

## ANALISIS KECEPATAN GELOMBANG MEKANIK KOMPRESSI P (VP) PADA BATUAN SEDIMENT DENGAN MEMANFAATKAN SCIENCE WORKSHOP 750 INTERFACE

Linda Puspitasari, Khumaedi , dan Supriyadi

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229

### Info Artikel

Sejarah Artikel:  
Diterima Maret 2012  
Disetujui April 2012  
Dipublikasikan Mei 2012

kata kunci:  
Batuan sedimen  
kecepatan gelombang  
mekanik P  
Science Workshop 750  
Interface

### Abstrak

Sebagian besar permukaan bumi ditutupi oleh batuan sedimen. Batuan sedimen seperti batuan lempung, paliman dan konglomerat merupakan batuan yang banyak dimanfaatkan dan memiliki nilai ekonomi. Setiap batuan memiliki karakteristik dan sifat fisis yang beragam, Salah satunya adalah kecepatan gelombang mekanik yang merambat pada batuan. Nilai kecepatan gelombang mekanik suatu batuan dapat dihitung dengan metode delay time yang diukur dengan memanfaatkan 1 unit Science Workshop 750 Interface. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar nilai delay time suatu batuan maka kecepatan gelombang mekanik kompressi P (vp) semakin kecil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kecepatan gelombang mekanik kompressi P (vp) pada batuan paliman, yaitu antara 2045,93– 2207,53 m/s, batuan lempung 1812,62 – 1952,34 m/s, dan batuan konglomerat 419,11 – 429,06 m/s. Semakin keras dan membulat pori-pori suatu batuan maka kecepatan gelombang mekanik yang merambat pada batuan semakin besar. Batuan yang memiliki ukuran butir material penyusun yang beragam memiliki kecepatan gelombang mekanik lebih kecil.

## Pendahuluan

Batuan terbentuk dari mineral-mineral. Beberapa mineral utama pembentuk batuan yang umum dijumpai dapat dilihat pada Tabel 1. Sebagian besar permukaan bumi ditutupi oleh batuan sedimen. Batuan sedimen merupakan batuan yang banyak dimanfaatkan dan memiliki nilai ekonomi. Banyak mineral atau batuan yang bersifat ekonomi berdasarkan dengan batuan sedimen. Contoh batuan sedimen yang sering dimanfaatkan dan memiliki nilai ekonomi antara lain adalah batubara. Batubara digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi. Batuan lempung merupakan bahan dasar gerabah, pembentukan logam, mekanika tanah dan pemakainnya di lapangan minyak (Praptisih dkk., 2009). Batu paliman juga merupakan jenis batuan sedimen yang sering digunakan sebagai benda kerajinan dan ukiran. Batuan konglomerat banyak dimanfaatkan sebagai bahan bangunan dan lain sebagainya.

Setiap batuan memiliki karakteristik dan sifat fisis yang beragam, salah satunya adalah kecepatan gelombang mekanik yang merambat pada batuan. Kecepatan gelombang mekanik menyatakan sifat khas dari suatu bahan, termasuk batuan. Menurut Sutopo, dkk. (2009) semakin kecil atau lambat kecepatan gelombang P maka modulus elastisitasnya semakin kecil. Batuan yang mempunyai kecepatan gelombang P dan elastisitas paling besar merupakan jenis batuan yang memiliki tingkat kekerasan tinggi dan tidak mudah pecah.

Gelombang mekanik adalah sebuah gelombang yang dalam perambatannya memerlukan medium. Contoh gelombang mekanik ialah gelombang bunyi yang merupakan gelombang longitudinal (Sutrisno, 1979: 2). Kecepatan rambat gelombang mekanik pada suatu medium padat ditentukan oleh frekuensi sumber, karakterisasi bahan, dan keadaan lingkungan. Setiap benda tegar selalu memiliki frekuensi diri beserta harmoniknya yang disebabkan oleh karakterisasi suatu bahan seperti kerapatan molekul, porositas dan lain sebagainya (Sutopo dkk., 2009). Suatu batuan memiliki dua komponen, yaitu komponen padatan dan komponen rongga (*pori*). Pori-pori merupakan ciri batuan sedimen klastik, yang semakin membulat pori-pori batuan maka cepat rambat gelombang semakin besar

(Nurwidianto dkk., 2005). Kecepatan rambat gelombang merupakan parameter yang sering diukur baik secara insitu maupun secara laboratorium (Samsul, 2004). Di antara sifat yang sering diukur adalah kecepatan gelombang mekanik kompresi P (vp). Gelombang P (*pressure*) adalah gelombang longitudinal, yaitu gerak partikel yang mengalami gangguan, searah dengan arah perambatannya. Bila suatu lapisan batuan dikenakan gangguan dari luar, maka pada batuan tersebut akan terjadi beberapa tipe gelombang yang merambat ke segala arah dengan kecepatan yang berbeda-beda (Salim & Sudjatmiko, 1993).

Untuk mengetahui nilai kecepatan gelombang mekanik suatu batuan dapat dilakukan dengan cara melakukan pengukuran yang tidak merusak, yaitu dengan menghubungkan sinyal keluaran ke layar komputer sehingga dapat dibaca waktu tempuh gelombang P. Pengukuran waktu tempuh pada batuan dapat dilakukan dengan memanfaatkan 1 unit Science Workshop 750 Interface. Alat tersebut dapat mengukur dan menyimpan data berupa grafik waktu tempuh (*travel time*) sampel batuan yang diberi usikan dan ditampilkan hasilnya pada layar komputer sebagai sinyal keluaran. Nilai-nilai kecepatan gelombang mekanik yang melalui suatu bahan dengan densitas tertentu, diperoleh dengan mengukur panjang bahan dan waktu tempuh gelombangnya. Nilai delay time penjalanan gelombang batuan yang diuji dapat ditentukan dari grafik waktu tempuh. Jika panjang sampel batuan dan delay time diketahui, maka kecepatan gelombang mekanik yang merambat pada batuan dapat dihitung (Sutopo dkk., 2009).

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui nilai delay time dan kecepatan gelombang mekanik kompresi P (vp) yang merambat pada batuan sedimen lempung,

Tabel 1. Tabel skala kekerasan mohs  
(Magetsari dkk., 2004)

Talc	1
Gypsum	2
Kalsit	3
Flourit	4
Apatit	5
K-feldsfar	6
Kwarsa	7
Korondum	8
Topaz	9
Intan	10

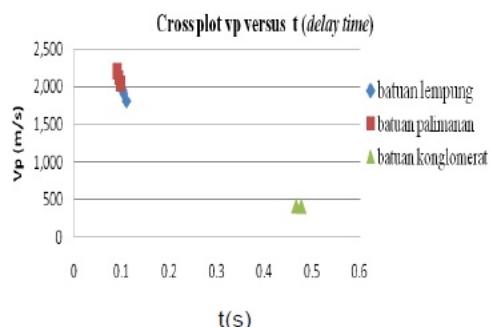
paliman dan konglomerat yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan memanfaatkan 1 unit Science Workshop 750 Interface.

#### Metode

Penelitian dilakukan dengan menguji sampel batuan dan pemrosesan data dengan memanfaatkan 1 unit alat *Science Workshop 750 Interface*. Uji sampel batuan dilakukan di laboratorium ELLINS (Elektronika dan Instrumentasi) Jurusan Fisika FMIPA UNNES (Universitas Negeri Semarang) mulai bulan Juli sampai dengan Desember 2011.

Pada penelitian ini, sumber bunyi diperoleh dengan memberi usikan (memukul batuan) pada ujung batuan, yang dipasang microphone sebagai pendekripsi gelombang bunyi dan terhubung channel C pada alat *Science Workshop 750 Interface*. Sumber bunyi memberikan pulsa-pulsa gelombang bunyi, sehingga batuan tersebut bergetar. Getaran ini diteruskan oleh batuan sebagai gelombang mekanik yang menjalar ke segala arah dan diperoleh dalam layar komputer berupa display graph channel C sebagai sinyal keluaran. Di ujung sampel batuan berikutnya dipasang sensor suara (*sound sensors*) yang terhubung ke channel A untuk mendekripsi akhir perambatan gelombang, sehingga diperoleh display graph channel A sebagai sinyal keluaran. Dengan menentukan simpangan vertikal awal (*first break*) atau titik awal terjadinya bentuk muka gelombang pada grafik penjalaran gelombang masing-masing channel pada layar komputer, dapat diperoleh nilai delay time (t) sebagai selang waktu penjalaran gelombang, yaitu dengan mengurangi nilai *first break* channel A (tA) dengan *first break* channel C (tc). Data disajikan dalam satuan milisekon (ms).

Untuk memudahkan interpretasi data, grafik display graph masing-masing channel dipindah ke dalam program microsoft excel. Setelah mengetahui panjang tiap sampel batuan (x) yang didefinisikan sebagai vektor



Gambar 1. Grafik hubungan antara vp dan t untuk berbagai batuan sedimen

Tabel 2. Delay time (t) dan kecepatan gelombang mekanik kompressi (vp)

Batuan	material penyusun/batuan asal	$\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> )	x (m)	t (s)	vp (m/s)
Paliman	Batu pasir (1400 – 4300 m/s)	1,68	0,2	0,000090599	2207,53
			0,2	0,000094337	2120,06
			0,2	0,000097755	2045,93
Lempung	Lempung (1000 – 2500 m/s)	2,15	0,2	0,000102441	1952,34
			0,2	0,000104839	1907,69
			0,2	0,000110377	1812,63
Konglomerat	Pasir dan kerikil (400 – 500 m/s)	2,17	0,2	0,000466133	429,06
			0,2	0,000476443	419,78
			0,2	0,000477200	419,11

sesuai bentuk persamaan kecepatan rata-rata yaitu dengan menghitung perbandingan x dengan t.

#### Hasil dan Pembahasan

berpindah dari channel C ke channel A, dan nilai delay time (t) batuan, maka dapat dihitung cepat rambat gelombang kompressi P (vp), sesuai bentuk persamaan kecepatan rata-rata yaitu dengan menghitung perbandingan x dengan t.

Gambar 1 dan Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin besar t maka vp batuan semakin kecil. Pada gambar dan grafik menunjukkan harga vp berturut-turut dari yang besar adalah batuan paliman yaitu antara 2045,93 – 2207,53 m/s, batuan

lempung 1812,62 – 1952,34 m/s dan batuan konglomerat 419,11 – 429,06 m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan gelombang kompressi P maka modulus elastisitasnya dan tingkat kekerasan semakin besar (Sutopo dkk., 2009).

Batuan paliman merupakan jenis batuan pasir (*sand stone*), yang banyak mengandung mineral kwarsa dengan bentuk butir yang sangat membulat. Pori-pori yang terdapat di antara butir-butir terjadi secara primer. Bentuk fisik paliman yang berwarna putih pada penelitian menunjukkan bahwa batuan paliman memiliki kadar kwarsa yang tinggi, dengan derajat kekerasan 7 skala mohs, Batuan ini sangat berpori, memiliki butir yang sangat bundar. Warna batuan pada penelitian ini yang mendekati putih menunjukkan bahwa hampir sebagian besar komponen batuan paliman terdiri dari kwarsa (Bowles, 1991: 72-73). Dari hasil penelitian dan analisis data, diperoleh nilai kecepatan gelombang mekanik kompresi P (vp) yang merambat pada batuan paliman antara 2045,93 – 2207,53 m/s, karena batuan

palimanian termasuk jenis sand stone dan tergolong batuan sedimen klastik. Batuan sedimen klastik adalah batuan yang memiliki susunan kimia sama dengan susunan kimia batuan asalnya yaitu batu pasir (sand stone), sehingga mineral komponen penyusun batuan palimanian sama dengan batu pasir. Batu pasir adalah batuan yang renggang (loose) tapi padat (*compact*), yang terdiri dari fragmen-fragmen dengan diameter berukuran 0,05 – 0,2 mm. Fragmen-fragmen tersebut menyatu dan mengeras (*cemented*) (Nurwidianto dkk., 2005). Literatur menunjukkan bahwa nilai kecepatan gelombang mekanik kompressi  $P$  ( $vp$ ) batuan pasir antara 1400 – 4300 m/s. Dengan demikian, hasil penelitian yang dilakukan sesuai dengan literatur dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Pada batuan lempung nilai  $vp$  hampir mendekati batuan palimanian. Batuan lempung memiliki struktur yang cukup padat dengan besar butir kurang dari 0,002 mm. Sumber utama batuan lempung adalah feldspar dan muskovit yang memiliki kekerasan 6 skala mohs, satu tingkat di bawah mineral kwarsa. Batuan lempung merupakan jenis batuan endapan sedimen klastik yang terbentuk dari lempung (tanah liat). Karena lempung mengandung air maka bersifat lembab atau liat (Katili & Marks, 1963: 83). Batuan lempung berbutir sangat halus, lebih kecil dari 0,002 mm dan mengandung mineral lempung dengan kristal yang sangat kecil. Tabel 2 menunjukkan bahwa untuk batuan lempung dari hasil penelitian memiliki kecepatan gelombang mekanik kompresi  $P$  ( $vp$ ) antara 1812,63 – 1952,34 m/s. Menurut literatur, material batuan lempung yang mempunyai nilai  $vp$  antara 1000 - 2500 m/s.

Batuan konglomerat memiliki nilai  $vp$  paling kecil, yaitu antara 419,11 – 422,65 m/s. Hal ini terjadi karena batuan konglomerat memiliki struktur pori dengan ukuran butir material beragam, sehingga kecepatan gelombang yang merambat menjadi kecil. Batuan konglomerat terbentuk secara mekanis, sehingga digolongkan jenis batuan sedimen klastik. Literatur menunjukkan bahwa nilai  $vp$  pasir dan kerikil adalah 400 - 500 m/s. Batuan konglomerat tersusun oleh pasir dan kerikil, sehingga nilai kecepatan gelombang mekaniknya sama dengan komponen penyusunnya.

Gambar 2. Foto permukaan komposit (a). 90% barium ferit + 10% Cult. (b). 80% barium ferit + 20 % kaca cult. (c). 70% barium ferit + 30 % kaca cult. (d). 60% barium ferit + 40 % kaca cult. (e). 50% barium ferit + 50 % kaca cult.

#### Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan uraian-uraian sebelumnya, diperoleh kesimpulan bahwa semakin besar delay time yang merambat pada batuan maka nilai kecepatan gelombang mekanik semakin kecil. Kecepatan gelombang mekanik kompressi  $P$  ( $vp$ ) untuk sampel batuan palimanian yaitu, antara 2045,93 – 2207,53 m/s, batuan lempung 1812,62 – 1952,34 m/s dan batuan konglomerat 419,11 – 429,06 m/s.

#### Daftar Pustaka

- Bowles J.E. 1991. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknik Tanah (Mekanika Tanah)* Edisi kedua. Jakarta: Erlangga
- Katili, J.A. & D.P. Marks. 1963. *Geologi*. Jakarta: Departemen Urusan Research Nasional.
- Magetsari, N.A & C.I Abdullah & B. Brahmantyo. 2004. *Geologi Fisik*. Bandung: ITB.
- Nurwidianto, M.I., I. Noviyanti, & S. Widodo. 2005. *Estimasi hubungan porositas dan permeabilitas pada batu pasir (study kasus formasi kerek, Ledok Selerejo)*. Jurnal Berkala Fisika Volume 8 nomor 3, ISSN 1440- 9622. Semarang : UNDIP.
- Praptisih, Kamtono, P. S. Putra & M. Hendrizan. 2009. *Karakteristik Batuan Sumber (Source Rock ) Hidrokarbon pada Formasi Batuasih di daerah Sukabumi, Jawa Barat*. Jurnal Geologi Indonesia Vol 4 No 3. Bandung: LPI Bandung.
- Salim, A & B. Soedjatmiko. 1993. *Kontribusi Seismik Refraksi Dalam Pengukuran Modulus Elastisitas Batuan*. Jurnal Teknologi Indonesia jilid XVI Nomor 2. Bandung: LPI Bandung.
- Sutrisno. 1979. *Fisika Dasar : Gelombang dan Optik*. Bandung: penerbit ITB
- Sutopo K, E. Ibrahim, N.Kurniawati & F. Lasmana. 2009. *Studi Modulus Elastisitas (Modulus Young) untuk Karakterisasi Berbagai Jenis Batubara Berdasarkan Analisis Kecepatan Gelombang*. Jurnal Penelitian Sains, Volume 12 Nomor 2 (B). Sumatera Selatan.: Universitas Sriwijaya