

KAJIAN GEOTEKNIK TERHADAP  
RANCANGAN PENAMBANGAN  
BATUBARA BAWAH TANAH  
METODE SHORTWALL DI CV.  
ARTHA PRATAMA JAYA,  
KECAMATAN MUARA  
JAWA, KABUPATEN KUTAI  
KARTANEGARA, PROVINSI

---

**Submission date:** 26-May-2023 11:27AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 210473059

**File name:** KAJIAN\_GEOTEKNIK\_Peter\_Eka\_Rosadi.pdf (1.08M)

**Word count:** 5150

**Character count:** 23033

**KALIMANTAN TIMUR**

*by* Rosadi Peter Eka

# KAJIAN GEOTEKNIK TERHADAP RANCANGAN PENAMBANGAN BATUBARA BAWAH TANAH METODE *SHORTWALL* DI CV. ARTHA PRATAMA JAYA, KECAMATAN MUARA JAWA, KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

Faisal Akbar<sup>3</sup> Tri Erto Putra, Singgih Saptono, Peter Eka Rosadi

Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta,  
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283 Indonesia

## ABSTRAK

CV. Artha Pratama Jaya (CV. APJ) merupakan perusahaan<sup>3</sup> swasta nasional yang bergerak dibidang pertambangan batubara yang berlokasi di Kelurahan Teluk Dalam, Kecamatan Muara Jawa, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Hasil eksplorasi lanjutan tahun 2012 menunjukkan bahwa terdapat seam batubara yang prospek untuk ditambang secara tambang bawah tanah. Metode penambangan yang diterapkan oleh CV. APJ adalah metode *shortwall* dengan sistem mundur (*retreating*). Penambangan batubara dengan metode *shortwall* memiliki resiko yang besar terhadap keruntuhan atap lubang bukaan dan panel penambangan. Dengan adanya permasalahan tersebut diperlukan suatu kajian geoteknik terhadap kestabilan lubang bukaan (*main incline shaft* (MIS), *main vent shaft* (MVS), dan *panel entries*), kestabilan *pillar* (*chain pillar* dan *barrier pillar*), dan sistem penyangga yang digunakan.

Parameter material *properties* didapat dari hasil pengujian laboratorium terhadap batuan utuh (*intact rock*). Analisis kestabilan lubang bukaan menggunakan metode elemen hingga (FEM) dengan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb (1779). Geometri MIS dan MVS berbentuk tapal kuda dengan geometri lebar 3 m, tinggi 2,8 m, jari-jari lengkungan 1,5 m. *Panel entry* terdiri dari *main gate* dan *tail gate*<sup>1</sup> dengan bentuk trapezoidal, dengan ukuran lebar atas 2 m, lebar bawah 3 m, dan tinggi 3 m. Hasil analisis MIS secara keseluruhan dikategorikan aman ( $FK > 1,5$ ), hanya pada dinding kanan<sup>1</sup>  $FK$  1,5 kritis. MVS secara keseluruhan dikategorikan aman ( $FK > 1,5$ ), hanya pada atap (*roof*)  $FK$  1,12 *failure*. *Main gate* untuk ketiga level penambangan secara keseluruhan aman ( $FK > 1,3$ ), hanya pada bagian dinding kanan dan kiri  $FK$  *failure* disebabkan karena terjadi *undercut* pada lapisan batubara. *Tail gate* untuk ketiga level penambangan seluruhnya dikategorikan aman ( $FK > 1,3$ ). Karena terdapat beberapa bagian yang *failure*, maka disarankan menggunakan penyangga<sup>4</sup> untuk memperkuat lubang bukaan dan mengantisipasi keruntuhan.

Analisis *chain pillar* menggunakan rumusan Obert dan Duvall (1967), dan Bienieawski (1983). Hasil analisis *chain pillar* didapat lebar *chain pillar* ( $W_p$ ) minimum dan faktor keamanan tiap level, yaitu level 1 (5,94 m dan  $FK$  1,65), level 2 (6,97 m dan  $FK$  1,34), dan level 3 (7,01 m dan  $FK$  1,34). Secara keseluruhan lebar *chain pillar* yang digunakan oleh CV. APJ adalah 9 m dan berdasarkan nilai  $FK$  dikategorikan aman ( $FK > 1,3$ ). Analisis *barrier pillar* menggunakan rumusan Ashley (1930). Hasil analisis didapat lebar minimum level 1 (52,4 m), level 2 (57,3 m), dan level 3 (58,2 m). Lebar *barrier pillar* yang digunakan CV. APJ untuk seluruh level 40 m, kondisi tidak aman sehingga lebar *barrier pillar* harus disesuaikan dengan hasil analisis.

Hasil analisis penyangga kayu menggunakan kayu kelas I jenis Ulin tegangan geser dan lentur yang dianalisis tidak melebihi yang diizinkan yaitu  $66 \text{ kg/cm}^2$  dan  $660 \text{ kg/cm}^2$ . Analisis penyangga *rigid steel arches* menghasilkan nilai *section modulus*  $W$  sebesar  $34 \text{ cm}^3$  dengan menggunakan spesifikasi GI 70 profile I-beams DIN 21541 dengan nilai  $W_x$  sebesar  $35,7 \text{ cm}^3$ , maka dapat dikategorikan aman.

Kata kunci : *Pillar*, lubang bukaan, dan faktor keamanan

## 1. PENDAHULUAN

CV. Artha Pratama Jaya (CV. APJ) merupakan perusahaan swasta nasional yang bergerak dibidang pertambangan batubara yang berlokasi di Kelurahan Teluk Dalam, Kecamatan Muara Jawa, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Berdasarkan surat izin Bupati Kutai Kartanegara nomor 540/38/KP-Ep/DPE-IV/XII/2006 tentang Kuasa Pertambangan (KP) Eksploitasi yang berlaku sampai dengan 7 desember 2011 dan penyesuaian KP Eksploitasi menjadi IUP Operasi Produksi nomor 540/032/IUP-OP/MB-PBAT/II/2011 yang berlaku

sampai 18 february 2015, CV. APJ melakukan penambangan batubara dengan sistem tambang terbuka (*surface mining*) sejak tahun 2009, namun pada tahun 2012 kegiatan penambangan dihentikan karena nilai dari rasio pengupasan atau *stripping ratio* (SR) sudah melebihi dari batas SR penambangan yaitu 11,32 sehingga tidak ekonomis lagi untuk ditambang. Oleh karena itu, CV. APJ melanjutkan penambangan batubara di daerah tersebut dengan sistem tambang bawah tanah.

Dalam rangka penambangan batubara bawah tanah, CV. APJ melakukan penyelidikan eksplorasi lanjutan

dengan cara pengeboran geoteknik dalam, guna melakukan pengkajian ulang model geologi kemenerusan sebaran endapan batubara, dan kondisi stratigrafi batuan didaerah penelitian, serta untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik batuan utuh sebagai parameter untuk analisis kestabilan pada tambang bawah tanah. Berdasarkan atas beberapa pertimbangan diantaranya, kondisi geologi di area penambangan terutama keberadaan lapisan batubara yang akan ditambang, topografi dan morfologi di atas area rencana penambangan, kondisi permukaan bekas *Open Pit* di sekitar rencana mulut tambang, kondisi geoteknik massa batuan atap (*roof*) dan batuan lantai (*floor*), target produksi yang diinginkan, dan peralatan yang akan digunakan, maka metode tambang bawah tanah yang pilih oleh CV. APJ adalah metode *Shortwall Mining* dengan pola penambangan mundur (*retreating*).

Penambangan batubara dengan metode *shortwall* memiliki resiko yang besar terhadap keruntuhan atap lubang bukaan dan panel penambangan. Hal tersebut sangat dipengaruhi oleh faktor kestabilan dari lubang bukaan dan juga *pillar* sebagai penyangga alamiah pada area penambangan. Dengan adanya permasalahan tersebut diperlukan suatu kajian geoteknik terhadap rancangan penambangan bawah tanah, agar kegiatan penambangan dapat dikerjakan dengan aman dan lancar.

Susunan batuan pada endapan batubara didaerah penelitian terdiri dari perlapisan batupasir, batulempung, batulanau, dan batulempung karbonan, yang termasuk dalam klasifikasi batuan lunak dengan kondisi sangat jelek (*very weak rock*) dengan kuat tekan  $\leq 5$  MPa (Bieniawski, 1989). Hal ini mengakibatkan terjadinya potensi resiko keruntuhan atap pada area penambangan yang lebih besar.

Aspek keselamatan (*safety*) merupakan faktor utama yang harus diperhatikan dalam kegiatan penambangan. Oleh sebab itu, faktor stabilitas dari rancangan penambangan bawah tanah harus diperhitungkan secara komprehensif dan memenuhi batas keamanan yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini masalah yang ingin diselesaikan adalah membuat kajian geoteknik penambangan batubara bawah tanah metode *shortwall mining* sehingga akan didapatkan stabilitas rancangan lubang bukaan dan *pillar* yang aman dan sesuai standar yang telah ditentukan.

Lokasi daerah penyelidikan CV. Artha Pratama Jaya (APJ) secara administratif terletak di Kelurahan Teluk Dalam, Kecamatan Muara Jawa, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Secara astronomis terletak pada koordinat geografis  $0^{\circ}48'5,24''$  LS -  $0^{\circ}48'38,81''$  LS, dan  $117^{\circ}04'26,09''$  BT -  $117^{\circ}05'11,75''$  BT.

## 2. ANALISIS

### Material Properties

Pengujian sampel tanah dan batuan yang dilaksanakan di laboratorium Fakultas Teknik, Jurusan Teknik sipil dan lingkungan Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Hasil uji batuan utuh adalah sebagai berikut (Tabel 1).

### Permodelan Geologi Batubara

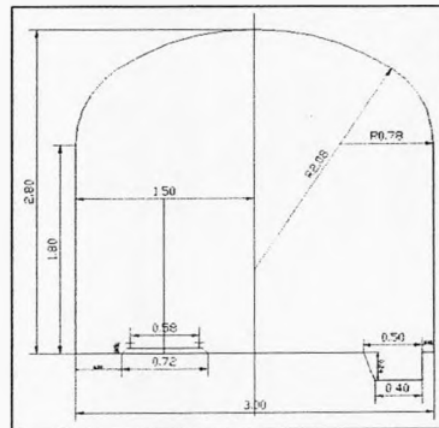
Berdasarkan hasil interpretasi data pemboran geoteknik didapat seam batubara yang memiliki ketebalan  $\geq 2$  m, sebanyak 3 seam dengan ketebalan seam 9 yaitu 2,45 m, seam 10 yaitu 3,1 m, dan seam 12 yaitu 2,9 m. Arah umum penyebaran batubara yaitu relatif N  $336^{\circ}$  E, dan kemiringan berkisar antara  $15^{\circ}$  -  $20^{\circ}$ .

### Analisis Kestabilan Lubang Bukaan

Analisis kestabilan lubang bukaan terdiri dari analisis *main incline shaft* (MIS), *main vent shaft* (MVS), dan *panel entry* (MG dan TG). Model dan geometri lubang bukaan yang dianalisis sesuai konsep rancangan dari CV. APJ. Analisis menggunakan metode elemen hingga (FEM) dengan kriteria runtuh menggunakan kriteria runtuh Mohr-Coulomb 1779. Analisis menggunakan perangkat lunak Phase-2 version 8.0.

### Analisis Kestabilan Main Incline Shaft (MIS)

*Main Incline Shaft* (MIS) dibuat dengan panjang 527 m dengan kemiringan  $28^{\circ}$ . MIS difungsikan sebagai jalur masuk untuk pekerja dan udara bersih. MIS dibuat dari elevasi 90 mdpl sampai menembus seam 9 di elevasi -160 mdpl. Geometri MIS CV. APJ adalah lebar 3 m, tinggi 2,8 m, dan radius lengkung 1,5 m dimana bentuk lubang bukaannya adalah tapal kuda (Gambar 1).



Gambar 1. Penampang Bukaan *Main Incline Shaft* (MIS)

Hasil perhitungan FK pada MIS tahap *excavation* dapat dilihat pada Tabel 2.

#### Analisis Kestabilan Main Vent Shaft (MVS)

*Main Vent Shaft* (MIS) dibuat dengan panjang 527 m dengan kemiringan 28°. MVS difungsikan sebagai jalur transportasi material hasil penambangan dan pengeluaran udara kotor. MVS dibuat dari elevasi 104 mdpl sampai menembus seam 9 di elevasi -160 mdpl. Penampang lubang bukaan MVS sama dengan MIS. Posisi MIS berada pada elevasi -45 mdpl dengan batuan kontak *sandstone* 1 dan *claystone* 4. Jarak antara MIS dengan MVS adalah 40 m. Hasil perhitungan FK pada MVS tahap *excavation* dapat dilihat pada Tabel 3.

#### Analisis Kestabilan Panel Entries

*Panel entries* merupakan lubang bukaan yang langsung menuju ke panel penambangan, terdiri atas dua lubang yaitu *main gate* (MG) dan *tail gate* (TG). MG dibuat untuk jalur pekerja dan udara bersih sedangkan TG untuk jalur transportasi material dan batubara hasil penambangan. Model bukaannya berbentuk trapezium dengan lebar bawah 3 m, lebar atas 2, dan tinggi 3 m.

Hasil perhitungan FK pada MG level 1 tahap *excavation* dapat dilihat pada Tabel 4.

Analisis TG pada level 1 berada pada elevasi -265 mdpl dengan batuan kontak pada lubang bukaan adalah *claystone* 5.

Hasil perhitungan FK pada TG level 1 tahap *excavation* dapat dilihat pada Tabel 5.

Hasil analisis FK pada MG level 2 tahap *excavation* dapat dilihat pada Tabel 6.

Hasil perhitungan FK pada TG level 2 tahap *excavation* dapat dilihat pada Tabel 7.

Hasil analisis FK pada MG level 3 tahap *excavation* dapat dilihat pada Tabel 8.

Hasil perhitungan FK pada TG level 3 tahap *excavation* dapat dilihat pada Tabel 9.

#### Analisis Kestabilan Pillar

##### Analisis Kestabilan Chain Pillar

Rancangan *pillar* menggunakan rumusan Obert dan Duvall (1967) dan Bieniewski (1983) dengan metode tradisional. Analisis kestabilan *chain pillar* dilakukan pada tiga level penambangan dengan menggunakan seam batubara tiap level yang paling dalam. *Chain pillar* yang digunakan pada oleh CV. APJ mempunyai lebar 9 m untuk setiap level penambangan. Hasil perhitungan *chain pillar* per level penambangan dapat dilihat pada Tabel 10.

##### Analisis Barrier Pillar

Pada saat penambangan selesai dilakukan, harus tetap menjaga kestabilan terowongan terutama *main haulage* yang merupakan daerah yang berada di depan dari panel penambangan. *Barrier pillar* tersebut dimaksudkan agar dapat menjaga kelangsungan

kegiatan penambangan selanjutnya. *Barrier pillar* yang digunakan pada rancangan CV. APJ memiliki lebar 40 m

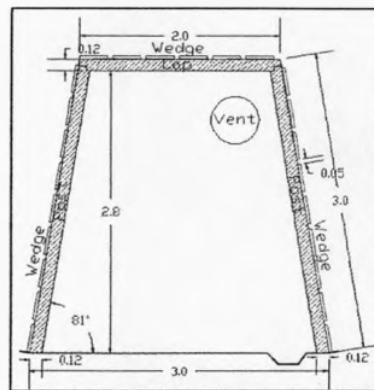
Dimensi dari *barrier pillar* yang cukup aman untuk melindungi *main haulage* umumnya dihitung dengan menggunakan rumus yang didasarkan dari hasil pengalaman dilapangan (Peng, 1986). Rumus empiris desain *barrier pillar* yang umum digunakan adalah berdasarkan *mine inspector's formula* Ashley (1930). Hasil perhitungan geometri *barrier pillar* yang aman dapat dilihat pada Tabel 11.

#### Analisis Kestabilan Penyangga

##### Analisis Kestabilan Penyangga Kayu

Penyangga kayu berfungsi untuk menyangga *main gate* dan *tail gate* pada jalur menuju panel penambangan. Rancangan sistem penyangga kayu meliputi penentuan ukuran *Cap*, *Sidepost*, dan *Wedge*. Geometri penyangga kayu mengikuti geometri panel entry yaitu lebar atas 2 m, lebar bawah 3 m, dan tinggi lubang bukaan 3 m.

Hasil model penyangga kayu dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Geometri Penyangga Kayu

##### Analisis Kestabilan Penyangga Baja Lengkung (Rigid Steel Arches)

Penyangga *Rigid Steel Arches* berfungsi untuk menyangga *main incline shaft*, *main vent shaft*, dan *main haulage*. Hasil perhitungan didapat nilai *section modulus*,  $W_1$  34 cm<sup>3</sup>. Dari hasil plot pada Tabel 12. didapat spesifikasi penyangga baja GI 70 profile I-beams DIN 21541 yang akan digunakan sebagai penyangga baja lengkung (*rigid steel arches*). GI 70 memiliki *section modulus* 34,5 cm<sup>3</sup>, jadi aman untuk digunakan.

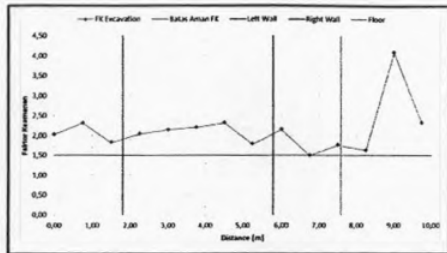
### 3. PEMBAHASAN

#### Kajian Kestabilan Main Incline Shaft (MIS)

Hasil analisis MIS secara keseluruhan dikategorikan aman (FK>1,5), hanya pada dinding kanan FK 1,5



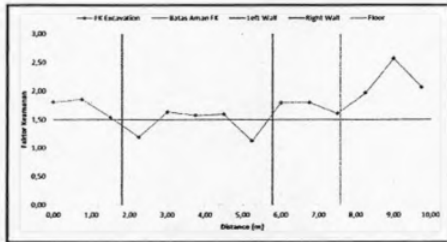
kritis. Karena pada MIS terdapat FK kritis sehingga direkomendasikan untuk menggunakan penyangga.



Gambar 3. Grafik FK terhadap jarak keliling lubang bukaan pada MIS

#### Kajian Kestabilan Main Vent Shaft (MVS)

MVS secara keseluruhan dikategorikan aman ( $FK > 1,5$ ), hanya pada atap (*roof*) FK 1,12 *failure*. Terdapat bagian dari MVS yang memiliki kategori FK *failure* sehingga direkomendasikan untuk menggunakan penyangga.



Gambar 4. Grafik FK terhadap jarak keliling lubang bukaan pada MVS

#### Kajian Kestabilan Panel Entries

Main gate untuk ketiga level penambangan secara keseluruhan aman ( $FK > 1,3$ ), hanya pada bagian dinding kanan dan kiri FK *failure* disebabkan karena terjadi *undercut* pada lapisan batubara. Tail gate untuk ketiga level penambangan seluruhnya dikategorikan aman ( $FK > 1,3$ ). Terdapat bagian dari panel entries yang memiliki kategori FK *failure* sehingga direkomendasikan untuk menggunakan penyangga.

#### Kajian Kestabilan Chain Pillar

Hasil analisis chain pillar didapatkan lebar chain pillar ( $W_p$ ) minimum dan faktor keamanan tiap level, yaitu level 1 (5,94 m dan FK 1,65), level 2 (6,97 m dan FK 1,34), dan level 3 (7,01 m dan FK 1,34). Secara keseluruhan lebar chain pillar yang digunakan oleh CV. APJ adalah 9 m dan berdasarkan nilai FK dikategorikan aman ( $FK > 1,3$ ).

#### Kajian Kestabilan Barrier Pillar

Analisis barrier pillar menggunakan rumusan Ashley (1930). Hasil analisis didapat lebar minimum level 1 (52,4 m), level 2 (57,3 m), dan level 3 (58,2 m). Lebar

barrier pillar yang digunakan CV. APJ untuk seluruh level 40 m, kondisi tidak aman sehingga lebar barrier pillar harus disesuaikan dengan hasil analisis.

#### Kajian Kestabilan Sistem Penyangga Kayu

Untuk kayu Ulin kelas I dengan kode mutu E26 memiliki tegangan lentur (*bending stress*) yang diijinkan ( $\sigma_{sf}$ ) yaitu  $660 \text{ kg/cm}^2$  dan tegangan geser (*shear stress*) yang diijinkan ( $\tau_{sf}$ ) yaitu  $66 \text{ kg/cm}^2$ . Jarak antar penyangga menggunakan spasi 0,5 m sesuai dengan rancangan dari CV. APJ.

Hasil kajian untuk bagian cap digunakan diameter kayu 12 cm dengan diameter ujung 8 cm, dan panjang 2 m, tegangan geser maksimum  $43,78 \text{ kg/cm}^2 \leq$  tegangan geser kayu yang diijinkan  $\tau_{sf}$  ( $66 \text{ kg/cm}^2$ ) dan tegangan lentur maksimum  $324,78 \text{ kg/cm}^2 \leq$  tegangan lentur yang diijinkan  $\sigma_{sf}$  ( $660 \text{ kg/cm}^2$ ), jadi untuk rekomendasi cap CV. APJ diatas dikategorikan aman.

Pada bagian side post digunakan diameter 12 cm dan tinggi 3 m. Tegangan lentur maksimum pada post -  $650,24 \text{ kg/cm}^2$  dan  $+591,85 \text{ kg/cm}^2 \leq$  tegangan lentur kayu yang diijinkan  $\sigma_{sf}$  ( $660 \text{ kg/cm}^2$ ), jadi untuk bagian post dikategorikan aman.

Untuk bagian wedges menggunakan spasi 5 cm, tebal siring 1,4 cm dan tebal prop wedge 2,8 cm. Total kayu yang dibutuhkan untuk spasi penyangga 0,5 m adalah  $0,16 \text{ m}^3$ . Secara keseluruhan untuk sistem penyangga kayu dapat dikategorikan aman karena tegangan geser dan lentur yang dianalisis tidak melebihi dari tegangan geser dan lentur kayu yang diijinkan.

#### Kajian Kestabilan Penyangga Baja Lengkung (Rigid Steel Arches)

Hasil kajian penyangga baja lengkung (*rigid steel arches*) didapat tegangan yang diijinkan pada penyangga tambang  $\sigma_{st}$  (*allowable stress in steel for mine supports*)  $1.400 \text{ kg/cm}^2$  sehingga menghasilkan nilai section modulus  $W$  sebesar  $34 \text{ cm}^3$  dengan spesifikasi GI 70 profile I-beams DIN 21541 dengan nilai  $W_x$  sebesar  $35,7 \text{ cm}^3$  maka dikategorikan aman.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pada bab-bab sebelumnya mengenai kajian geoteknik terhadap rancangan penambangan batubara bawah tanah CV. Artha Pratana Jaya (APJ), maka dapat disimpulkan:

- Hasil kajian terhadap kestabilan lubang bukaan dapat disimpulkan bahwa,
  - Hasil analisis kestabilan main incline shaft (MIS) secara keseluruhan dikategorikan aman ( $FK > 1,5$ ), hanya pada dinding kanan FK 1,5 kritis. Direkomendasikan menggunakan penyangga untuk memperkuat lubang bukaan MIS dan mengantisipasi runtuh.
  - Hasil analisis kestabilan main vent shaft (MVS) secara keseluruhan dikategorikan aman ( $FK > 1,5$ ), hanya pada atap (*roof*) FK

- 1,12 *failure*. Direkomendasikan menggunakan penyangga untuk memperkuat lubang bukaan MVS dan mengantisipasi keruntuhan.
- Hasil analisis kestabilan *panel entry* yang terdiri dari *main gate* dan *tail gate*. Analisis kestabilan *main gate* untuk ketiga level penambangan secara keseluruhan aman ( $FK > 1,3$ ), hanya pada bagian dinding kanan dan kiri *FK failure* disebabkan karena terjadi *undercut* pada lapisan batubara. Untuk kestabilan *tail gate* seluruhnya dikategorikan aman ( $FK > 1,3$ ). Direkomendasikan menggunakan penyangga untuk memperkuat lubang bukaan *panel entry* dan mengantisipasi keruntuhan.
2. Hasil analisis *chain pillar* didapatkan lebar *chain pillar* ( $W_p$ ) minimum dan faktor keamanan tiap level, yaitu level 1 (5,94 m dan  $FK$  1,65), level 2 (6,97 m dan  $FK$  1,34), dan level 3 (7,01 m dan  $FK$  1,34). *Chain pillar* yang digunakan CV. APJ untuk seluruh level 9 m, sehingga dikategorikan aman. Untuk hasil analisis *barrier pillar* didapat lebar minimum level 1 (52,4 m), level 2 (57,3 m), dan level 3 (58,2 m). Lebar *barrier pillar* yang digunakan CV. APJ untuk seluruh level 40 m, kondisi tidak aman sehingga lebar *barrier pillar* harus disesuaikan dengan hasil analisis.
  3. Hasil analisis penyangga kayu menggunakan kayu kelas I jenis Ulin secara keseluruhan dapat dikategorikan aman karena tegangan geser dan lentur yang dianalisis tidak melebihi dari tegangan geser dan lentur kayu yang diizinkan yaitu 66 kg/cm<sup>2</sup> dan 660 kg/cm<sup>2</sup>. Untuk penyangga baja lengkung (*rigid steel arches*) tegangan yang diizinkan pada penyangga tambang 1.400 kg/cm<sup>2</sup> sehingga menghasilkan nilai section modulus  $W$  sebesar 34 cm<sup>3</sup> dengan menggunakan spesifikasi GI 70 profile I-beams DIN 21541 dengan nilai  $W_x$  sebesar 35,7 cm<sup>3</sup> maka dapat dikategorikan aman.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Biron, C. and Arioglu, E., 1983, "*Design of Supports In Mines*", John Wiley & Sons, Inc., New York, U.S.A.
- Brady, B. H. G., and Brown, E. T., 2004, "*Rock Mechanics for Underground Mining Third Edition*", Springer Science, Inc., Boston, U.S.A.
- Hoek, E. and Brown, E. T., 1980, "*Underground Excavation In Rock*", The Institution of Mining and Metallurgy, London.
- Hustrulid, W. A., 1982, "*Underground Mining Methods Handbook*", AIME, Inc., New York, U.S.A.
- Jeremic, M.L., 1985, "*Strata Mechanics In Coal Mining*", A. A. Balkema Publishers, Rotterdam, Netherlands.
- Peng, S. S., 1986, "*Coal Mine Ground Control*", John Wiley & Sons, Inc., New York, U.S.A.
- Peng, S. S. and Chiang, H. S., 1984, "*Longwall Mining*", John Wiley & Sons, Inc., New York, U.S.A.
- Rai, M. A., dkk, 2012, "Mekanika Batuan", ITB, Bandung, Indonesia
- Tim geoteknik CV. Artha Pratama Jaya, 2012, "Laporan *Underground* Geoteknik CV. APJ", Kalimantan Timur, Indonesia.
- Tim geoteknik CV. Artha Pratama Jaya, 2012, "Laporan Eksplorasi Lanjutan CV. APJ", Kalimantan Timur, Indonesia.
- Anonim 1, 1999, "Teknologi Pertambangan Batubara Program Pertukaran Teknisi", New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO), Japan Coal, Jepang.
- Anonim 2, 2000, "Teknologi Pertambangan Batubara Program Pertukaran Teknisi", New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO), Japan Coal, Jepang.

LAMPIRAN TABEL

Tabel 1. Properties Material

Lithology	Water Content (%)	$\gamma_b$ (gram/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (gram/cm <sup>3</sup> )	SG	UCS (MPa)	Tensile Strength (MPa)	$\phi$ (°)	C (MPa)	Modulus Young's (MPa)	Poisson Ratio
	19,70	2,02	1,70	2,63	0,13	0,013	43,34	0,012	4,94	0,15
	17,16	2,21	1,88	2,61	0,26	0,152	3,36	0,640	12,85	0,31
	9,45	2,23	2,04	2,61	1,16	0,426	9,67	1,945	75,55	0,31
	9,80	2,25	2,04	2,52	2,74	0,556	23,26	4,835	450,45	0,31
	8,25	2,32	2,15	2,60	2,83	0,755	18,30	3,690	175,90	0,31
	12,36	2,14	1,91	2,42	1,71	0,839	9,76	2,010	113,87	0,31
	10,65	2,18	1,97	2,60	1,59	0,398	15,65	3,070	82,40	0,31
	12,76	2,26	2,01	2,59	1,33	0,215	20,01	3,940	20,43	0,28
Siltstone 2	9,17	2,29	2,09	2,64	3,08	0,556	24,58	5,010	158,10	0,28
Siltstone	8,66	2,30	2,12	2,61	3,26	0,989	17,51	3,600	500,00	0,28
Siltstone	10,32	2,30	2,09	2,57	2,52	0,329	28,15	5,780	241,16	0,28
Siltstone	8,89	2,24	2,05	2,57	2,90	0,662	20,61	4,160	295,30	0,28
Sandstone 1	9,90	2,19	1,99	2,65	1,18	0,252	15,71	3,060	40,47	0,25
Sandstone 2	13,54	2,10	1,85	2,61	0,95	0,076	28,19	5,750	80,00	0,25
Sandstone	17,00	1,26	0,97	1,30	61,01	0,409	38,00	0,190	11.903,00	0,20

Tabel 2. Hasil Nilai Faktor Keamanan MIS tahap *xcavation*

Stage	Position	Distance (m)	Lithology	$\sigma_1$ (MPa)	$\sigma_3$ (MPa)	C (MPa)	$\phi$ (°)	FK	Remark
Excavation	Left Wall	0,00	Sandstone 1	6,08	2,08	3,06	15,71	2,03	Aman
	Left Wall	0,75	Sandstone 1	3,24	0,28	3,06	15,71	2,31	Aman
	Left Wall	1,50	Sandstone 1	4,14	0,26	3,06	15,71	1,83	Aman
	Roof	2,25	Siltstone 2	6,95	0,89	5,01	24,58	2,04	Aman
	Roof	3,00	Siltstone 2	6,22	0,64	5,01	24,58	2,14	Aman
	Roof	3,75	Siltstone 2	5,68	0,40	5,01	24,58	2,20	Aman
	Roof	4,50	Siltstone 2	5,56	0,54	5,01	24,58	2,32	Aman
	Roof	5,25	Sandstone 1	5,39	1,10	3,06	15,71	1,78	Aman
	Right Wall	6,00	Sandstone 1	3,56	0,33	3,06	15,71	2,15	Aman
	Right Wall	6,75	Sandstone 1	5,77	0,67	3,06	15,71	1,50	Kritis
	Right Wall	7,50	Claystone 1	14,94	4,08	5,78	28,15	1,76	Aman
	Floor	8,25	Claystone 1	11,74	5,17	0,19	38,00	1,63	Aman
	Floor	9,00	Claystone 1	3,74	5,15	0,19	38,00	4,09	Aman
	Floor	9,75	Sandstone 1	2,93	0,05	3,06	15,71	2,33	Aman

FK > 1,5 (Aman)

Tabel 3. Hasil Nilai Faktor Keamanan MVS tahap *excavation*

Stage	Position	Distance (m)	Lithology	$\sigma_1$ (MPa)	$\sigma_3$ (MPa)	C (MPa)	$\phi$ (°)	FK	Remark
Excavation	Left Wall	0,00	Sandstone 1	7,42	2,64	3,06	15,71	1,80	Aman
	Left Wall	0,75	Sandstone 1	4,21	0,36	3,06	15,71	1,85	Aman
	Left Wall	1,50	Claystone 1	6,03	0,19	3,69	18,30	1,53	Aman
	Roof	2,25	Claystone 1	9,22	0,72	3,69	18,30	1,19	Aman
	Roof	3,00	Claystone 1	6,94	1,11	3,69	18,30	1,64	Aman
	Roof	3,75	Claystone 1	6,61	0,69	3,69	18,30	1,57	Aman
	Roof	4,50	Claystone 1	6,96	0,99	3,69	18,30	1,59	Aman
	Roof	5,25	Claystone 1	8,91	0,15	3,69	18,30	1,12	Aman
	Right Wall	6,00	Sandstone 1	4,49	0,46	3,06	15,71	1,79	Aman
	Right Wall	6,75	Sandstone 1	4,42	0,42	3,06	15,71	1,80	Aman
	Right Wall	7,50	Sandstone 1	8,29	2,76	3,06	15,71	1,61	Aman
	Floor	8,25	Sandstone 1	3,96	0,36	3,06	15,71	1,96	Aman
	Floor	9,00	Sandstone 1	2,65	0,07	3,06	15,71	2,57	Aman
	Floor	9,75	Sandstone 1	3,61	0,25	3,06	15,71	2,06	Aman

FK > 1,5 (Aman)

Tabel 4. Hasil Nilai Faktor Keamanan MG level 1 tahap excavation

Stage	Position	Distance (m)	Lithology	$\sigma_1$ (MPa)	$\sigma_3$ (MPa)	C (MPa)	$\phi$ (°)	FK	Remark
Excavation	Left Wall	0,00	Coal Seam 9	15,95	4,46	0,19	38,00	1,12	Aman
	Left Wall	0,80	Coal Seam 9	15,39	3,64	0,19	38,00	1,02	
	Left Wall	1,60	Coal Seam 9	14,84	2,82	0,19	38,00	0,93	
	Left Wall	2,40	Coal Seam 9	12,85	8,27	3,60	17,51	2,89	
	Roof	3,20	Sandstone 1	12,75	8,01	3,06	15,71	2,43	
	Roof	4,00	Sandstone 1	12,55	8,04	3,06	15,71	2,54	
	Roof	4,80	Sandstone 1	12,45	8,08	3,06	15,71	2,62	
	Right Wall	5,60	Siltstone 3	13,55	8,34	3,60	17,51	2,58	
	Right Wall	6,40	Coal Seam 9	10,41	1,30	0,19	38,00	0,82	
	Right Wall	7,20	Coal Seam 9	10,85	2,44	0,19	38,00	1,01	
	Right Wall	8,00	Coal Seam 9	11,30	3,57	0,19	38,00	1,22	
	Floor	8,80	Coal Seam 9	12,35	3,94	0,19	38,00	1,23	
	Floor	9,60	Coal Seam 9	13,55	4,11	0,19	38,00	1,18	
	Floor	10,40	Coal Seam 9	14,75	4,29	0,19	38,00	1,15	

FK > 1,3 (Aman)

Tabel 5. Hasil Nilai Faktor Keamanan TG level 1 tahap excavation

Stage	Position	Distance (m)	Lithology	$\sigma_1$ (MPa)	$\sigma_3$ (MPa)	C (MPa)	$\phi$ (°)	FK	Remark
Excavation	Left Wall	0,00	Claystone 5	11,55	8,27	2,01	9,76	2,23	Aman
	Left Wall	0,80	Claystone 5	11,22	8,02	2,01	9,76	2,26	
	Left Wall	1,60	Claystone 5	10,34	7,77	2,01	9,76	2,74	
	Left Wall	2,40	Claystone 5	10,90	7,52	2,01	9,76	2,10	
	Roof	3,20	Claystone 5	11,25	7,42	2,01	9,76	1,86	
	Roof	4,00	Claystone 5	10,46	8,16	2,01	9,76	3,10	
	Roof	4,80	Claystone 5	11,78	8,91	2,01	9,76	2,60	
	Right Wall	5,60	Claystone 5	12,98	9,05	2,01	9,76	1,96	
	Right Wall	6,40	Claystone 5	11,50	8,85	2,01	9,76	2,80	
	Right Wall	7,20	Claystone 5	11,76	8,64	2,01	9,76	2,38	
	Right Wall	8,00	Claystone 5	12,34	8,44	2,01	9,76	1,92	
	Floor	8,80	Claystone 5	11,98	8,37	2,01	9,76	2,05	
	Floor	9,60	Claystone 5	11,67	8,34	2,01	9,76	2,21	
	Floor	10,40	Claystone 5	11,88	8,30	2,01	9,76	2,06	

FK > 1,3 (Aman)

Tabel 6. Hasil Nilai Faktor Keamanan MG level 2 tahap excavation

Stage	Position	Distance (m)	Lithology	$\sigma_1$ (MPa)	$\sigma_3$ (MPa)	C (MPa)	$\phi$ (°)	FK	Remark
Excavation	Left Wall	0,00	Coal Seam 10	11,60	5,77	0,19	38,00	1,89	Aman
	Left Wall	0,80	Coal Seam 10	12,44	4,78	0,19	38,00	1,42	
	Left Wall	1,60	Coal Seam 10	13,28	3,79	0,19	38,00	1,14	
	Left Wall	2,40	Coal Seam 10	14,11	2,80	0,19	38,00	0,95	
	Roof	3,20	Claystone 5	12,43	8,56	2,01	9,76	1,94	
	Roof	4,00	Claystone 5	12,55	8,56	2,01	9,76	1,89	
	Roof	4,80	Claystone 5	11,35	8,57	2,01	9,76	2,64	
	Right Wall	5,60	Coal Seam 10	10,81	2,91	0,19	38,00	1,11	
	Right Wall	6,40	Coal Seam 10	11,26	2,95	0,19	38,00	1,09	
	Right Wall	7,20	Coal Seam 10	11,71	4,99	0,19	38,00	1,57	
	Right Wall	8,00	Coal Seam 10	12,16	6,04	0,19	38,00	1,88	
	Floor	8,80	Coal Seam 10	12,12	6,16	0,19	38,00	1,94	
	Floor	9,60	Coal Seam 10	11,95	6,03	0,19	38,00	1,92	
	Floor	10,40	Coal Seam 10	11,77	5,90	0,19	38,00	1,90	

FK > 1,3 (Aman)



Tabel 7. Hasil Nilai Faktor Keamanan TG level 2 tahap *excavation*

Stage	Position	Distance (m)	Lithology	$\sigma_1$ (MPa)	$\sigma_3$ (MPa)	C (MPa)	$\phi$ (°)	FK	Remark
Excavation	Left Wall	0,00	Siltstone 5	10,72	8,12	2,01	9,76	2,75	Aman
	Left Wall	0,80	Siltstone 5	11,11	8,04	2,01	9,76	2,35	Aman
	Left Wall	1,60	Siltstone 5	11,50	7,96	2,01	9,76	2,05	Aman
	Left Wall	2,40	Siltstone 5	11,88	7,87	2,01	9,76	1,82	Aman
	Roof	3,20	Siltstone 5	12,11	7,89	2,01	9,76	1,74	Aman
	Roof	4,00	Siltstone 5	11,49	8,48	2,01	9,76	2,44	Aman
	Roof	4,80	Siltstone 5	11,88	9,06	2,01	9,76	2,66	Aman
	Right Wall	5,60	Siltstone 5	12,89	9,01	2,01	9,76	1,98	Aman
	Right Wall	6,40	Siltstone 5	10,70	8,60	2,01	9,76	3,44	Aman
	Right Wall	7,20	Siltstone 5	10,74	8,19	2,01	9,76	2,81	Aman
	Right Wall	8,00	Siltstone 5	10,78	7,78	2,01	9,76	2,37	Aman
	Floor	8,80	Siltstone 5	10,77	7,78	2,01	9,76	2,38	Aman
	Floor	9,60	Siltstone 5	10,76	7,90	2,01	9,76	2,49	Aman
	Floor	10,40	Siltstone 5	10,74	8,01	2,01	9,76	2,62	Aman

FK > 1,3 (Aman)

Tabel 8. Hasil Nilai Faktor Keamanan MG level 3 tahap *excavation*

Stage	Position	Distance (m)	Lithology	$\sigma_1$ (MPa)	$\sigma_3$ (MPa)	C (MPa)	$\phi$ (°)	FK	Remark
Excavation	Left Wall	0,00	Coal Seam 12	17,36	5,62	0,19	38,00	1,23	Aman
	Left Wall	0,80	Coal Seam 12	16,60	5,11	0,19	38,00	1,19	Aman
	Left Wall	1,60	Coal Seam 12	15,83	4,60	0,19	38,00	1,15	Aman
	Left Wall	2,40	Coal Seam 12	15,07	4,09	0,19	38,00	1,10	Aman
	Roof	3,20	Sandstone 2	16,73	9,20	5,75	28,19	2,97	Aman
	Roof	4,00	Sandstone 2	16,65	9,05	5,75	28,19	2,93	Aman
	Roof	4,80	Sandstone 2	16,86	8,89	5,75	28,19	2,80	Aman
	Right Wall	5,60	Coal Seam 12	11,24	2,51	3,60	17,51	1,26	Aman
	Right Wall	6,40	Coal Seam 12	11,82	3,36	0,19	38,00	1,14	Aman
	Right Wall	7,20	Coal Seam 12	12,40	4,21	0,19	38,00	1,29	Aman
	Right Wall	8,00	Coal Seam 12	12,98	5,07	0,19	38,00	1,44	Aman
	Floor	8,80	Coal Seam 12	14,02	5,29	0,19	38,00	1,40	Aman
	Floor	9,60	Coal Seam 12	15,13	5,40	0,19	38,00	1,33	Aman
	Floor	10,40	Coal Seam 12	16,25	5,51	0,19	38,00	1,28	Aman

FK > 1,3 (Aman)

Tabel 9. Hasil Nilai Faktor Keamanan TG level 3 tahap *excavation*

Stage	Position	Distance (m)	Lithology	$\sigma_1$ (MPa)	$\sigma_3$ (MPa)	C (MPa)	$\phi$ (°)	FK	Remark
Excavation	Left Wall	0,00	Siltstone 5	15,00	9,08	4,16	20,61	2,75	Aman
	Left Wall	0,80	Siltstone 5	14,67	8,74	4,16	20,61	2,70	Aman
	Left Wall	1,60	Siltstone 5	12,89	8,40	4,16	20,61	3,40	Aman
	Left Wall	2,40	Siltstone 5	12,45	8,07	4,16	20,61	3,43	Aman
	Roof	3,20	Siltstone 5	11,92	7,90	4,16	20,61	3,67	Aman
	Roof	4,00	Siltstone 5	12,68	8,68	4,16	20,61	3,83	Aman
	Roof	4,80	Siltstone 5	13,45	9,45	4,16	20,61	3,96	Aman
	Right Wall	5,60	Siltstone 5	13,99	9,62	4,16	20,61	3,68	Aman
	Right Wall	6,40	Siltstone 5	13,51	9,44	4,16	20,61	3,90	Aman
	Right Wall	7,20	Siltstone 5	13,98	9,27	4,16	20,61	3,39	Aman
	Right Wall	8,00	Siltstone 5	13,78	9,09	4,16	20,61	3,38	Aman
	Floor	8,80	Siltstone 5	12,70	9,06	4,16	20,61	4,24	Aman
	Floor	9,60	Siltstone 5	13,14	9,07	4,16	20,61	3,83	Aman
	Floor	10,40	Siltstone 5	13,90	9,07	4,16	20,61	3,29	Aman

FK > 1,3 (Aman)

Tabel 10. Geometri dan Faktor Keamanan *Chain Pillar*

Seam	Kedalaman (m)	Tebal Batubara (m)	Chain Pillar Minimum (m)	Chain Pillar yang Digunakan (m)	FK	Remark
Seam 9	365	2,54	5,94	9	1,65	Aman
Seam 10	388	3,1	6,98	9	1,34	Aman
Seam 12	405	2,9	7,01	9	1,34	Aman

Tabel 11. Hasil perhitungan geometri *barrier pillar* yang aman

1m = 3,28 ft

Seam	Tebal Batubara (h), ft	Tebal Overburden (H), ft	Lebar Barrier Pillar (Wbp), ft	Lebar Barrier Pillar (Wbp), m
9	8,036	1197,2	171,864	52,40
10	10,168	1272,64	187,936	57,30
12	9,512	1328,4	190,888	58,20

Tabel 12. Karakteristik *I-beams* DIN 21541

Characteristic of I-beams of DIN 21541																
Symbol	h	b	t1	t2	r1	r2	InIz	Section		x-x				y-y		
								F [cm <sup>2</sup> ]	Unit Weight [kg/m]	Ix [cm <sup>4</sup> ]	Wx [cm <sup>3</sup> ]	Iy [cm <sup>4</sup> ]	Wy [cm <sup>3</sup> ]	Iy [cm <sup>4</sup> ]	Wy [cm <sup>3</sup> ]	
GI 70	70	60	7	9,5	10	3	30	16,2	11	122	36	36	10,6	1,43		
GI 90	90	76	8	11,5	12	4		22,5	17,7	281	62,5	62,6	62,6	16,5	1,67	
GI 100	100	80	9	12,5	13		33	26,4	20,7	403	80,7	80,5	80,5	20,1	1,75	
GI 110	110	84	10	14	14	5		31,3	24,5	570	103	103	103	24,5	1,82	
GI 120	120	92	11	15,5	15	6	33	37,6	29,5	816	136	150	150	32,6	2	
GI 130	130	100	12	17	16	7		44,6	35	1130	175	211	211	42,3	2,18	
GI 140	140	110		19	16	8	53	41,6	1586	227	315	315	57,3	2,44		



# KAJIAN GEOTEKNIK TERHADAP RANCANGAN PENAMBANGAN BATUBARA BAWAH TANAH METODE SHORTWALL DI CV. ARTHA PRATAMA JAYA, KECAMATAN MUARA JAWA, KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

## ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

19%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://www.heullant-elagages.fr">www.heullant-elagages.fr</a> Internet Source	5%
2	<a href="http://ejurnal.unikarta.ac.id">ejurnal.unikarta.ac.id</a> Internet Source	3%
3	<a href="http://ecampus.sttind.ac.id">ecampus.sttind.ac.id</a> Internet Source	3%
4	<a href="http://jurnal.perhapi.or.id">jurnal.perhapi.or.id</a> Internet Source	3%
5	<a href="http://wmprojects.nl">wmprojects.nl</a> Internet Source	2%
6	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Internet Source	2%
7	<a href="http://edoc.pub">edoc.pub</a> Internet Source	2%



---

Exclude quotes      On

Exclude matches      < 2%

Exclude bibliography      On