

STUDI KOMPARASI KONVERSI MODULUS YOUNG DINAMIK KE STATIK PADA BATUPASIR DAN BATUGAMPING

Mochammad Ahied

Program Studi Pendidikan IPA, Universitas Trunojoyo Madura

Jl. Raya Telang Po Box 2 Kamal 69162

E-mail: ahiedalgaff@gmail.com

ABSTRAK

Pengukuran dinamik untuk mendapatkan konstanta elastik dihubungkan dengan besaran petrofisika utamanya porositas dan saturasi air sangat penting untuk penerapan penyebaran adanya reservoir. Sedangkan pengukuran statik biasanya dilakukan juga di dunia Migas untuk mendapatkan parameter mekanika batuan seperti, modulus Young, modulus ongkok (*bulk*) dan nisbah Poisson, sehingga perlu dilakukan mendapatkan hubungan keduanya untuk mendapatkan secara langsung. Dari pengukuran dinamik dan statik pada penelitian ini dibuat model hubungan konstanta elastik pada modulus Young (E) dengan porositas terhadap batupasir dan batugamping yang tersaturasi secara penuh ($S_w = 100\%$). Sehingga dengan diketahuinya satu konstanta elastik modulus Young dari pengukuran dinamik saja, maka dapat ditentukan pula semua konstanta elastik pada pengukuran statik tanpa mengukurnya.

Kata Kunci : Mekanika batuan, modulus young, porositas, dan saturasi.

ABSTRACT

Dynamic measurements to obtain the elastic constants associated with the amount of the main petrophysical porosity and water saturation is essential for the implementation of the deployment of the reservoir. While static measurements usually performed well in the world of oil and gas to obtain parameters such as rock mechanics, Young's modulus, bulk modulus and the Poisson ratio, so it is necessary to obtain the relationship of both to obtain directly. Of dynamic and static measurements in this study modeled the relationship elastic constants Young's modulus (E) with a porosity of the sandstones and limes tones fully saturated ($S_w = 100\%$). So by knowing the elastic constants Young's modulus of dynamic measurements alone, it can be determined also all elastic constants on static measurements without measuring it.

Keywords: rock mechanics, Young's modulus, porosity and saturation.

Pendahuluan

Dalam dua dekade terakhir, banyak usaha dilakukan untuk meningkatkan penggunaan data seismik untuk estimasi minyak bumi dan gas (migas). Secara umum para ahli mengukur dan menghasilkan waktu penjaralan gelombang seismik (*travel time*) dan impedansi akustik yang kemudian dapat mencerminkan litologi batuan (Munadi, 2000). Syarat yang harus dipenuhi oleh suatu batuan reservoir adalah harus mempunyai kemampuan untuk menampung dan mengalirkan fluida yang terkandung didalamnya. Dan hal ini dinyatakan dalam parameter petrofisika. Perkembangan selanjutnya memperlihatkan usaha dikembangkannya cara untuk mengekstraksi data seismik lebih jauh guna mendapatkan parameter-parameter petrofisika dari reservoir migas yang dalam hal ini disebut petrofisika seismik (Munadi, 2000). Besaran petrofisika yang dimaksud disini adalah porositas dan saturasi fluida reservoir dengan menggunakan model hubungan antara besaran elastik nisbah poisson dan impedansi akustik (Saptono, 2001). Porositas batupasir dan batugamping bagian penting dari geologi karena dalam batuan jenis ini sebagai media hidrokarbon.

Jenis data lain yang semakin dirasakan pentingnya dalam dunia perminyakan dan gas adalah data mekanika batuan. Khususnya aplikasi dalam perekahan hidraulik (*hydraulic fracturing*) dan aplikasi dalam operasi pemboran (Hartawan, 2001). Perekahan hidraulik (*hydraulic fracturing*) gunanya untuk merekahkan atau meluaskan rekahan pada batuan reservoir sehingga menambah laju minyak di sumur. Aplikasi dalam operasi pemboran

membantu dalam pemilihan bit yang tepat.

Parameter mekanik batuan yang diperlukan tersebut seperti kuat tekan (σ_c), nisbah Poisson (ν), modulus young (E), disamping parameter sifat mekanik yang lain umumnya diperoleh dari uji kompresi triaksial atas batuan perconton atau pengukuran statik. Modulus young (E) adalah parameter mekanik yang kerap dipakai dalam aplikasi perekahan hidraulik (*hydraulic fracturing*) sedangkan nisbah Poisson (ν) sering digunakan untuk mengestimasi gradien tekanan rekah (Fr). Namun pengukuran statik tersebut tidak banyak dilakukan karena hanya mengkonsentrasikan pada deformasi, kekuatan batuan (*strength*), dan keruntuhan batuan utuh (*failure of intact rock*) (Hudson dan Harrison), 1997) dan oleh karena itu maka data statik tersebut, pada umumnya, masih kurang tersedia di lapangan. Data-data elastik diperoleh berdasarkan kelakuan kurva tegangan (*stress*) – regangan (*strain*) dari batuan.

Alternatif lain adalah dengan melakukan pengujian dinamis yaitu melalui uji akustik baik di laboratorium, survei seismik, maupun log akustik, secara umum dapat diperoleh secara luas. Permasalahannya adalah survei dinamik sering dianggap tidak representatif dan tidak menunjukkan perilaku elastik batuan yang sesungguhnya. Untuk ini survei statik tetap dianggap terbaik. Dengan bertolak dari kenyataan diatas maka perlu untuk mencari hubungan statik-dinamik.

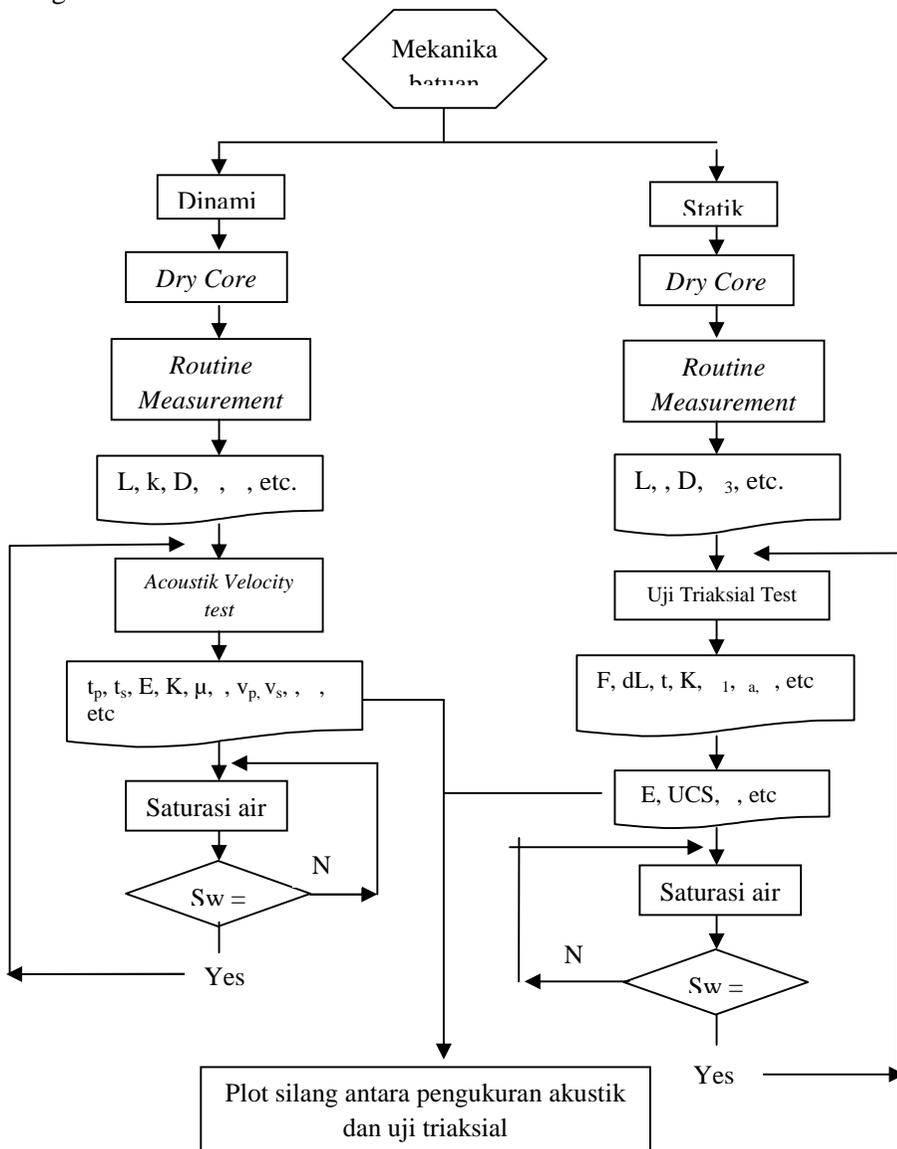
Metode Penelitian

Metodologi penelitian terdiri dari tahap-tahap untuk mempelajari tentang mekanika batuan, yang terdiri dari pengukuran dinamik (*acoustic test*) dan statik (uji kompresi triaksial) serta memahami keterkaitan dari penjaralan

gelombang dilatasi t_p dan t_s dari pengukuran dinamik (*acoustic test*) terhadap konstanta elastisitas dan hubungannya dengan statik (uji kompresi triaksial). Adapun bagan alir dari metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Untuk mendapatkan pemahaman tentang keterkaitan data pengukuran dinamik dan statik dari batupasir dan batugamping, maka ditempuh langkah-langkah sebagai berikut:

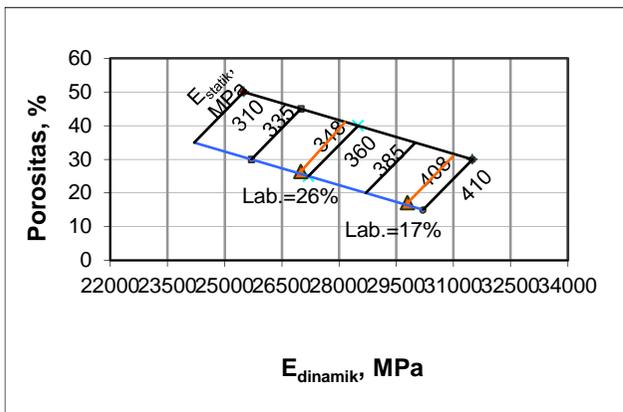
Pembuatan plot silang antara lain, E_d (dari pengukuran dinamik) vs porositas (ϕ) yang tersaturasi air secara penuh ($S_w = 100\%$), E_s (dari pengukuran dinamik) vs porositas (ϕ) yang tersaturasi air secara penuh ($S_w = 100\%$), sesuai porositas masing-masing. Sehingga nanti didapat konversi modulus Young dari pengukuran statik-dinamik dan sebaliknya.



Gambar 1. Bagan alir metodologi penelitian

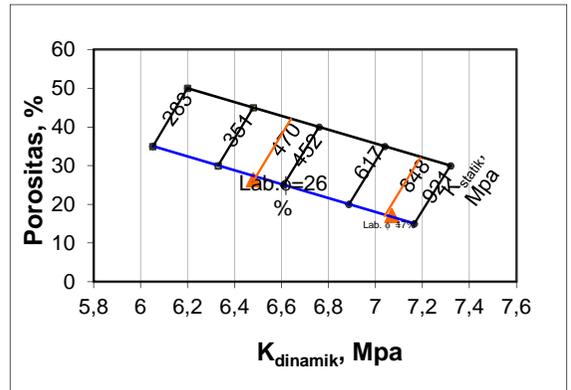
Hasil Penelitian dan Pembahasan

Sesuai tujuan penulisan ini untuk mendapatkan model dengan hanya didapat satu pengukuran dinamik maka didapat semua konstanta elastik statik, model terlihat bagus. Gambar 2. Pada porositas tertentu dengan ditarik garis horisontal dari porositas dan ditarik vertikal ke bawah didapat $E_{dinamik}$ dan ditarik ke atas didapat E_{statik} batugamping tersaturasi air secara penuh ($S_w=100\%$) dengan $P_{overburden} = 1000$ Psia dengan validitasnya terhadap pengukuran laboratorium

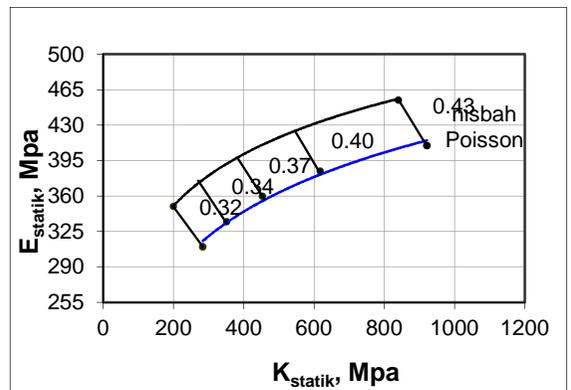


Gambar.2. Hubungan modulus Young dinamik, statik dengan porositas batugamping $S_w=100\%$ pada $P_{overburden} = 1000$ Psia.

Hubungan porositas dengan K_{statik} dan $K_{dinamik}$ Gambar 3. dengan validasi = 26% dan = 17% dari laboratorium.



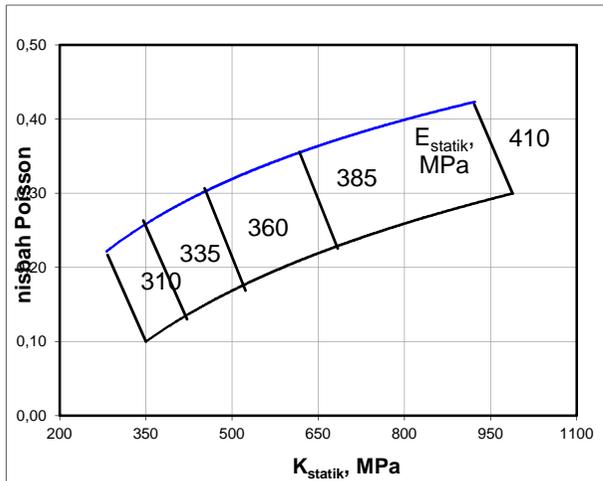
Gambar 3. Hubungan modulus ongkok dinamik, statik porositas batugamping $S_w=100\%$ pada $P_{overburden} = 1000$ Psia.



Gambar. 4. Hubungan modulus Young statik, modulus ongkok statik dengan Porositas batupasir $S_w=100\%$ pada $P_{overburden} = 1000$ Psia.

Dengan adanya konstanta elastik modulus ongkok (K) dan modulus young (E), maka didapat nisbah poisson Gambar 4. didapat hubungan E_{statik} dengan K_{statik} dan poisson, Gambar.5. didapat E_{statik} , K_{statik} dengan porositas terlihat bahwa

semakin besar K_{statik} terdapat jarak yang semakin besar ke Poisson dan E_{statik}



Gambar 5. Hubungan modulus Young statik, modulus ongkok statik Porositas batugamping $S_w=100\%$ pada $P_{\text{overburden}}=1000$ Psia.

Perbedaan pengukuran dinamik dan statik, secara laboratorium hasil dari pengukuran dinamik dan statik pada batuan pasir terdapat perbedaan. Adapun faktor-faktor yang membedakan dipengaruhi antara lain oleh: Prosedur eksperimen, antara statik dan dinamik, misalnya pada mulanya sangat kontras perbandingan modulus elastik dinamik dengan secant dan statik dengan tangen. Ternyata dari waktu ke waktu ditemukan bahwa koreksi untuk panjang pada conto batuan lebih dapat dipertanggung jawabkan.

Dalam penelitian ini ternyata pengukuran statik masih bisa dilakukan sampai 1000 psia sedangkan pada dinamik sampai 5000 psia. Dan koreksi panjang memang masih belum diperhatikan benar karena pengukuran dinamik telah dilakukan sedangkan pengukuran statik dalam tahap belajar *but*

this is not to say that there will not be experimental error.

Penjalaran gelombang pengukuran statik dan dinamik adalah fundamental pada hubungan stress-strain dari batuan, pada kenyataannya tidak hanya perbedaan amplitudo strain, dispersi, dan atenuasi tapi disebabkan oleh: kecepatan batuan dalam keadaan kering tidak terpengaruh frekuensi. Frekuensi yang dipakai dalam saturasi meminimalkan efek hamburan pada frekuensi tinggi.

Pengukuran dinamik (pengukuran akustik) dalam penelitian ini dipakai frekuensi 400 kHz untuk gelombang kompresi dan 150 kHz untuk gelombang shear. Gelombang akustik frekuensi tinggi (ultrasonik) cenderung mengalami atenuasi oleh faktor-faktor non geometrik seperti osilasi fasa fluida dan padatan yang tidak sempurna, Johnston dkk, 1979 dikutip dari Saptono, 2000 sehingga akan memperlambat Vp.

Di frekuensi rendah cukup waktu untuk aliran terjadi selama putaran gelombang tekanan fluida akan seimbang dan batuan akan relaks sedangkan pada frekuensi tinggi tidak cukup waktu untuk aliran terjadi sehingga batuan tidak relaks di tempatnya pengaruhnya batuan akan lebih kaku pada frekuensi tinggi dan kecepatan gelombang akan lebih tinggi.

Pengaruh pori dan struktur *microcracks* konfigurasi pori dan struktur *mikrocracks* berdampak pada nilai statik dan banyak juga dalam pengukuran dinamik. Kecepatan gelombang dari penjalaran akustik kurang dipengaruhi oleh *mikrocracks* di conto batuan lain daripada strain disebabkan statik stress, Ide, 1936 karena dianggap energi akustik melewati banyak *cracks*, biasanya paralel dengan arah penjalaran. Sedangkan pada pengukuran statik berhubungan pula dengan menutupnya *cracks*, Wals, 1965.

Karenanya pengaruh *mikrocracks* dan pori menghasilkan perbedaan antara E dinamik dan E statik.

Pengaruh *confining pressure*, pada tekanan rendah sampai tidak adanya *confining pressure*, gelombang akustik dipengaruhi struktur *cracks* dan porositas. Semakin besar kecepatan akan melewati rekahan dan kecepatan tidak cukup kuat untuk dipengaruhi.

Pada tekanan rendah sampai tidak adanya *confining pressure*, pembebanan statik (*loading static*) menjadikan menutupnya *cracks* sehingga akan mengecilkan kekakuan. Dengan adanya *confining pressure*, modulus dinamik akan meningkat dengan menutupnya *cracks*.

Pengaruh saturasi, jika *cracks* diisi fluida sekecil apapun akan mempengaruhi modulus. Dalam pengukuran dinamik kecepatan akan semakin besar seperti dibahas sebelumnya sedangkan dalam pengukuran statik tidak begitu berpengaruh tergantung apakah medium dapat mengalir atau tidak. Pengukuran statik tergantung difusi dan pembebanan (*loading*).

Simpulan dan Saran

Simpulan, Dengan dibuatnya pemodelan maka dengan hanya satu data dinamik (E_{dinamik}) dapat ditentukan data statik seperti E_{statik} , K_{statik} , dan nisbah Poisson pada batugamping tersaturasi air secara penuh ($S_w = 100\%$). Modulus Young (E) dinamik lebih besar daripada modulus Young (E) statik sama seperti penelitian terdahulu, sedangkan modulus ongkok (K) dinamik lebih kecil daripada modulus ongkok (K) statik sedangkan pada penelitian terdahulu dahulu lebih besar.

Kecepatan gelombang dari penjaralan akustik kurang dipengaruhi *mikrocracks*, energi akustik melewati

begitu saja banyak *mikrocracks* sedangkan pada statik berpengaruh pada saat menutupnya *mikrocracks* mengecilkan modulus.

Saran, Untuk penelitian lebih lanjut mungkin perlu dicoba dengan meningkatkan tekanan overburden diatas 1000 Psia Memperbanyak sampel terutama yang dalam keadaan kering sehingga bisa dipasang *strain gauge* untuk mendapat nilai nisbah Poisson .

Daftar Pustaka

Anonim, Petunjuk Penggunaan Alat “ Triaksial Compressive Strenght Tester”, Laboratorium Teknik Pemboran, Jurusan Teknik Perminyakan, ITB, 2000.

Dodi Hartawan, Pengolahan Data Uji Kekuatan Batuan dan Desain Alat Uji Triaksial, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perminyakan ITB, Bandung, 2001.

Fakhriyadi Saptono, Pemodelan Sifat Elastik dan Petrofisika Batuan untuk Penentuan Porositas dan Saturasi Fluida dengan Bantuan Data Seismik, Tesis Program Pascasarjana Bidang Sains dan Matematika, Studi Ilmu Fisika, Kekhususan Geofisika, UI, Jakarta, 2001.

Hudson, J dan Harrison, J, Engineering Rock Mechanics, Pergamon, 1997.

J.P. Sch n, Physical properties of Rocks Fundamental and

Principles of Petrophysics,
Vol.18, Handbook of
geophysical exploration, 1999.

Milton B. Dobrin dan Carl H. Savit,
Geophysical Prospecting,
McGraw-Hill, Singapura,
1988.

Sugeng Riyono, Pengukuran Statik
dan Dinamik, Bahan Kursus
Internal di Lingkungan KPRY
Eksplorasi, PPPTMGB
Lemigas, Jakarta, 2002.

Suprayitno Munadi, Aspek Fisis
Seismologi Eksplorasi,
Program studi Geofisika,
FMIPA-UI, Depok, 2000.