

KAJIAN GEOMETRI BARRIER PILAR DAN WEB PILAR DENGAN METODE AUGER MINING

Tommy Trides¹, Romla Noor Hakim²

¹ Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

² Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

¹tommy.trides@ft.unmul.ac.id, ²romla@ulm.ac.id

ABSTRAK

Dalam meningkatkan jumlah perolehan batubara yakni sebagai bagian dari konservasi energi. Beberapa metode penambangan dilakukan untuk meningkatkan cadangan batubara pada dinding akhir penambangan. Teknik penambangan yang efisien dan ekonomis pada dinding akhir penambangan adalah dengan metode auger mining. Metode auger mining akan menghasilkan pilar-pilar batubara dan menyebabkan distribusi tegangan akan dibebankan pada pilar-pilar batubara tersebut. Pilar-pilar ini menjadi penting untuk diperhatikan agar tidak terjadi keruntuhan pada dinding akhir penambangan selama kegiatan ekstraksi batubara berlangsung. Metode yang dapat digunakan untuk analisis kestabilan pilar salah satunya adalah metode tributary area. Untuk menentukan geometri web pilar dan barrier pilar batubara dengan metode tributary area dikembangkan oleh Ziph (2005). Dalam kajian dilakukan rancangan web pilar dalam 1 panel mempertimbangkan potensi tinggi runtuh dengan parameter klasifikasi massa batuan yakni menggunakan Rock Mass Rating. Dari hasil kajian yang telah dilakukan, nilai Rock Mass Rating pada lapisan overburden sebesar 42.41 (kondisi batuan sedang). Jumlah web pillar batubara yang optimum dengan lebar web pillar 1 meter dalam 1 panel yakni sebanyak 7 web pilar (faktor keamanan 1.31), sehingga lebar barrier pilar batubara yang optimum adalah 6.30 meter (faktor keamanan 1.20).

Kata Kunci : *barrier* pilar, faktor keamanan, metode *Auger Mining*, metode *tributary area*, *web* pilar

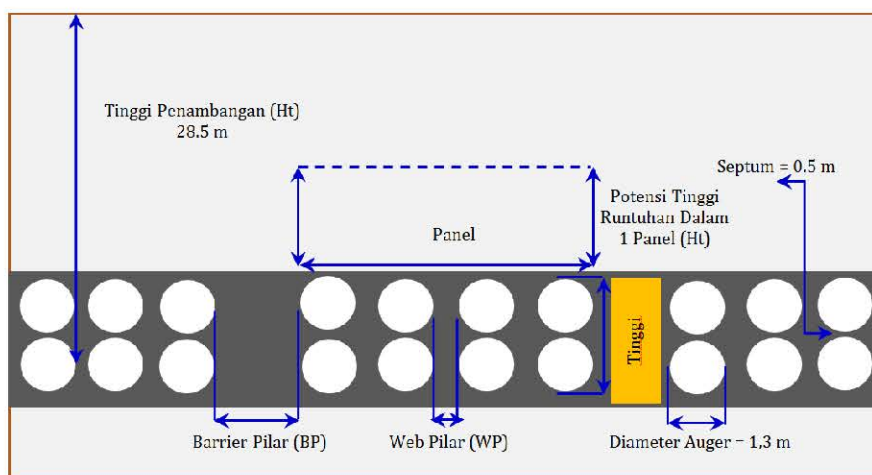
1. PENDAHULUAN

Metode tambang terbuka di penambangan batubara akan meninggalkan dinding-dinding penambangan dimana pada dinding akhir tambang masih terdapat endapan batubara yang belum terambil berdasarkan pertimbangan aspek teknis dan ekonomis. Batas akhir penambangan batubara selalu dibatasi oleh nisbah pengupasan sehingga menjadi terbatas apabila penambangan hanya dilakukan dengan sistem kombinasi alat gali muat dan alat angkut. Kajian yang dilakukan oleh Sasaoka, dkk (2015) untuk sistem penambangan di Indonesia yakni untuk meningkatkan dan mengoptimalkan produksi batubara di Indonesia dengan harga yang murah dimasa sekarang dan di masa depan dapat menggunakan metode *Highwall Mining* dengan sistem Auger pada dinding atau batas akhir penambangan. Metode auger mining akan menghasilkan pilar-pilar batubara untuk menyangga massa batuan diatasnya dan mengakibatkan distribusi tegangan yang akan dialami pilar batubara semakin bertambah bebannya. Dalam penelitian ini, kajian dilakukan pada geometri web pilar dan *barrier* pilar untuk

sistem double pass dengan metode tributary area. (Lihat Gambar-1).

Kekuatan Pilar Batubara

Menurut Bieniawski (1968) terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan pilar dari batubara, yakni : (1) efek ukuran atau *volume* (kekuatan akan semakin menurun dari ukuran spesimen kecil batubara hingga berukuran besar), (2) efek *geometri pilar* (*shape effect*), (3) sifat yang dimiliki material batubara tersebut. Sehingga dalam memprediksi secara empiris dapat digunakan persamaan (1), di mana w dan h merupakan lebar dan tinggi pilar dalam satuan meter. Apabila tinggi pilar batubara lebih daripada 36 *inchi* (0.9 meter), S_r dihitung menggunakan persamaan (2). Apabila tinggi pilar batubara kurang daripada 36 *inchi* (0.9 meter), S_r dihitung menggunakan persamaan (3). konstanta k , dapat menggunakan persamaan (4). σ_c merupakan kuat tekan uniaksial batubara dalam satuan psi dan D adalah diameter atau dimensi sisi kubus dalam satuan *inchi*.



Gambar-1. Ilustrasi Geometri Auger Mining dengan sistem double pass

$$\sigma_p = S_I \left(0.64 + 0.36 \frac{w}{h} \right) \quad (1)$$

$$S_I = k / (36)^{1/2} \quad (2)$$

$$VS_I = k / h^{1/2} \quad (3)$$

$$k = \sigma_c (D)^{1/2} \quad (4)$$

Analisis dan Desain Web Pilar dan Barrier Pilar

Zipf (2005) mengajukan persamaan (5) yang digunakan untuk menentukan faktor keamanan *web pilar* dan *barrier pilar* batubara, dimana S_I ialah kekuatan batubara insitu dalam MPa, S_V ialah tegangan insitu vertikal dalam MPa, W_{WP} ialah lebar *web pilar* dalam meter, W_E ialah lebar bukaan dalam meter, H_t ialah tinggi penambangan dalam meter. Sedangkan dalam menentukan faktor keamanan *barrier pilar* menggunakan persamaan (6), dimana N merupakan jumlah *web pilar* dalam satu panel.

$$SF_{WP} = \frac{S_I [0.64 + 0.54 W_{WP} / H_t]}{[S_V (W_{WP} + W_E) / W_{WP}]} \quad (5)$$

$$W_{PN} = N (W_{WP} + W_E) + W_E \quad (6)$$

Ketinggian Zona Rekahan

Estimasi dalam menentukan tinggi zona rekahan secara cepat dapat menggunakan parameter klasifikasi massa batuan berupa *Rock Mass Rating* yang diusulkan oleh Bieniawski (1976). Pada awalnya istilah dalam menentukan tinggi zona rekahan yang merupakan zona runtuh pada atap terowongan diusulkan oleh Terzaghi (1946) dan dimodifikasi oleh Unal (1983) dalam Chen (1994) dengan persamaan (7), dimana RMR merupakan *Rock Mass Rating* dan W ialah lebar penggalan per span dalam satuan meter.

$$H_t = (100 - RMR) \times (2W) / 100 \quad (7)$$

2. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan dalam menentukan geometri lebar webpilar dan *barrier pilar* terdiri dari 4 tahap :

A. Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dalam penelitian ini adalah melakukan studi literatur yang berhubungan dengan metode

tributary area untuk menganalisis faktor keamanan *web pilar* dan *barrier pilar*. Selanjutnya adalah melakukan kegiatan observasi lapangan pada dinding akhir penambangan.

B. Tahap Pengambilan Data

Tahap pengambilan data yakni mengambil sampel batubara berupa blok batuan dan selanjutnya di preparasi dengan ukuran ± 2 inci berbentuk kubus sebanyak 4 buah. Tahap selanjutnya adalah melakukan uji sifat fisik dan uji kuat tekan sampel batubara di laboratorium. Data log bor digunakan untuk melakukan interpretasi klasifikasi massa batuan dengan menggunakan *Rock Mass Rating*.

C. Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data merupakan kelanjutan dari tahap pengambilan data, yakni dari hasil uji sifat fisik dan uji sifat mekanik batubara serta hasil klasifikasi massa batuan dengan menggunakan *Rock Mass Rating* untuk menentukan tinggi zona rekahan dan selanjutnya dilakukan analisis geometri lebar *web pilar* dan lebar *barrier pilar*.

D. Tahap Pembahasan dan Penarikan Kesimpulan

Tahap berikutnya adalah melakukan pembahasan hasil analisis geometri lebar *web pilar* dan lebar *barrier pilar* yang optimum.

HASIL DAN DISKUSI

Kekuatan Tekan Insitu Batubara

Kuat tekan uniaksial batuan utuh berupa batubara berbentuk kubus diperoleh dari seam 22 dan di uji di laboratorium. Hasil uji kuat tekan batubara utuh rata-rata 7.4 MPa. Dengan mempertimbangkan size effect, maka dengan konstanta k batubara sebesar 1.92. Kekuatan tekan insitu batubara (S_I) berdasarkan *size effect* pada seam 22 sebesar 2 MPa (Tabel-1 dan Tabel-2).

Rock Mass Rating

Analisis *Rock Mass Rating* (RMR) massa batuan diatas seam 22 menggunakan parameter kuat tekan uniaksial batuan utuh, *rock quality designation* (RQD), spasi diskontinuitas, kondisi diskontinuitas, dan kondisi air tanah. Dari total pembobotan diperoleh nilai RMR massa batuan diatas seam 22 sebesar 42.41 (Kondisi batuan sedang).

Tabel-1. Kuat Tekan Batuan Utuh Batubara

No	Sampel	F (kN)	Luas Penampang (A) (m ²)	Kuat Tekan Uniaksial (MPa)	Kuat Tekan Uniaksial Rata-Rata (MPa)
1	Seam 22_[1]	42.5	0.005041	8.430867	7.4
2	Seam 22_[2]	22.5	0.004356	5.165289	
3	Seam 22_[3]	26.5	0.003721	7.121741	
4	Seam 22_[4]	48.5	0.005329	9.101145	

Tabel-2. Kekuatan Tekan Insitu Batubara (S_I)

Sampel	Panjang Sisi Sampel		Kuat Tekan Uniaksial Rata-Rata		Tinggi Pilar	k	Kekuatan Tekan Insitu Batubara (σ_{cube})	
	cm	inch	MPa	Psi			Psi	MPa
Seam 22	6.7	2.64	7.4	1073.22	3.1	1.92	290.51	2.00

Prediksi Tinggi Runtuhan pada Panel

Ketinggian runtuhan pada atap suatu lubang bukaan akan berbanding lurus dengan lebar bukaan menurut persamaan empiris yang diajukan Unal (1983) dalam Chen (1994). Dari hasil analisis pada seam 22 terlihat bahwa semakin lebar lubang bukaan maka potensi tinggi runtuhan massa batuan diatas seam 22 semakin besar. Dari lebar panel 3.6 meter potensi tinggi runtuhan menjadi 4.1 meter, hingga lebar panel 24.3 m dengan potensi tinggi runtuhan menjadi 28 meter (Lihat Tabel-4).

Simulasi Web Pilar dan Barrier Pilar Seam 22

Simulasi web pilar pada seam 22 diawali dengan tinggi runtuhan 4.1 meter hingga tinggi runtuhan 28 meter diatas 1 panel. Dengan asumsi bobot isi batuan rata-rata 0.027 MN/m^3 , kekuatan tekan insitu batubara (S_I) berdasarkan *size effect* pada seam 22 sebesar 2 MPa, tinggi penambangan 3.1 meter dengan system double pass, lebar lubang bukaan 1.3 meter, dan faktor keamanan acuan sebesar 1.2. Maka faktor keamanan yang mendekati 1.2 adalah faktor keamanan 1.31. (lihat Tabel-5). Dengan faktor keamanan 1.31, maka dapat 1 panel dapat terdiri dari 7 web pilar.

Pada simulasi *barrier* pilar, ketebalan *overburden* sebesar 53.49 meter, bobot isi batuan rata-rata 0.027 MN/m^3 , kekuatan tekan insitu batubara (S_I) berdasarkan *size effect* pada seam 22 sebesar 2 MPa, maka dengan 1 panel yang terdiri dari 7 web pilar dengan faktor keamanan 1.2, lebar *barrier* pilar menjadi 6.3 meter (Tabel-6).

KESIMPULAN

Dari hasil simulasi rancangan geometri web pilar dan *barrier* pilar batubara, maka dapat disimpulkan :

1. Rock mass rating pada seam 22 sebesar 42.41 (kondisi batuan sedang).
2. Jumlah web pilar batubara yang optimum pada seam 22 adalah 1 panel terdiri dari 7 web pilar dengan faktor keamanan 1.31.
3. Lebar *barrier* pilar batubara yang pada seam 22 dalam 1 panel yang terdiri dari 7 web pilar sebesar 6.30 meter (faktor keamanan 1.2).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bieniawski, Z. T.. 1967. *The Effect of Specimen Size o Compressive Strength of Coal*. National Mechanical Engineering Research Institute. Pretoria South Africa.
- [2] Sasaoka, T., Shimada, H., Hamanaka, A., Sulistianto, B., Ichinose, M., Matsui, K. 2015. *Geotechnical Issues on Application of Highwall Mining System in Indonesia*. ISRM. Vietnam.
- [3] Iannachione, A.T. et al. 1992. *Proceedings of the workshop on coal pillar Mechanics and Design*. United States Department of the interior and Bureau of Mines. United States of America.
- [4] Ziph, R.K. 2005. *Ground Control Design for Highwall Mining*. SME Annual Meeting.
- [5] Chen, D. 1994. *Design of Rockbolting System for Underground Excavations, Thesis Report*. Department of Civil and Mining Engineering. University of Wollongong.

Tabel-3. RMR *Overburden* Seam 22

RMR	Bobot	Keterangan
Intact rock strength	1	Uji Laboratorium
Rock Quality Designation	19	Intepretasi Log Bor
Spacing of Discontinuity	11.7	Intepretasi Log Bor
Discontinuity condition	10.71	Intepretasi Log Bor
Groundwater condition	0	Asumsi
Total	42.41	Kondisi Batuan Sedang

Tabel 4. Tinggi Runtuhan Pada *Overburden* Seam 22

Wp (meter)	Ht (meter)	Keterangan
3.6	4.1	1 panel 1 web pilar
5.9	6.8	1 panel 2 web pilar
8.2	9.4	1 panel 3 web pilar
10.5	12.1	1 panel 4 web pilar
12.8	14.7	1 panel 5 web pilar
15.1	17.4	1 panel 6 web pilar
17.4	20.0	1 panel 7 web pilar
19.7	22.7	1 panel 8 web pilar
22	25.3	1 panel 9 web pilar
24.3	28.0	1 panel 10 web pilar

Tabel-5. Simulasi Lebar *Web* Pilar 1 meter Seam 22

Ketebalan Overburden Berdasarkan Tinggi Runtuhan, $H = H_t$ (m)	Tegangan Insitu Vertikal, S_v (MPa)	Kekuatan Tekan Insitu Batubara, SI (MPa)	Mining Height (m)	W_{wp} (m)	W_E (m)	Faktor Keamanan	Keterangan
4.1	0.11	2.00	3.10	1.00	1.30	6.32	1 panel 1 web pilar
6.8	0.18	2.00	3.10	1.00	1.30	3.86	1 panel 2 web pilar
9.4	0.26	2.00	3.10	1.00	1.30	2.78	1 panel 3 web pilar
12.1	0.33	2.00	3.10	1.00	1.30	2.17	1 panel 4 web pilar
14.7	0.40	2.00	3.10	1.00	1.30	1.78	1 panel 5 web pilar
17.4	0.47	2.00	3.10	1.00	1.30	1.51	1 panel 6 web pilar
20.0	0.54	2.00	3.10	1.00	1.30	1.31	1 panel 7 web pilar
22.7	0.61	2.00	3.10	1.00	1.30	1.16	1 panel 8 web pilar
25.3	0.68	2.00	3.10	1.00	1.30	1.03	1 panel 9 web pilar
28.0	0.76	2.00	3.10	1.00	1.30	0.94	1 panel 10 web pilar

Tabel-6. Simulasi *Barrier* Pilar dengan Lebar *Web* Pilar 1 meter Seam 22

Ketebalan Overburden, H (m)	Tegangan Insitu Vertikal, S_v (MPa)	Kekuatan Tekan Insitu Batubara, SI (MPa)	Mining Height (m)	W_{wp} (m)	W_{BP} (m)	W_E (m)	N	W_{PN} (m)	Faktor Keamanan	Keterangan
28.52	0.77	2	3.1	1.00	2.62	1.30	1	3.60	1.20	1 panel 1 web pilar
28.52	0.77	2	3.1	1.00	3.49	1.30	2	5.90	1.20	1 panel 2 web pilar
28.52	0.77	2	3.1	1.00	4.19	1.30	3	8.20	1.20	1 panel 3 web pilar
28.52	0.77	2	3.1	1.00	4.80	1.30	4	10.50	1.20	1 panel 4 web pilar
28.52	0.77	2	3.1	1.00	5.35	1.30	5	12.80	1.20	1 panel 5 web pilar
28.52	0.77	2	3.1	1.00	5.85	1.30	6	15.10	1.20	1 panel 6 web pilar
28.52	0.77	2	3.1	1.00	6.30	1.30	7	17.40	1.20	1 panel 7 web pilar
28.52	0.77	2	3.1	1.00	6.75	1.30	8	19.70	1.20	1 panel 8 web pilar
28.52	0.77	2	3.1	1.00	7.15	1.30	9	22.00	1.20	1 panel 9 web pilar
28.52	0.77	2	3.1	1.00	7.55	1.30	10	24.30	1.20	1 panel 10 web pilar