat memberikan manfaat. Selamat membaca dan terima kasih.

Redaksi

JURNAL TEKNOLOGI MINERAL DAN BATUBARA

P-ISSN 1979 – 6560, E-ISSN 2527-8789

Volume 13, Nomor 3, September 2017

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

Indeks Abstrak

DDC 622.159816

Pujianto, Eko dan Nugroho, Agus (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara)

Prediksi Zona Jenuh Airtanah pada Batuan di Areal *Pilot Plant Coal Underground Gasification*, Musi Banyuasin, Sumatera Selatan

Prediction of Groundwater Saturated Zone on the Rock at the Area of UCG Pilot Plant, Musi Banyuasin, South Sumatera

Jurnal *tekMIRA*, Vol. 13, No. 3, September 2017, hlm.171-183

Tujuan penyelidikan geofisika ini adalah memprediksi kejenuhan airtanah pada batuan di areal rencana penelitian *pilot plant Underground Coal Gasification* berdasarkan metode tahanan jenis. Kejenuhan tersebut diinterpretasikan berdasarkan distribusi tahanan jenis (ρ) batuan di bawah permukaan tanah. Data kejenuhan airtanah pada batuan sangat diperlukan dalam operasional gasifikasi batubara bawah tanah, terutama yang berkaitan dengan proses pembakaran lapisan batubara dan gasifikasinya. Dari hasil pemrosesan data dapat diinterpretasikan bahwa hampir seluruh batuan di bawah permukaan di area rencana penelitian memperlihatkan kondisi jenuh dengan airtanah sampai kedalaman 300 meter, yang ditandai dengan nilai $\rho < 100 \Omega\text{m}$. Kondisi ini merupakan hal yang memerlukan perhatian serius, terutama pada proses pembakaran dan gasifikasi yang lapisan batubaranya terletak di kedalaman 250-300 meter dari permukaan. Nilai $\rho > 100 \Omega\text{m}$ hanya dijumpai pada lintasan tertentu dan pada kedalaman relatif dangkal. Oleh karena itu, sangat disarankan melakukan uji pompa untuk mengetahui potensi akuifer secara kuantitatif. Penyelidikan ini memberikan peringatan dini kemungkinan adanya zona jenuh airtanah yang akan berpengaruh pada proses gasifikasi.

Kata kunci: geolistrik, tahanan jenis, kejenuhan airtanah pada batuan, pembakaran, gasifikasi lapisan batubara.

DDC 622.8

Astika, Hasniati dan Pulungan, Zulkifli (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara)

Rancang Bangun Sistem Pemantauan Terpadu Keselamatan Kerja Tambang Bawah Tanah Menggunakan Sistem Kabel dan Telemetry

Development of Integrated Monitoring System for Underground Mine Safety Using Cable and Telemetry System

Jurnal *tekMIRA*, Vol. 13, No. 3, September 2017, hlm.185-196

Sistem pemantauan terpadu keselamatan kerja tambang bawah tanah dirancang agar dapat menyediakan informasi kondisi di dalam tambang bawah tanah secara langsung (*real time*) dari permukaan tambang. Sistem pemantauan terdiri dari rangkaian perangkat keras, antara lain: *datalogger* sebagai penangkap data dari sensor; *repeater* sebagai penguat data; radio modem sebagai pengirim dan penerima data; dan perangkat lunak pemantauan tambang bawah tanah sebagai pembaca, pengolah dan penyimpanan data dalam *database*. Beberapa sensor seperti sensor gas, sensor pergerakan batuan atap dan sensor temperatur batubara ditempatkan di dekat permukaan kerja tambang sebagai alat pendeteksi kondisi di dalam tambang. Ujicoba peralatan dan sistem dilakukan pada salah satu tambang batubara bawah tanah. Perekaman dan penyimpanan data diatur setiap satu menit. Dari hasil ujicoba diperoleh konsentrasi hasil pemantauan kondisi di dalam tambang secara terpadu. Sistem dan peralatan pemantauan telah bekerja dengan baik.

Kata kunci: sistem pemantauan, tambang bawah tanah, keselamatan kerja tambang

DDC 660.6

Handayani, Sri dan Suratman (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara)

Biooksidasi: Teknologi Alternatif Pengolahan Bijih Emas Refraktori

Biooxidation: An Alternative Technology for Refractory Gold Ore Processing

Jurnal tekMIRA, Vol. 13, No. 3, September 2017, hlm.197-211

Sekitar sepertiga produksi emas dunia berupa bijih emas refraktori. Sifat refraktori umumnya karena bijih emas berukuran halus dan terinklusi dalam mineral-mineral sulfida seperti arsenopirit dan pirit sehingga menyebabkan perolehan emas rendah (20-50%) bila diolah dengan proses sianidasi langsung. Teknologi biooksidasi merupakan teknologi alternatif yang menarik sebagai prapengolahan bijih emas refraktori karena desain dan operasinya lebih sederhana, biaya kapital dan operasi rendah dan tidak menghasilkan bahan pencemar udara sehingga teknologi ini lebih ramah lingkungan. Indonesia mempunyai cadangan bijih emas refraktori yang cukup besar dan sangat berpotensi untuk diolah dengan teknologi biooksidasi karena teknologi ini telah terbukti layak secara teknis dan ekonomis, dan telah diaplikasikan selama 30 tahun terakhir di lebih dari 10 negara di seluruh dunia. Tulisan ini menyajikan informasi dan diskusi mengenai aplikasi teknologi biooksidasi dalam pengolahan bijih emas refraktori, landasan teori dan mekanisme reaksi, aplikasi komersial yang telah ada di dunia, hasil-hasil beberapa penelitian di Indonesia, aspek keekonomian, tantangan dan kendala serta potensi dan prospek aplikasinya di Indonesia. Hasil penelitian biooksidasi bijih emas refraktori Indonesia asal Kalimantan Timur, menunjukkan pada sianidasi langsung tanpa praolahan, perolehan emasnya hanya mencapai 38,7% dan setelah bijih mengalami pelindian bakteri selama 42 hari, ekstraksi emasnya meningkat menjadi 87,1 %. Pada penelitian biooksidasi selanjutnya menggunakan kultur bakteri campuran *Acidithiobacillus ferrooxidans* dan *Acidithiobacillus thiooxidans*, perolehan emasnya mencapai 98% dalam waktu proses yang lebih singkat selama 28 hari. Hasil-hasil tersebut memperkuat prospek penerapan teknologi biooksidasi secara komersial di Indonesia.

Kata kunci: biooksidasi, bijih emas refraktori, mikroba, teknologi alternatif.

DDC 661

Edwin, Frank dan Subari (Balai Besar Keramik)

Penyiapan Serbuk Komposit Korundum-Titanium Karbida (Al_2O_3-TiC) sebagai Bahan Abrasif

Powder Preparation of Corundum-Titanium Carbide Composites (Al_2O_3-TiC) as Abrasive Materials

Jurnal tekMIRA, Vol. 13, No. 3, September 2017, hlm.213-223

Produksi bahan abrasif belum ada di Indonesia dan bahan tersebut masih diimpor. Karena itu penelitian pembuatan komposit korundum-titanium karbida (Al_2O_3-TiC) sebagai bahan baku abrasif berupa serbuk telah dilakukan menggunakan campuran alumina dan titania melalui reaksi aluminotermik. Komposit dibuat dengan mereaksikan $Al(OH)_3$, Al_2O_3 dan serbuk logam Al sebagai sumber Al, dan TiO_2 , $Ti(OH)_4$ sebagai sumber Ti, serta sukrosa sebagai sumber karbon dengan variasi temperatur pembakaran reduksi pada suhu 1000 °C, 1300 °C dan 1450 °C. Secara visual komposisi (K-3) memberikan hasil terbaik dengan homogenitas warna abu-abu tua (indikasi adanya karbon bebas) pada suhu kalsinasi 800 °C. Hasil analisis X-RD terhadap komposit K-3 yang teridentifikasi ada 4 mineral utama yaitu korundum, rutil, anatase dan aluminium titanium oksida. Sedangkan fasa titanium karbida (TiC) pada komposit tersebut muncul dengan intensitas sangat kecil pada sudut 2θ sekitar $36,4^\circ$ dan 42° . Hasil analisis *SEM Mapping* menunjukkan intensitas dari elemen aluminium, titanium dan karbon yang cukup tinggi pada suhu pembakaran optimum 1450 °C. Komposisi kimia yang diperoleh dari analisis *SEM X-Ray* secara kuantitatif terhadap komposit K-3 adalah: Al_2O_3 18,74 %; TiO_2 69,36 %; C 5,56 % dan sisanya sebesar 6,34 % adalah TiC yang diduga bersifat amorf. Komposit (Al_2O_3-TiC) yang dihasilkan masih belum memenuhi harapan disebabkan kondisi suhu pembakaran reduksinya sulit dipertahankan sehingga kemungkinan Al_2O_3-TiC yang terbentuk semakin kecil dan cenderung membentuk $Al_2O_3-TiO_2$.

Kata kunci: komposit korundum-titanium karbida, abrasif, reaksi aluminotermik.

DDC 660.01

Huda, Miftahul; Salinita, Silti dan Ningrum, Nining S. (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara)

Perubahan Komposisi Maseral dalam Batubara Wahau Setelah Proses Pengeringan/*Upgrading*

Changes in Wahau's Coal Maceral Composition After Upgrading Process

Jurnal *tekMIRA*, Vol. 13, No. 3, September 2017, hlm.225-235

Sebagian besar sumber daya batubara Indonesia adalah batubara peringkat rendah. Batubara ini dapat ditingkatkan nilai kalornya dengan melakukan proses pengeringan (*upgrading*). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui perubahan komposisi sub-maseral dan reflektan vitrinit setelah proses pengeringan. Penelitian *upgrading* ini dilakukan menggunakan dua metode, yaitu metode hidrotermal dan oksidasi terhadap percontoh batubara Muara Wahau. Hasil penelitian menunjukkan persentase grup maseral eksinit berkurang dan grup maseral vitrinit bertambah setelah proses pengeringan. Dalam grup maseral vitrinit, akibat proses pemanasan desmokolinit lebih stabil dibandingkan dengan maseral lainnya. Pada suhu pengeringan yang tinggi (>150°C), persentase inertinit lebih tinggi pada kondisi atmosfer teroksidasi dibandingkan persentase inertinit hasil proses hidrotermal. Dalam grup maseral inertinit, sklerotinit lebih stabil oleh proses pemanasan dibandingkan maseral lainnya. Nilai rata-rata reflektan vitrinit meningkat pada proses pengeringan hidrotermal dan konstan setelah proses oksidasi. Perubahan struktur molekul batubara antara lain putusannya ikatan C-C pada senyawa alifatik dan terbentuknya senyawa aromatik terkondensasi diperkirakan sebagai penyebab terjadinya perubahan komposisi maseral dan perubahan nilai rata-rata reflektan vitrinit.

Kata kunci: proses pengeringan, maseral, hidrotermal, reflektan vitrinit.

DDC 330.072

Saleh, Ridwan dan Suseno, Triswan (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara)

Dampak Keberadaan Usaha Pertambangan Tembaga di Papua Terhadap Perekonomian Nasional: Analisis *Input-Output*

Impact of the Existence of Copper Mining in Papua on the National Economy: Input-Output Analysis

Jurnal *tekMIRA*, Vol. 13, No. 3, September 2017, hlm.237-252

Sektor Pertambangan tembaga di Papua telah memberikan kontribusi terhadap pembentukan Produk Domestik Bruto (PDB) nasional, baik secara langsung maupun tidak langsung. Pegganda *output* ke arah belakang sebesar 1,524, artinya bahwa setiap satu juta rupiah nilai penjualan tembaga berkontribusi menambah *output* perekonomian nasional menjadi 1,524 juta rupiah. Komposisinya terdiri dari satu juta rupiah nilai penjualan tembaga itu sendiri, 0,263 juta rupiah dampak tidak langsung karena mekanisme rantai pasokan dan 0,262 juta rupiah dampak tidak langsung dari belanja rumah tangga yang sumber pendapatannya berasal dari Sektor Pertambangan Tembaga. Angka pegganda *output* ke arah depan sebesar 1,871 artinya bahwa setiap satu juta rupiah nilai penjualan tembaga, dapat mendorong penciptaan *output* nasional sebesar 1,871 juta rupiah. Komposisinya terdiri dari 0,762 juta rupiah penambahan *output* di sektor lapangan usaha lain akibat adanya mekanisme *supply-chain*, dan 0,109 juta rupiah tambahan *output* di sektor-sektor lainnya akibat peningkatan belanja rumah tangga, yang sumber pendapatannya berasal dari Sektor Pertambangan Tembaga. Sektor Pertambangan Tembaga memiliki angka dampak pendapatan sebesar 1,753 artinya bahwa setiap satu juta rupiah pendapatan pekerja di sektor pertambangan, akan meningkatkan pendapatan seluruh pekerja secara nasional menjadi sebesar 1,753 juta rupiah. Komposisinya terdiri dari satu juta rupiah diterima oleh pekerja di sektor pertambangan, 0,364 juta rupiah diterima oleh pekerja di sektor lainnya akibat mekanisme keterkaitan intra-industri, dan 0,389 juta rupiah pendapatan pekerja di sektor lainnya akibat mekanisme induksi pendapatan.

Kata kunci : sektor pertambangan tembaga, pegganda, *output*, pendapatan, tenaga kerja.