

Pengukuran Kecepatan dan Amplitudo Gelombang Ultrasonik untuk Klasifikasi Kualitas Batubara

HADI¹⁾, AMORANTO TRISNOBUDI²⁾, FRINSYAH VIRGO¹⁾, DAN DEDDY KURNIADI²⁾

¹⁾Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia

²⁾Jurusan Fisika Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

INTISARI: Umumnya, untuk menentukan kualitas batubara dilakukan analisa kimia, misalnya menggunakan analisis proksimat dan ultimat. Selama ini pengujian kualitas batubara dilakukan di laboratorium. Pengujian ini memakan waktu yang cukup lama untuk mengetahui kualitas batubara tersebut. Untuk mengetahui kualitas batubara dapat dilakukan dengan mengukur sifat akustik gelombang ultrasonik yang menembus batubara. Pada pengukuran sifat akustik batubara dengan uji ultrasonik, telah dilakukan dengan pengukuran untuk masing-masing sampel. Dari hasil penelitian, rentang kecepatan gelombang ultrasonik untuk semua sampel batubara adalah antara 787 - 3335 m/s. Jadi, pengukuran parameter fisika batubara telah dapat dilakukan dengan metode ultrasonik, khususnya untuk jenis antrasit. Untuk jenis bituminus dan subbituminus tidak dapat diukur dengan baik.

KATA KUNCI: kualitas batubara, kecepatan gelombang ultrasonik, amplitudo gelombang ultrasonik

ABSTRACT: In generally, to determine the coal quality by using chemical analysis, for example proximate and ultimate analysis. So far, the coal quality test conducted only in the laboratory. This test takes a long time to know the quality of the coal. To determine the quality of coal can be done by measuring the acoustic properties of ultrasound waves through the coal. In the measurement of acoustic properties of coal with ultrasonic testing, has been done with measurements for each sample. As results, ultrasonic wave velocity ranges for coal samples are between 787 - 3335 m/s. Thus, the measurements of physical parameters of coal have been possible with the ultrasonic method, especially for the anthracite type. For bituminous and sub bituminous types cannot be measured properly.

KEYWORDS: coal quality, ultrasonic wave speed, amplitude ultrasonic waves.

E-MAIL: hadi@unsri.ac.id

Januari 2010

1 PENDAHULUAN

Kualitas batubara adalah sifat fisika dan kimia dari batubara yang mempengaruhi potensi kegunaannya. Kualitas batubara ditentukan oleh maseral dan *mineral matter* penyusunnya, serta oleh derajat *coalification (rank)*. Umumnya, untuk menentukan kualitas batubara dilakukan analisa kimia pada batubara yang diantaranya berupa analisis proksimat dan analisis ultimat. Analisis proksimat dilakukan untuk menentukan jumlah air (*moisture*), zat terbang (*volatile matter*), karbon padat (*fixed carbon*), dan kadar abu (*ash*), sedangkan analisis ultimat dilakukan untuk menentukan kandungan unsur kimia pada batubara seperti karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, unsur tambahan dan juga unsur jarang. Kualitas batubara ini diperlukan untuk menentukan apakah batubara tersebut menguntungkan untuk ditambang selain dilihat dari besarnya cadangan batubara di daerah penelitian.

Selama ini pengujian kualitas batubara dilakukan

di laboratorium. Pengujian tersebut cukup memakan waktu. Pemanfaatan metode ultrasonik untuk menentukan parameter fisika batubara didasarkan pada beberapa penelitian terdahulu seperti pengukuran parameter fisika cairan, beton, karet bahkan buah-buahan yang cukup berhasil^[1,2]. Khusus untuk pengukuran parameter fisik cairan yang telah dilakukan sebelumnya mempunyai kesalahan sekitar 10%. Adapun prosedur dalam penelitian yang akan dilakukan dengan mengambil sampel batubara dari semua jenis yang ada di Tambang Batubara di Provinsi Sumatera Selatan. Sampel uji diusahakan mewakili semua jenis batubara yang ada yaitu dari jenis batubara berkualitas rendah sampai berkualitas tinggi.

Metode ultrasonik selama ini sudah teruji cukup baik dan dapat diaplikasikan untuk pengukuran secara cepat bahkan untuk monitoring secara *realtime*. Untuk mengetahui kualitas batubara dapat dilakukan dengan mengukur sifat akustik gelombang seperti, cepat rambat dan koefisien gelombang ultrasonik yang merambat pada batubara. Hasil ini akan dicari ko-

relasinya dengan parameter fisika dalam hal ini besaran kualitas batubara seperti, kandungan energi, kadar air, kadar abu, karbon padat dan lain-lain. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Ultrasonik Teknik Fisika ITB. Sebagai validasi, sampel batubara juga akan diukur dengan metode standar yang bekerja sama dengan PT. Sucifindo Palembang.

Biasanya parameter fisika ini ditentukan dengan mengambil sampel batubara dan membawanya ke laboratorium untuk diukur. Tetapi ini memerlukan waktu yang relatif lama, biasanya beberapa jam kemudian hasil baru dapat ditentukan. Tentunya akan lebih baik bila parameter fisika batubara ini dapat dipantau langsung setiap saat sehingga usaha-usaha perbaikan dapat dilakukan dengan segera.

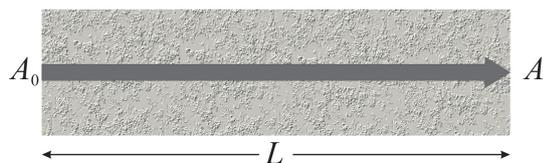
Adapun tujuan dari penelitian ini adalah dapat menentukan kualitas batubara secara cepat dan tepat dengan metode ultrasonik, yang pada akhirnya (setelah tahun kedua) dapat menginformasikan klasifikasi secara umum jenis batubara yang ada di Sumatera Selatan. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan dalam suatu proses peningkatan kualitas batubara, dimana biasanya selalu dilakukan pengukuran-pengukuran selama proses berlangsung untuk mengetahui keadaan proses yang sedang berjalan. Hal ini bertujuan untuk memantau kualitas dari batubara yang nanti dihasilkan. Parameter yang biasanya diukur antara lain adalah kadar air, kadar abu, dan karbon padat.

2 TINJAUAN PUSTAKA

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik/akustik dengan frekuensi di atas 20 kHz, sehingga tidak terdengar oleh telinga manusia. Untuk menghasilkan gelombang ultrasonik diperlukan suatu transduser, dimana tegangan listrik yang diterima transduser akan diubah menjadi mekanik. Kecepatan gelombang akustik yang sedang menjalar di dalam suatu medium bergantung pada sifat-sifat medium tersebut:

$$c = \frac{L}{t}$$

dengan c, L dan t berturut-turut adalah kecepatan gelombang (m/s), tebal medium (m), dan waktu tempuh gelombang ultrasonik (s). Pada Gambar 1 ditun-



GAMBAR 1: Perambatan gelombang dalam medium

jukkan sebuah gelombang akustik yang sedang menjalar di dalam suatu medium. Gelombang ini akan mengalami pengurangan amplitudo yang bergantung

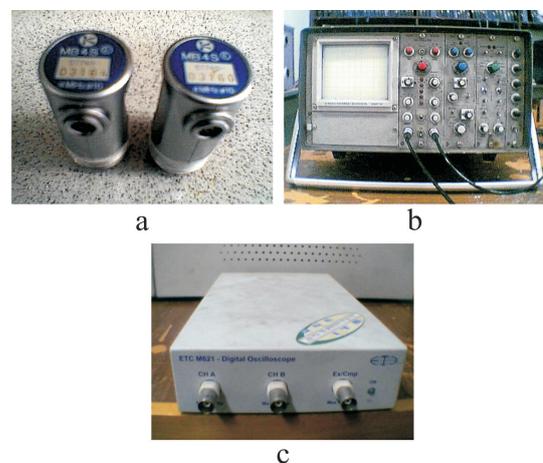
pada jarak tempuh dan koefisien atenuasi:

$$A = A_0 10^{\alpha L/20}$$

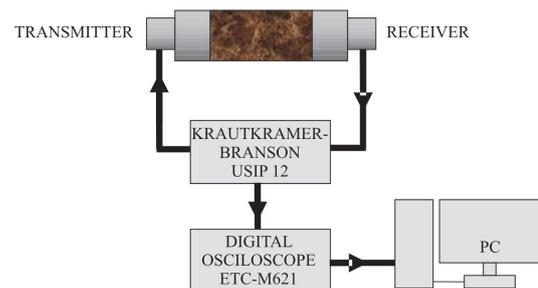
dengan A, A_0, α dan L , berturut-turut adalah amplitudo setelah menjalar sejauh L , amplitudo mula-mula, koefisien atenuasi, dan jarak tempuh (m).

3 METODE PENELITIAN

Sampel batubara akan diukur cepat rambat dan koefisien atenuasi gelombang ultrasonik menggunakan fasilitas perangkat ultrasonik yang terdapat di Laboratorium Ultrasonik Teknik Fisika ITB. Peralatan dan kelengkapan dari perangkat ultrasonik dapat dilihat pada Gambar 2. Set peralatan dalam penelitian ini ditampilkan pada Gambar 3^[3].



GAMBAR 2: (a) Transduser Ultrasonik, (b) Signal Generator, (c) Osiloskop Digital



GAMBAR 3: Diagram blok pengukuran

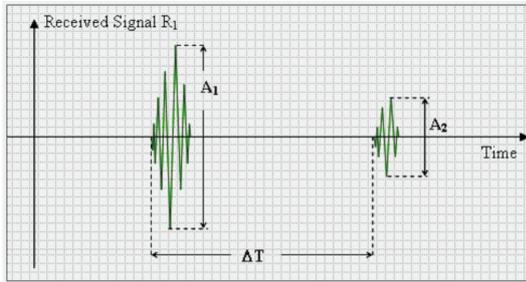
Hasil pengukuran dari *set-up* peralatan akan menghasilkan sinyal seperti diilustrasikan pada Gambar 4. Dengan fasilitas pada perangkat lunak osiloskop digital ETC-621, dapat diukur dengan cukup presisi besarnya waktu tempuh (ΔT) gelombang dan besarnya amplituda pulsa pertama (A_1) dan pulsa kedua (A_2).

Selanjutnya, dihitung kecepatan gelombang (c) untuk sampel batubara dengan tebal (L) dengan rumus^[4],

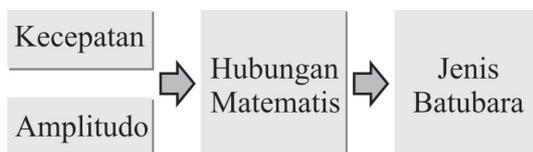
$$c = \frac{L}{\Delta T}$$

Koefisien atenuasi (α) juga dapat dihitung dengan hubungan^[3],

$$A_2 = A_1 10^{\alpha L/20}$$



GAMBAR 4: Contoh sinyal yang akan diukur^[3]



GAMBAR 5: Ilustrasi perhitungan dengan hubungan matematis

Dari ketiga sampel yang telah diukur menunjukkan adanya perbedaan yang cukup signifikan terhadap parameter fisika berupa nilai kecepatan gelombang dan koefisien atenuasi. Dari dua sifat akustik dikorelasikan dengan beberapa sifat batubara yang menentukan kualitasnya (kandungan energi). Bila tidak terdapat hubungan yang jelas dengan hubungan matematis maka langkah antisipasi yang akan dilakukan dengan metode ANN (*artificial neural network*) yang sebelumnya terbukti cukup handal^[5-7].

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian juga menunjukkan beberapa variasi pengukuran yang mempunyai konsistensi yang berbeda. Pada pengukuran sampel 1 dengan frekuensi 200 kHz (Gambar 6) memiliki presisi yang cukup tinggi untuk 10 kali pengulangan pengukuran, kecepatan ultrasonik dengan simpangan rata-rata sebesar 11 m/s setiap pengukurannya. Sedangkan pengukuran kecepatan, presisi terendah terdapat pada pengukuran sampel 18 (Gambar 7) dengan simpangan sebesar rata-rata sebesar 590 m/s setiap pengukurannya.

Analisis selanjutnya dengan membandingkan parameter fisika hasil pengukuran sinyal ultrasonik dengan jenis batubara setiap sampel. Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan hubungan antara kecepatan, amplitudo terhadap jenis batubara dengan pengukuran menggunakan sensor berfrekuensi 40 kHz dan 200 kHz. Beberapa pengukuran sinyal ultrasonik telah menunjukkan bahwa untuk jenis batubara antrasit memiliki

kecepatan yang rata-rata lebih tinggi dari yang lain. Sedangkan untuk subbituminus memiliki kecepatan yang rata-rata lebih rendah dari yang lain.

Pada Tabel 3 ditunjukkan secara keseluruhan rentang pengukuran jenis batubara terhadap parameter fisika dari sinyal ultrasonik. Untuk jenis antrasit didapatkan range kecepatan antara 1173 - 3335 m/s dan amplitudo antara 67 - 19000 mV. Khusus hasil kecepatan sudah dapat menunjukkan bahwa untuk kecepatan yang lebih tinggi cukup diyakini bahwa jenis batubara tersebut adalah antrasit, tapi untuk kecepatan yang masih cukup rendah, masih belum meyakinkan bahwa jenis batubara tersebut adalah antrasit. Sedangkan untuk jenis bituminus memiliki rentang kecepatan antara 678 - 2225 m/s dan rentang amplitudo 44 - 10000 mV. Disini terlihat bahwa rentang kecepatan bituminus tidak menunjukkan perbedaan secara pasti dengan jenis antrasit. Sedangkan apabila dibandingkan dengan rentang kecepatan subbituminus juga terlihat adanya persamaan rentang pengukuran kecepatan.

Terhadap nilai pengukuran amplitudo pada penelitian ini belum dapat dijadikan parameter ukur dikarenakan tidak adanya hubungan yang jelas terhadap jenis batubara. Namun untuk beberapa sampel pada jenis antrasit, nilai amplitudonya rata-rata lebih tinggi dibanding jenis yang lain. Namun untuk jenis bituminus dan subbituminus, amplitudo tidak dapat dijadikan parameter karena rentang pengukuran yang dapat cenderung sama.

5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut:

1. Rentang pengukuran kecepatan sinyal ultrasonik untuk sampel batubara antara 787 - 3335 m/s. Rentang ini sudah dicukup benar mengingat pada kenyataannya batubara memiliki rentang kecepatan yang cukup lebar.
2. Pengukuran parameter fisika batubara telah dapat dilakukan dengan metode ultrasonik, khususnya untuk jenis antrasit. Sedangkan untuk jenis bituminus dan subbituminus belum dapat diukur dengan baik.
3. Nilai amplitudo sinyal pengukuran ultrasonik, masih belum dapat dijadikan parameter ukur dan perlu diteliti lebih lanjut dikarenakan data yang diperoleh masih memiliki rata-rata simpangan yang cukup besar.
4. Penelitian lanjutan diharapkan mampu membuat alat portabel yang mampu mengetahui jenis batubara berdasarkan parameter fisika dari sinyal ultrasonik.

TABEL 1: Hasil Pengukuran Batubara dengan sensor ultrasonik frekuensi 40 kHz

Sampel No	v (m/s)	Amplitudo (mili volt)	Jenis Batubara	Sampel No	v (m/s)	Amplitudo (mili volt)	Jenis Batubara
1	1790 ± 225	10 ± 3	Bituminus	11	1257 ± 112	175 ± 84	Bituminus
2	1569 ± 225	254 ± 196	Bituminus	12	1289 ± 177	43 ± 29	Bituminus
3	2276 ± 365	492 ± 205	Antrasit	13	2067 ± 524	115 ± 70	Bituminus
4	1342 ± 350	19 ± 8	Antrasit	14	1717 ± 132	416 ± 312	Bituminus
5	1173 ± 118	109 ± 131	Antrasit	15	1424 ± 234	67 ± 46	Antrasit
6	1861 ± 522	455 ± 344	Subbituminus	16	1430 ± 118	43 ± 32	Bituminus
7	1288 ± 272	352 ± 211	Bituminus	17	1474 ± 159	136 ± 94	Bituminus
8	2449 ± 218	159 ± 111	Subbituminus	18	1830 ± 168	670 ± 689	Bituminus
9	2255 ± 206	376 ± 221	Bituminus	19	1818 ± 198	254 ± 263	Subbituminus
10	2133 ± 194	121 ± 67	Bituminus	20	2077 ± 475	410 ± 422	Subbituminus

TABEL 2: Hasil Pengukuran Batubara dengan sensor ultrasonik frekuensi 200 kHz

Sampel No	v (m/s)	Amplitudo (mili volt)	Jenis Batubara	Sampel No	v (m/s)	Amplitudo (mili volt)	Jenis Batubara
1	989 ± 11	7 ± 2	Bituminus	11	1891 ± 108	2 ± 0	Bituminus
2	1458 ± 38	15 ± 4	Bituminus	12	1480 ± 203	4 ± 2	Bituminus
3	2230 ± 25	7 ± 1	Antrasit	13	1064 ± 31	3 ± 1	Bituminus
4	3335 ± 128	10 ± 2	Antrasit	14	2155 ± 263	8 ± 1	Bituminus
5	2851 ± 90	4 ± 1	Antrasit	15	2178 ± 180	8 ± 3	Antrasit
6	1031 ± 219	281 ± 236*	Subbituminus	16	1773 ± 299	2 ± 0	Bituminus
7	1255 ± 80	15 ± 4	Bituminus	17	678 ± 158	129 ± 42*	Bituminus
8	787 ± 160	331 ± 352*	Subbituminus	18	1535 ± 590	4 ± 1	Bituminus
9	911 ± 231	62 ± 166*	Bituminus	19	944 ± 437	297 ± 279*	Subbituminus
10	1626 ± 178	6 ± 2	Bituminus	20	1581 ± 158	7 ± 1	Subbituminus

*) dalam milivolt

UCAPAN TERIMA KASIH

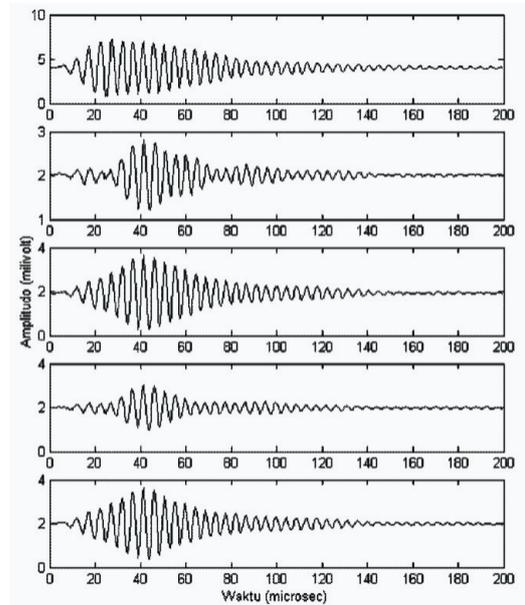
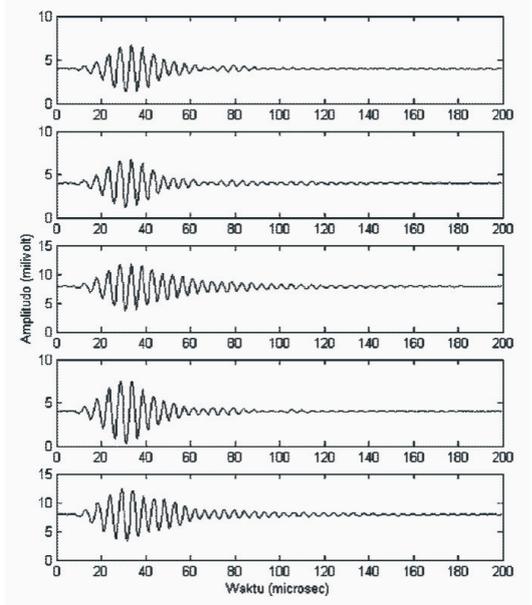
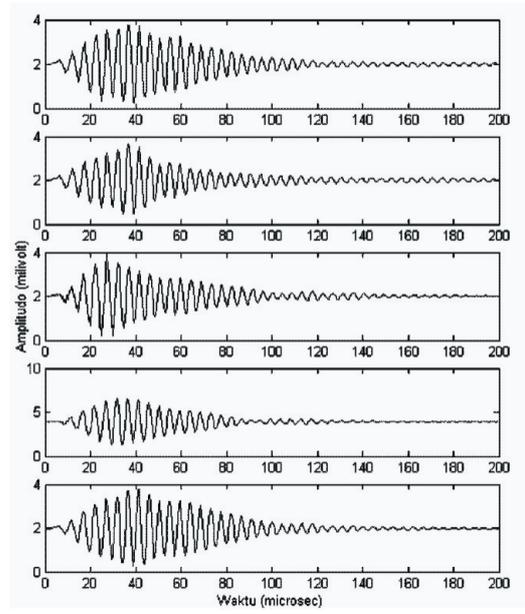
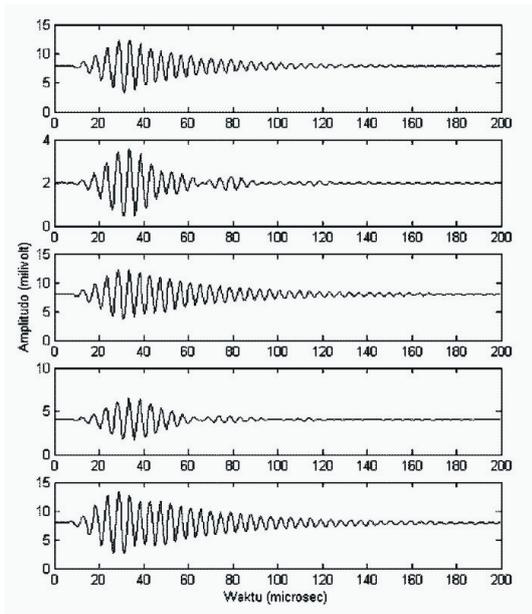
Terima kasih kepada DP2M Dikjen Dikti Departemen Pendidikan Nasional Dana Hibah Pekerti yang telah membiayai penelitian ini pada tahun anggaran 2009.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hasan, M., U.B. Kadam, A.P. Hiray, and A.B. Sawant, Densities, Viscosities, and Ultrasonic Velocity Studies of Binary Mixtures of Chloroform with Pentan-1-ol, Hexan-1-ol, and Heptan-1-ol at (303.15 and 313.15) K, 2006, *Journal of Chemical and Engineering Data*, Vol. 51, No. 2
- [2] Oelze, M.L., W.D. O'Brien Jr., and R.G. Darmody, 2002, Measurement of Attenuation and Speed of Sound in Soils, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66:788-796
- [3] Hadi dan A. Trisnobudi, 2007, Identifikasi Sistem Parameter Cairan dengan Metode Ultrasonik, *Tesis S-2*, Instrumentasi dan Kontrol ITB, Bandung
- [4] Trisnobudi, A., 2000, *Catatan Kuliah Teori Ultrasonik*, Institut Teknologi Bandung, Bandung
- [5] Homer, J., S.C. Generalis, dan J.H. Robson, Artificial neural networks for the prediction of liquid viscosity, density, heat of vaporization, boiling point and Pitzer's acentric factor, 1999, *Phys. Chem. Phys.*, hal 4075-4081
- [6] Maspanger, D.R., 2005, Karakterisasi Mutu Koagulum Karet Alam Dengan Metode Ultrasonik, *Disertasi*, Institut Pertanian Bogor, Bogor
- [7] Nurmalia, 2006, Prediksi Viskositas Dan Kompresibilitas Biodiesel Dengan Metode Ultrasonik, *Tugas Akhir*, Teknik Fisika ITB, Bandung

TABEL 3: Rentang Pengukuran Sinyal Ultrasonik Untuk Tiap Jenis Batubara

Jenis Batubara	Range Kecepatan (m/s)	Range Amplitudo (mV)
Antrasit	1173 - 3335	67 - 19000
Bituminus	678 - 2225	43 - 10000
Subbituminus	787 - 2249	159 - 7000



GAMBAR 6: Hasil pengukuran sampel 1 dengan frekuensi 200Mhz yang memiliki presisi pengukuran kecepatan yang cukup tinggi

GAMBAR 7: Hasil pengukuran sampel 18 yang memiliki presisi pengukuran kecepatan rendah