

KAITAN INTENSITAS HAMBURAN SINAR GAMMA TERHADAP SIFAT FISIS BATUAN

Merryana Desidoria Sitorus¹, Adrianus Inu Natalisanto², Piter Lepong³

¹Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

²Laboratorium Fisika Dasar, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

³Laboratorium Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

*Email of corresponding Author: merry.desidori@gmail.com

ABSTRACT

Information on the intensity of gamma-rays scattered by the rock formation is contained in the density-log which is the output of a well logging system. In this research it was studied the relation of the intensities with the physical properties of the rocks in a rock formation. The study was performed by determining the intensities of gamma-rays scattered recorded in the data of density-log's curves and continued by analyzing the rock's physical properties that might decrease the intensities of gamma rays, such as molecular weight, coefficient of attenuation, and scattering cross-sectional. Result of the research was the graph which can be used to predict the properties of any sediment rocks by only using the scattered gamma ray intensities recorded in the data of density log.

Keywords: density log, gamma ray scattering intensities, physical properties of the rocks

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki potensi sumber daya alam melimpah dalam bidang pertambangan. Beberapa contoh sumber daya alam tersebut adalah batubara, minyak bumi, gas alam, dan mineral. Untuk mengetahui adanya potensi sumber daya alam melimpah tersebut diperlukan suatu metode eksplorasi. Salah satu metode eksplorasi geofisika yang digunakan untuk mengetahui potensi tersebut adalah metode *well logging*. Dengan metode tersebut dapat diperoleh gambaran kondisi geologi bawah permukaan suatu kawasan.

Metode *well logging* merupakan suatu teknik untuk mendapatkan data bawah permukaan dengan menggunakan probe yang dimasukkan ke dalam lubang sumur untuk evaluasi formasi dan identifikasi ciri-ciri batuan di bawah permukaan tanah (Schlumberger, 1958). Metode tersebut merupakan suatu perekaman intensitas sinar gamma terhambur batuan atau sinar

gamma terpancar batuan yang berkorelasi dengan sifat-sifat fisika batuan, seperti: rapat massa batuan (*density*) dan radioaktivitas batuan di sepanjang lubang sumur. Perekaman tersebut dilakukan dengan menggerakkan probe di sepanjang lubang sumur secara perlahan-lahan dengan maksud agar sensor pada probe dapat merekam dengan jelas karakteristik hamburan sinar gamma oleh batuan atau pancaran sinar gamma dari unsur radioaktif dalam suatu formasi batuan setempat (Schlumberger, 1958).

Dalam rangka melengkapi data geofisika *logging* dari suatu lubang sumur, diperlukan suatu tindakan *geophysical logging*, misalkan dengan menggunakan probe *RG*. Karakteristik data perekaman sinar gamma pada probe tersebut berhubungan dengan komposisi kimia dan unsur radioaktif batuan. Karakteristik tersebut menggambarkan keragaman intensitas sinar gamma terhambur formasi batuan atau intensitas sinar gamma

terpancar dari formasi batuan pada lubang sumur (Harsono, 1997). Keragaman tersebut disebabkan, misalkan, oleh terdapatnya perbedaan kandungan mineral lempung dari tiap batuan. Perbedaan kandungan tersebut merupakan penyebab variasi intensitas pancaran balik sinar gamma yang terekam oleh detektor. Dari variasi tersebut dapat diperkirakan litologi batuan (BPB manual, 1981)

Telah diketahui bahwa batuan terbentuk dari butiran mineral. Sementara itu juga diketahui bahwa butiran mineral tersusun atas atom ataupun molekul. Dalam tinjauan mikroskopis, atom dan molekul tersebut tersusun atas proton, neutron dan elektron. Karena itu, dalam peristiwa *well logging* foton-foton berkas sinar gamma yang ditembakkan pada batuan, akan dihamburkan oleh elektron-elektron atom atau molekul penyusun batuan melalui efek *Compton* sehingga intensitas sinar gamma yang direkam detektor berkurang (Harsono, 1997). Rekaman intensitas hambur tersebut terekam dalam data *log* densitas.

Dalam lapisan batuan umumnya terdapat unsur radioaktif, misalkan: *Uranium*, *Thorium*, *Potassium*, dan *Radium*. Dalam *shale* umumnya terdapat banyak unsur radioaktif, sementara dalam *sandstone*, *limestone*, *dolomite*, *coal*, dan *gypsum* terdapat sedikit unsur radioaktif^[10]. Rekaman intensitas pancaran sinar gamma unsur radioaktif yang terdapat dalam formasi batuan terekam dalam data *log* gamma ray.

Penelitian tugas akhir untuk penyusunan skripsi ini telah mengkaji kaitan intensitas hambur sinar gamma dengan sifat fisis batuan. Sifat fisis batuan tersebut berhubungan dengan jumlah elektron (Z), massa molekul (A), rapat massa (ρ), tampang lintang hamburan (σ), dan koefisien atenuasi (μ). Adapun intensitas hambur tersebut berhubungan dengan pola intensitas hambur sinar gamma yang tercermin dalam kurva *log*. Pengetahuan akan kaitan tersebut penting untuk menjadi dasar pengajuan suatu metode identifikasi sifat batuan melalui

pembacaan kurva *log* intensitas hamburan sinar gamma.

2. TEORI

2.1 *Well logging*

Well logging merupakan suatu teknik untuk mendapatkan data bawah permukaan dengan menggunakan alat ukur probe yang dimasukkan ke dalam lubang sumur bor, untuk evaluasi formasi dan identifikasi ciri-ciri batuan di bawah permukaan (Schlumberger, 1958). Tujuan dari *well logging* adalah untuk mendapatkan informasi litologi, pengukuran porositas, pengukuran resistivitas, dan kejenuhan hidrokarbon. Sedangkan tujuan utama dari penggunaan *log* ini adalah untuk menentukan zona, dan memperkirakan kuantitas minyak dan gas bumi dalam suatu reservoir (Schlumberger, 1958).

2.2 Jenis dan Prinsip *Logging*

Dalam rangka melengkapi data geofisika *log* dari lubang bor yang telah selesai diperlukan suatu rangkaian probe (juga dikenal sebagai perkakas atau *sounds*). Jenis tanggapan pada probe dalam mengukur sinar gamma alami tergantung pada komposisi kimia batumannya. Batuan serpih berisi potassium mineral tanah liat dan sejumlah uranium kecil, thorium dan hasil runtuhnya. Akibatnya probe *logging* sinar gamma merespon paling kuat ke batu serpih (*shalestone*) dan batu lempung (*claystone*). Respon berkurang ketika isi dari batuan serpih berkurang melalui *siltstone* dan batupasir kotor. Batupasir bersih dan batubara umumnya memiliki tingkat paling rendah dari radiasi gamma alami. Komposisi kimia dan dengan tingkat ketepatan radiasi gamma alami, cenderung tetap untuk pemberian litologi apapun atas area terbatas tetapi dapat berubah-ubah secara berangsur-angsur atas jarak jauh atau antara bidang-bidang batubara.

Lithology	Gamma		Neutron			Sonic	
	ray	Density	Porosity	Count	Resistivity	Time	Velocity
	(% cm ⁻²)	(g/cm ³)	(p.p.s)	rate	per metre	ms	m/sec
Shale	High	High	Low	High	Low	Med*	Med*
Sandstone	Low	High	Low	Low	High	Intermed.	Low
Coal	Low	Low	High	High	Low	High*	Low*
Cindere					Intermed.		
coal	Low	Low	High	High	Low	to Low	Med.
Dolerite	Med	High	Low	Low	High	High	Low
Siderite & pyrite in coal	Low	High	Low	High	Low	High	High

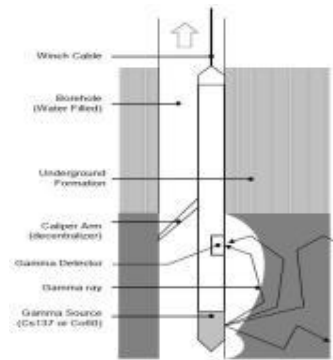
Gambar 1 Karakteristik log geofisika untuk litologi batuan (Ward, C.R, 1984)

2.3 Log gamma ray

Log Gamma Ray adalah metoda untuk mengukur radiasi sinar gamma yang dihasilkan oleh unsur - unsur radioaktif yang terdapat dalam lapisan batuan di sepanjang lubang bor. Caranya gamma alami dipancarkan oleh sumber radioaktif, karena ada perbedaan kandungan mineral lempung dari tiap batuan maka pancaran sinar balik yang terekam akan berbeda, dari perbedaan ini akhirnya litologinya dapat ditentukan (BPB manual. 1981). Unsur radioaktif yang terdapat dalam lapisan batuan tersebut diantaranya *Uranium, Thorium, Potassium, dan Radium*. Unsur radioaktif umumnya banyak terdapat dalam *shale* dan sedikit sekali terdapat dalam *sandstone, limestone, dolomite, coal, gypsum*, dan lain - lain (Martono, HS. 2004).

2.4 Log densitas

Log densitas merupakan kurva yang menunjukkan besarnya densitas (*bulk density*) dari batuan yang ditembus lubang bor dengan satuan gram/cm³. Prinsip kerja log densitas yaitu suatu sumber radioaktif dari alat pengukur memancarkan sinar gamma dengan intensitas energi tertentu menembus formasi/batuan pada lubang bor (Harsono, 1993). Sumber radiasi yang digunakan pada pengukuran log densitas adalah Ce-137 (Asquith, George B. 1976).



Gambar 2 Prinsip Pengukuran log densitas (Martono, HS. 2004)

2.5 Intensitas radiasi sinar γ

Intensitas radiasi adalah perpindahan radiasi pancaran per satuan luas yang dipancarkan oleh sumber radiasi. Radiasi pancaran adalah jumlah energi radiasi yang dipancarkan dalam bentuk radiasi elektromagnetik per satuan waktu (det). Besaran yang menyatakan konstanta perbandingan antara besarnya intensitas radiasi γ yang terserap dengan ketebalan suatu materi atau bahan disebut koefisien atenuasi (μ) (Akhadi, Mukhlis. 2000).

Suatu berkas sinar γ yang melau materi akan berinteraksi dengan materi itu melalui ketiga efek diatas (efek fotolistrik, hamburan compton, dan efek pembentukan pasangan jika tenaganya > 1,022 MeV), dan akan mengalami penurunan intensitas atau sering dikatakan ter-atenuasi (Susetyo, Wisnu. 1988).

Sifat atenuasi dari suatu materi perisai radiasi merupakan kemampuan suatu materi untuk menyerap atau mengurangi radiasi yang datang mengenai permukaan. Akibat penyerapan radiasi oleh atom atau unsur bahan dinding, maka tidak semua radiasi nuklir dapat menembus dinding tabung detektor. Jumlah radiasi nuklir yang masuk dalam detektor tergantung pada tebal bahan dan koefisien serapan linier bahan.

Hubungan tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\ln I = \ln I_0 - \mu \times l \quad (1)$$

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\int \mu \times dl} \quad (2)$$

$$I = I_0 e^{-\int \mu \times dl} \quad (3)$$

dengan I menyatakan intensitas hambur yang diterima oleh detektor, I_0 menyatakan intensitas yang dihamburkan dari sumber radiasi, e menyatakan eksponensial, μ menyatakan koefisien atenuasi atau koefisien pelemahan dan L menyatakan panjang lintasan hamburan dari sumber sampai ke detector (Serra, O. 1984).

Untuk persamaan koefisien atenuasi

$$\mu = \frac{\sigma z \rho N_A}{A} \quad (4)$$

dengan μ menyatakan koefisien atenuasi atau koefisien pelemahan, σ menyatakanampang lintang hamburan elektron, A menyatakan massa atom atau molekul, ρ menyatakan rapat massa suatu bahan, z menyatakan nomor atom atau molekul, dan N_A menyatakan suatu bilangan avogadro (Ellis, Darwin. V, dkk. 2007).

Untuk persamaanampang lintang hamburan

$$\sigma = \frac{\mu}{\rho} \frac{1}{z N_A} \quad (5)$$

dengan μ menyatakan koefisien atenuasi atau koefisien pelemahan, σ menyatakanampang lintang hamburan elektron, A menyatakan massa atom atau molekul, ρ menyatakan rapat massa suatu bahan, z menyatakan nomor atom atau molekul, dan N_A menyatakan suatu bilangan Avogadro (Ellis, Darwin. V, dkk. 2007).

2.6 Sifat Fisis Batuan

Pada penelitian ini sifat fisis batuan yang diteliti adalah rapat massa bahannya. Dan pada rapat massa bahan tersebut dapat dikaji koefisien atenuasi suatu bahan. Atenuasi disini terjadi karena interaksi adalah proses pengurangan energi foton. Koefisien atenuasi juga pengukuran bagaimana suatu jenis bahan unsur menyerap energi pada panjang gelombang tertentu (National Council On Radiation Protection And Measurements. 1978).

Danampang lintang hamburan terjadi ketika terdapat gelombang elektromagnetik menuju berinteraksi antara dengan elektron. Setelah berinteraksi gelombang tersebut berhambur pada sudut tertentu dengan intensitas mula- mula. Fungsi gelombang

elektron dari persamaan fungsi gelombang elektron masing-masing, diperoleh nisbah intensitas elektron datang dan elektron terhambur (National Council On Radiation Protection And Measurements. 1978).

3. METODE

Terdapat tahap penelitian yang dilakukan. Tahap pertama dilakukan studi pustaka tentang *geophysical logging*, hamburan sinar gamma, Fisika Radiasi, dan Fisika Modern. Tahap kedua ditentukan persamaan intensitas hamburan sinar gamma.

Tahap ketiga dicari nilai data referensi teori meliputi besaran fisis batuan dan tetapan alam. Besaran fisis batuan meliputi: jumlah elektron (Z), massa molekul (A) rapat massa (ρ) serta perbandingan antara koefisien atenuasi dan rapat massa bahan ($\frac{\mu}{\rho}$) dari sumber *NIST*. Tetapan alam meliputi: Bilangan Avogadro (N_A), massa elektron (m_e), cepat rambat gelombang elektromagnetik (c), dan konstanta Planck (h). Setelah dapat semua datanya dapat dihitung Nilai Energi (E) dari Gelombang sinar gamma yang dihamburkan.

Tahap keempat dicari nilai data sekunder *Geophysical Logging* (data lapangan) meliputi: panjang lintasan (L) hamburan dari LSD dan HRD, panjang gelombang energi elektromagnetik datang (λ), panjang gelombang energi elektromagnetik terhambur (λ'), sudut dari hamburannya (θ) serta intensitas terhambur (I) dan intensitas awal (I_0), dari kurva log.

Setelah didapatkan juga nilai data sekunder tersebut dapat dihitung nilai ($\frac{Z \cdot \rho}{A}$),ampang lintang hamburan (σ), koefisien atenuasi (μ), dan intenstas ($\ln I/I_0$) pada bahan yang diteliti.

Tahap kelima dapat dikaitkan intenstas ($\ln I/I_0 * 1/l$) dengan koefisien atenuasi (μ) yang dapat dilihat data tampilan grafik hasil pengolahan data tersebut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan dua jenis data. Data yang pertama berupa data teori sedangkan data kedua berupa data lapangan. Perhitungan tersebut dilakukan untuk bahan, yaitu: air, aluminium dan batuan sedimen. Batuan sedimen tersebut meliputi batubara, batu pasir dan batu lempung. Jenis batubara yang ditinjau meliputi: antrasit, bituminous, subbituminous, lignit, dan gambut.

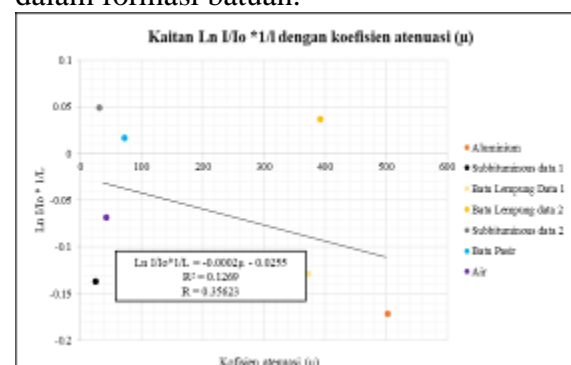
Tabel 1 Nilai $\ln I/I_0 * 1/L$, dan koefisien atenuasi (μ) bagian LSD untuk data lapangan

No	Nama Bahan	$\ln I/I_0 * 1/L$	koefisien atenuasi (μ)
1	Air (Data Lapangan)	-0.068536224	42.60510353
2	Aluminium (Data Lapangan)	-0.171985678	502.84
3	Subbituminous (Data Lapangan1)	-0.136991252	25.82044206
4	Batu Lempung (Data Lapangan 1)	-0.129142291	373.4086801
5	Subbituminous (Data Lapangan 2)	0.048551178	31.175793
6	Batu Lempung (Data Lapangan 2)	0.036644	392.9475063
7	Batu Pasir (Data Lapangan)	0.016257	73.2266733

Hasil perhitungan $\ln I/I_0 * 1/L$ untuk setiap bahan memiliki rentang dari -0.068536224 sampai dengan 0.048551178. Bahan yang memiliki nilai $\ln I/I_0 * 1/L$

terendah adalah air, sedangkan yang tertinggi adalah subbituminous (data lapangan2). Sedangkan pada koefisien atenuasi (μ) setiap bahan memiliki rentang nilai dari 31.175793 sampai dengan 392.9475063. Bahan yang memiliki nilai koefisien atenuasi (μ) terendah adalah subbituminous (data lapangan2), sedangkan yang tertinggi adalah batu lempung (data lapangan2).

Gambar 3 menampilkan kaitan $\ln I/I_0 * 1/L$ dengan koefisien atenuasi (μ) bagian LSD untuk data lapangan. Titik-titik pada gambar tersebut berhubungan dengan setiap bahan pada data lapangan bagian LSD. Kurva yang ditarik melalui seluruh titik tersebut memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) 0,1269 atau koefisien korelasi (R) 0,35623. Nilai korelasi yang rendah tersebut menunjukkan bahwa $\ln I/I_0 * 1/L$ tidak memiliki hubungan yang kuat dengan koefisien atenuasi. Namun secara teori, hubungan tersebut kuat seperti diperlihatkan dalam persamaan (1). Hasil pemplotan data lapangan yang tidak mendukung tersebut diduga karena intensitas radiasi hambur sinar gamma dari data *log* densitas bukan merupakan intensitas hasil hamburan berkas foton dalam lintasan sumber-sasaran (molekul bahan)-detektor, melainkan dalam lintasan acak, yakni lebih jauh atau lebih dekat karena keragaman tampang lintang hamburan yang dilalui foton-foton tersebut dalam formasi batuan.



Gambar 3 Kaitan $\ln I/I_0 * 1/L$ dengan koefisien atenuasi (μ) bagian LSD untuk data lapangan

Tabel 2 Nilai Ln I/Io*1/L, dan koefisien atenuasi (μ) bagian LSD untuk data teori

No	Nama Bahan	Ln I/Io*1/L	koefisien atenuasi (μ)
1	Antrasit1	-0.03174	31.21594
2	Antrasit2	-0.02973	21.12863
3	Bituminous 1	-0.03065	25.73705
4	Bituminous 2	-0.02869	15.93239
5	Subbituminous	-0.03047	24.86413
6	Lignit	-0.03044	24.67552
7	Gambut1	-0.02979	21.44774
8	Gambut2	-0.028573	15.32528
9	Gambut3	-0.02703	7.653074
10	Batu Lempung1	-0.13839	564.455
11	Batu Lempung2	-0.09627	353.8699
12	Air	-0.03402	42.6051
13	Aluminium	-0.12994	522.18
14	Batu Pasir1	-0.04015	73.22667
15	Batu Pasir2	-0.04414	93.19758

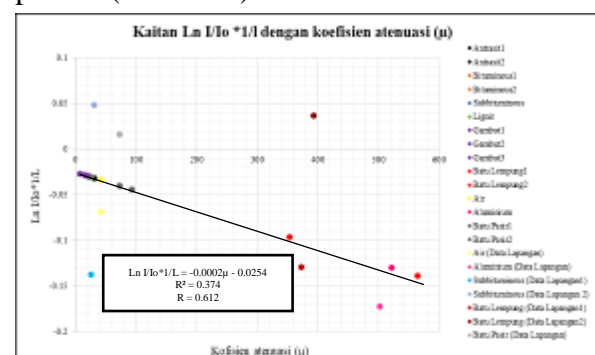
Intensitas hambur yang dicantumkan dalam tabel tersebut diperoleh dari persamaan garis pada Gambar 3. Persamaan garis diperoleh dari persamaan garis dalam kurva Gambar 3 dimana Y adalah Ln I/Io*1/L, ax adalah -0.0002μ dan b adalah -0.0255 . Untuk intensitas hamburnya diperoleh dengan cara nilai a pada persamaan garis tersebut dikalikan koefisien atenuasinya selanjutnya hasil perkaliannya dikurang nilai b pada persamaan garis tersebut.

Hasil perhitungan Ln I/Io*1/L data teori untuk setiap bahan memiliki rentang dari -0.13839 sampai dengan -0.02703 . Bahan yang memiliki nilai Ln I/Io*1/L terendah adalah batu lempung1, sedangkan yang tertinggi adalah gambut3. Pada koefisien atenuasi (μ) setiap bahan

memiliki rentang nilai dari 7.653074 sampai dengan 564.455. Bahan yang memiliki nilai koefisien atenuasi (μ) terendah adalah gambut3, sedangkan yang tertinggi pada batu lempung1.

Gambar 4 memperlihatkan grafik kaitan Ln I/ Io *1/L dengan koefisien atenuasi (μ) bagian LSD yang dapat digunakan untuk memprediksi sifat-sifat batuan sedimen lewat informasi intensitas hamburan sinar gamma yang direkam dalam data log densitas suatu formasi batuan. Titik-titik pada gambar tersebut berhubungan dengan setiap bahan pada data lapangan dan data teori bagian HRD Kurva yang ditarik melalui seluruh titik tersebut memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) 0,374 atau koefisien korelasi (R) 0,612.

Dalam Gambar 4 terlihat batu lempung (data lapangan1) dan batu lempung (data lapangan2) terdapat di antara batu lempung 1 dan batu lempung 2 (data teori), aluminium (data lapangan) hampir mendekati aluminium (data teori), batubara subbituminous (data lapangan1) dan batubara subbituminous (data lapangan2) juga hampir mendekati batubara subbituminous (data teori), air (data lapangan) tepat pada air (data teori) dan batu pasir (data lapangan) tepat pada batu pasir 1 (data teori).



Gambar 4 Kaitan Ln I/Io *1/L dengan koefisien atenuasi (μ) bagian LSD untuk data lapangan dan data teori

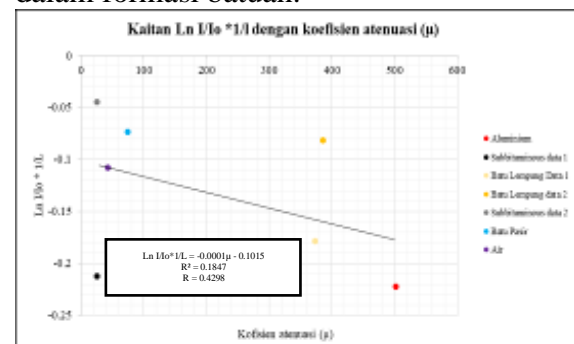
Tabel 3 Nilai $\ln I/I_0 * 1/L$, dan koefisien atenuasi (μ) bagian HRD untuk data lapangan

No	Nama Bahan	$\ln I/I_0 * 1/L$	koefisien atenuasi (μ)
1	Air (Data Lapangan)	-0.10856	42.60510353
2	Aluminium (Data Lapangan)	-0.22268	502.84
3	Subbituminous (Data Lapangan1)	-0.2125	25.82044206
4	Batu Lempung (Data Lapangan1)	-0.17911	373.4086801
5	Subbituminous (Data Lapangan2)	-0.04531	25.2466545
6	Batu Lempung (Data Lapangan2)	-0.08173	386.434564
7	Batu Pasir (Data Lapangan)	-0.07387	74.8909159

Hasil perhitungan $\ln I/I_0 * 1/L$ untuk setiap bahan memiliki rentang dari 0.22268 sampai dengan -0.04531. Bahan yang memiliki nilai $\ln I/I_0 * 1/L$ terendah adalah air, sedangkan yang tertinggi adalah subbituminous (data lapangan2). Sedangkan pada koefisien atenuasi (μ) setiap bahan memiliki rentang nilai dari 25.2466545 sampai dengan 386.434564. Bahan yang memiliki nilai koefisien atenuasi (μ) terendah adalah subbituminous (data lapangan2), sedangkan yang tertinggi adalah batu lempung (data lapangan2).

Gambar 5 menampilkan kaitan $\ln I/I_0 * 1/L$ dengan koefisien atenuasi (μ) untuk data lapangan. Titik-titik pada gambar tersebut berhubungan dengan setiap bahan pada data lapangan bagian HRD. Kurva yang ditarik melalui seluruh titik tersebut memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) 0,1847 atau koefisien korelasi (R) 0,4298. Nilai korelasi yang rendah tersebut

menunjukkan bahwa $\ln I/I_0 * 1/L$ tidak juga memiliki hubungan yang kuat dengan koefisien atenuasi. Namun secara teori, hubungan tersebut kuat seperti diperlihatkan dalam persamaan (1). Hasil pemplotan data lapangan yang tidak mendukung tersebut juga diduga karena intensitas radiasi hambur sinar gamma dari data *log* densitas bukan merupakan intensitas hasil hamburan berkas foton dalam lintasan sumber-sasaran (molekul bahan)-detektor, melainkan dalam lintasan acak, yakni lebih jauh atau lebih dekat karena keragaman tampang lintang hamburan yang dilalui foton-foton tersebut dalam formasi batuan.



Gambar 5 Kaitan $\ln I/I_0 * 1/L$ dengan koefisien atenuasi (μ) bagian HRD untuk data lapangan

Tabel 4 Nilai $\ln I/I_0 * 1/L$, dan koefisien atenuasi (μ) bagian HRD untuk data teori

N o	Nama Bahan	$\ln I/I_0 * 1/L$	koefisien atenuasi (μ)
1	Antrasit1	-0.10462	31.21594
2	Antrasit2	-0.10361	21.12863
3	Bituminous 1	-0.10407	25.73705
4	Bituminous2	-0.10309	15.93239
5	Subbituminous	-0.10399	24.86413
6	Lignit	-0.10397	24.67552

7	Gambut1	- 0.10364	21.44774
8	Gambut2	- 0.10303	15.32528
9	Gambut3	- 0.10227	7.653074
10	Batu Lempung1	- 0.15795	564.455
11	Batu Lempung2	- 0.13689	353.8699
12	Air	- 0.10576	42.6051
13	Aluminium	- 0.15372	522.18
14	Batu Pasir1	- 0.10882	73.22667
15	Batu Pasir2	- 0.11082	93.19758

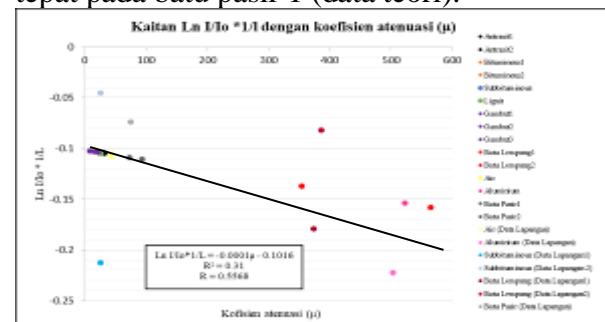
Intensitas hambur yang dicantumkan dalam tabel tersebut diperoleh dari persamaan garis pada Gambar 5. Persamaan garis diperoleh dari persamaan garis dalam kurva pada Gambar 5 dimana Y adalah $\ln I/I_0 * 1/L$, ax adalah -0.0001μ dan b adalah -0.1015 . Untuk intensitas hamburnya diperoleh dengan cara nilai a pada persamaan garis tersebut dikalikan koefisien atenuasinya selanjutnya hasil perkaliannya dikurang nilai b pada persamaan garis tersebut.

Hasil perhitungan $\ln I/I_0 * 1/L$ untuk setiap bahan memiliki rentang dari -0.15795 sampai dengan -0.10227 . Bahan yang memiliki nilai $\ln I/I_0 * 1/L$ terendah adalah batu lempung1, sedangkan yang tertinggi pada gambut3. Pada koefisien atenuasi (μ) setiap bahan memiliki rentang nilai dari 7.653074 sampai dengan 564.455. Bahan yang memiliki nilai koefisien atenuasi (μ) terendah adalah gambut3, sedangkan yang tertinggi pada batu lempung1.

Gambar 6 memperlihatkan grafik kaitan $\ln I/ I_0 * 1/L$ dengan koefisien atenuasi (μ) yang dapat digunakan untuk

memprediksi sifat-sifat batuan sedimen lewat informasi intensitas hamburan sinar gamma yang direkam dalam data *log* densitas suatu formasi batuan. Titik-titik pada gambar tersebut berhubungan dengan setiap bahan pada data lapangan dan data teori bagian HRD Kurva yang ditarik melalui seluruh titik tersebut memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) 0,31 atau koefisien korelasi (R) 0,5568.

Dalam Gambar 6 terlihat batu lempung (data lapangan1) dan batu lempung (data lapangan2) terdapat di antara batu lempung 1 dan batu lempung 2 (data teori), aluminium (data lapangan) hampir mendekati aluminium (data teori), batubara subbituminous (data lapangan1) dan batubara subbituminous (data lapangan2) tepat pada batubara subbituminous (data teori), air (data lapangan) tepat pada air (data teori) dan batu pasir (data lapangan) tepat pada batu pasir 1 (data teori).



Gambar 6 Kaitan $\ln I/I_0 * 1/L$ dengan koefisien atenuasi (μ) bagian HRD untuk data lapangan dan data teori

5. KESIMPULAN

1. Kaitan antara intensitas hambur sinar gamma terhadap sifat fisis batuan adalah sebanding dengan kaitan linear antara *logaritma* natural rasio intensitas hamburan sinar gamma terhadap gradien negatif koefisien atenuasi batuan (μ) dan jauh penembusan sinar gamma tersebut dari sumber ke detektor.
2. Cara identifikasi jenis batuan dengan mengacu intensitas hamburan sinar gamma dari metode *well logging* dan sifat fisis batuan dilakukan melalui langkah-langkah:

- a) menentukan intensitas sinar gamma terhambur dari data kurva log densitas
- b) menentukan sifat fisis batuan dengan menggunakan grafik kaitan nilai koefisien atenuasi (μ) dengan $\ln I/I_0 \cdot 1/l$ yang merupakan turunan dari kaitan yang disimpulkan dari simpulan no.1.

Handbook of Radioactivity Measurements Procedures. Report No. 58, 1st Edition, Washington, Ward, C.R. (1984), *Coal Geology and Coal Technology*. Singapore: Blackwell Scientific Publicationn.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, Mukhlis (2000), *Dasar-dasar Proteksi Radiasi*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Anonim. *Introduction to Borehole Geophysics*. Tersedia pada www.4shared.com. Diakses tanggal 13 Desember 2010
- Asquith, George B. (1976), *Basic Well Log Analysis for Geologist*. American Association of Petroleum Geologist: Oklahoma
- BPB manual (1981), *British Petroleum Book*. United Kingdom: British company.
- Ellis, Darwin. V, dkk. (2007), *Well Logging for Earth Scientists 2nd Editions*. Springer: The Netherlands.
- Harsono (1997), *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*. Jakarta: Schlumberger Data Services.
- Schlumberger (1958), *Log Interpretation Principles/Applications*. Houston, Texas: Schlumberger Educational Services
- Serra, O. (1984), *Fundamentals of Well-Log Interpretation*. New York: Elsevier Science Publishers B.V
- Susetyo, Wisnu (1988), *Spekrometri gamma dan penerepannya dalam analisis pengatifan neutron*. Malang: Perpustakaan Digital Universitas Negeri Malang. .
- Martono, HS. (2004), *Prinsip Pengukuran Logging (Dokumen RecsaLOG)*. Bandung.
- National Council On Radiation Protection And Measurements (1978), A