

Studi Penurunan Permukaan Tanah Akibat dari Penambangan Bawah Tanah Menggunakan Teknologi Underground Coal Gasification di Desa Macang Sakti, Kecamatan Sanga Desa, Banyuasin, Sumatera Selatan

Study of Decreasing Surface Soil Resulting from Underground Mining Used Underground Coal Gasification Technology in the Desa Macang Sakti, Kecamatan Sanga Desa Banyuasin, South Sumatra

¹Nidaul Ghina, ²Yuliadi, ³Asep Bahtiar Purnama

^{1,2,3}Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116

email: ¹nidaulghina@yahoo.com, ²yuliadi_MS@yahoo.com, ³asepb@tekmira.esdm.go.id

Abstract. Technology underground coal gasification (UCG) is one method of underground coal mining with products in the form of gas. UCG technology is done by converting the coal under the ground to a gas by burning it in situ. This method has been widely applied in various parts of the world. However, this method gives a significant impact and can not be avoided, namely the displacement of rock (displacement) vertically resulting in a decrease in the surface soil (*subsidence*). Therefore the analysis to be able to predict major vertical displacement in the rocks that may occur. Combustion is done on the drill point 2 and point Drill UCG UCG 6 with the progress of the burning of 50 m. Coal terleak targets at a depth of approximately 268.83 m with a thickness of 9.47 meters batuabara kuranglebih. Batuabara layer of the target has a slope of 20 to 27 with the direction of strike N to N 127E 120E are spread leads to northwest-southeast. In this study was observed in 4 (four) points with a distance of 50 meters between points. Overall prdeiksi value reduction that would occur at the end of mining in the amount of 15.4 cm which occurred at an elevation of -211.1 meters above sea level on points 2 and 3, and a decline in the largest surface is equal to 9.1 cm at point 2, and the lowest in point 4 cm. dengan safety factor of 5.6 that was obtained was 1.83 up to 2.35.

Keywords: Decreasing, Mining, Technology Underground Coal Gasification (UCG)

Abstrak. Teknologi underground coal gasification (UCG) merupakan salah satu metode penambangan batubara bawah tanah dengan produknya berupa gas. Teknologi UCG ini dilakukan dengan mengkonversi batubara yang berada dibawah tanah menjadi gas dengan cara dibakar secara insitu. Metode ini sudah banyak diterapkan diberbagai belahan dunia. Namun metode ini memberikan dampak yang cukup signifikan dan tidak dapat dihindari, yaitu perpindahan batuan (displacement) secara vertikal yang mengakibatkan adanya penurunan pada permukaan tanah (*subsidence*). Oleh sebab itu dilakukan analisis untuk dapat memprediksi besar perpindahan vertikal pada batuan yang mungkin terjadi. Pembakaran di lakukan dari titik bor UCG 2 dan titik Bor UCG 6 dengan kemajuan pembakaran 50 m. Batubara target terleak di kedalaman kurang lebih 268,83 m dengan ketebalan batuabara kuranglebih 9,47 meter. Lapisan batuabara target memiliki kemiringan 20° sampai 27° dengan arah strike N 120°E sampai N 127°E yang penyebarannya mengarah ke baratlaut-tenggara. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan pada 4 (empat) titik dengan jarak antar titik 50 meter. Secara keseluruhan prdeiksi nilai penurunan yang akan terjadi pada akhir penambangan yaitu sebesar 15,4 cm yang terjadi pada elevasi -211,1 mdpl pada titik 2 dan 3, dan terjadi penurunan pada permukaan terbesar yaitu sebesar 9,1 cm pada titik 2, dan terendah pada titik 4 sebesar 5,6 cm. dengan faktor keamanan yang di peroleh 1,83 sampai dengan 2,35.

Kata Kunci: Penurunan, Tambang, Teknologi Underground Coal Gasification (UCG)

A. Pendahuluan

Penambangan batubara dapat dilakukan dengan menggunakan metode penambangan terbuka dan bawah tanah. Penggunaan metode penambangan tersebut disesuaikan dengan ratio pengupasan batubara yang masih ekonomis. Salah satu teknologi untuk pemanfaatan batubara saat ini yang sedang dikembangkan di Indonesia yaitu Underground Coal Gasification (UCG). Metode ini dapat digunakan untuk batubara pada kedalaman yang dalam dan dengan peringkat batubara yang rendah (lignit), sehingga dapat menjadi metode alternatif yang dapat digunakan ketika batubara

yang akan di eksploitasi memiliki nilai keekonomisan yang rendah bila ditambang secara konvensional. Dalam pengaplikasiannya teknologi UCG memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari teknologi ini yaitu dilakukan dengan cara gasifikasi atau melakukan pembakaran batubara secara langsung dibawah tanah (*in situ*) tanpa dilakukan proses penambangan seperti penggalian batuan penutup. Kekurangan dari teknologi ini yaitu adanya dampak lingkungan yang akan terjadi, salah satunya adalah penurunan permukaan tanah atau adanya perpindahan batuan atap secara vertikal (*vertical displacement*), yang diakibatkan oleh adanya rongga bekas pembakaran batubara. Penurunan permukaan tanah ini menjadi salah satu permasalahan yang perlu dipertimbangkan dalam pengembangan teknologi UCG, dimana jika terjadi penurunan permukaan tanah dapat memberikan dampak yang besar terhadap lingkungan disekitar area tambang. Sehingga untuk dapat mengurangi dampak dari penurunan permukaan tanah ini, perlu dilakukan penelitian terhadap keadaan geoteknik pada lokasi pengembangan teknologi UCG. Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui prediksi besar penurunan atau perpindahan batuan atap secara vertikal dengan menggunakan metode FEM (*Finite Element Methode*) pada penambangan batubara dengan teknologi UCG pada setiap penambahan beban gempa.
2. Mengetahui nilai faktor keamanan batuan pada area sekitar seam batubara yang telah dieksploitasi.

B. Tinjauan Pustaka

Gasifikasi Batubara Bawah Tanah atau Underground Coal Gasification (UCG)

Underground Coal Gasification (UCG) didefinisikan sebagai proses mengkonversikan batubara yang berada di bawah tanah (tidak ditambang) menjadi gas bakar dengan memproses batubara secara *in-situ*. Batubara yang berada di bawah tanah dan tidak ditambang ini bereaksi dengan udara / oksigen dan steam yang diinjeksikan untuk membentuk gas, cairan, dan abu sebagai residunya (Sinha, 2007). Komponen yang diinjeksikan akan bereaksi dengan batubara untuk membentuk gas bakar yang dibawa menuju ke permukaan melalui sumur produksi gas. Kemudian gas tersebut dibersihkan dan digunakan sebagai bahan bakar atau bahan baku kimia.

Konversi dari batubara menjadi bahan bakar gas yang paling sempurna diperoleh dengan mereaksikan batubara dengan steam dan udara. Gas yang diperoleh dari hasil proses ini dinamakan *producer gas*. *Producer gas* merupakan campuran dari gas bakar (karbon monoksida, hidrogen, dan metana) dan gas yang tak terbakar (karbondioksida, nitrogen, dan uap air yang tak bereaksi) (Sinha, 2007).

Tahapan UCG

Dalam pelaksanaannya teknologi UCG dilakukan dengan mengikuti tahap-tahap berikut:

1. Menemukan potensi batubara yang akan diproses dengan teknologi UCG

Semua jenis batubara, mulai dari lignit hingga antrasit dapat diproses untuk teknologi UCG, namun batubara yang sangat cocok adalah jenis lignit dan sub-bituminous karena kedua jenis batubara ini memiliki ikatan antar C dan H yang lemah sehingga mudah digasifikasi.

2. Pengeboran

Pengeboran merupakan langkah utama dalam melakukan eksploitasi batubara dengan teknologi UCG ini, dimana terdapat dua model geometri pengeboran UCG telah diaplikasikan yaitu *Linked vertical wells (LVW)* dan *Controlled Retraction Injection*

Point (CRIP). Pengeboran dilakukan hingga menembus seam batubara target yang umumnya berada di bawah lapisan air tanah dan *overburden*.

3. Membuat jalur UCG / jaringan bawah tanah

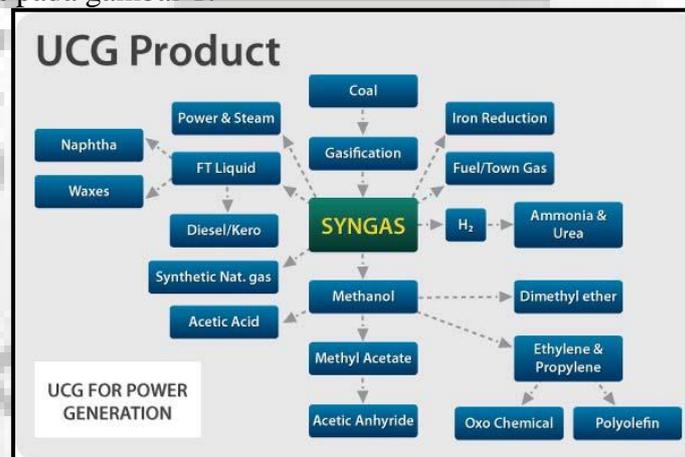
Pembuatan jalur UCG yang tepat tentu tidak lepas dari hasil analisa awal dengan menggunakan pemetaan permukaan hingga bawah permukaan dengan eksplorasi seismik, logging, coring, dan sebagainya.

4. Pembakaran Batubara

Pada tahap ini batubara yang berada di bawah tanah akan bereaksi dengan udara atau oksigen dan uap air yang diinjeksikan melalui sumur injeksi untuk membentuk gas, cairan, dan abu sebagai residunya (Sinha, 2007). Komponen yang diinjeksikan akan bereaksi dengan batubara untuk membentuk gas bakar yang dibawa menuju ke permukaan melalui sumur produksi gas. Pembakaran dilakukan pada suhu 1000°C-1600°C, sehingga melalui pembakaran ini akan menghasilkan gas yang kemudian disalurkan melalui sumur produksi, yaitu berupa hidrogen (H₂), metan (CH₄), karbon dioksida (CO₂) dan karbon monoksida (CO).

5. Ekstraksi gas sintesis dipermukaan

Gas sintesis dipisahkan untuk menghasilkan penggunaan *syngas* yang merupakan campuran antara hidrogen dan karbon monoksida. Jika CO₂ ditangkap dan diasingkan (sequestered) kedalam formasi geologi, maka harus dipisahkan terlebih dahulu dari *syngas*. Hal ini dilakukan untuk menghindari pembakaran batubara yang tidak diinginkan. Lihat pada gambar 1.



Sumber: ucg-gtl.com

Gambar 1. *Syngas*, Produk UCG yang Bisa Diubah Menjadi Beberapa Produk

Parameter Teknologi Gasifikasi Bawah Tanah

Untuk dapat melakukan teknologi gasifikasi bawah tanah atau underground coal gasification (UCG) terdapat beberapa parameter yang harus dipenuhi, yaitu:

1. Lapisan batubara yang akan di eksploitasi harus memiliki kedalaman lebih dari 200-600 meter. Batubara pada kedalaman 200-600 meter dianggap lebih efektif untuk menjadi reactor UCG, sebab jika UCG dilakukan pada kedalaman kurang dari 100 meter maka kemungkinan terjadinya subsidence (amblesan) akan lebih besar, dan jika dilakukan pada kedalaman lebih dari 200 meter kemungkinan terjadinya tekanan tinggi sangat besar yang dapat mempengaruhi pada proses pembakaran UCG.
2. Lapisan batubara yang akan di eksploitasi harus memiliki ketebalan minimal 5 meter agar batuan pengapit dari batubara tidak ikut terbakar serta kemungkinan

- terjadinya intrusi airtanah dan gas losses lebih besar.
3. Lapisan atas dan bawah yang impermeable.
 4. Cadangan batubara = 15 juta ton untuk produksi 155 mmscfd, selama 25 tahun.
 5. Kondisi struktur geologi tidak kompleks.
 6. Kadar abu dan air kurang dari 60%.
 7. Peringkat batubara lignit sampai bitumus.

Pengeboran Untuk Gasifikasi

Lapisan batubara yang umumnya berada di bawah lapisan air tanah dan overburden akan melibatkan pengeboran pada dua atau lebih lubang bor hingga mencapai lapisan batubara. Pengeboran untuk gasifikasi umumnya menggunakan serangkaian casing yang berukuran 20", 13 3/8", 9 5/8" dan bagian bawahnya (dimuka zona produksi) dibiarkan terbuka atau menggunakan liner berukuran 7". Namun beberapa tahun terakhir ini banyak sumur bor dengan diameter lebih besar, dengan menggunakan serangkaian casing berukuran 30", 20", 13 3/8" dan 9 5/8". Menurut Dobbie (1995), biaya pengeboran sumur besar kira-kira 25% lebih mahal tetapi laju produksinya bisa 50% lebih besar dari sumur berdiameter standard. Area tempat sumur-sumur produksi atau injeksi dilapangan biasanya satu sama lain berjarak 1 sampai 2 km. Sumur-sumur injeksi biasanya dibor ditempat yang mempunyai elevasi lebih rendah dari sumur produksinya. Pengeboran yang dilakukan yaitu pengeboran vertikal. Pengeboran vertikal atau straight hole drilling yang artinya pengeboran yang dilakukan dari titik awal di permukaan dipertahankan kelurusannya hingga mencapai target

Penurunan Tanah (*Subsidence*) Akibat Gasifikasi Batubara Bawah Tanah

Proses gasifikasi bawah tanah dan pengeboran merupakan kegiatan yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan pada massa batuan. Perubahan yang terjadi dapat mempengaruhi secara negatif efek subsidence. Menurut Friedman (2005) kasus penurunan tanah untuk kedalaman tertentu belum pernah ditemukan, meskipun resiko penurunan tanah mungkin saja terjadi. Pada saat proses UCG, rongga-rongga bawah tanah akan terbuka akibat pembakaran lapisan batubara yang menyebabkan terjadinya tekanan massa batuan disekitarnya dan tekanan ini akan membentuk rongga baru yang akan didistribusikan kembali. Sebelum rongga tersebut terbuka, tegangan insitu terdistribusi secara merata disekitar area batuan. Setelah hilangnya lapisan batubara dan membentuk rongga maka tekanan yang berada disekitar rongga seketika berubah dan tekanan baru terjadi dan terdistribusi mengikuti pola rongga yang muncul (Van der Riet, 2008). Nilai-nilai tegangan ini bervariasi tergantung pada kedalaman, kondisi struktur dan sifat-sifat geoteknik dari massa batuan sekitar rongga UCG. Tekanan yang muncul adalah kuat tarik dan tekan dari massa batuan yang menjadi penyebab keruntuhan dan berpotensi menyebabkan perluasan ke arah horizontal dan vertical dari rongga dan akhirnya akan dapat menyebabkan subsidence di atas rongga (Hoek 2000, Navarro, dkk., 2011). Secara umum apabila proses ekstraksi semakin dalam, maka terjadinya penurunan permukaan akan menurun.

Lapisan batubara dengan kedalaman lebih dari 150 meter dan kurang dari 600 meter di beberapa negara dianggap cukup ideal untuk pengembangan UCG, namun di Indonesia dengan kondisi lapisan batuan pengapit yang relatif mempunyai kuat tekan yang rendah perlu menjadi pertimbangan yang penting.

Penurunan muka tanah dapat memberikan dampak yang cukup besar, hal ini dapat mempengaruhi intrusi air ke gasifier dan migrasi polutan ke sekitar lokasi gasifikasi. Kedalaman dan luas penurunan yang akan terjadi dipengaruhi oleh volume rongga yang ada didalam tanah, kedalaman rongga, kekuatan batuan diatas rongga dan

struktur yang ada dalam batuan.

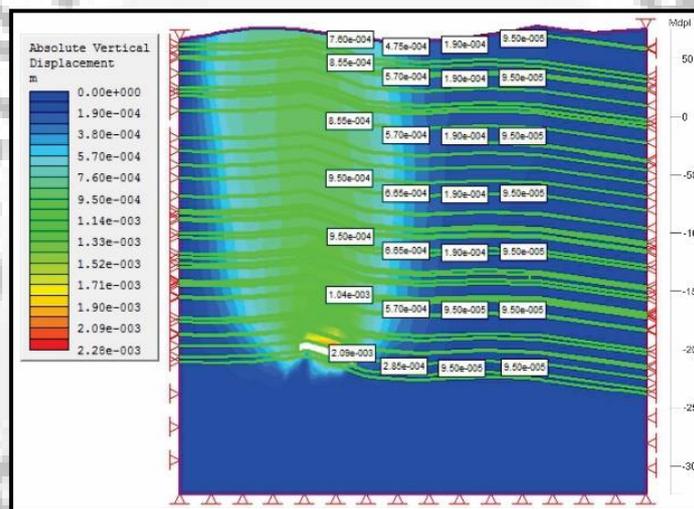
C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pembakaran Batubara 50 meter

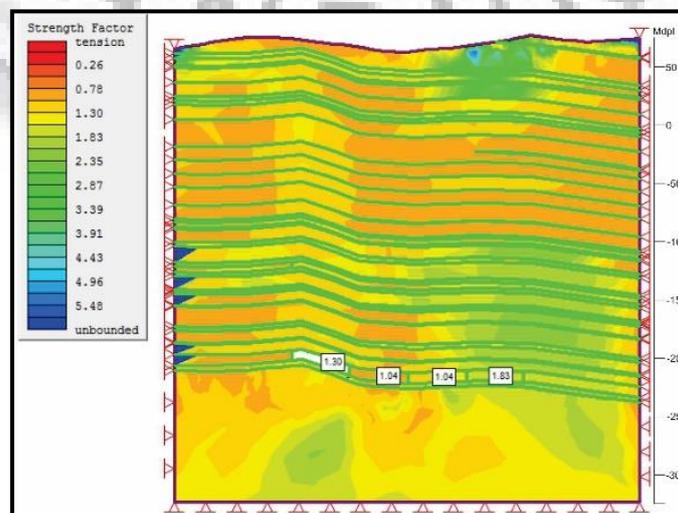
Berdasarkan hasil dari pemodelan dengan menggunakan software *Phase2* yang telah dilakukan didapatkan hasil berupa prediksi nilai perpindahan batuan atap dan penurunan permukaan tanah sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai Perpindahan Batuan Pada Pembakaran 50 m

Elevasi (mdpl)	TITIK 1		Elevasi (mdpl)	TITIK 2		Elevasi (mdpl)	TITIK 3		Elevasi (mdpl)	TITIK 4	
	Penurunan (cm)	FK		Penurunan (cm)	FK		Penurunan (cm)	FK		Penurunan (cm)	FK
-199,21	0,29	1,3	-211,1	0,0285	1,04	-212,3	0,0095	1,04	-211,43	0,0095	1,83
-149,21	0,104		-171,1	0,057		-162,3	0,0095		-161,43	0,0095	
-99,21	0,095		-121,1	0,0665		-112,3	0,019		-111,43	0,0095	
-49,21	0,095		-71,1	0,0665		-62,3	0,019		-61,43	0,0095	
0,79	0,0855		-21,1	0,057		-12,3	0,019		-11,43	0,0095	
50,79	0,0855		28,9	0,057		37,7	0,019		38,57	0,0095	
70,87	0,076		55,03	0,0475		66,67	0,019		72,5	0,0095	



Gambar 2. Perpindahan Batuan Pada Pembakaran 50 m



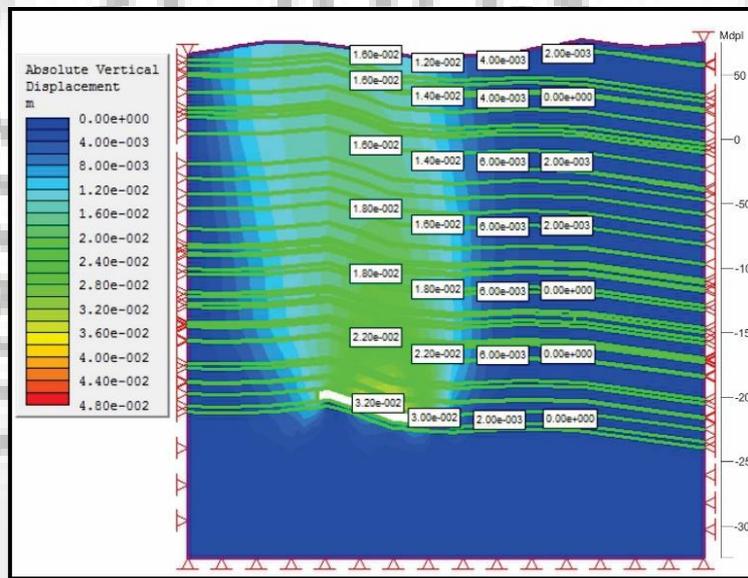
Gambar 3. Faktor Keamanan Batuan Pada Pembakaran 50 m

Pembakaran Batubara 100 meter

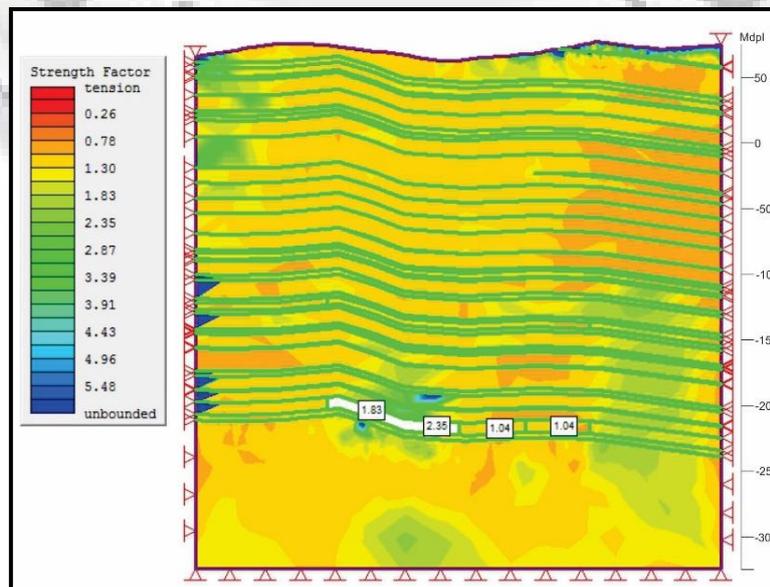
Berdasarkan hasil pemodelan dengan pembakaran batubara 100 meter, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai Perpindahan Batuan Pada Pembakaran 100 m

Elevasi (mdpl)	TITIK 1		Elevasi (mdpl)	TITIK 2		Elevasi (mdpl)	TITIK 3		Elevasi (mdpl)	TITIK 4	
	Penurunan (cm)	FK									
-199,21	3,2	1,83	-211,1	3	2,35	-212,3	0,2	1,04	-211,43	0	1,04
-149,21	2,2		-171,1	2,2		-162,3	0,6		-161,43	0	
-99,21	1,8		-121,1	1,8		-112,3	0,6		-111,43	0	
-49,21	1,8		-71,1	1,6		-62,3	0,6		-61,43	0,2	
0,79	1,6		-21,1	1,4		-12,3	0,6		-11,43	0,2	
50,79	1,6		28,9	1,4		37,7	0,4		38,57	0	
70,87	1,6		55,03	1,2		66,67	0,4		72,5	0,2	



Gambar 4. Perpindahan Batuan Pada Pembakaran 100 m



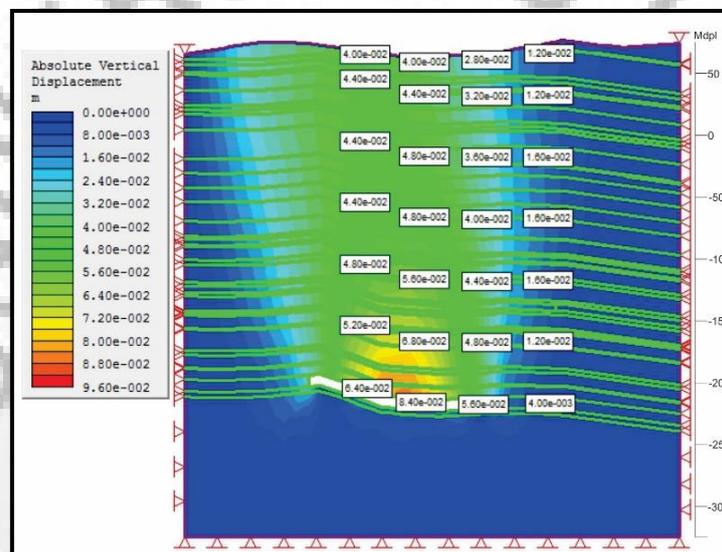
Gambar 5. Faktor Keamanan Batuan Pada Pembakaran 100 m

Pembakaran Batubara 150 meter

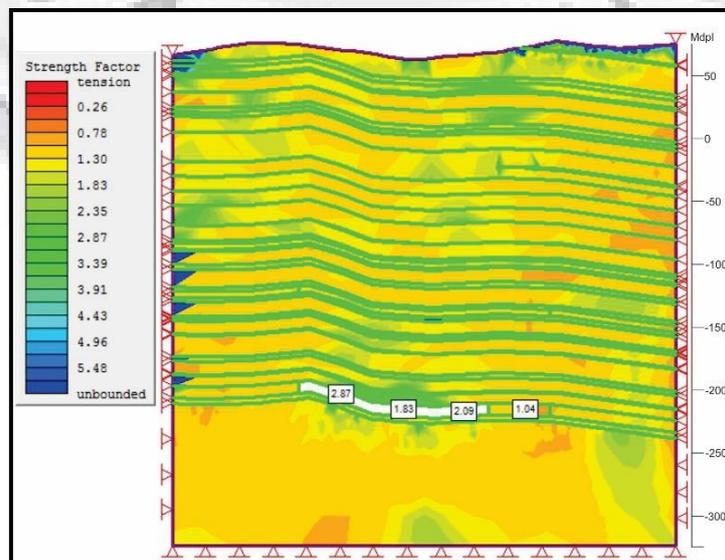
Berdasarkan hasil pemodelan dengan pembakaran batubara 150 meter, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Nilai Perpindahan Batuan Pada Pembakaran 150 m

Elevasi (mdpl)	TITIK 1		Elevasi (mdpl)	TITIK 2		Elevasi (mdpl)	TITIK 3		Elevasi (mdpl)	TITIK 4	
	Penurunan (cm)	FK									
-199,21	6,4	2,87	-211,1	8,4	1,83	-212,3	5,6	2,09	-211,43	0,4	1,04
-149,21	5,2		-171,1	6,8		-162,3	4,8		-161,43	1,2	
-99,21	4,8		-121,1	5,6		-112,3	4,4		-111,43	1,6	
-49,21	4,4		-71,1	4,8		-62,3	4		-61,43	1,6	
0,79	4,4		-21,1	4,8		-12,3	3,6		-11,43	1,6	
50,79	4,4		28,9	4,4		37,7	3,2		38,57	1,2	
70,87	4		55,03	4		66,67	2,8		72,5	1,2	



Gambar 6. Perpindahan Batuan Pada Pembakaran 150 m



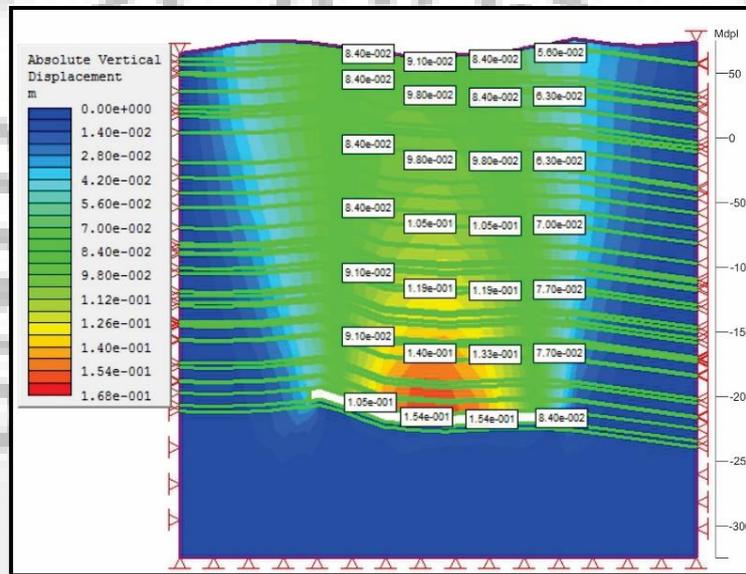
Gambar 7. Faktor Keamanan Batuan Pada Pembakaran 150 m

Akhir Pembakaran

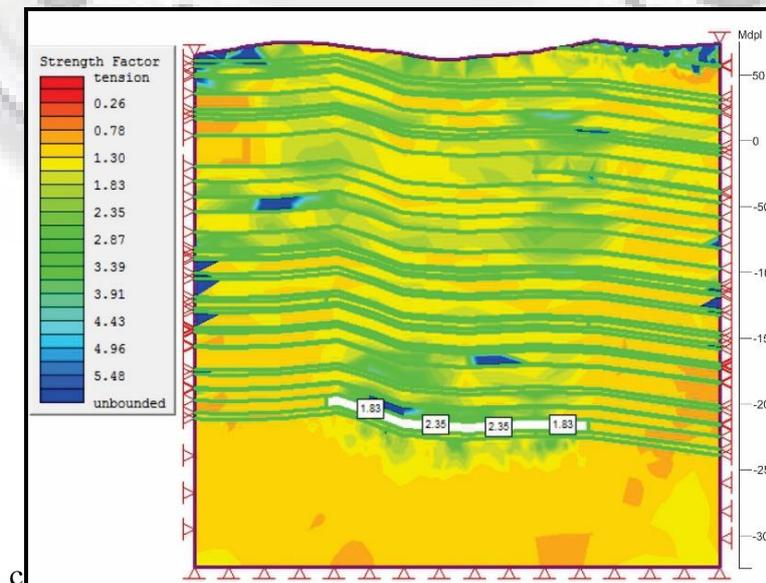
Berdasarkan hasil pemodelan pada akhir pembakaran, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai Perpindahan Batuan Pada Akhir Pembakaran

Elevasi (mdpl)	TITIK 1		Elevasi (mdpl)	TITIK 2		Elevasi (mdpl)	TITIK 3		Elevasi (mdpl)	TITIK 4	
	Penurunan (cm)	FK									
-199,21	10,5	1,83	-211,1	15,4	2,35	-212,3	15,4	2,35	-211,43	8,4	1,83
-149,21	9,1		-171,1	14		-162,3	13,3		-161,43	7,7	
-99,21	9,1		-121,1	11,9		-112,3	11,9		-111,43	7,7	
-49,21	8,4		-71,1	10,5		-62,3	10,5		-61,43	7	
0,79	8,4		-21,1	9,8		-12,3	9,8		-11,43	6,3	
50,79	8,4		28,9	9,8		37,7	8,4		38,57	6,3	
70,87	8,4		55,03	9,1		66,67	8,4		72,5	5,6	



Gambar 8. Perpindahan Batuan Pada Akhir Pembakaran



Gambar 9. Faktor Keamanan Batuan Pada Pembakaran 150 m

D. Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan penelitian berupa penurunan permukaan tanah yang diakibatkan oleh penambangan bawah tanah dengan menggunakan teknologi underground coal gasification maka dapat diketahui bahwa perpindahan vertikal batuan atap akan semakin besar pada elevasi yang lebih dekat dengan batubara target dan semakin besar rongga yang dihasilkan maka perpindahan batuan akan semakin besar pada setiap kemajuan pembakaran. Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Prediksi nilai penurunan yang akan terjadi akibat adanya kegiatan UCG ini yaitu sebesar 9,1 cm yang terletak di titik 3 pada akhir pembakaran dengan perpindahan batuan atap yang paling besar yaitu 15,4 cm pada titik 2 dan titik 3 pada akhir pembakaran.
2. Faktor keamanan daerah penelitian setelah dilakukan penambangan diperoleh faktor keamanan batuan sebesar 1,04 sampai dengan 2,35.
3. Secara keseluruhan daerah yang terpengaruh oleh adanya kegiatan UCG ini sampai dengan jarak 50 sampai dengan 100 meter masih terkena pengaruh dari kegiatan UCG.

Daftar Pustaka

- Bieniawski, Z.T., 1973, "Engineering Classification of Jointed Rock Masses", Trans. S. Afr. Inst Civil Eng. 15. Pp. 335-344.
- Bieniawski, Z.T., 1989, "Engineering rock Mass Classifications", John-Wiley, New York.
- Dwi, Agus, 2015, "Underground Coal Gasificatio (UCG) Teknologi Alternatif Pengolahan Batubara", Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Sinha, N., 2007, "Status Report on Underground Coal Gasification", Office of The Principal Scientific Adviser, Government of India.2.
- Suhendro, B.. 2000, "Metode Elemen Hingga dan Aplikasinya", Yogyakarta: Beta Offset.
- Whittaker, B.N. & Reddish D.J., "Subsidence: Occurrence, Prediction, and Control", Elsevier, 1989.
- Zulfahmi, dkk, 2014, "Pengembangan Aplikasi Teknologi Underground Coal Gasification (UCG) di Indonersia Tahap I", Pustitbang Tekmira, Bandung, Hal 13-14.