

IDENTIFIKASI PERSEBARAN HIDROKARBON PADA KONGLOMERAT FORMASI JATIBARANG MENGGUNAKAN ANALISIS INVERSI AVO (*Amplitude Versus Offset*)

Retno Septiani¹⁾, Hernowo Danusaputro¹⁾ dan Dimas Pramudito²⁾

¹⁾Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

²⁾PT Pertamina EP, Cirebon

E-mail: ennocupu@yahoo.com

ABSTRACT

AVO inversion analysis (Amplitude Versus Offset) has been done on DBT-12 field to identify and map the distribution of hydrocarbons in conglomerat layer, Jatibarang formation, northern part of West Java basin. Sensitiv physical parameters to separate conglomerate with other litology (lava) are λ/μ , σ and Vp/Vs . Intercept which is obtained is positive while gradient is negative. AVO anomaly class obtained is I_p can be used as a first indicator content of the fluid is low impedance sand.

This reservoir impedance values decrease for the increasing of incidence angle. Besides intercept and gradient AVO attributes which obtained is fluid factor and Poisson reflectivity. Both of these attributes is negative which means changes value of Poisson's ratio is quite large from high to low. Changes in Poisson's Ratio can indicate the existence of a hydrocarbon. Distribution of hydrocarbons DBT-12 on conglomerate layer is northwest - southeast.

Keyword : Inversion, AVO, Atributtes, Conglomerat, Hydrocarbon

ABSTRAK

Analisa inversi AVO (*Amplitude Versus Offset*) telah dilakukan pada lapangan DBT-12 untuk mengidentifikasi dan memetakan persebaran hidrokarbon pada litologi konglomerat formasi Jatibarang cekungan Jawa Barat bagian Utara. Parameter fisis yang sensitif terhadap pemisahan litologi konglomerat dengan litologi lainnya (lava) adalah λ/μ , σ dan Vp/Vs . *Intercept* yang didapatkan bernilai positif sedangkan *gradient* bernilai negatif. Sehingga anomali kelas AVO yang didapatkan adalah I_p dapat digunakan sebagai indikator pertama adanya kandungan fluida yang merupakan *low impedance sand*.

Pada reservoir terjadi penurunan nilai impedansi terhadap bertambahnya sudut datang. Selain *intercept* dan *gradient* atribut AVO yang didapatkan adalah *fluid factor* dan *poisson reflectivity*. Kedua atribut tersebut bernilai negatif yang artinya perubahan nilai Poisson ratio yang cukup besar dari tinggi ke rendah. Perubahan Poisson Ratio ini dapat mengindikasikan keberadaan suatu hidrokarbon. Persebaran hidrokarbon DBT-12 pada lapisan konglomerat adalah barat laut – tenggara.

Kata kunci : Inversi, AVO, Atribut, Konglomerat, Hidrokarbon

PENDAHULUAN

Analisis AVO dapat digunakan dalam karakterisasi reservoir. AVO merupakan keadaan dimana amplitudo gelombang refleksi bertambah besar sejalan dengan membesarnya jarak (*offset*) dari sumber gelombang ke penerima (Rutherford, 1989). Selain itu

diperlukan juga properti petrofisik batuan dan fluida yang dikombinasikan dengan analisis AVO.

Sumirah (2007) melakukan penelitian guna mendeteksi reservoir gas pada litologi batupasir dengan menggunakan analisis AVO (*Amplitude Versus Offset*) dan inversi LMR (*Lambda Mu Rho*). Hermawan (2011)

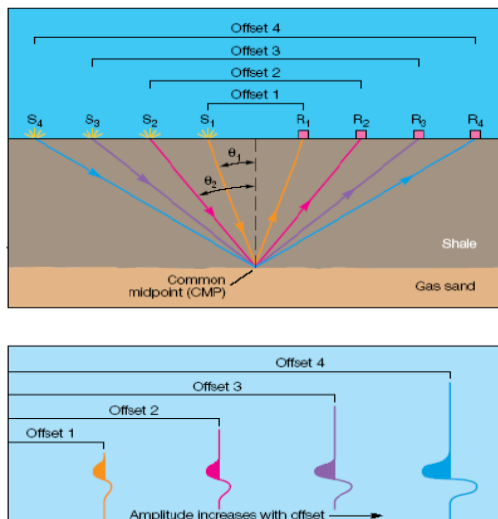
mengidentifikasi hidrokarbon dan jenis fluida pada litologi batu pasir menggunakan inversi AVO simultan dan analisis LMR. Pada formasi Jatibarang, cekungan Jawa Barat bagian utara terdapat litologi konglomerat dan lava. Pada formasi ini dimungkinkan adanya kandungan hidrokarbon pada litologi konglomerat.

Menurut Harun dkk (2013) parameter sensitif yang dapat membedakan reservoir batuan pasir dengan litologi lainnya adalah parameter Lamé. Parameter LMR merupakan salah satu parameter fisis yang dapat memisahkan litologi batuan. Hal ini dikarenakan parameter Lamé (λ , μ , λ/μ) lebih sensitif terhadap perubahan sifat batuan daripada parameter V_p , V_s dan V_p/V_s (Goodway dkk, 1997).

LANDASAN TEORI

Prinsip AVO

AVO adalah keadaan dimana amplitudo gelombang refleksi bertambah besar sejalan dengan membesarnya jarak (*offset*) dari sumber gelombang ke penerima. Oleh karena itu prinsip dari AVO sendiri adalah menganalisis perubahan amplitudo gelombang refleksi terhadap *offset*. Semakin besar nilai *offset* maka akan semakin besar pula perubahan sudut datang gelombang tersebut seperti yang ditunjukkan gambar 2.5. Selain oleh *offset* perubahan amplitudo seismik juga dipengaruhi oleh *Poisson's Ratio*. Perubahan rasio Poisson dipengaruhi oleh kandungan fluida. Sehingga kehadiran gas dalam suatu medium akan memberikan respon AVO yang berbeda-beda.



Gambar 1 Hubungan antara *offset* dengan sudut datang (θ) dan sinyal datang yang terekam dalam titik reflektor yang sama (Chiburis dkk, 1993)

Rigiditas ($\mu\rho$) dan Inkompresibilitas ($\lambda\rho$)

Perubahan bentuk dari suatu material terhadap stress dapat dideskripsikan dengan rigiditas. Parameter rigiditas (kerapatan) akan sensitif terhadap perubahan matriks dari suatu batuan. Semakin rapat matriks batuan maka akan semakin mudah pula mengalami *slide over* satu sama lainnya. Jika suatu batuan memiliki kerapatan *grain* atau butir dan komposisi yang rigid atau rapat maka nilai parameter μ akan tinggi.

Inkompresibilitas didefinisikan sebagai besarnya perubahan volume (dapat dikompresi) bila dikenai stress. Apabila semakin mudah dikompresi maka akan semakin kecil harga inkompresibilitasnya, dan juga sebaliknya. Perubahan ini disebabkan karena perubahan pori daripada perubahan ukuran butirnya.

Poisson Ratio (σ)

Kecepatan gelombang seismik terutama gelombang P (V_p) dapat turun secara drastis apabila melalui batuan berpori yang mengandung fluida terutama gas. Perbandingan antara kecepatan gelombang P dan gelombang S dapat direpresentasikan dengan menggunakan *Poisson's Ratio* (σ) sebagai:

$$\sigma = \frac{\gamma - 2}{2\gamma - 2} \quad (1)$$

$$\gamma = \left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 \quad (2)$$

Hal ini berarti bahwa *poisson's ratio* merupakan pengukuran V_p/V_s yang nilainya berada diantara 0 sampai dengan 0,5. Batuan yang sangat lunak akan mempunyai nilai *poisson's ratio* mendekati 0,5. Sedangkan batuan keras nilainya mendekati 0.

V_p/V_s dapat digunakan sebagai indikator dalam menentukan litologi (Tatham, 1982). Lempung biasanya memiliki nilai V_p/V_s yang lebih tinggi daripada pasir. Dalam batuan karbonat, Rafavich (1984) menunjukkan bahwa

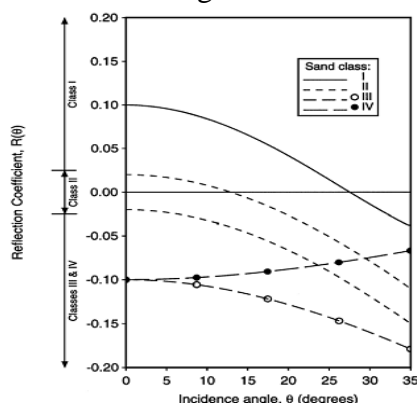
V_p/V_s dapat digunakan untuk memisahkan batu gamping dari dolomit.

Nilai *poisson's ratio* dapat mengenali kandungan suatu fluida yang terdapat di dalam batuan seperti minyak, air maupun gas. Perbedaan kandungan fluida di dalam batuan dapat dimanifestasikan dalam perbedaan *poisson's ratio* nya.

Klasifikasi AVO

Metode AVO dapat digunakan dalam karakterisasi reservoir terutama untuk melihat kandungan fluida di dalam suatu reservoir. Kehadiran gas dalam suatu reservoir memberikan respon AVO yang berbeda-beda. Sehingga Rutherford dan William (1989) membagi AVO dalam beberapa klasifikasi. Klasifikasi tersebut berdasarkan litologi serta kandungan fluidanya. Rutherford dan William membagi 3 kelas batu pasir yaitu pasir berisi gas dengan impedansi tinggi, impedansi yang mendekati nol dan impedansi yang rendah. Castagna (1998) menjelaskan mengenai klasifikasi pasir gas kelas 4 seperti gambar 2

Pasir gas kelas 1 memiliki nilai impedansi yang lebih tinggi daripada lapisan penutupnya. Nilai koefisien refleksi dari *Intercept* pada *top* batu pasir adalah positif dan negatif pada *base* batupasir. Perubahan amplitudo ini yang biasa disebut *gradient*. Pada umumnya *gradient* kelas 1 lebih besar dibandingkan kelas 2 an kelas 3.



Gambar 2 Grafik koefisien refleksi terhadap sudut datang. Pembagian kelas AVO menurut Rutherford dan William (Castagna dkk, 1998).

.Pasir gas kelas 2 memiliki nilai impedansi yang hampir sama dengan batuan penutupnya.

Jika semakin jauh jaraknya, maka nilai amplitudo akan semakin mengecil. Pada kelas ini dibagi menjadi 2 kelas yaitu kelas 2 dan 2p. Kelas 2p memiliki koefisien refleksi positif pada *zero offset* dan biasanya terjadi pembalikan polaritas di dekat *near offset*. Sedangkan kelas 2 memiliki refleksi nol pada *offset* sama dengan nol.

Nilai impedansi pada kelas 3 ini lebih rendah dibandingkan dengan batuan penutupnya. Biasanya *sandstone* kelas ini memiliki amplitudo dan reflektivitas yang relatif tinggi di hampir semua *offset* dengan gradien yang besar. Koefisien refleksi pada sudut datang normal selalu negatif.

METODE PENELITIAN

Data

Data seismik yang digunakan adalah data seismik 3D *Pre Stack Time Migration* (PSTM) dan data CRP (*Common Reflection Point*) gather. Data log sumur yang diambil sebagai kontrol adalah sumur DBT-12 dan DBT-13. Sumur ini berisi beberapa data log diantaranya adalah log densitas, log *Gamma Ray*, log *Neutron*, log V_p dan log V_s

Pembuatan Sintetik Seismogram

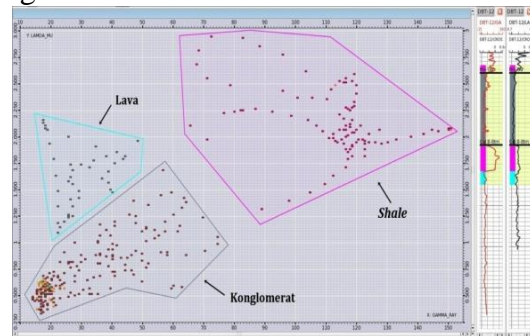
Pembuatan sintetik seismogram ini bertujuan untuk mendapatkan informasi geologi pada data seismik melalui proses pengikatan data sumur terhadap data seismik (*Well Seismic Tie*). Hal ini dikarenakan data sumur yang diperoleh terdapat informasi-informasi geologi bawah permukaan yang lengkap serta komprehensif. Informasi tersebut dapat berupa litologi, porositas, densitas maupun sifat fisis lainnya. Densitas, *sonic* serta *checkshot* merupakan data *input* dalam proses *well tie*.

Well Seismic Tie

Well tie dilakukan dengan mencocokkan refleksi data seismik dengan seismogram sintetik yang telah dibuat yang bersesuaian dengan bidang batasnya. Pencocokan ini

dilakukan dengan melihat kemiripan refleksi pada data seismik dengan sintetik seismogramnya. Untuk menyamakan data seismik dengan sintetik seismogramnya, maka sintetik ini dapat dilakukan *stretch* ataupun *squeeze*. Parameter yang digunakan untuk mengkoreksinya adalah koefisien korelasinya. Apabila koefisien korelasi yang didapatkan semakin mendekati nilai satu, maka dapat dikatakan bahwa *well tie* tersebut semakin baik.

parameter ini dapat membedakan litologi konglomerat dan lava.



Gambar 3 Krosplot antara gamma ray dengan lambda per mu di sumur DBT-12

3.1 Inversi AVO

Dalam tahap inversi AVO dilakukan proses perubahan data seismik menjadi data reflektivitas yang memiliki sifat fisis yang lebih jelas. Data seismik yang dijadikan sebagai input inversi AVO adalah data gather. Analisis data seismik gather ini dapat mencari anomali amplitudo seiring bertambahnya *offset*. Data gather yang merupakan koefisien refleksi sebagai fungsi sudut datang diubah menjadi reflektivitas. Inversi AVO menghasilkan beberapa atribut seismik yang dapat membedakan litologi maupun fluida. Atribut seismik yang dianalisis pada penelitian ini adalah reflektivitas lambda-rho, reflektivitas mu-rho, *intercept*, *gradient*, *fluid factor* dan *scaled poisson ratio changed*.

Analisis Grafik Respon AVO

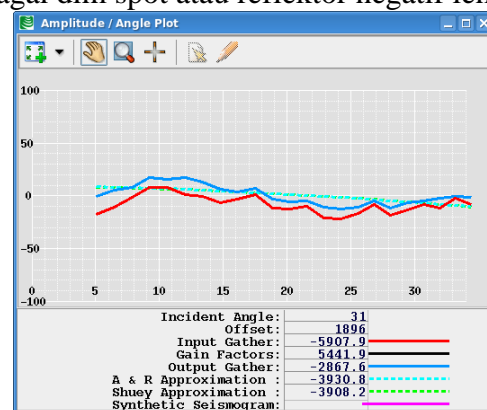
Grafik respon AVO menggambarkan hubungan antara perubahan amplitudo sinyal terpantul terhadap sudut datang (*angle of incidence*). Grafik ini dapat membedakan anomali kelas AVO yang mengindikasikan adanya hidrokarbon yang berada disekitar sumur DBT-12 pada *inline* 1257 dan *crossline* 4290 pada *tw*t 2053 ms. Berdasarkan grafik tersebut, lapisan reservoir pada CGL-B *bottom* ini termasuk kelas Iip.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Sensitivitas Data Log

Sumur DBT-12 ini mengandung litologi lava dan konglomerat yang berada di formasi Jatibarang. Sehingga diperlukan krosplot antara data log untuk melihat dan memahami karakteristik dari parameter log yang dapat didapatkan untuk membedakan litologi reservoir.

Amplitudo awal yang bernilai positif kemudian berubah menjadi negatif seiring meningkatnya sudut datang seperti yang terlihat pada gambar 4. Kelas Iip. Nilai impedansi antara reservoir dengan batuan di atasnya memiliki kontras beda impedansi yang kecil. Seringkali pada penampang seismik terlihat sebagai *dim spot* atau reflektor negatif lemah.



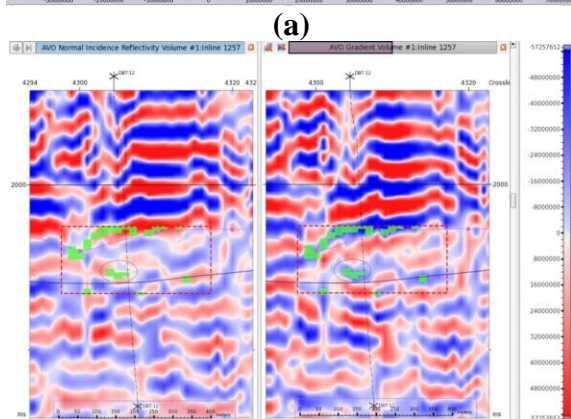
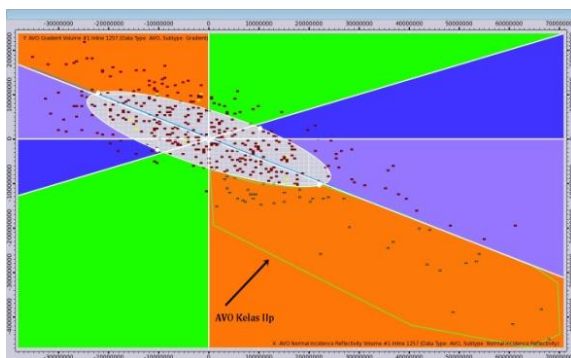
Gambar 4 Grafik antara amplitudo dengan sudut datang di sekitar sumur DBT-12 horizon CGL-B bottom

Parameter fisis yang sensitif terhadap pemisahan litologi batuan lava dan konglomerat adalah lambda per mu. Selain itu juga ada Poisson Ratio dan V_p/V_s . Ketiga parameter ini memiliki daerah persebaran yang hampir sama jika dilihat pada gambar 3. Nilai antara Poisson Ratio, Lambda per Mu dan V_p/V_s cenderung sebanding. Lambda-rho pada lava lebih besar dibandingkan konglomerat maka nilai lambda per mu, V_p/V_s dan Poisson Ratio cenderung lebih besar. Sehingga ketiga

Analisis Atribut Intercept (Normal Incident Reflectivity) dan Gradient

Intercept yang didapatkan pada sumur lapangan ini bernilai positif sedangkan nilai *gradient*nya negatif. Nilai negatif menunjukkan adanya perubahan gelombang P dan perubahan densitas yang cukup tinggi. Selain itu nilai negatif menunjukkan adanya penurunan kecepatan gelombang P. Hal tersebut terjadi karena kehadiran fluida hidrokarbon di dalam batuan reservoir. Hal ini sesuai dengan AVO kelas IIP.

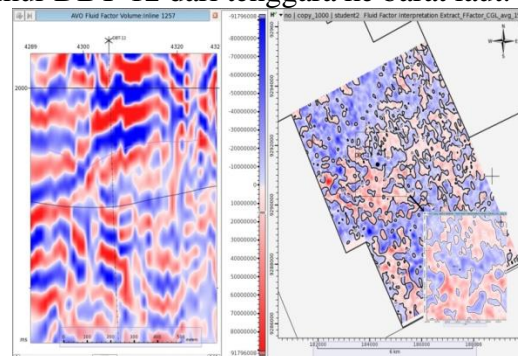
Penampang *intercept* dan *gradient* dikrosplotkan untuk mendapatkan persebaran titik-titik data pada *window* waktu yang sama pada diagram polar. *Trend* atau dalam hal ini garis lurus yang menghubungkan titik-titik tersebut yang merupakan hasil dari krosplot. Anomali AVO kelas IIP dimana nilai *intercept* positif dan *gradient* negatif yang berada pada kuadran IV ditandai dengan *scatter* yang berada dalam zona merah muda yang kemungkinan mengindikasikan adanya hidrokarbon.



Gambar 5 (a) Krosplot antara *intercept* (sumbu-x) dan *gradient* (sumbu-y) pada sumur DBT-12 dan (b) Penampang *intercept* (kiri) dan *gradient* (kanan) hasil krosplot yang ditandai dengan warna hijau yang berada disekitar CGL-B

Analisis Fluid Factor

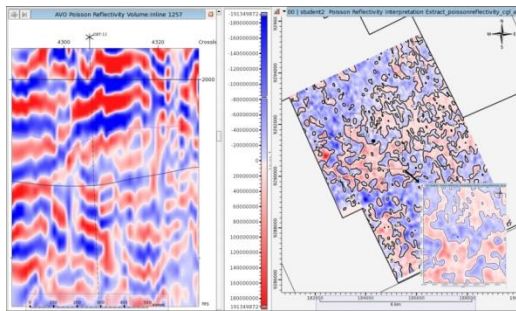
Fluid factor yang bernilai negatif menandakan adanya keberadaan hidrokarbon dalam reservoir tersebut. Nilai negatif disebabkan karena adanya penurunan kecepatan gelombang P yang bertemu dengan fluida. Sedangkan nilai kecepatan gelombang S menghilang (berubah menjadi 0) karena sifat kecepatan gelombang S yang tidak dapat melalui fluida. Pada gambar 6(a) terlihat nilai *fluid factor* yang negatif pada horizon CGL-B yang ditandai dengan warna biru. Arah persebaran hidrokarbon yang berada disekitar sumur DBT-12 dari tenggara ke barat laut.



Gambar 6 (a) Penampang *fluid factor* pada horizon CGL-B bottom yang berwarna biru menunjukkan nilai *fluid factor* negatif dan (b) Penampang *horizontal slice fluid factor* horizon CGL-B bottom

Analisis Poisson Reflectivity

Perubahan poisson ratio dari rendah ke tinggi akan menyebabkan nilai reflektivitas dari poisson ratio bernilai negatif. Perubahan poisson ratio ini mengindikasikan keberadaan gas dalam suatu reservoir. Gambar 7(a) menunjukkan nilai *poisson reflectivity* negatif yang berwarna biru. Gambar 7(b) menggambarkan arah persebaran hidrokarbon dari tenggara-barat laut.



Gambar 7 (a) Penampang *poisson reflectivity* pada horizon CGL-B bottom yang berwarna biru menunjukkan nilai *poisson reflectivity* negatif dan (b) Penampang *horizontal slice poisson reflectivity* horizon CGL-B bottom

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Parameter yang sensitif terhadap pemisahan antara konglomerat dan lava dari hasil krosplot adalah parameter Λ/μ , Poisson Ratio dan V_p/V_s . Ketiga parameter ini memiliki nilai yang sebanding.
2. Kelas anomali AVO yang didapatkan merupakan kelas I_{ip} yang dapat digunakan sebagai deteksi awal adanya kandungan hidrokarbon. Kelas I_{ip} memiliki nilai *intercept* positif sedangkan *gradient*nya bernilai negatif.
3. Hasil analisis *fluid factor* dan *poisson reflectivity* memiliki nilai reflektivitas negatif yang mengindikasikan adanya hidrokarbon dengan arah persebaran hidrokarbon yang berada di sekitar sumur DBT-12 pada lapisan CGL-B adalah Tenggara-Barat Laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Castagna, J.P., Swan, H.W., and Foster, D.J., 1998, *Framework For AVO Gradient and Intercept Interpretation*, Geophysics, 63, 948-956.
- Chiburis, E., Leaney, S., Skidmore, C., Frank, C., and McHugo, S., 1993, *Hydrocarbon Detection with AVO*, Oilfield Review, Januari.
- Goodway, B., Chen, T., and Downton, J., 1997, *Improved AVO Fluid Detection and Lithology Discrimination Using Lamé Petrophysical Parameters: " $\lambda\rho$ ", " $\mu\rho$ "*

and " $\lambda\mu$ Fluid Stack", from *P and S Inversions*, CSEG Expanded Abstracts, 148-151.

- Harun, M Rizky dkk., 2013, *Sandstone Reservoir Distribution of Cibulakan Formation Using Seismic Inversion Method: Extended Elastic Impedance (EEI) in Cemara Field, North West Java Basin*, Proceedings Indonesian Petroleum Association, IPA13-G-075.
- Hermawan, Ade Denny, 2010, *Inversi AVO Simultan dan Analisa Lambda Mu Rho untuk Mengidentifikasi Litologi dan Jenis Fluida: Studi Kasus Lapangan Penobscot Kanada*, ITB, Bandung.
- Pertamina, 2003, *Laporan Akhir Jasa Tenaga Ahli Pemodelan dan Interpretasi Seismik Tahun Anggaran 2002-2003*, Cirebon.
- Sumirah, 2007, *Deteksi Reservoir Gas Menggunakan Analisis AVO dan Inversi $\lambda\rho$ & $\mu\rho$ Data Seismik 3D (Studi Kasus di PT. Pertamina DOH JBB Cirebon)*, UGM, Yogyakarta.