

	Bulletin of SCIENTIFIC CONTRIBUTION Fakultas Teknik Geologi UNIVERSITAS PADJADJARAN homepage : http://jurnal.unpad.ac.id/bsc	p-ISSN : 1693 - 4873 Volume 14, No.1 April 2016
---	--	---

PENINGKATAN AKURASI PERHITUNGAN CADANGAN BATUBARA DI WILAYAH SEPARI - KALIMANTAN TIMUR BERDASARKAN DETEKSI KEMIRINGAN LUBANG BOR DENGAN SENSOR GYROSCOPE-ACCELEROMETER-HEADING DIJITAL

M. Gilang Firmansyah¹, Emi Sukiyah², Yuyun Yuniardi³, Undang Mardiana³

- ^{1.} PT. Sinergy Consultancy Services, Panin Tower Building Lt.10 Grand Sudirman, Jl. Jendral Sudirman No.7 Balikpapan, Kalimantan Timur, e-mail: gemillang@yahoo.com (sekarang bergabung dengan PT. Nusa Halmahera Minerals, Site Gosowong Gold Mine)
- ^{2.} Departemen Geologi Sains, FTG, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung-Sumedang Km 21 Jatinangor 45363, e-mail: emi.sukiyah@unpad.ac.id
- ^{3.} Departemen Geologi Terapan, FTG, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung-Sumedang Km 21 Jatinangor 45363, e-mail: yuyun.yuniardi@unpad.ac.id

ABSTRACT

The resource assessment in a coal mining process is obtained through the calculation and analysis of detailed exploration data. They are obtained with geological mapping and drilling. The resource assessment was conducted to determine the estimated amount of tonnage of coal. The estimated results are used for calculation of stripping ratio on the land to determine the economics of mining. The results can determine the feasibility of a coal mine to be exploited.

In the drilling process, a borehole deviation term there. That is deviation from an oblique borehole targets. So far, drilling perpendicular always expressed a slope of 90°. That assumption was not appropriate. Drill holes are perpendicular turned out to have a value tilt varies. Therefore, the slope of the boreholes should be checked to determine the slope of the drill holes accurately. Values of the tilt and azimuth drill holes contributing as an important parameter in improving the accuracy of the calculation of reserves.

Based on the results of tests on the use of digital gyroscope-accelerometer-heading sensor on exploration drilling in the Separi area, it obtained a yield increase of coal reserves calculation.

Keyword: calculation accuracy, borehole deviation, coal reserve, digital sensor

ABSTRAK

Penaksiran sumber daya dalam suatu proses penambangan batubara didapatkan melalui perhitungan dan analisis data eksplorasi detil. Data ini diperoleh dengan metode pemboran dan pemetaan geologi. Penaksiran sumber daya dilakukan untuk mengetahui taksiran jumlah tonase sumber daya batubara. Hasil taksiran selanjutnya digunakan untuk perhitungan *stripping ratio* pada lahan tersebut untuk mengetahui keekonomian bahan tambang. Hasil yang diperoleh dapat menentukan kelayakan suatu tambang untuk di eksploitasi.

Pada proses pengeboran terdapat istilah *borehole deviation*, yaitu deviasi atau simpangan miring dari suatu target lubang bor. Selama ini, pengeboran tegak lurus selalu dinyatakan memiliki kemiringan 90°. Asumsi tersebut sebenarnya tidak tepat. Kemiringan lubang bor yang dinyatakan tegak lurus ternyata memiliki nilai bervariasi. Oleh karena itu, survei kemiringan lubang bor perlu dilakukan untuk mengetahui kemiringan lubang bor secara akurat. Nilai dip dan azimuth lubang bor turut berperan sebagai parameter penting dalam meningkatkan akurasi perhitungan cadangan.

Berdasarkan hasil uji coba terhadap penggunaan sensor gyroscope-accelerometer-heading dijital pada pengeboran eksplorasi di wilayah Separi diperoleh adanya peningkatan hasil perhitungan cadangan batubara.

Kata kunci: akurasi perhitungan, kemiringan lubang bor, cadangan batubara, sensor dijital.

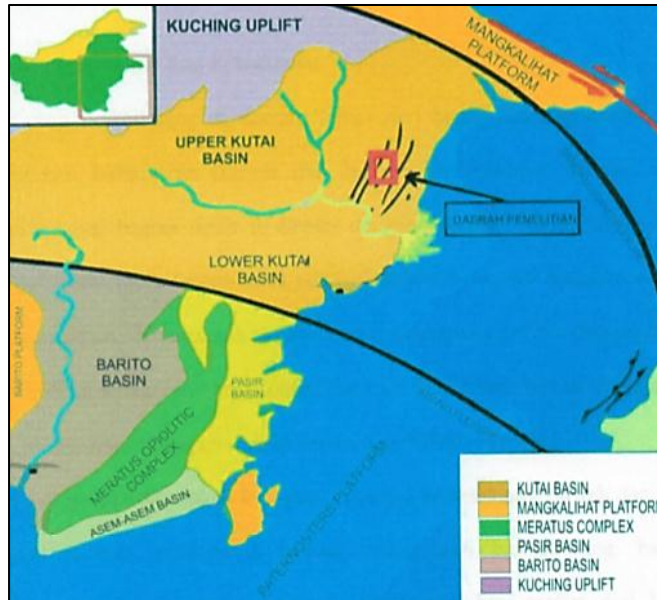
PENDAHULUAN

Kerak bumi tersusun oleh berbagai jenis batuan, baik dalam kondisi segar (*fresh rock*) maupun batuan yang sudah lapuk (*weathered rock*). Kondisi batuan dikendalikan oleh proses geologi, endogen maupun eksogen. Pengaruh kedua proses tersebut dicirikan oleh

karakteristik geomorfologi yang merupakan produk dari tektonik, vulkanik, pelapukan, dan materi penyusun batuan (Sukiyah dkk, 2015). Batubara merupakan salah satu produk proses geologi. Keberadaannya dapat tersingkap di permukaan bumi, dapat pula berada di kedalaman tertentu.

Keberadaan endapan batu-bara di bawah permukaan dapat diketahui melalui kegiatan eksplorasi (Anggayana, 2005). Eksplorasi batubara dilakukan untuk mengidentifikasi keterdapatan, bentuk, ukuran, sebaran, kuantitas, serta kualitas suatu endapan batubara. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis

sebagai acuan dalam investasi modal. Tingkat keyakinan sumber daya batubara diperoleh melalui hasil perhitungan cadangan. oleh karena itu, metode yang tepat diperlukan untuk mendapatkan hasil perhitungan cadangan yang akurat.



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian diplot pada peta geologi regional (modifikasi dari Supriatna dan Rustandi, 1995)

Cekungan Kutai di Provinsi Kalimantan Timur merupakan salah satu cekungan di Indonesia yang mempunyai kandungan batubara yang sangat potensial. Berdasarkan penelitian diketahui batubara di cekungan tersebut berumur Miosen - Pliosen (Soebekti, 2005). Eksplorasi dan inventarisasi cadangan batubara secara ideal melibatkan berbagai disiplin ilmu pengetahuan, diantaranya adalah geologi dan geofisika. Salah satu tahapan dalam kegiatan eksplorasi adalah pengeboran. Perhitungan cadangan batubara didasarkan oleh data hasil pengeboran. Oleh karena itu metode pengeboran yang tepat sangat dibutuhkan untuk mendapatkan hasil perhitungan cadangan yang akurat. Selama ini, proses perhitungan cadangan batubara pada umumnya menganggap bahwa setiap lubang bor tegak lurus tanpa dilakukan survei kemiringan secara konsisten pada setiap lubang bor eksplorasi. Oleh karena itu lubang bor

yang tegak lurus selalu dinyatakan memiliki estimasi dip 90° dan azimuth 0° . Hal ini belum bisa dinyatakan tepat, karena pada saat proses pengeboran, lubang bor bisa saja mengalami deviasi sehingga nilai dip 90° menjadi tidak tepat.

Penelitian ini merupakan pembuktian pentingnya pengukuran kemiringan lubang bor eksplorasi. Nilai hasil pengukuran penting untuk dipertimbangkan dalam parameter kemiringan lubang bor saat proses perhitungan cadangan batubara, sehingga dapat meningkatkan akurasi perhitungan. Penelitian ini juga menghasilkan alat survei kemiringan lubang bor eksplorasi dengan sensor *gyroscope*, *accelerometer* dan *heading* (Anonim, 2013, 2005).

Penelitian dilakukan di wilayah Separi Kalimantan Timur. Kawasan ini telah diketahui memiliki cadangan batu bara yang tinggi dan telah diteliti oleh Alam (2010), Bachtiar (2013).

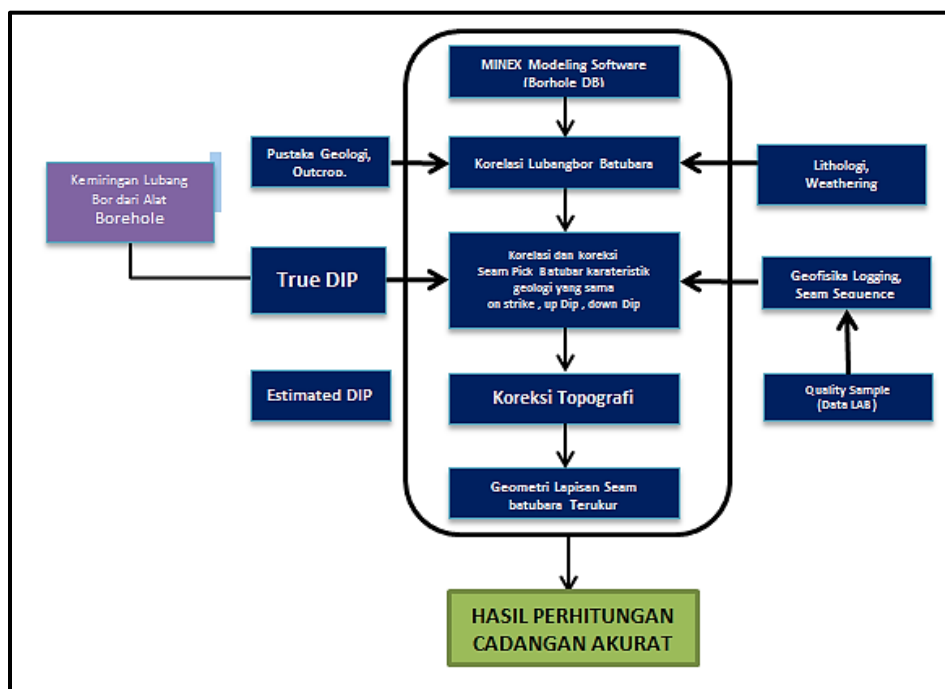
Tabel 1. Hasil akusisi data kemiringan lubang bor

No.	Nama lubang bor	True Depth (m)	Average Dip (°)	Average azimuth (N..°E)	Deviation (%)
1	RKR3426	251,75	87,4394	189,08	2,85
2	CKR3427	221,11	85,7514	188,87	4,72
3	CKR3427A	157,85	81,1828	190,97	9,80
4	RKR636	251,05	85,7622	207,00	4,71
5	CKR637	76,93	86,5118	188,28	3,88
6	CKR640	67,79	86,8364	194,37	3,52
7	CKR640A	64,93	87,1722	205,47	3,14
8	RKR3425	199,83	83,2322	191,61	7,52
9	RKR634	251,33	86,9315	187,99	3,41
10	RKR635	251,17	82,9081	153,96	7,88
11	RKR638	250,97	83,0313	186,17	7,74
12	RKR639	200,23	84,4318	186,35	6,19
13	RKR641	151,19	87,9546	187,19	2,27
14	RKR642	251,03	86,6296	187,62	3,74
15	RKR643	251,59	81,3515	151,74	9,61

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menghitung cadangan batubara, penelitian ini menggunakan program *Minex* Versi 6.1.2. Perhitungan cadangan batubara dilakukan melalui dua kali pemodelan seperti terlihat

pada Gambar 3. Pemodelan pertama dilakukan untuk menghitung cadangan batubara dengan menggunakan dip estimasi yang selama ini digunakan yaitu 90°.



Gambar 3. Bagan alir perhitungan cadangan batubara

Pemodelan kedua dilakukan pada data yang sama dengan menggunakan *true dip* (kemiringan terukur). Pemodelan dilakukan pada populasi database informasi detail lubang bor, pustaka

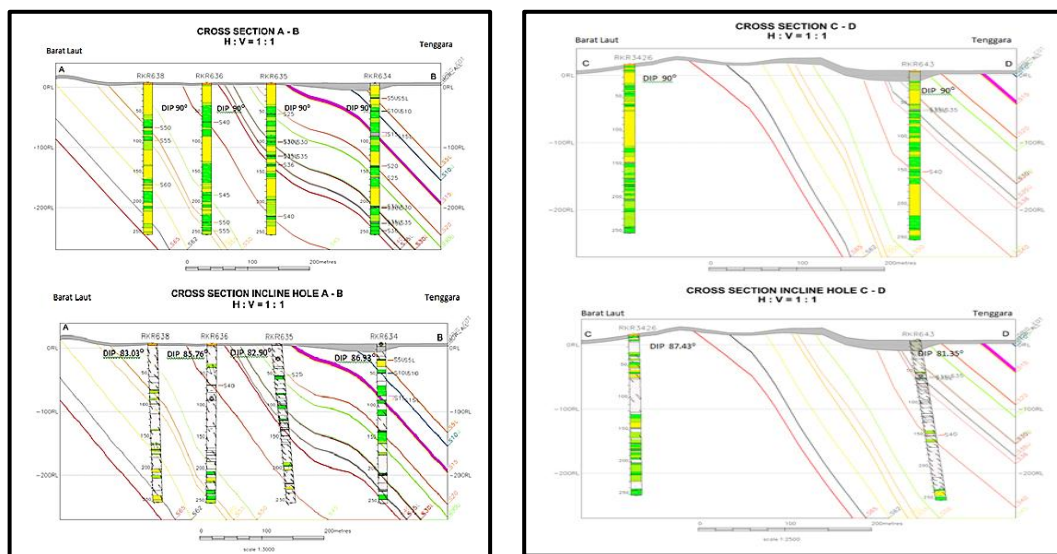
geologi, *logging* geofisika, informasi dari sampel hasil analisis di laboratorium, data topografi dan nilai kemiringan hasil akusisi data alat *borehole inclinometer*. Proses

perhitungan cadangan sumber daya ini dilakukan pada tahap eksplorasi sebelum tahap persiapan pasca penambangan. Kegiatan ini dilakukan untuk menghitung tonase sumber daya batubara di daerah penelitian.

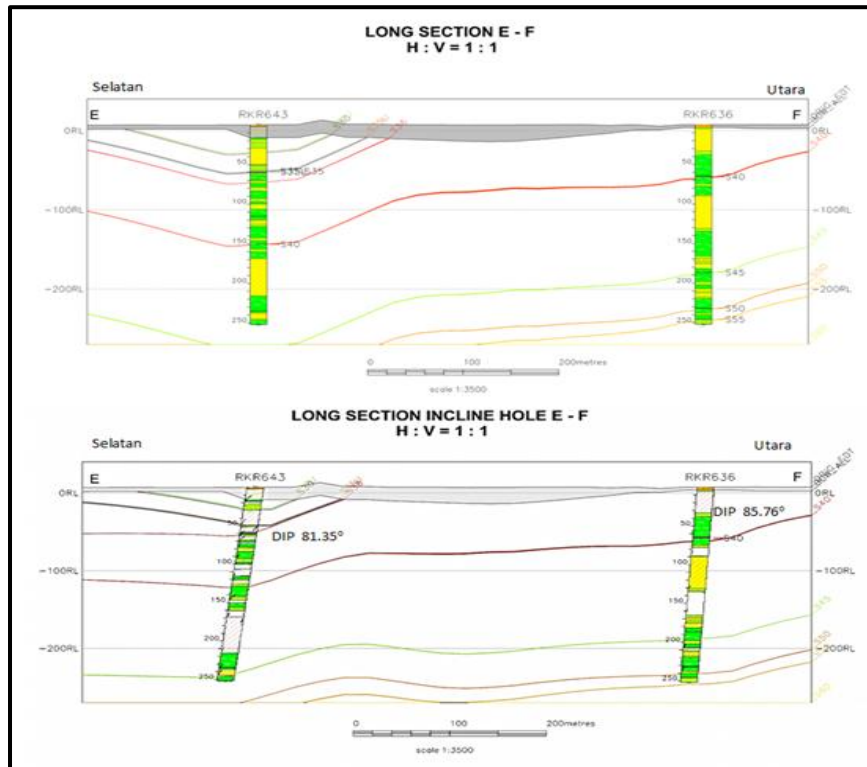
Perhitungan cadangan dapat dilakukan dengan berbagai metode, tetapi sebelumnya harus diketahui batasan antara sumber daya (*resource*) dan cadangan (*reserve*) dalam SNI (1998). Pemodelan dilakukan pada lubang bor yang terdiri dari 15 sampel lubang bor. Hal ini sedikit mengalami kendala karena kurangnya data lubang bor untuk dikorelasikan satu sama lain agar terbentuk geometri *seam* batubara

yang baik selanjutnya dapat dihitung tonase.

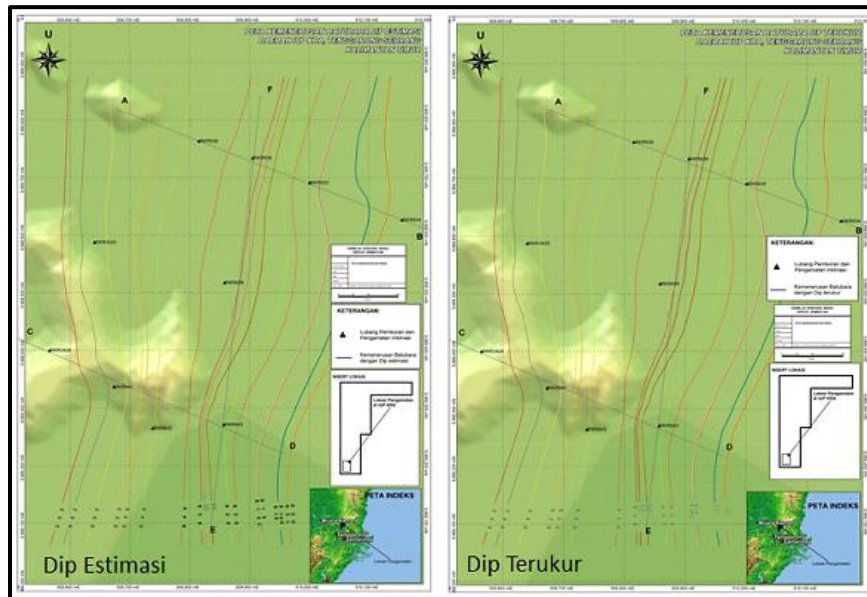
Setelah melakukan perhitungan cadangan pada lubang bor, hasil korelasinya menunjukkan *seam - seam* pembawa batubara mengalami *splitting* dan terbagi menjadi 22 *seam* dengan ketebalan yang berbeda-beda. Proses penebalan dan penipisan lapisan batubara tersebut dipengaruhi oleh 2 proses yaitu proses yang bekerja selama pengendapan dan proses yang bekerja sesudah pengendapan (Horne, 1978). Tampilan profil bawah permukaan menggunakan *cross section* dan *long section*.



Gambar 4. Penampang lateral A-B dan C-D hasil analisis data pemboran, menunjukkan perbandingan antara log litologi hasil pemboran dengan dip estimasi (tegak lurus) dan dip terukur (*measured dip*)



Gambar 5. Penampang lateral E-F hasil analisis data pemboran, menunjukkan perbandingan antara hasil pemboran dengan dip estimasi (tegak lurus) dan dip terukur (true dip)



Gambar 6. Peta cropline estimasi dip dengan peta cropline dip terukur

Berdasarkan tiga penampang bor yang terdiri dari dua penampang tegak lurus (*strike*) (Gambar 4 dan 5) dan satu penampang panjang searah jurus (*long section*) (Gambar 6) diperoleh beberapa interpretasi. Pada ketiga penampang ini dilakukan uji beda antara lubang bor model dip estimasi

dengan dip yang terukur. Lubang bor terukur merupakan hasil akusisi alat *borehole inclinometer*. Berdasarkan hasil kemiringan bor (inklinasi) dengan azimuth tertentu menunjukkan adanya deviasi model yang selama ini digunakan sebagai upaya koreksi secara rinci.

Ketebalan suatu lapisan batubara yang benar berdasarkan kondisi lubang bor. koreksi ketebalan batubara melalui pemboran akan memberikan perhitungan cadangan batubara dengan tingkat ketelitian tertentu.

Pada Penampang A-B dengan arah barat laut - tenggara terdapat perbedaan antara lubang bor dengan dip estimasi dan dengan lubang bor yang memiliki dip terukur. Profil lubang bor pada penampang tersebut dipengaruhi faktor kemiringan (Gambar 5) mengkoreksi kondisi lubang bor yang sesungguhnya. Hal ini akan mempengaruhi hasil dari geometri pemodelan karena hasil tersebut mendekati keadaan yang sebenarnya. Hasil akhir tentunya akan mengkoreksi ketebalan batubara, volume batubara, tonase batubara, *striping ratio* (nisbah pengupasan), dan lapisan tanah penutup (*overburden*).

Pada lubang bor RKR635 yang memiliki dip $82,90^\circ$ jika tidak dilakukan koreksi pada perhitungan cadangan dengan memasukkan nilai inklinasi, akan terlihat bahwa batubara pada lubang bor RKR635 lebih tipis jika dihitung dengan dip estimasi tegak, padahal seharusnya lebih tebal. Berdasarkan kondisi lubang bor sebenarnya, akibat dari deviasi lubang bor yang berlawanan arah dengan dip dari lapisan batubara dibawah permukaan. Jika pemodelan dilakukan tanpa koreksi kemiringan hasil geometri *seam* batu bara akan mengakibatkan perhitungan cadangan batubara tidak akurat.

Kondisi yang sama juga terjadi pada lubang bor RKR638 dengan dip $83,03^\circ$. Kemiringan yang berlawanan arah dengan dip batubara akan membuat ketebalan batubara tampak lebih tebal dari keadaan sebenarnya. Sedangkan pada lubang bor RKR634 dengan dip $86,93^\circ$ kemiringan tidak menampilkan kondisi kemiringan yang ekstrim. Oleh karena itu ketebalan yang diperoleh bisa saja mendekati lubang bor dengan dip estimasi 90° namun deviasi sebesar 3,41% tentu akan mempengaruhi geometri hasil dari pemodelan yang

akhirnya akan berpengaruh pada hasil perhitungan cadangan.

Pada Penampang C-D dengan arah barat laut - tenggara, kemiringan lubang bor RKR3426 memiliki deviasi 2,85% dengan dip $87,43^\circ$, sedangkan lubang bor RKR641 memiliki deviasi sebesar 2,27% dengan nilai *dip* $87,95^\circ$, dan lubang bor RKR643 memiliki deviasi 9,61% dengan dip $81,35^\circ$, variasi dip dari lubang bor tersebut mempengaruhi geometri yang dimodelkan oleh program *Minex*. Tampak pada lubang bor RKR643 kemiringan mencapai dip $81,35^\circ$. Kemiringan tersebut tampak cukup ekstrim, arah kemiringan lubang bor searah dengan *dip seam* dari batubara.

Pada Penampang E-F (Gambar 6) dengan arah selatan - utara, kemiringan lubang bor RKR643 dip $81,35^\circ$ dengan deviasi sebesar 9,61%, RKR639 dip $84,43^\circ$ dengan deviasi sebesar 6,19% dan, RKR636 (Gambar 7) dip $85,76^\circ$ dengan deviasi sebesar 4,71%. Dari hasil pemodelan tersebut dibuat peta *cropline* penerusan batubara dari penampakan peta *cropline* estimasi dip dengan peta *cropline* dip terukur (Gambar 7). Tampak tidak terlalu ada perubahan lintasan kemenerusan batubara yang jauh berbeda. Namun perbedaan model dari dua parameter yang berbeda memberikan perbedaan volume *overburden* yang cukup bervariasi. Perbedaan *overburden* dip terukur mengkoreksi *overburden* yang dihasilkan oleh estimasi dip, dengan perbedaan yang cukup besar contoh terjadi pada *seam S10*, *true dip* mengkoreksi hingga -467% terhadap estimasi *dip*, kemudian *S36 true dip* mengkoreksi +18,63% terhadap estimasi *dip*. Hingga dihasilkan total volume *overburden* pada *true dip* adalah $241.334.863 \text{ m}^3$ dan $245.324.376 \text{ m}^3$ atau terdapat perbedaan dimana dip terukur memiliki selisih kurang $3.989.513 \text{ m}^3$ dari dip estimasi (Tabel 2) yang berarti suatu efisiensi pengeluaran biaya produksi.

Tabel 2. Disparasi perbedaan

NO	NAMA SEAM	Volume Overburden (m ³) Dip Terukur	Volume Overburden (m ³) Dip Estimasi	Selisih Dip Estimasi VS Dip Terukur	Persentase Selisih (%) Dip Terukur VS Dip Estimasi
1	S5U	21,115,978	21,126,077	-10,099	-0.05
2	S5L	38,362	38,589	-227	-0.59
3	S10U	3,530,008	3,542,325	-12,317	-0.35
4	S10	11,595	65,826	-54,231	-467.71
5	S15	7,153,471	7,030,137	123,334	1.72
6	S15L	46,965	44,559	2,406	5.12
7	S20	11,331,038	11,585,873	-254,835	-2.25
8	S25	4,689,263	4,907,617	-218,354	-4.66
9	S30U	13,582,044	13,029,572	552,472	4.07
10	S30	400,790	412,109	-11,319	-2.82
11	S30L	74,754	76,567	-1,813	-2.43
12	S35U	6,157,225	6,852,115	-694,890	-11.29
13	S35	21,176	49,251	-28,075	-132.58
14	S35L	38,090	37,762	328	0.86
15	S36	4,532,402	3,687,903	844,499	18.63
16	S40	25,944,720	27,018,727	-1,074,007	-4.14
17	S45	45,694,571	47,054,539	-1,359,968	-2.98
18	S50	17,555,618	18,728,279	-1,172,661	-6.68
19	S55	7,031,599	7,697,102	-665,503	-9.46
20	S60	32,093,012	30,530,657	1,562,355	4.87
21	S62	25,935,736	26,908,766	-973,030	-3.75
22	S65	14,356,446	14,900,024	-543,578	-3.79

Cadangan yang dihitung dalam model ini adalah cadangan insitu, yaitu cadangan tempat (posisi) yang asli, dapat juga berarti posisi batubara di tempat endapan dalam tanah. Dari data yang disajikan (Tabel 3) tampak perbedaan tonase pada lubang bor dengan estimasi Dip terhadap lubang bor dip terukur. Jumlah tonase batubara yang dihasilkan pada dip estimasi adalah 6.590.033,00 Ton, sedangkan pada dip terukur adalah

6.599.516,00 Ton. Terdapat perbedaan sebesar 9.483,00 Ton atau dengan kata lain hasil penelitian perhitungan cadangan dengan menggunakan dip terukur meningkatkan cadangan sebesar 0,15%. Perlu ditegaskan kembali bahwa alat ini tidak mengoreksi dip dari ketebalan batubara terhadap litologi. Jadi alat ini digunakan untuk mengoreksi kemiringan lubang bor dari estimasi dip menjadi dip sebenarnya.

Tabel 3. Hasil perhitungan cadangan batubara

Seam Insitu Reserves Report.				Inclined DIP			
Vertical Limits : Upper Surface Grid : BOW_ALL DName : 02_MODEL Lower Surface Grid : S655F DName : 02_MODEL Polygon : BOUNDARY KP							
Seam	WASTE Volume cu.m	Thick metres	Tonnage tonnes	COAL Thick metres	Area sq.m	STRIP Incrim.	RATIO Accum.
S5U	21115978	126.1	121548	0.55	167413	173.7	173.7
S5L	38362	0.2	110988	0.50	168038	0.3	91.0
S10U	3530008	18.8	99039	0.40	187538	35.6	74.4
S10	11595	0.1	173909	0.70	188163	0.1	48.9
S15	7153471	32.1	1706130	5.80	222850	4.2	14.4
S15L	46965	0.2	354525	1.20	224100	0.1	12.4
S20	11331038	44.1	287673	0.85	256100	39.4	15.1
S25	4689263	17.6	423176	1.20	266225	11.1	14.6
S30U	13582044	46.6	93553	0.24	290788	145.2	18.2
S30	400790	1.4	127440	0.33	291413	3.1	17.7
S30L	74754	0.3	57325	0.15	288913	1.3	17.4
S35U	6157225	20.3	19998	0.05	283038	307.9	19.1
S35	21176	0.1	691688	1.72	304038	0.0	16.0
S35L	38090	0.1	56159	0.14	300288	0.7	15.8
S36	4532402	14.5	211061	0.52	309663	21.5	16.0
S40	25944720	73.9	251055	0.54	350850	103.3	20.6
S45	45694571	111.1	213592	0.40	409538	213.9	28.9
S50	17555618	40.6	167513	0.29	432788	104.8	31.3
S55	7031599	15.9	291230	0.50	442913	24.1	31.0
S60	32093012	67.8	251508	0.40	473288	127.6	35.2
S62	25935736	51.5	322672	0.49	502413	80.4	37.6
S65	14356446	27.4	567734	0.82	523788	25.3	36.6
TOTAL	241334863	710.7	6599516	17.80			

Seam Insitu Reserves Report.				Estimasi DIP			
Vertical Limits : Upper Surface Grid : BOW_ALL DName : 02_MODEL Lower Surface Grid : S655F DName : 02_MODEL Polygon : BOUNDARY KP							
Seam	WASTE Volume cu.m	Thick metres	Tonnage tonnes	COAL Thick metres	Area sq.m	STRIP Incrim.	RATIO Accum.
S5U	21126077	126.2	121500	0.55	167413	173.9	173.9
S5L	38589	0.2	110905	0.50	168038	0.3	91.1
S10U	3542325	18.9	99020	0.40	187538	35.8	74.5
S10	65826	0.3	173865	0.70	188163	0.4	49.0
S15	7030137	31.5	1704605	5.79	222850	4.1	14.4
S15L	44559	0.2	354111	1.20	224100	0.1	12.4
S20	11585873	45.1	286018	0.85	255038	40.5	15.2
S25	4907617	18.3	421430	1.19	268100	11.6	14.8
S30U	13029572	44.8	96596	0.25	289663	134.9	18.2
S30	412109	1.4	131299	0.34	291538	3.1	17.7
S30L	76567	0.3	60707	0.16	287788	1.3	17.4
S35U	6852115	22.4	21405	0.05	300850	320.1	19.2
S35	49251	0.2	692481	1.71	306475	0.1	16.1
S35L	37762	0.1	58542	0.15	300850	0.6	15.9
S36	3687903	11.8	212851	0.52	312100	17.3	15.9
S40	27018727	77.3	250775	0.54	349475	107.7	20.7
S45	47054539	116.0	215039	0.41	401725	218.8	29.2
S50	18728279	43.9	163756	0.29	427038	114.4	31.9
S55	7697102	17.7	290273	0.51	434038	26.5	31.7
S60	30530657	65.5	246273	0.40	466413	124.0	35.6
S62	26908766	53.8	319337	0.49	496038	84.3	38.2
S65	14900024	28.7	559245	0.82	518725	26.6	37.2
TOTAL	245324376	724.7	6590033	17.82			

Verifikasi hasil Analisis Cadangan Insitu

Untuk menentukan apakah terdapat perbedaan signifikan atau tidak dari kedua hasil perhitungan cadangan tersebut, maka kedua hasil dari penelitian dengan lubang bor dip berinklinasi dan lubang bor dip estimasi dilakukan uji beda. Hasil uji beda dengan menggunakan t-test menghasilkan nilai signifikan 0,99 dengan menyatakan $\alpha > 0,05$ bernilai valid. Oleh karena itu hasil dari penelitian dengan menggunakan dip

berinklinasi dinyatakan valid. Tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil cadangan estimasi Dip terhadap hasil cadangan Dip terukur, namun penelitian ini berhasil meningkatkan akurasi perhitungan cadangan di daerah penelitian.

KESIMPULAN

Berdasarkan pendekatan kuantitatif dan melalui uji validasi, uji realibilitas dan uji beda, alat *borehole inclinometer* yang dibuat dinyatakan valid dan layak digunakan sebagai alat ukur

kemiringan lubang bor. Hal ini didukung hasil uji validasi dengan menetapkan nilai signifikansi $\alpha > 0,05$ dinyatakan valid, maka nilai 0,8274 untuk nilai dip, dan nilai 0,914 dengan demikian dapat dinyatakan variabel kemiringan dan azimuth adalah valid dan lulus uji validasi. Sedangkan berdasarkan hasil pengujian reliabilitas dimana uji ini untuk menentukan apakah hasil yang didapat oleh alat adalah konsisten atau tidak, diperoleh nilai koefisien *Alpha Cronbach* untuk variabel kemiringan sebesar 0,783, dan variabel azimuth adalah 0,782.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data dari alat *borehole inclinometer* memiliki konsistensi yang tinggi dan layak untuk digunakan dalam penelitian ini. Artinya kriteria yang ada dalam instrumen tersebut secara rasional (teoritis) telah mencerminkan apa yang diukur sesuai fakta empiris sebagai alat *borehole inclinometer*. Hal ini juga didukung oleh hasil uji beda alat ukur sejenis, yaitu alat uji ukur *SP-2 Inclinometer* terhadap *Borehole Inclinometer*. Diperoleh hasil bahwa parameter nilai kemiringan dan nilai azimuth dari *borehole inclinometer* terhadap nilai *Inclinometer* digital *SP-2* tidak ada perbedaan nilai yang signifikan. Nilai kemiringan 0,847 dan untuk azimuth 0,72, maka dapat diputuskan menerima H_0 ($\alpha > 0,05$) dari hipotesis yang diujikan di atas. Fakta empiris dapat diinterpretasikan bahwa kedua alat ukur kemiringan tersebut memiliki nilai yang relatif sama dan konsisten dalam mengidentifikasi kemiringan suatu bidang.

Dari kajian penelitian perhitungan cadangan yang telah dilakukan antara lubang bor dengan dip estimasi 90° dengan dip terukur diperoleh perbedaan jumlah tonase batubara yang dihasilkan. Pada dip estimasi adalah sebesar 6.590.033,00 ton sedangkan pada dip terukur adalah 6,599,516.00 ton. Terdapat perbedaan sebesar 9.483,00 ton atau dengan kata lain hasil penelitian perhitungan cadangan dengan menggunakan dip terukur meningkatkan cadangan sebesar 0,15%. Walaupun perbedaan cadangan batubara tidak menghasilkan

perbedaan yang signifikan namun terbukti perhitungan dengan menggunakan lubang bor dengan survei kemiringan meningkatkan akurasi dalam perhitungan cadangan batubara. Kajian perhitungan cadangan batubara antar lubang bor dengan dip estimasi dengan lubang bor berinklinasi menghasilkan jumlah cadangan yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada Manajemen PT. Sinergy Consultancy Services yang telah memberikan sponsor dalam penelitian ini. Selain itu, ucapan terima kasih ini juga ditujukan kepada Staf Dosen Pascasarjana Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran yang telah memberikan kritik, saran, dan diskusi untuk melengkapi artikel ini. Semoga seluruh bantuan yang diberikan dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan pemanfaatannya untuk masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, F. 2010. Coal Stratigrafi of Separi, Kabupaten Kutai Kartanegara dan Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. PT Sakari Resources Ltd. Balikpapan, 22 hlm.
- Anggayana, K. 2005. Genesa Batubara (Bagian A). FIKTM, ITB, Bandung.
- Anonim. 2003, New iMEMS Angular-Rate-Sensing Gyroscope, <http://www.analog.com>. Diunggah Oktober 2012
- Anonim. 2005, Using Absolute Output iMEMS® Gyroscopes with Ratiometric ADCs, <http://www.analog.com>. Diunggah Oktober 2012
- Bachtar. A. 2013. Application Sedimentology for Coal Geologist and Coal Exploration. GDA Consulting, Separi. Tidak diterbitkan. 66 hal.
- Horne. J. C. 1978. Depositional Models in Coal Exploration and Mine Planning in Appalachian Region. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Vol. 62: 2379-2411.
- Soebekti, A. D. 2005. Inventarisasi Batubara Bersistem Daerah Ritan Baru dan Sekitarnya, Kabupaten Kutai Kartanegara, Propinsi Kalimantan

- Timur, Sub. Direktorat Batubara. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. 1998. Klasifikasi Sumber daya dan Cadangan Batubara. Badan Standardisasi Nasional-BSN. Jakarta.
- Sukiyah, E., Syafri, I., Sjafrudin, A., Nurfadli, E., Khaerani, P., Simanjuntak, Dian P.A. 2015. Morphotectonic and satellite imagery analysis for identifying Quaternary fault at Southern part of Cianjur-Garut region, West Java, Indonesia. Proceeding The 36th Asian Conference on Remote Sensing.
- Supriatna & Rustandi. 1995. Peta Geologi Lembar Samarinda 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

