

**METODE ALTERNATIF PENENTUAN DENSITAS BATUAN
RESERVOIR MENGGUNAKAN TEKNOLOGI 3D CT
(COMPUTED TOMOGRAPHY)**

***(Alternative Method Determination of Reservoir Density Rock Using 3D
CT (Computed Tomography))***

Alit Gurmilang

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"
Jl. Ciledug Raya Kav.109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan
Telepon: +62-21-7394422, Fax.: +62-21-7246150

E-mail: alit@lemigas.esdm.go.id

Teregistrasi I tanggal 3 September 2018; Diterima setelah perbaikan tanggal 12 November 2018;
Disetujui terbit tanggal: 31 Desember 2018.

ABSTRAK

Penentuan karakterisasi fisik batuan di laboratorium *Routine Core* menggunakan *X-ray computed tomography* (CT) merupakan teknik nondestruktif yang memungkinkan visualisasi citra struktur pori batuan yang ditentukan oleh variasi kerapatan antar butiran dan komposisi atom tanpa membuka percontoh batuan inti (*core*). Teknik ini dapat dijadikan bahan pertimbangan sebagai metode alternatif penentuan densitas batuan. Rekonstruksi citra yang diperoleh menggunakan metode 3D CT pada percontoh batuan inti dari alat *CT Scan* dibandingkan dengan data keluaran alat *Spectral Gamma Ray* dan Gas Permeameter pada percontoh plug untuk menghasilkan profil nilai densitas pada batuan reservoir dengan maksud mendapatkan kesamaan pola. Dari data hasil pengukuran pada tekanan 400 psi diperoleh nilai densitas butiran/total yang diplot-silang secara linier terhadap nilai *CT Number* untuk diasumsikan menjadi nilai densitas matriks pada litologi batupasir dan serpih di setiap zona lapisan. Terdapat bukti yang menunjukkan adanya korelasi antara nilai densitas formasi *Barea sandstone* dengan formasi sawah tambang. Kemudian hasil plot dari nilai total Sinar Gamma, Porositas, Permeabilitas, Densitas Butiran/Total dan *CT Number* ditampilkan ke dalam satu tampilan format *Log Data*, untuk memperoleh profil zona lapisan dari setiap kedalaman.

Kata Kunci: densitas matriks, *CT number*, densitas butiran/total

ABSTRACT

The determination of physical characterization of rock in a routine core laboratory using X-ray computed tomography (CT) is a nondestructive technique that allows visualization of pore rock structure images determined by variations in density between granules and atomic compositions without opening the core rock samples. This technique can be taken into consideration as an alternative method in determining rock density. Reconstruction of the image obtained using 3D CT method on the sample of rock (whole core) by CT Scan tool was compared with Gamma Ray Spectral Spectral and Gas Permeameter output data from core plug (sidewall core) sample to produce profile density values on reservoir rocks with the purpose of identifying similar pattern. From the measurement data at a pressure of 400 psi, the value of grain/bulk density was obtained and crossplotted linearly to the value of CT number so that it could be assumed as the matrix density value in sandstone and shale lithology of each layer. It was proven that there are correlations between the density values of Barea Sandstone and Sawah Tambang Formation. Then the results of Logplot from Total Gamma Ray values, Porosity, Permeability, Grain/Bulk Density and CT Number were displayed into one Log Data format to obtain the overall profiles of each layer.

Keywords: matrix density, *CT number*, 3D CT, grain/bulk density

I. PENDAHULUAN

Evaluasi Formasi yang dilakukan melalui hasil uji laboratorium ini, khususnya untuk mengetahui parameter petrofisik (porositas), litologi batuan, dan tebal lapisan hidrokarbon berada. Dengan mengetahui keadaan reservoir, diharapkan perencanaan operasional lapangan secara ekonomis dapat diperkirakan lebih baik dan mendekati kondisi sebenarnya. Uji laboratorium menggunakan *CT Scan*, memiliki kemampuan unik untuk mengukur kepadatan (densitas) di bagian-bagian citra yang dipilih ROI (*region of interest*) pada percontoh batuan inti dan bila dibandingkan dengan korelasi radiasi sinar gamma (API), hasilnya tidak memuaskan. Visualisasi hasil pemindaian ini digunakan untuk memberikan kontrol secara cepat dan non-destruktif (tidak merusak) atas informasi awal geologi sebelum dilakukan analisis lebih lanjut (S Anggraeni. et al, 2002). *CT Scan* dan SGR (*Spectral Gamma Ray*) serta evaluasinya merupakan metode alternatif yang terus berkembang, diharapkan data hasil keluarannya menjadi menjadi solusi dalam proses analisa densitas percontoh batuan inti.

Target keluaran tersebut dalam penelitian ini adalah korelasi perbandingan antara nilai *CT Number* versus densitas butiran/total (*grain/bulk density*) yang diasumsikan menjadi nilai densitas matriks pada litologi batupasir dan serpih di setiap zona lapisan pada data Sumur yang diuji, agar dapat digunakan sebagai tambahan informasi dalam menginterpretasi secara kuantitatif (Akin & Kovscek 2003).

Daerah dan sumber percontoh penelitian ini berasal dari wilayah kerja yang terletak di daerah daratan pada formasi Sawah Tambang Cekungan Ombilin yang termasuk ke dalam zona Sistem Sesar Sumatra, Sumatera Barat (*South West* Bukit Barisan).

Teori Dasar

Jumlah pengukuran dari setiap piksel hasil pemindaian citra *CT* adalah koefisien atenuasi linier, μ . Koefisien ini didapat dari persamaan Hukum Beer:

$$I/I_0 = \exp(-\mu h) \quad (1)$$

di mana:

I : Intensitas sinar-x pada waktu penyinaran.

I_0 : Intensitas sinar-x setelah melewati objek.

H : Tebal objek.

μ : Koefisien gelombang linier.

Sinar-x yang melewati objek mengalami pelemahan energi yang terserap dan terhamburkan. Jumlah yang terserap menunjukkan nilai komposisi atom dan nilai densitas dari material percontoh.

Persamaan yang berhubungan dengan koefisien tersebut adalah :

$$CT_{\text{number}} = \{(\mu_{\text{sample}} - \mu_{\text{water}}) / \mu_{\text{water}}\} \times 1000 \quad (2)$$

di mana:

μ : permeabilitas untuk spesifikasi material.

Dari setiap potongan citra *CT* percontoh batuan terdapat satu elemen kecil yang dinamakan *voxel*. *Voxel* ini merepresentasikan suatu volume sebesar $0,5 \times 0,5 \times 2,0 \text{ mm}^3$ dan memiliki satu nilai *CT Number* rata-rata. Persiapan percontoh kalibrasi yang digunakan adalah percontoh batuan inti yang kering dan tidak memiliki rekahan. Densitas matrik (ρ_{ma}) dalam gr/cc untuk dijadikan sebagai acuan dalam penelitian ini tertera pada Tabel 1.

SGR merupakan alat untuk mengukur energi dan intensitas sinar gamma, mengidentifikasi dan menentukan konsentrasi uranium (U), torium (Th) dan potasium (K) (N Reichel 2012). Penggunaan alat SGR pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan tabel referensi terkait (lihat Tabel 2) dengan radiasi sinar gamma berdasarkan mineralogi dan litologi batuan yang digunakan juga dalam penentuan zona reservoir baik batugamping, dolomit, batupasir dan serpih.

II. BAHAN DAN METODE

Kegiatan penelitian beserta hasilnya dilakukan di Laboratorium *Routine Core* PPPTMGB

Tabel 1
Nilai densitas matriks dan efek fotoelektrik
(Courtesy Halliburton 1991)

Litologi/Fluida	ρ_{ma} (gr/cc)	P_e (b/e)
Batupasir	2.644	1.81
Batugamping	2.710	5.08
Dolomit	2.877	3.14
Anhidrit	2.960	5.05
Salt	2.040	4.65
Air tawar	1	
Air Garam	1.15	

“LEMIGAS”, pada percontoh dominan batupasir dengan laminasi serpih sebanyak 41 tabung batuan inti dan 60 percontoh *plug* dan sebagai acuan tahapan penelitian ini tertera pada Gambar 1.

Salah satu kegunaan *CT Scan* adalah untuk menentukan karakteristik dari batuan dan dapat menjelaskan tentang kandungan berat jenis dan nomor atom efektif. Pemindaian dilakukan menggunakan energi sebesar 130 keV dengan mengacu pada Tabel 3 sebagai referensi.

A. Pemindaian dan CT Number

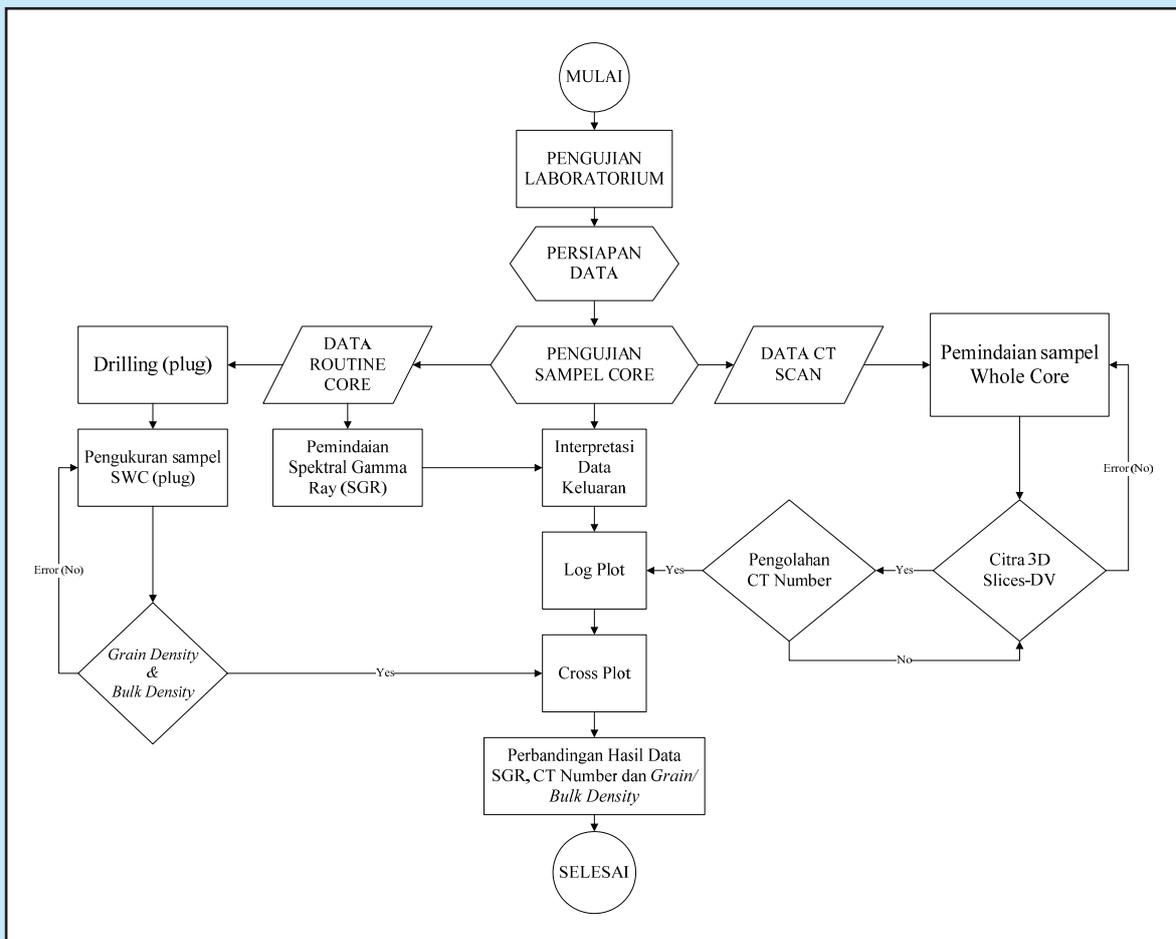
Pengujian awal dari 41 tabung percontoh batuan inti adalah dengan melakukan pemindaian butiran yang terindikasi terdapat uranium, torium dan potasium menggunakan sensor alat SGR dengan cara menaikan tabung satu persatu ke atas konveyor hingga melewati sensor dan pemindain selanjutnya menggunakan *CT Scan*.

Teknik pemindaian yang dilakukan dalam penelitian terdahulu oleh Akin & Kovscek 2003, saat

CT Scan dioperasikan sinar-x menembus irisan tipis secara volumetrik pada suatu objek dari sudut yang berbeda, dimana sumber sinar-x (*tubing*) tersebut berputar di sekitar obyek diam (2D). Serangkaian detektor kemudian mencatat/mentransmisikan intensitas sinar-x tersebut untuk direkonstruksi secara matematis menjadi citra selama 2,5 menit dengan hasil nilai densitas pada formasi *Barea Sandstone*.

Tabel 2
Radiasi gamma dari mineral umum dan Litologi (Pirson 1963)

Mineral/ Litologi	Komposisi	Radiasi Gamma (API Units)
Batugamping	-	5-10
Dolomit	-	10-20
Batupasir	-	10-30
Serpih	-	80-140



Gambar 1
Diagram alir tahapan penelitian.

Tabel 3
CT Number untuk beberapa jenis Material (Akin, S. & Kocscek, A.R. 2003)

Material	CT (H)	CT (H)	Density (kg/m ³)
	130 keV	100 keV	
(Akin, S. & Kocscek, A.R. 2003)			
Air ¹	-1000		1.82
N-decane ¹	-283		730
Water ¹	0		1000
2 wt% K Br in water ¹	142	183	1013
8 wt% K Br in water ¹	565	725	1058
PVC ¹	620		1400
Quartz ²	1589	1836	2190
Berea sandstone ²	1608	1835	2120
Colton sandstone ²	1629	1840	2270
(Ruder et al, 2012)			
Sandstone	1810		
Limestone	2325		
Aluminum	2273		
Steel	19635		

Proses pemindaian dalam penelitian ini adalah dengan teknik 3D pada alat *CT Scan* tipe *Somatom Siemens*, 2005 dimana sumber sinar-x berputar secara spiral (*helical*) di sekitar objek yang bergerak maju/mundur dan menghasilkan irisan citra selama 1 detik. Hasil yang didapat dari pemindai tersebut kemudian diproses untuk menentukan posisi percontoh batuan inti yang akan di *plug* dan dijadikan acuan dalam penentuan posisi bor menggunakan mesin bor (*plugging machine*).

Hasil bor didapat jumlah percontoh *plug* sebanyak 30 buah, untuk selanjutnya pada percontoh tersebut dilakukan pengukuran densitas butiran (ρ_{butiran}) dan densitas total (ρ_{total}) menggunakan alat *Gas Permeameter* (*Gasperm*).

Setelah selesai dilakukan pemindaian *CT Scan*, dilanjutkan dengan proses mendapatkan data keluaran dari Citra 3D *slices* (irisian) dan juga *Deltaview* (DV) 0°-90° menggunakan piranti lunak *VoxelCalc Plus v8.23a* © sehingga menghasilkan angka numerik (nilai *mean*, *min-max*, dan *std dev*) yang diasumsikan sebagai nilai *CT Number*. Besarnya nilai-nilai CT yang diperoleh dengan cara

memilih area tertentu dibedakan menjadi ROI-A (pengambilan area penuh) dan ROI-B (pengambilan area setengah) pada setiap irisan, sehingga hasil dari 1 buah tabung mendapatkan nilai *CT Number* dengan rata-rata sejumlah ± 200 irisan.

B. Data Hasil Pengukuran

Data yang ditampilkan sejumlah 30 percontoh *plug* (Sumur-1) hasil pengukuran menggunakan *Gasperm* seperti tertera pada Tabel 4 berikut.

Berdasarkan Tabel 2. (Pirson 1963), hasil plot diatas menunjukkan nilai API (total sinar gamma) pada Sumur-1 dapat dibagi menjadi tiga zona litologi (kedalaman) yaitu zona-1 (batupasir) di kedalaman 3018-3025 ft, zona-2 (serpih) di kedalaman 3025-3047 ft dan zona-3 (batupasir) di kedalaman 3275-3303 ft.

C. Log Plot dan Plot-silang

Angka numerik yang dihasilkan dari proses pemindaian SGR dan *CT Scan*, kemudian dilakukan perbandingan nilai-nilai tersebut pada masing-masing keluaran dengan cara mem-plot menggunakan piranti lunak *LogPlot2003 RockWare Inc.*, pada setiap

Tabel 4
Hasil pengukuran *gasperm*

<i>Depth (feet)</i>	Densitas Butiran	Densitas Total	<i>CT Number</i>	Total Sinar Gamma
3020.1	2.643	2.321	1472,92	3018
3021.55	2.646	2.344	1702,00	3019
3022.35	2.666	2.413	1541,03	3020
3023.45	2.610	2.394	1489,74	3021
3024.45	2.641	2.369	1473,24	3022
3027.5	2.656	2.634	1760,06	3023
3028.7	2.640	2.634	1783,72	3024
3031.2	2.661	2.651	1801,43	3025
3031.8	2.671	2.647	1790,68	3026
3032.4	2.673	2.665	1841,24	3027
3035.1	2.646	2.635	1787,15	3028
3035.5	2.652	2.644	1825,27	3029
3036.2	2.642	2.621	1790,66	3030
3036.9	2.592	2.574	1677,79	3031
3042.8	2.650	2.645	1768,10	3032
3043.8	2.640	2.640	1646,33	3033
3046.1	2.647	2.613	1499,20	3034
3276.15	2.658	2.421	1551,50	3035
3277.2	2.663	2.432	1609,37	3036
3282.35	2.651	2.579	1552,39	3037
3283.6	2.663	2.537	1550,55	3038
3286	2.638	2.405	1560,96	3039
3288	2.642	2.391	1874,93	3040
3289.1	2.652	2.394	1729,94	3041
3291.55	2.653	2.407	1754,72	3042
3293.75	2.672	2.443	1788,25	3043
3295.6	2.638	2.420	1793,48	3044
3298	2.641	2.384	1592,80	3045
3301.3	2.648	2.359	1679,63	3046
3302.3	2.648	2.399	1643,12	3047
				3048
				3049
				3050
				3051
				3052
				3053
				3054
				3055
				3056
				3057
				3058
				3059
				3060
				3061
				3062
				3063
				3064
				3065
				3066
				3067
				3068
				3069
				3070
				3071
				3072
				3073
				3074
				3075
				3076
				3077
				3078
				3079
				3080
				3081
				3082
				3083
				3084
				3085
				3086
				3087
				3088
				3089
				3090
				3091
				3092
				3093
				3094
				3095
				3096
				3097
				3098
				3099
				3100
				3101
				3102
				3103

kolom nilai (*depth*, total API) berbanding nilai *CT Number* (nilai *mean*, *min-max*, dan *std dev*) pada ROI-A dan ROI-B sehingga mendapatkan pola.

Hasil lain pengukuran percontoh *plug* adalah nilai porositas dan permeabilitas, dikarenakan target

dari penelitian ini adalah fokus pada nilai densitas pada batuan maka nilai densitas tersebut diambil dan dilakukan perbandingan plot-silang dengan densitas nilai *CT Number* di area titik posisi percontoh *plug* berdiameter 1.5 inch.

D. Perbandingan data SGR, CT Number dan Densitas butiran/total

Hasil plot data numerik keluaran SGR (nilai API) dan CT Scan, kemudian dibandingkan dengan hasil plot-silang antara nilai CT Number berbanding dengan nilai densitas butiran dan densitas total di mana hasil yang didapat adalah relasi/keterkaitan nilai-nilai densitas pada data SGR, CT Number dan densitas butiran/total sesuai dengan acuan pada tabel referensi (Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3).

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Log Plot Percontoh Batuan Inti

Hasil log plot dari satu tabung percontoh batuan inti yang ditampilkan adalah dengan melakukan perbandingan nilai-nilai total sinar gamma dengan nilai CT Number pada area ROI-A dan ROI-B agar mendapatkan pola yang sama, dengan hasil pada Gambar 2.

Hasil *deltaview* 0° dapat diklasifikasikan menjadi dua segmen lapisan di mana segmen-1 pada kedalaman 3024.00-3025.65 ft menunjukkan lapisan dalam kondisi baik (butiran seragam), sedangkan pada segmen-2 di kedalaman 3025.65-3027.00 ft menunjukkan lapisan dalam kondisi terdapat banyak rekahan.

Pada segmen-2 terlihat bahwa hasil total sinar gamma dan CT Number pada kedalaman yang sama

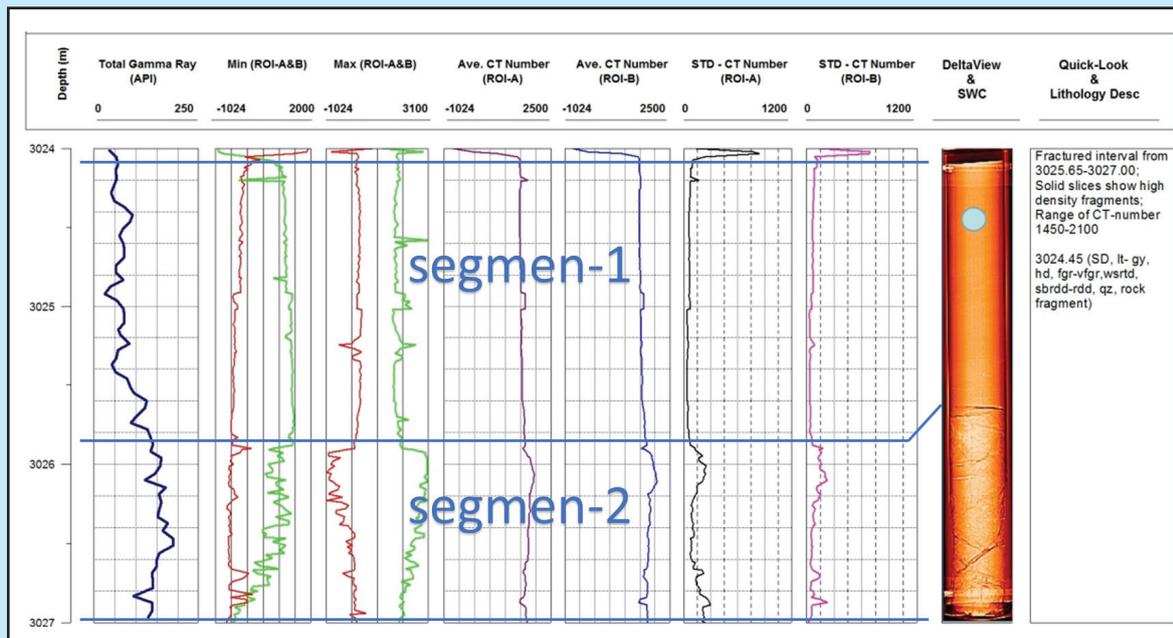
antara 3025.65-3027 ft terdapat memiliki kesamaan pola, di mana nilai API dominan menghasilkan nilai yang tinggi yaitu dikisaran nilai 90-180, di mana hal tersebut terindikasi secara litologi masuk ke dalam jenis batuan dominan serpih dengan nilai API sebesar 80-140 (Pirson, 1963). Sedangkan pada CT Number berdasarkan ROI-A dan ROI-B dominan menghasilkan nilai densitas yang tinggi pula pada kisaran nilai CT rata-rata antara 1450-2100 dan kisaran nilai CT-stdv (CT standar deviasi) antara 20-80 (nilai error yang rendah).

Sedangkan pada hasil total sinar gamma versus CT Number pada segmen-1 di kedalaman antara 3024-3025.65 ft terdapat perbedaan pola terhadap segmen-2 di mana nilai API dominan rendah yaitu di kisaran nilai 22.5-90, yang mengindikasikan secara litologi masuk ke dalam jenis batuan dominan batupasir dengan nilai API sebesar 10-30 dan pada CT Number dari ROI-A/ROI-B dominan menghasilkan nilai densitas yang tinggi pada kisaran nilai CT rata-rata antara 2000-2200 dan kisaran nilai CT-stdv antara 10-20.

B. Plot-Silang percontoh Plug

Dilakukan plot-silang CT Number versus densitas butiran pada tiga zona litologi (Tabel 4) pada sumur-1 batuan inti-1, maka dihasilkan persamaan linier (3) sebagai berikut:

$$CT_{Number} = 1708^P_{butiran} - 2845.2 \quad (3)$$



Gambar 2
Hasil plot API vs CT number.

Apabila dilakukan substitusi nilai densitas batupasir sebesar 2.664 gr/cc pada persamaan di atas akan didapat nilai *CT Number* sebesar 1752 pada percontohan *plug* dengan hasil plot-silang seperti terlihat pada Gambar 3 di bawah ini:

Berdasarkan gambar di atas, terlihat penyebaran nilai densitas butiran pada zona batupasir dan serpih menunjukkan pola yang sama dan menunjukkan pula bahwa nilai densitas butiran serpih lebih tinggi dibandingkan nilai densitas butiran batupasir. Hal ini dibuktikan dengan nilai *CT Number* terhadap densitas butiran serpih tertinggi, dan juga pola penyebarannya seragam di mana semakin tinggi nilai densitas butiran maka semakin tinggi pula nilai *CT Number*.

Dilakukan juga plot-silang *CT Number* versus densitas total pada tiga zona litologi yang sama, maka dihasilkan persamaan linier (4) sebagai berikut:

$$CT_{\text{Number}} = 451.21 \rho_{\text{total}} + 549.52 \quad (4)$$

Apabila dilakukan substitusi nilai densitas batupasir sebesar 2.664 gr/cc pada persamaan di atas (zona serpih) akan didapat nilai *CT Number* sebesar 1705 dengan hasil plot-silang seperti pada Gambar 4. Gambar 4 di atas menunjukkan kondisi bila nilai rentang *CT Number* <1600 maka batupasir yang terendapkan masih relative lebih bersih (*clean sand*) dan tidak terpengaruh oleh adanya serpih,

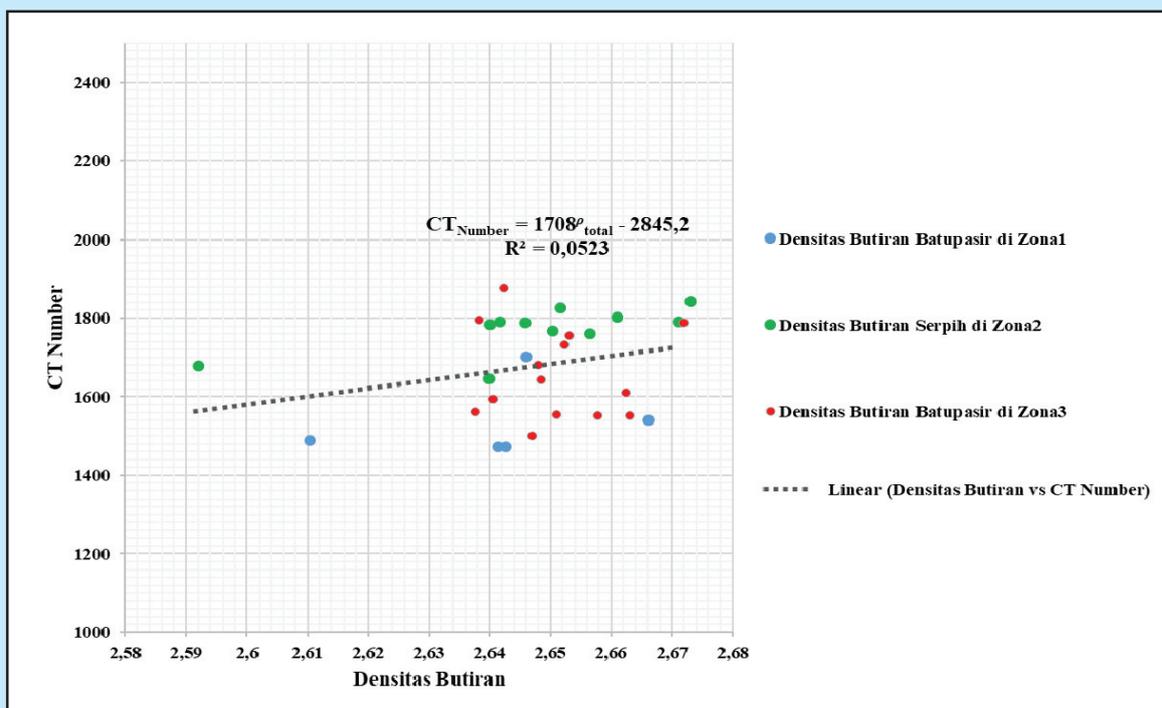
sedangkan nilai *CT Number* dalam rentang 1600-2000 menunjukkan kondisi batupasir yang masih terpengaruh oleh pengendapan serpih (*shaly sand*) yang mengisi poro-pori batuan.

Berdasarkan substitusi persamaan 3 dan 4, berikut ini hasil nilai *3D CT Number* yang sudah terangkum ke dalam Tabel 5 dengan hasil perbandingan nilai formasi Barea dengan lokasi formasi penelitian ini yaitu Sawah Tambang.

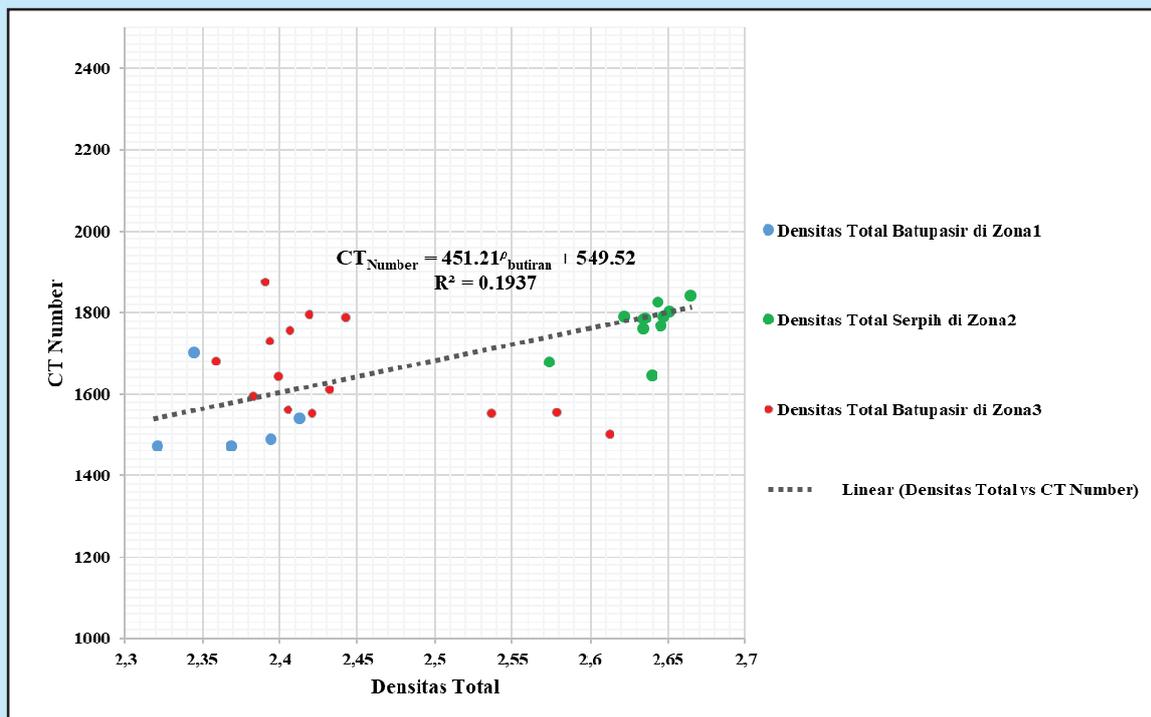
C. Perbandingan Data API, ϕ , K, ρ_{butiran} , ρ_{total} dan *CT Number*

Proses plot dari nilai numerik yang diperoleh data keluaran dari masing-masing alat laboratorium (SGR, *Gasperm* dan *CT Scan*) tahapan akhir adalah membandingkan hasil tersebut dengan hasil plot-silang antara nilai *CT Number* berbanding dengan nilai densitas butiran dan densitas total sehingga diperoleh relasi (keterkaitan) nilai-nilai densitas sesuai dengan acuan pada tabel referensi (Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3), dengan jumlah percontohan batuan inti (10 tabung) dan percontohan *plug* sejumlah 17 buah.

Berdasarkan Tabel 3, Gambar 5 menunjukkan nilai API (total sinar gamma) pada Sumur-1 dapat dibagi menjadi dua zona litologi (kedalaman) yaitu zona-1 (batupasir) di kedalaman 3018-3025 ft, dan



Gambar 3
Hasil plot-silang *CT Number* versus densitas butiran (zona batupasir dan serpih).



Gambar 4 Hasil plot-silang CT number versus densitas total (zona batupasir dan serpilh).

zona-2 (serpilh) di kedalaman 3025-3047 ft. Pada zona-1 pada parameter nilai porositas dan permeabilitas menunjukkan sebaran nilai rata-rata yang sangat tinggi yaitu $\phi = 6 - 12 \%$ dan $K = 0 - 4$ mD. Nilai densitas butiran menunjukkan angka 2.6 – 2.68 g/cc sedangkan nilai densitas total menunjukkan nilai lebih rendah yaitu antara 2.3 - 2.41 g/cc. CT Number menunjukkan nilai antara 1400 – 1650 dan bila dibandingkan dengan hasil CT Number skala percontoh batuan inti banyak rekahan terjadi pada zona-1 sehingga menyebabkan nilai porositas pada lapisan ini dominan sangat tinggi akibat banyak mineral yang lebih berpori (*porous*).

Pada zona-2 nilai porositas dan permeabilitas menunjukkan sebaran nilai rata-rata yang rendah yaitu $\phi = 0 - 1 \%$ dan $K = 0 - 1$ mD, kemudian densitas butiran menunjukkan angka 2.6 – 2.68 g/cc sedangkan densitas total menunjukkan nilai lebih tinggi yaitu antara 2.38 - 2.68 g/cc. CT Number menunjukkan nilai antara 1500 – 1800 dan pada zona-2 ini terlihat hasil nilai CT Number maksimal pada lapisan 3043-3045 ft mencapai nilai tertinggi yaitu 3100, yang artinya terdapat mineral

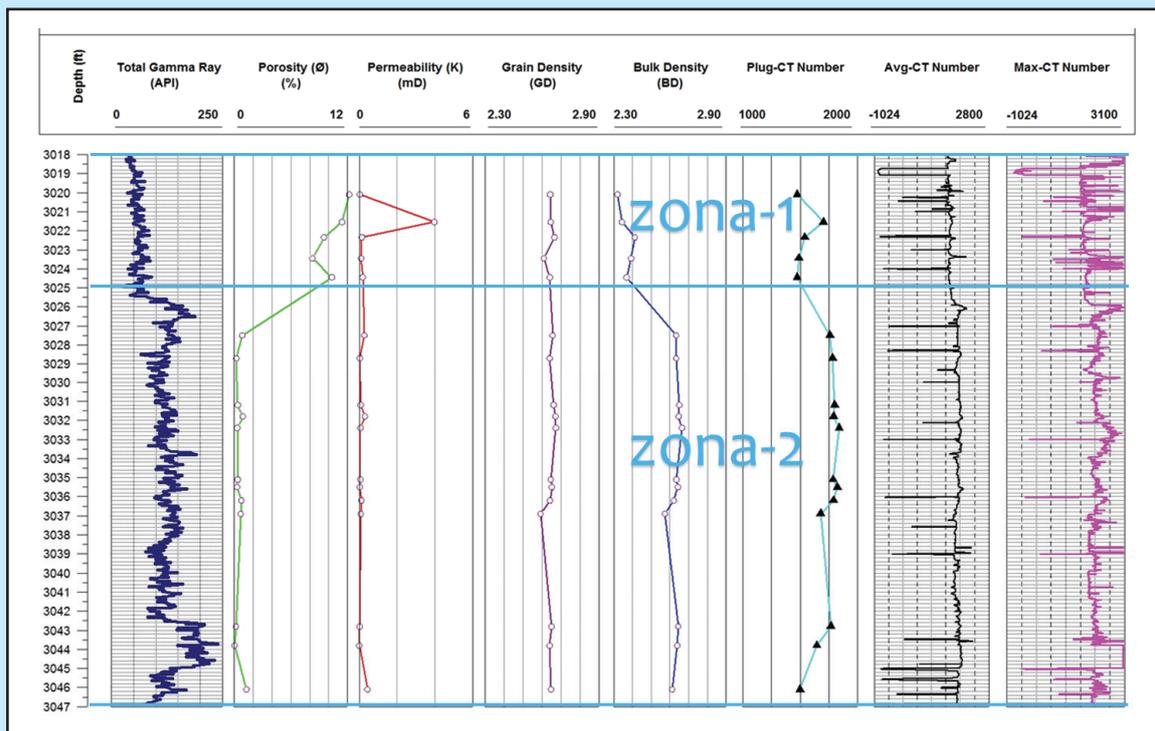
Tabel 5 Hasil substitusi dari nilai densitas matriks

Material	CT (H)		Density (kg/m ³)	
	130 keV	100 keV	3D CT (grain)	3D CT (bulk)
PVC ¹	620		1400	
Quartz ²	1589	1836	2190	
Berea sandstone ²	1608	1835	2120	
Colton sandstone ²	1629	1840	2270	
Sawah Tambang	1658		1752	1705

yang mempunyai nilai densitas paling tinggi (*tight*).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada jenis mineral batupasir/serpilh terdapat kesamaan pola dan korelasi antara nilai densitas pada CT Number dengan nilai densitas butiran/total (kg/m³) mengacu referensi Tabel 1 (Akin & Kovscek 2003), sehingga hasil korelasi ini merupakan pembuktian metode alternatif yang dilakukan dalam penelitian ini dan dapat digunakan sebagai tambahan informasi dalam menginterpretasi data secara



Gambar 5

Plot API, ϕ , K, GD, BD vs CT number.

kuantitatif. Pada Tabel 5 nilai densitas matriks terlihat berbeda secara signifikan dikarenakan Formasi Sawah Tambang secara umum didominasi oleh sandstone, konglomeratik, sandstone massive dan mudstones bila dibandingkan dengan Formasi Barea Sandstone di Amerika di mana batuanannya terdiri dari butiran pasir yang sebagian besar kuarsa 85-90% dan feldspar 3-6% (P.L Churcher 1991).

Hasil profil *3D CT Log* terhadap 41 tabung percontoh batuan inti dan 60 percontoh *plug* dengan membandingkan parameter nilai API, ϕ , K, ρ_{butiran} , ρ_{total} dan *CT Number* pada data Sumur dapat dengan efektif membagi zona litologi kedalaman Sumur-1 yang di uji sehingga dapat membantu dalam interpretasi sebaran porositas, dan diharapkan dengan menggunakan metode ini pada tahap awal pengujian laboratorium menggunakan *CT Scan* sudah mendapatkan hasil nilai densitas batuan beserta zona litologi nya tanpa perlu melakukan pengujian lanjutan, sehingga dapat menghemat biaya secara signifikan.

Untuk menghasilkan kesamaan pola nilai densitas yang lebih variatif, saat ini diperlukan data *Wireline Log* khususnya kombinasi nilai *Log Density* (RHOB) dan *Neutron Density* (NPHI) agar dapat dibandingkan dengan hasil penelitian ini, khusus

nya data hasil log sumur yaitu nilai densitas dan porositas batuan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data-data hasil pengukuran peralatan laboratorium PPPTMGB “LEMIGAS”. Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kepala Pusat PPPTMGB “LEMIGAS” dan Kepala KPPP Teknologi Eksploitasi PPPTMGB “LEMIGAS” atas dukungan baik moril maupun materiil yang telah diberikan serta kontribusi besar terhadap hasil penelitian ini.

KEPUSTAKAAN

- Akin, S., dan A. R. Kovscek., 2003, “Computed tomography in petroleum engineering research.” Geological Society, London, Special Publications 215, no. 1 (2003): 23-38.
- Van Bemmelen, R. W., 1949, “The Geology of Indonesia vol. 1A, General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes”, 2nd ed. Martinus Nijhoff, The Haque.
- Rahman, Nova. 2009, “Radiofotografi”. Padang: Penerbit Universitas Baiturrahmah
- Koesoemadinata, R. P., dan Th Matasak., 1981, “Stratigraphy and Sedimentation: Ombilin Basin,

- Central Sumatra (West Sumatra Province).” (1981): 217-249.
- Anggraeni, Septi, Indra Jaya, Bambang Widarsono, dan Hari Hardiman.**, 2002, “Some Applications of CT-Scanner in Petroleum Engineering.” (2002): 281-295.
- Withjack, E. M., C. Devier, dan G. Michael.** , 2003, “The role of X-ray computed tomography in core analysis.” In SPE Western Regional/AAPG Pacific Section Joint Meeting. Society of Petroleum Engineers, 2003.
- Mees, Florias, Rudy Swennen, M. Van Geet, dan P. Jacobs.**, 2003, “Applications of X-ray computed tomography in the geosciences.” Geological Society, London, Special Publications 215, no. 1 (2003): 1-6.
- Vogel, J. R. dan G. O. Brown.**, 2003, “Geostatistics and the representative elementary volume of gamma ray tomography attenuation in rock cores.” Geological Society, London, Special Publications 215, no. 1 (2003): 81-93.
- Hastuti, Sulistya, dan Subagyo Pramumijoyo Sukandarrumidi.** “Kendali Tektonik Terhadap Perkembangan Cekungan Ekonomi Tersier Ombilin, Sumatra Barat (Tectonic Control On The Development Of The Ombilin Tertiary Economic Basin, West Sumatra)” Teknosains 14, no. 2001 (2001).
- Reichel, Nicole, Mike Evans, Françoise Allioli, Marie-Laure Mauborgne, Luisa Nicoletti, Fabien Haranger, Nicolas Laporte et al.**, 2012, “Neutron-gamma density (NGD): principles, field test results and log quality control of a radioisotope-free bulk density. measurement.” In SPWLA 53rd Annual Logging Symposium. Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts.
- Nainggolan T. B., Winardhi I.S.**, 2012, “Sebaran Reservoir Batupasir Pada Formasi Talang Akar di Cekungan Sumatra Selatan dengan Metode Inversi EEI dan Multiatribut Kelautan Majalah Geologi Indonesia”, Vol. 27 No. 2 Agustus 2012: 121-130
- Haris, A., T. Mulyawan, dan A. Riyanto.**, 2017, “Drilling exploration design controlled by pore pressure prediction from 2D seismic and well data: case study of South Sumatra Basin”, In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 62, no. 1, p. 012017. IOP Publishing.
- Reynolds, John M.** 1997. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. Jhon Wiley and Son Ltd.England.
- P.L Churcher, P.R. French, J.C. Shaw dan L.L. Schramm**, 1991, “Rock Properties of Barea Sandstone, Baker Dolomite, and Indiana Limestone.” In SPE International Symposium on Oilfield Chemistry held in Anaheim, California, February 20-22, 1991.
- Ruder, Thomas & Thali, Yannick & Bolliger, Stephan & Somaini-Mathier, Sandra & Thali, Michael & Hatch, Gary & T Schindera, Sebastian.**, 2012, “Material differentiation in forensic radiology with single-source dual-energy computed tomography”. Forensic science, medicine, and pathology.