

KORELASI LOG DAN DATA LABORATORIUM UNTUK MENENTUKAN KUALITAS BATUBARA DI DAERAH BANGKO BARAT, TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN

Yudanto Setyo Budi, Y Yatini*

Jurusan Teknik Geofisika Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta

*Penulis Korespondensi : jeng_tini@upnyk.ac.id

Abstrak. Aplikasi metode *well logging* untuk mengetahui karakteristik lapisan batubara dilakukan di daerah Banko Barat, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Kompilasi analisis log *density*, *gamma ray* dan korelasi data laboratorium dilakukan di tiga sumur yaitu Alkana 1, Alkana 2 dan Alkana 3. Hasil analisa data *well logging* menunjukkan batubara memiliki nilai rata-rata log *gamma ray* sebesar 0-10 CPS, sedangkan log densitas sebesar 300-600 CPS. Korelasi densitas dengan *volatile matter* diperoleh nilai koefisien 0,0281 negatif, sedangkan densitas dengan *ash content* sebesar 0,0408 negatif. Korelasi densitas dengan nilai kalori sebesar 0,3316 positif dan dengan *fixed carbon* bernilai 0,077 positif. Korelasi densitas dengan *total moisture* bernilai 0,0436 negatif dan terhadap kandungan sulfur bernilai 0,0008 negatif. Hasil analisa data *well logging* dan korelasi data laboratorium menunjukkan batubara di daerah Banko Barat memiliki kualitas yang baik dan memiliki peringkat batubara subbituminus.

Kata Kunci: *well logging*; log densitas; kualitas batubara

Abstract. Application of the *well logging* method to determine the quality of the coal seam was carried out in the West Banko area, Tanjung Enim, South Sumatra. The compilation of density log analysis, gamma ray log and laboratory data correlation was carried out in three wells, namely Alkana 1, Alkana 2 and Alkana 3. The results of *well logging* data analysis showed that coal had an average log gamma ray value of 0-10 CPS, while the log density of 300-600 CPS. The correlation between density and volatile matter obtained a negative coefficient value of 0.0281, while the density with ash content was negative 0.0408. The correlation of density with a calorific value of 0.3316 is positive and with fixed carbon a positive value of 0.077. The correlation between density and total moisture was negative 0.0436 and the sulfur content was negative 0.0008. The results of analysis of *well logging* data and correlation of laboratory data show that the coal in the West Banko area has good quality and has a sub-bituminous coal rank.

Keywords: *well logging*; density log; coal quality

PENDAHULUAN

Batubara merupakan salah satu sumber energi dialam yang bermanfaat dalam segala bidang. Industri domestik menggunakan batubara sebagai energi pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), industri semen, metalurgi, pupuk, tekstil, kertas, briket dan industri lainnya (Haryadi dan Suciyanti, 2018). Indonesia merupakan negara penghasil batubara terbesar didunia. Potensi batubara di Indonesia yang begitu besar bisa menjadi alternatif energi seiring terus berkurangnya bahan bakar minyak bumi. Sumber daya batubara di Indonesia diperkirakan sebesar 61,366 miliar ton dan tersebar di Sumatera, Kalimantan, dan sisanya di Jawa, Sulawesi dan Irian Jaya. Khusus di Provinsi Sumatera Selatan, potensi batubara diketahui memiliki kandungan sebesar 37,80% dari total sumber daya yang terkandung di

Indonesia, sekitar 23,198 miliar ton (Tim Kajian Batubara Nasional, 2006). Total produksi batubara Indonesia, sekitar 25% digunakan untuk kepentingan dalam negeri dan 75% diekspor ke luar negeri. Pada tahun 2012, Indonesia menjadi eksportir terbesar batubara dunia dan menjadi produsen kedua terbesar batubara di dunia (World Coal Institute, 2013 dalam Arif, 2014).

Cekungan Sumatra merupakan bagian wilayah Indonesia yang menyimpan cadangan batubara yang sangat besar. Cekungan Sumatera Selatan menghasilkan berbagai variasi batubara, dimulai dari tipe gambut, lignit, bituminus hingga antrasit. Batubara di Cekungan Sumatera Selatan, khususnya dalam Formasi Muara Enim berumur Miosen Pliosen. Orogenesis Plio-Plistosen mengakhiri pengendapan dalam cekungan ini, yang diikuti oleh adanya intrusi

andesit yang memengaruhi kualitas dan peringkat batubara di daerah tersebut. Peringkat batubara tersebut mempunyai rentang antara lignit sampai antrasit (Salinita dan Bahtiar, 2014).

Kegiatan eksplorasi batubara dilakukan untuk memenuhi kebutuhan energi di Indonesia yang semakin meningkat. Kegiatan ini menyangkut inventarisasi sebaran, jumlah cadangan dan kualitas batubara. Kegiatan ini merupakan tahap awal dalam rangkaian eksplotasi. Metode Geofisika biasa digunakan untuk eksplorasi batubara adalah metode *well logging* (Julkipli dkk., 2015; Susanto, 2011). Jenis log yang digunakan adalah log *gamma ray* dan log densitas. Metode ini untuk mengetahui ketebalan lapisan batubara, batas atas dan bawah lapisan batubara serta mendukung gambaran urutan litologi batuan pada setiap lubang bor (Rahmayanti dkk., 2019).

Kegiatan analisis kualitas batubara sangat penting dilakukan untuk mengevaluasi apakah suatu lapangan dengan keterdapatan deposit batubara ini layak untuk dikembangkan dan akan menguntungkan dari sisi ekonomi atau tidak. Analisis geokimia dasar biasa dilakukan untuk mengetahui kualitas batubara yaitu analisis proksimat dan ultimat. Selain itu, parameter *thermal properties* batubara juga sangat berkaitan dengan kemampuan dan potensi penggunaan atau proses konversi batubara. Analisis *thermal properties* yang umum dilakukan yaitu analisis nilai kalori (Malaidji dkk., 2018; Speight, 2012; Wiranata dkk., 2019).

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kualitas dan distribusi batubara di Bangko Barat, Tanjung Enim, Sumatra Selatan. Kualitas batubara ditentukan dengan mengkorelasi nilai respon log densitas dengan parameter-parameter hasil uji laboratorium. Hasil uji batubara ini terdiri dari *Total Moisture (TM)*, *Fixed Carbon (FC)*, *Ash Content*, *Volatile Matter (VM)*, *Calorie Value (CV)*, dan *Total Sulfur (TS)*.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan *Well Logging* untuk mengidentifikasi lapisan batubara dibawah permukaan bumi. Jumlah sumur pengamatan

sebanyak 3 buah yaitu Alkana 1, Alkana 2 dan Alkana 3. Logging yang digunakan adalah *log gamma ray* dan densitas. Parameter yang diperoleh dari pengukuran tersebut berupa kandungan radiokatif lapisan batubara dan densitas setiap lapisan batubara dalam satuan CPS.

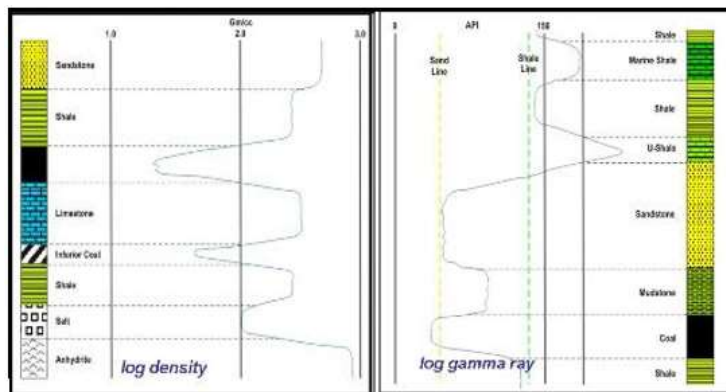
1. Log Gamma Ray.

Log ini bekerja dengan merekam radiasi sinar *gamma* alamiah batuan, sehingga berguna untuk mendeteksi/mengevaluasi endapan-endapan mineral radioaktif seperti Potasium (K), Thorium (Th), atau bijih Uranium (U). Contoh respon *gamma ray* pada lapisan dan hasil interpretasi litologi ditunjukkan pada Gambar 1. Unsur-unsur radioaktif batuan sedimen banyak terkonsentrasi dalam serpih dan lempung. Besar kecilnya intensitas radioaktif menunjukkan ada tidaknya mineral-mineral lempung. Batuan yang mempunyai kandungan lempung tinggi akan mempunyai konsentrasi radioaktif yang tinggi, sehingga nilai *gamma ray*-nya juga tinggi dan defleksi kurva kekanan. *Log gamma ray* digunakan untuk menentukan atau membedakan jenis batuan serta menentukan ketebalan dengan bantuan log densitas. Batubara, batupasir dan batugamping umumnya memberikan respon sinar gamma yang rendah. Interpretasi *log gamma* sering digabungkan dengan log yang lain.

2. Log Densitas (Density Log).

Log densitas disebut juga *log gamma-gamma*. Prinsip kerja log densitas yaitu suatu sumber radioaktif dari alat pengukur di pancarkan sinar *gamma* dengan intensitas energi tertentu menembus formasi/batuan. Sinar *gamma* biasanya berasal dari Cesium (Cs)-137. Sinar gamma meninggalkan sumber dan dihamburkan oleh orbital elektron dari atom material yang akan diukur densitasnya (Harsono, 1997). Pengukuran densitas didasarkan pada respon dari lapisan di sekitar lubang bor terhadap sinar *gamma* yang berasal dari sumber radiasi. Pada material yang padat, sinar *gamma* dihamburkan dan lebih banyak terserap oleh material tersebut karena energinya yang rendah. Penyerapan dekat dengan detektor menyebabkan sinar *gamma* lebih sedikit mencapai *detector*. Respon nilai log densitas terhadap batubara dan litologi ditunjukkan pada Gambar 1.

Log densitas terdiri dari dua macam yaitu *Log Spacing Density (LSD)* dan *Short Spacing Density (SSD)*. *Log Spacing Density (LSD)* digunakan untuk evaluasi *seam* batubara karena menunjukkan



Gambar 1. Respon lithology yang umum dijumpai pada lapisan pembawa batubara pada log gamma ray dan log density (BPB manual, 1981)

densitas yang mendekati sebenarnya berkat pengaruh yang kecil dari dinding bor. *Short Spacing Density* (SSD) memiliki resolusi vertikal yang tinggi maka cocok untuk pengukuran ketebalan *seam* batubara. Karakteristik respon log dari beberapa batuan yaitu batubara (*coal*) memiliki nilai *gamma ray* rendah dengan densitas rendah. Batupasir (*Sandstone*) memiliki nilai *Gamma Ray* agak rendah dengan densitas menengah sampai tinggi. Batu lempung (*clay*) memiliki nilai *gamma ray* menengah dengan densitas menengah. Batu gamping memiliki nilai *Gamma Ray* rendah dengan densitas menengah sampai tinggi.

Parameter kualitas batubara ini terdiri dari *Total Moisture* (TM), *Fixed Carbon* (FC), *Ash Content* (ASH), *Volatile Matter* (VM), *Calorie Value* (CV), dan *Total Sulfur* (TS). TM adalah banyaknya air yang terkandung pada batubara sesuai dengan kondisi diterima baik yang terikat secara kimiawi maupun akibat pengaruh kondisi luar seperti iklim, ukuran batuan, proses penambangan. FC yaitu karbon yang tertinggal sesudah pendeterminasian zat terbang. ASH atau kandungan abu yaitu sisa-sisa zat anorganik yang terbentuk dalam batubara setelah dibakar. VM yaitu zat aktif yang menghasilkan energi panas apabila batubara tersebut dibakar. Umumnya terdiri dari gas-gas yang mudah terbakar seperti hidrogen, karbonmonoksida dan metan. CV merupakan penjumlahan dari harga-harga panas pembakaran unsur-unsur pembentuk batubara. TS merupakan kandungan sulfur yang terdapat dalam batubara, baik yang terbentuk sebagai senyawa organik, *pyrit* maupun senyawa organik (Indra, 2013). Data laboratorium diperoleh dengan metode analisa As

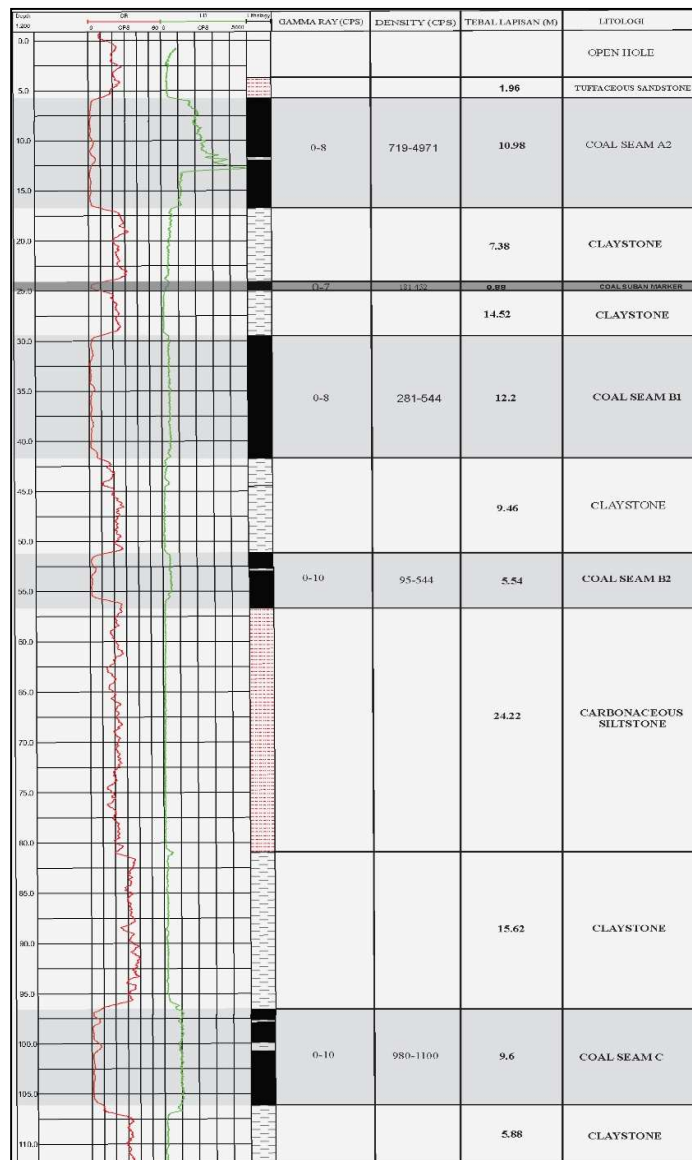
Received (AR) yaitu analisa contoh batubara yang langsung mengalami pengujian di laboratorium tanpa didiamkan beberapa waktu atau suatu analisa yang didasarkan pada kondisi dimana batubara diasumsikan seperti dalam keadaan diterima (*disampling*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Interpretasi Logging

Pengukuran well logging menunjukkan batubara (*coal*) memiliki log *gamma ray* dan log densitas rendah. Batulempung (*claystone*) dengan karakteristik log *gamma ray* menengah dan log densitas menengah sampai rendah. Batupasir (*sandstone*) dengan karakteristik log *gamma ray* rendah dan log densitas menengah sampai tinggi. Batulanau (*siltstone*) karakteristik log *gamma ray* menengah sampai tinggi dan log densitas rendah. Penelitian ini menggunakan tiga titik sumur pengukuran yaitu Alkana 1, Alkana 2 dan Alkana 3. Hasil interpretasi *well logging* di sumur eksplorasi Alkana 1 ditunjukkan di Gambar 2.

Gambar 2 merupakan hasil interpretasi sumur Alkana 1 berdasarkan log *gamma ray* dan log densitas. Sumur Alkana 1 memiliki kedalaman 112 m dibawah permukaan dengan berbagai jenis lapisan batuan. Jenis litologi dibawah permukaan sumur Alkana 1 berdasarkan interpretasi log *gamma ray* dan log densitas terdiri dari *coal*, *claystone* dan *siltstone*. Pada pemboran sumur Alkana ditemukan 5 lapisan batubara yaitu lapisan batubara A2, lapisan batubara B1, Lapisan batubara suban marker, lapisan batubara B2, dan lapisan batubara C1. Lapisan batubara A2 ditunjukkan dengan respon 719-4971 CPS dengan rata-rata sebesar 1968,69 CPS.



Gambar 2. Hasil interpretasi log gamma ray dan log density di sumur Alkana 1 dengan kedalaman 112 m

Lapisan ini berada di kedalaman 5,74-16,72 dengan ketebalan lapisan sebesar 10,98 m. Lapisan batubara A2 memiliki *overburden* berupa batupasir dengan ketebalan 1,96 m. Lapisan batubara B1 ditunjukkan dengan respon *log gamma ray* 0-7 CPS dan respon log densitas 281-544 CPS dengan rata-rata sebesar 438,79 CPS. Lapisan ini berada di kedalaman 29,50-41,70 m dengan ketebalan lapisan sebesar 12,2 m. Lapisan B1 memiliki *overburden* berupa batulempung dengan ketebalan 14,2 m. Selain itu, diatas lapisan B1 dicirikan dengan adanya lapisan batubara subanmarker. Lapisan ini merupakan lapisan batubara sebagai penciri antara lapisan batubara A2 dan B1 dengan ketebalan kurang

dari 2 m. Lapisan batubara B2 ditunjukkan dengan respon *log gamma ray* 0-10 CPS dan respon log densitas 95-544 CPS dengan rerata 431,79 CPS. Lapisan ini berada di kedalaman 51,16-56,70 m dengan ketebalan lapisan sebesar 5,54 m. Lapisan B2 memiliki *interburden* berupa lapisan batulempung dengan ketebalan Lapisan batubara C1 ditunjukkan dengan respon *log gamma ray* 0-10 CPS dan log densitas 980-1100 CPS dengan rata-rata sebesar 978,43 CPS. Lapisan ini berada pada kedalaman 96,54-106,14 m dengan ketebalan lapisan sebesar 9,6 m.

Hasil interpretasi sumur Alkana 2 berdasarkan nilai *log gamma ray* dan log densitas. Sumur Alkana

2 memiliki kedalaman mencapai 146,8 m di bawah permukaan bumi dengan berbagai jenis lapisan batuan. Jenis litologi dibawah permukaan sumur Alkuna 2 berdasarkan interpretasi *log gamma ray* dan *log densitas* terdiri dari *coal*, *claystone* dan *siltstone*. Pada sumur ini terdapat beberapa *seam* batubara yaitu *seam* batubara A1, *seam* batubara A2, *seam* batubara penciri (suban marker), *seam* batubara B1, *seam* batubara B2 dan *seam* batubara C. Lapisan batubara A1 terdapat pada kedalaman 18,98-31,54 m dengan ketebalan lapisan sebesar 12,56 m. Lapisan ini memiliki nilai respon *log gamma ray* sebesar 0-9 CPS dan respon *log densitas* sebesar 119-498 CPS dengan rata-rata sebesar 340,41 CPS. Lapisan batubara A1 memiliki *interburden* berupa batulempung dan batulanau yang masing-masing memiliki ketebalan sebesar 4,20 m dan 9,78 m. Lapisan batubara A2 terdapat pada kedalaman 43,62-55,12 m dengan ketebalan lapisan sebesar 11,5 m. Lapisan batubara A2 memiliki nilai respon *log gamma ray* sebesar 0-10 CPS dan *log densitas* sebesar 254-555 CPS dengan rata-rata 429,67 CPS. Lapisan batubara A2 dicirikan dengan lapisan litologi berupa batulanau dengan ketebalan 5,63 m dan batupasir dengan ketebalan 6,45 m. Lapisan batubara B1 dijumpai pada kedalaman 67,38-81,18 m dengan ketebalan sebesar 13,8 m. Lapisan batubara B1 memiliki nilai respon *gamma ray* sebesar 0-10 CPS dan nilai *log densitas* sebesar 478-1224 CPS dengan rata-rata sebesar 997 CPS. Diantara lapisan batubara A2 dan B1 dicirikan dengan adanya lapisan batubara suban marker yang memiliki ketebalan kurang dari 2 m.

Lapisan batubara B2 terdapat pada kedalaman 87,36-93,80 m dengan ketebalan sebesar 6,44 m. Lapisan batubara B2 memiliki nilai respon *log gamma ray* sebesar 0-8 CPS dan nilai *log density* sebesar 100-544 dengan rata-rata 594 CPS. Lapisan ini memiliki *interburden* berupa batulempung dengan ketebalan 6,18 m. Lapisan batubara C berada pada kedalaman 131,86-142,72 m dengan ketebalan 10,86 m. Lapisan batubara C memiliki nilai respon *log gamma ray* sebesar 0-8 CPS dan nilai *log density* sebesar 738-1224 CPS dengan rata-rata sebesar 1053 CPS. Lapisan ini memiliki *interburden* berupa batulempung dengan ketebalan 6,1 m.

Hasil interpretasi sumur Alkena 3 berdasarkan nilai *log gamma ray* dan *log density*. Sumur Alkena 3 memiliki kedalaman mencapai 144,1 m dibawah permukaan bumi. Lapisan batubara A1 merupakan

lapisan batubara paling muda pada sumur Alkena 3. Lapisan ini berada pada kedalaman 70,74-80,90 m dengan ketebalan lapisan sebesar 10,60 m. Nilai respon *log gamma ray* terhadap lapisan batubara A1 sebesar 0-8 CPS. Sedangkan nilai respon *log density* terhadap lapisan batubara sebesar 283-540 CPS dengan rata-rata sebesar 427 CPS. Lapisan batubara ini memiliki *overburden* berupa lapisan *siltstone*, *sandstone* dan *claystone* yang didominasi oleh lapisan *siltstone* dengan total ketebalan sebesar 67,20 m yang berada diatas lapisan batubara A1. Lapisan A2 berada pada kedalaman 96,46-107,38 m dengan ketebalan lapisan sebesar 10,92 m. Nilai respon *log gamma ray* terhadap lapisan batubara A2 sebesar 0-10 CPS. Sedangkan nilai respon *log density* terhadap lapisan batubara sebesar 181-509 CPS dengan rata-rata sebesar 374,584 CPS. Lapisan batubara ini memiliki *overburden* berupa *siltstone* dan *tuffaceous sandstone* dengan total ketebalan sebesar 15,56 m yang berada diatas lapisan A2 dan dibawah lapisan batubara A1.

Lapisan batubara B1 di sumur Alkena 3 berada pada kedalaman 120,72 – 133,86 m di bawah permukaan bumi dengan ketebalan lapisan sebesar 12,94 m. Nilai *log gamma ray* terhadap lapisan batubara B1 sekitar 0-8 CPS. Sedangkan nilai *log density* terhadap lapisan batubara B1 sekitar 191-1075 CPS dengan rata-rata sebesar 848,64 CPS. Lapisan ini memiliki lapisan penutup berupa lapisan *siltstone* dengan ketebalan 3,8 m yang berada dibawah lapisan batubara A2. Pada sumur Alkena 3, lapisan batubara B2 berada pada kedalaman 139,14-143,56 m di bawah permukaan bumi dengan ketebalan lapisan sebesar 4,42 m. Nilai *log gamma ray* terhadap lapisan batubara B2 sekitar 0-9 CPS. Sedangkan nilai *log density* terhadap lapisan batubara B2 sekitar 119-990 CPS dengan rata-rata sebesar 680,549 CPS. Pengotor pada lapisan batubara B2 merupakan lapisan *claystone* yang memiliki warna gelap. Lapisan batubara B2 memiliki lapisan penutup berupa lapisan *claystone* dengan ketebalan 5,28 m diatas lapisan *seam* batubara B2.

Kualitas Batubara

Tabel 1 merupakan tabel nilai analisa laboratorium terhadap kualitas batubara yang diukur dengan metode *as received basis*. Parameter kualitas batubara yang diukur yaitu *Total Moisture*

(TM), *Volatile Matter* (VM), *Fixed Carbon* (FC), *Ash Content* (ASH), *Calorie Value* (CV) dan Total Sulfur (TS).

Tabel 1. Hasil analisa laboratorium semua lapisan batubara menggunakan metode *as received basis* di ketiga sumur

Nama sumur	Seam	Prosentasi kandungan					
		TM (%)	VM (%)	FC (%)	ASH (%)	CV (%)	TS (%)
Alkana 2	A1	27,3	33,95	35,77	2,97	5002,45	0,915
Alkena 3	A1	20,6	39,87	36,47	3,04	5549,93	0,654
Alkana 1	A2	27,2	35,95	35,79	1,04	5278,20	0,321
Alkana 2	A2	24,3	37,82	36,10	1,79	5444,94	0,299
Alkena 3	A2	22,2	38,32	37,53	1,93	5431,05	0,219
Alkana 1	B1	24,4	36,87	35,96	2,77	5354,86	0,393
Alkana 2	B1	24,8	34,74	33,98	6,48	4995,67	0,345
Alkena 3	B1	25,4	34,82	34,81	4,98	5084,49	0,258
Alkana 1	B2	26,7	32,52	32,84	7,95	4844,77	1,038
Alkana 2	B2	24,8	33,49	37,77	3,94	5159,32	1,013
Alkena 3	B2	23,9	35,65	35,48	4,96	5193,93	0,252
Alkana 1	C	24,5	35,94	36,36	3,21	5416,59	0,987
Alkana 2	C	23,5	36,32	37,43	2,75	5308,64	1,168

Berdasarkan nilai kualitas yang diperoleh, kemudian dikorelasikan dengan nilai densitas lapisan batubara. Rata-rata kandungan air pada batubara sebesar 24,584 %, *volatile matter* sebesar 35,86 %, kandungan karbon sebesar 35,87 %, kandungan abu sebesar 3,677 %, kandungan sulfur sebesar 0,604 % dan kalori sebesar 5235,758 kcal/kg.

Hubungan densitas dan TM batubara pada sumur Alkana 1, Alkana 2 dan Alkena 3 ditunjukkan oleh garis warna biru muda pada Gambar 3. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,0436 atau 4,36 % yang menyatakan korelasi rendah. Nilai gradien dari hubungan antara nilai densitas dan kandungan air pada batubara adalah negatif. Hal ini menyatakan bahwa semakin tinggi nilai densitas lapisan batubara, maka kandungan air semakin rendah. Nilai densitas lapisan batubara berbanding terbalik dengan kandungan air pada lapisan batubara. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi densitas batubara maka batubara memiliki porositas yang rendah. Sehingga fluida akan sulit untuk masuk kedalam lapisan batubara yang membuat kualitas batubara semakin baik.

Hubungan densitas dan VM batubara pada sumur Alkana 1, Alkana 2 dan Alkena 3 ditunjukkan oleh garis berwarna oranye di Gambar 3. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,0281 atau 2,81 % menyatakan korelasi rendah. Nilai gradien hubungan densitas dan VM pada setiap *seam* batubara adalah negatif. Hal ini menyatakan bahwa

semakin besar nilai densitas lapisan batubara, maka nilai VM semakin sedikit. Nilai VM ini sangat erat kaitannya dengan peringkat batubara. Semakin tinggi peringkat batubara, maka semakin rendah kadar VM.

Hubungan densitas dan ASH batubara pada sumur Alkana 1, Alkana 2 dan Alkena 3 ditunjukkan oleh garis berwarna kuning di Gambar 3. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,0408 atau 4,08 % menyatakan korelasi rendah. Nilai gradien hubungan antara densitas dan ASH batubara adalah negatif. Hal ini menyatakan bahwa semakin besar nilai densitas lapisan batubara, maka nilai ASH semakin sedikit. Hal ini disebabkan karena pada batubara dengan nilai densitas yang besar cenderung memiliki porositas kecil, sehingga *cleat* atau rekahan pada batubara semakin kecil terbentuk. Semakin kecil *cleat* pada batubara akan menyebabkan kandungan abu sulit untuk masuk kedalam batubara. Pada sample batubara sumur Alkana 1, Alkana 2 dan Alkena 3 terhadap kandungan abu sangat baik karena memperlihatkan keadaan normal.

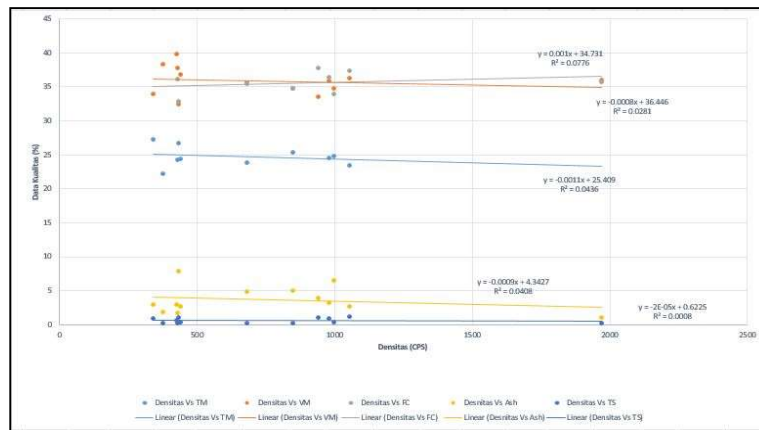
Hubungan densitas dan FC batubara pada sumur Alkana 1, Alkana 2 dan Alkena 3 ditunjukkan oleh garis abu-abu di Gambar 3. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,077 atau 7,7 % menyatakan korelasi rendah. Nilai gradien hubungan densitas dan FC batubara adalah positif. Hal ini menyatakan bahwa semakin besar nilai densitas lapisan batubara, maka nilai FC semakin tinggi. Hal ini erat kaitannya dengan kandungan karbon yang banyak terkandung dalam batubara dengan densitas yang tinggi maka *cleat* atau rekahan akan minim terbentuk sehingga karbon yang berada di dalam lapisan batubara tidak mudah untuk keluar dari lapisan batubara. Sehingga dapat meningkatkan kualitas lapisan batubara.

Hubungan densitas dan TS batubara pada sumur Alkana 1, Alkana 2 dan Alkena 3 ditunjukkan oleh garis warna biru tua di Gambar 3. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,0008 atau 0,8 % menyatakan korelasi rendah. Nilai gradien hubungan densitas dan TS batubara adalah negatif. Hal ini menyatakan bahwa semakin besar nilai densitas lapisan batubara, maka TS semakin sedikit. Adanya TS dalam batubara terbentuk karena proses fisika dan kimia selama proses pengangkutan dan dapat diamati sebagai

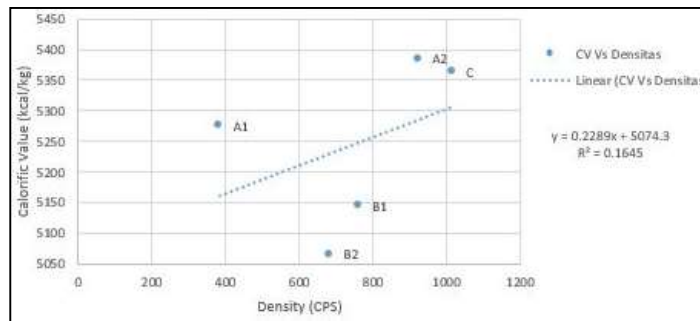
pengisi *cleat* pada batubara akibat proses presipitasi kimia pada akhir proses pembatubaraan. Hal ini dapat dikaitkan dengan nilai densitas pada batubara yang mana batubara dengan nilai densitas tinggi akan memiliki porositas yang rendah, sehingga TS pada proses kimia dan fisika sulit masuk kedalam lapisan batubara.

besar nilai densitas lapisan batubara, maka nilai CV semakin tinggi.

Sebaliknya, jika nilai densitas setiap lapisan batubara kecil maka CV semakin rendah. Batubara dengan nilai densitas yang besar cenderung memiliki porositas kecil sehingga menyebabkan kandungan kelembapan dalam batubara kecil karena tidak ada



Gambar 3. Hubungan densitas dengan data kualitas (TM, VM, FC, Ash dan TS) batubara di sumur Alkana 1, Alkana 2 dan Alkana 3.



Gambar 4. Hubungan densitas dan *calorific value* di sumur Alkana 1, Alkana 2 dan Alkana 3

Hubungan densitas dan CV batubara pada sumur Alkana 1, Alkana 2 dan Alkana 3 ditunjukkan di Gambar 4. Nilai koefisien korelasi diperoleh sebesar 0,3316 atau 33,16 % yang menyatakan hubungan korelasi yang baik. Penentuan parameter nilai kalori pada sumur Alkana 1, Alkana 2 dan Alkana 3 digunakan proses *picking data*. *Data sampling* yang tidak sesuai dengan sifat fisis selama proses *sampling* lapisan batubara telah mengalami gangguan sehingga datanya tidak dapat digunakan atau dapat mempengaruhi nilai *seam* batubara yang lain. Setelah dilakukan pemilihan data, maka diperoleh nilai gradien dari hubungan antara nilai densitas dan CV pada setiap seam batubara adalah positif. Hubungan positif menunjukkan bahwa semakin

pori atau *cleat* untuk menyerap fluida. Hal inilah yang menyebabkan proses pembakaran batubara menjadi sempurna sehingga nilai kalori yang dihasilkan semakin tinggi.

PENUTUP Simpulan

Lapisan batubara A1 memiliki rata-rata ketebalan sebesar 11,58 m, lapisan A2 sebesar 11,13 m, lapisan B1 12,98 m, lapisan B2 5,46 m dan lapisan C memiliki ketebalan sebesar 10,23 m. Respon lapisan batubara terhadap nilai log *gamma ray* sebesar 1-10 CPS dan nilai *log density* rata-rata 300-600 CPS. Hasil korelasi densitas dengan VM diperoleh nilai koefisien sebesar 0,0281 negatif dengan total volatile matter sebesar 35,86 %. Hubungan densitas

terhadap ASH memiliki korelasi sebesar 0,0408 negatif dengan *total ash* sebesar 3,6 %. Hubungan densitas dan nilai kalori memiliki korelasi sebesar 0,3316 positif dengan rata-rata kalori batubara sebesar 5235 kal/kg. Hubungan densitas dengan FC bernilai 0,077 positif dengan *total fixed carbon* sebesar 35,87 %. Hubungan densitas terhadap TM bernilai 0,0436 negatif dengan *total moisture* sebesar 24,5 %. Hubungan densitas dan TS bernilai 0,0008 negatif dengan kandungan sulfur total sebesar 0,604 %. Berdasarkan hasil analisa parameter kualitas dan nilai log *density* pada ketiga sumur dapat disimpulkan batubara pada daerah Banko Barat memiliki kualitas yang baik dan memiliki peringkat batubara *subbituminous*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterimakasih kepada PT. Bukit Asam, yang mengizinkan sebagian kecil data log untuk diolah dan publikasikan. Terimakasih juga kepada Jurusan Teknik Geofisika Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta yang memberikan sarana dalam pengolahan data di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

Arif, I. (2014), *Batubara Indonesia*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Harsono, A. (1997), *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*, Schlumberger Oilfield Services, Jakarta.

Haryadi, H. dan Suciyanti, M. (2018), "Analisis Perkiraan Kebutuhan Batubara untuk Industri Domestik Tahun 2020-2035 dalam Mendukung Kebijakan Domestic Market Obligation dan Kebijakan Energi Nasional", *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, Vol.14, No.1, hal. 59–73. <http://doi.org/10.30556/jtmb.Vol14.No1.2018.192>.

Indra (2013), *Parameter Kualitas Batubara*.

Julkipli, J., Siregar, S.S. dan Sota, I. (2015), "Interpretasi Sebaran Batubara Berdasarkan Data Well Logging di Daerah Blok X Pulau Laut Tengah Kabupaten Kotabaru", *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung*

Mangkurat, Vol.12, No.1, hal. 43–53. <http://doi.org/10.20527/flux.v12i1.1304>.

Malaidji, E.M.E., Anshariah, A. dan Budiman, A.A.B.A.A. (2018), "Analisis Proksimat, Sulfur, dan Nilai Kalor dalam Penentuan Kualitas Batubara di Desa Pattappa Kecamatan Pujananting Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan", *Jurnal Geomine*, Vol.6, No.3, hal. 131–137. <http://doi.org/10.33536/jg.v6i3.244>.

Rahmayanti, N., Supriyanto, S. dan Natalisanto, A.I. (2019), "Interpretasi Persebaran Lapisan Batubara Menggunakan Geophysical Logging Pendekatan Kriging Di PT. X, Daerah Kalimantan Timur", *Jurnal Geosains Kutai Basin*, Vol.2, No.2. Diambil dari <http://jurnal.fmipa.unmul.ac.id/index.php/geofis/article/view/467>.

Salinita, S. dan Bahtiar, A. (2014), "Pengaruh Struktur Geologi Terhadap Kualitas Batubara Lapisan "D" Formasi Muara Enim", *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, Vol.10, No.2, hal. 91–104. <http://doi.org/10.30556/jtmb.Vol10.No2.2014.740>.

Speight, J.G. (2012), *The Chemistry and Technology of Coal*, 3 Ed., CRC Press, London.

Susanto, H. (2011), *Geologi Dan Karakteristik Well Logging Untuk Penentuan Derajat Batubara Daerah Tanjung Dalam Dan Sekitarnya, Kecamatan Napal Putih, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu*, Tesis, UPN "VETERAN," Yogyakarta. Diambil dari <http://eprints.upnyk.ac.id/3167/>.

Wiranata, B., Amijaya, H., Anggara, F. dan Tanggara, D.N.S.P. (2019), "Kualitas Batubara Formasi Tanjung di Daerah Sekako, Kalimantan Tengah", *Jurnal GEOSAPTA*, Vol.5, No.2, hal. 151–157. <http://doi.org/10.20527/jg.v5i2.6019>.