

EKSPERIMEN EFEK DOPPLER DARI SUMBER BUNYI BERGERAK LURUS DENGAN SISTEM *MULTIMEDIA BASED LABORATORY*

Ishafit^{a,*}

^aProgram Studi Pendidikan Fisika Universitas Ahmad Dahlan
Jl. Prof. Dr. Soepomo, S.H. Yogyakarta, Indonesia

*Corresponding. Tel: 08122786356; Email: hafit@uad.ac.id ; hafit_uad@yahoo.com

ABSTRAK

Pengujian Efek Doppler dari sumber bunyi bergerak lurus telah dilakukan dengan Sistem Multimedia Based Laboratory (MBL). Sumber bunyi berasal dari klakson mobil yang bergerak lurus dalam bentuk rekaman video. Kecepatan sumber bunyi diperoleh dari hasil analisis video terhadap rekaman gerak mobil dengan software Tracker, sedangkan frekuensi bunyi ketika sumber mendekati dan mejuahi pendengar diperoleh dari hasil analisis rekaman bunyi klakson dengan software Audacity dan Overtone Analyzer. Hasil pengujian Efek Doppler menunjukkan bahwa nilai eksperimental memiliki tingkat kesesuaian yang baik dengan nilai prediksi teoritisnya, dengan ralat relatif sebesar 0,85 %.

Kata Kunci : Eksperimen Efek Doppler, *Multimedia Based Laboratory*.

PENDAHULUAN

Gejala Efek Doppler (*Doppler Effect*) adalah gejala perbedaan frekuensi gelombang yang diterima oleh pengamat terhadap frekuensi gelombang yang dipancarkan oleh sumber, ketika terdapat gerak relatif antara penerima/pengamat dengan sumber gelombang. Gejala ini akan termati misalnya bila mobil membunyikan klakson. Nada klakson akan terdengar meninggi ketika mobil mendekati pendengar dan menurun ketika mobil melewati pendengar. Gejala ini pertama kali dijelaskan oleh ilmuwan Austria yaitu Chritian Doppler pada abad ke-19, sehingga dinamakan Efek Doppler. Efek serupa terjadi pula pada gelombang elektromagnetik seperti cahaya dan gelombang radio [1].

Gejala Efek Doppler merupakan salah satu gejala penting dalam fisika dan memiliki penerapan sangat luas, diantaranya dalam pengukuran tak merusak (*non destructive*) dan tak kontak (*contactless*) dengan objek misalnya dalam bidang transportasi untuk mendeteksi kelajuan tinggi mobil. Dalam bidang medis, metode ini diaplikasikan untuk mendeteksi kelajuan aliran darah [2]. Aplikasi Efek Doppler untuk gelombang radio adalah alat radar pada mobil polisi untuk mengukur laju mobil. Gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh alat radar direfleksikan dari sebuah mobil yang bergerak yang bertindak sumber bergerak. Efek Doppler untuk gelombang elektromagnetik, termasuk cahaya tampak, penting dalam astronomi, yaitu dapat mengamati laju pergerakan

bintang dalam galaksi. Cahaya dari kebanyakan galaksi bergeser menuju panjang gelombang yang lebih besar atau ujung merah dari spektrum tampak, yang dinamakan pergeseran merah (*red shift*). Hal ini dinyatakan sebagai pergeseran Doppler yang diakibatkan oleh gerak galaksi yang menjauhi bumi [1].

Untuk menganalisis Efek Doppler pada bunyi dilakukan dengan mencari hubungan antara pergeseran frekuensi, kecepatan sumber dan pendengar relatif terhadap medium (biasanya udara). Untuk menyederhanakan persoalan akan ditinjau kasus khusus yaitu kecepatan sumber dan pendengar terletak sepanjang garis lurus yang menghubungkan keduanya. Misalkan f_s adalah frekuensi bunyi sumber, v_s dan v_p adalah kecepatan sepanjang garis yang masing-masing untuk sumber dan pendengar, relatif terhadap medium. Untuk pendengar yang bergerak, frekuensi bunyi yang diterima oleh pendengar f_p adalah:

$$f_p = \frac{v + v_p}{\lambda} \quad (1)$$

$$f_p = \frac{v + v_p}{v / f_s} \quad (2)$$

dalam hal ini v adalah kecepatan rambat bunyi di medium. Seorang pendengar yang bergerak menuju sumber $v_p > 0$ sehingga mendengar bunyi dengan frekuensi yang lebih tinggi. Seorang pendengaran yang bergerak menjauhi sumber $v_p < 0$, sehingga mendengar bunyi dengan frekuensi

yang lebih rendah [1]. Untuk kasus sumber bunyi dan pendengar sama-sama bergerak relatif terhadap yang lain, frekuensi yang diterima oleh pendengar adalah:

$$f_p = f_s \frac{v \pm v_p}{v \mp v_s} \quad (3)$$

Tanda sebelah atas berlaku jika sumber dan/atau pengamat saling mendekat, tanda sebelah bawah berlaku jika mereka saling menjauh [3].

Dalam makalah ini disajikan pengujian Efek Doppler untuk kasus sumber bunyi bergerak dan pendengar diam. Jika bunyi dengan frekuensi f_s dipancarkan dari sumber bunyi yang bergerak lurus dengan kecepatan v_s dan pendengar diam maka dapat ditunjukkan bahwa nilai rasio f_F (frekuensi yang diterima ketika sumber mendekati pendengar) terhadap f_B (frekuensi yang diterima ketika sumber menjauhi pendengar) memenuhi persamaan:

$$\frac{f_F}{f_B} = \frac{v + v_s}{v - v_s} \quad (4)$$

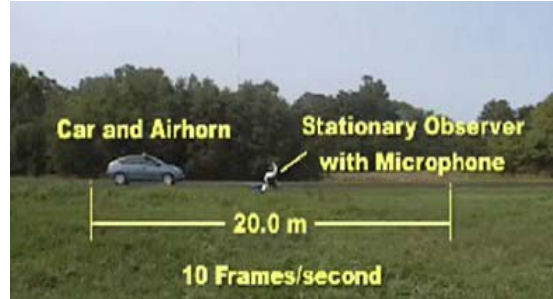
Sehingga dari persamaan (4) dapat dibuktikan bahwa jika Efek Doppler berlaku maka nilai esperimental f_F/f_B sama dengan nilai prediktifnya yang diperoleh dari rasio $(v+v_s)/(v-v_s)$.

METODE PENELITIAN

Perkembangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) dari teknologi informasi dan komunikasi atau multimedia menghadirkan kemudahan pada proses eksperimen fisika, termasuk eksperimen bidang bunyi. Komputer yang dilengkapi dengan *built-in sound card*, *digital video camera*, dan perangkat lunak analisis *audio-video* dengan mudah difungsikan sebagai sistem akuisisi data berbasis multimedia (*Multimedia Based Laboratory*) dalam topik-topik eksperimen yang terkait dengan gejala bunyi.

Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan multimedia yang digunakan dalam penelitian ini ialah: (1) Bahan berupa rekaman *video* (CarHornDoppler.mov) dari mobil yang bergerak lurus dengan membunyikan klakson mendekati dan menjauhi pendengar diam dari koleksi *LivePhoto Physics Series* [3]. (2) Peralatan berupa perangkat keras dan perangkat lunak computer, yaitu: Komputer laptop dengan spesifikasi: ACER-295BFD4BB2, OS *Windows XP HE SP-3*, *Processor*: Intel(R) Atom(TM) CPU N450 1.66GHz (2 CPUs), *Memory*: 1014MB RAM, *Speaker Active*. (Gambar 2); *Video Analysis Software* (Tracker) [4]; *Audio Spectrometer Software Audacity* 1.2.6 [5] dan *Overtone Analyzer Free Edition* 1.5.2 [6].



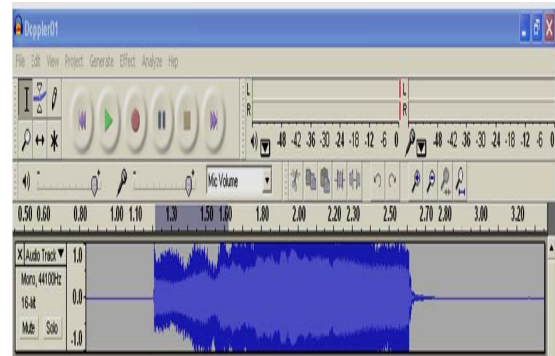
Gambar 1. Tampilan awal rekaman *video* mobil sebagai sumber bunyi bergerak



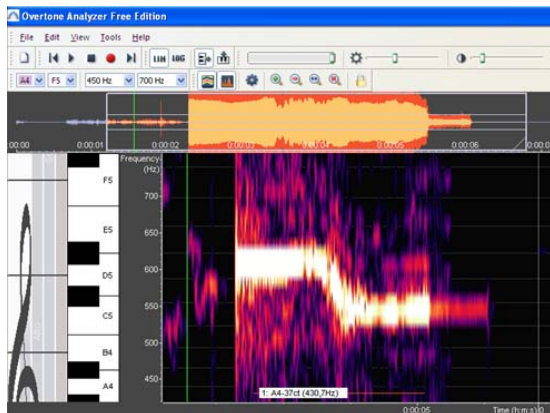
Gambar 2. Perangkat keras eksperimen dengan *software Tracker*, *Audacity*, dan *Overtone Analyzer*

Eksperimental

- Langkah eksperimen diawali dengan menjalankan file rekaman *video* Efek Doppler, kemudian bunyi klakson mobil yang diperkuat oleh *speaker active* direkam dengan *software Audacity* dengan hasil sebagaimana gambar 3. Perekaman frekuensi bunyi juga dilakukan dengan *software Overtone Analyzer* yang hasilnya sebagaimana gambar 4.

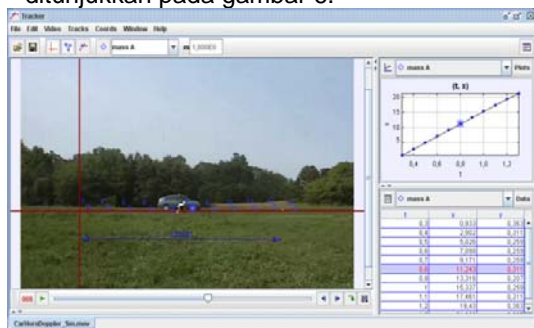


Gambar 3. Hasil rekaman bunyi klakson oleh *Audacity*

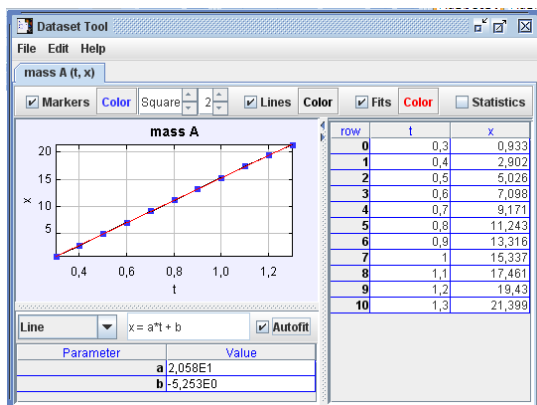


Gambar 4. Hasil rekaman bunyi klakson dan tampilan *spectrogram* oleh *Overtone Analyzer*

2. Melakukan analisis *video* pada file *CarHornDoppler.mov* dengan *software Tracker* untuk menentukan kecepatan gerak mobil (sumber bunyi). Hasil yang diperoleh sebagaimana gambar 5, dengan penyajian grafik dan tabel data posisi-waktu. Hasil *fitting* data dengan persamaan garis lurus ditunjukkan pada gambar 6.



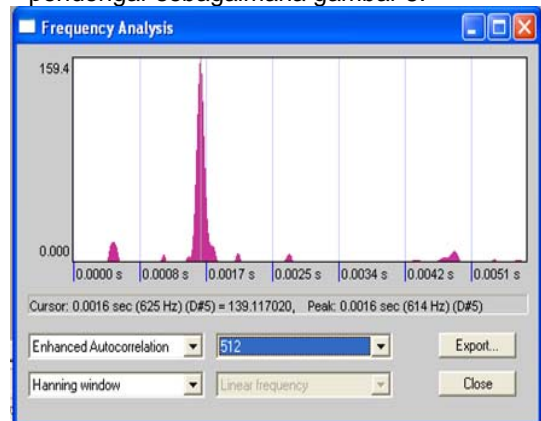
Gambar 5. Hasil analisis video oleh *Tracker*



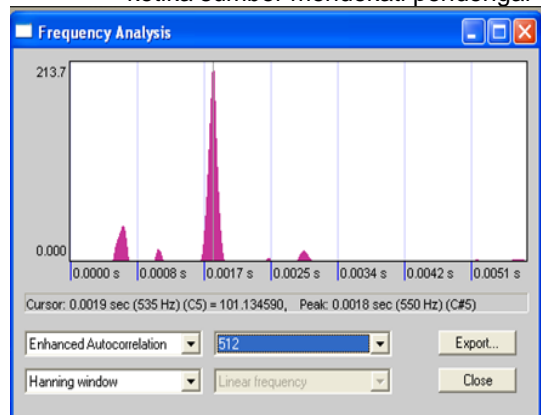
Gambar 6. Hasil *fitting* data posisi-waktu dengan persamaan linear oleh *Tracker*

3. Melakukan analisis *Fast Fourier Transform* (FFT) pada hasil rekaman *audio* klakson

ketika mobil mendekati pendengar melalui menu *Analyze* submenu *Plot Spectrum* sehingga diperoleh hasil sebagaimana gambar 7. Hasil analisis yang sama pada rekaman *audio* klakson ketika mobil menjauhi pendengar sebagaimana gambar 8.



Gambar 7. Hasil analisis frekuensi oleh *Audacity* ketika sumber mendekati pendengar



Gambar 8. Hasil analisis frekuensi oleh *Audacity* ketika sumber menjauhi pendengar

HASIL DAN PEMBAHASAN

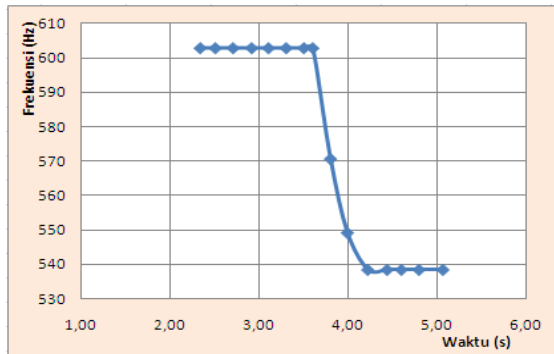
Nilai Prediksi Teoritis

Hasil analisis *video* terhadap gerakan sumber bunyi menggunakan perangkat lunak *Tracker* mendapatkan besar kecepatan sumber adalah 20,58 m/s. Kecepatan rambat bunyi pada suhu udara 27,2 °C (ketika perekaman bunyi klakson dilakukan) adalah 347,56 m/s. Sehingga nilai prediksi teoritis $f_f/f_B = 1,126$.

Nilai Eksperimental

Hasil analisis spektrum menggunakan *Audacity* memperoleh nilai ukur $f_f = 614$ Hz dan $f_B = 550$ Hz. Sehingga diperoleh nilai eksperimental $f_f/f_B = 1,116$. Sedangkan hasil analisis menggunakan *Overtone Analyzer* diperoleh nilai ukur $f_f = 602,93$ Hz dan $f_B = 538,33$ Hz. Sehingga

diperoleh nilai eksperimental $f_r/f_B=1,120$. Grafik frekuensi bunyi ketika sumber bunyi mendekati dan menjauhi pendengar yang diperoleh spektrogram *Overtone Analyzer* disajikan pada gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Grafik perubahan frekuensi Doppler terhadap waktu saat mendekati dan menjauhi pendengar

KESIMPULAN

Pengujian Efek Doppler secara eksperimental dengan sumber bunyi bergerak lurus mudah dan efektif dilakukan dengan perangkat keras dan perangkat lunak multimedia (komputer dan perangkat tambahan *audio-video*). Hasil eksperimental memiliki tingkat kesesuaian yang baik dengan prediksi teoritisnya, dengan ralat relatif sebesar 0,85 %. Secara visual dan numerik, gejala pergeseran frekuensi Doppler mudah teramati pada spektrogram bunyi yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Sebagai wujud penghormatan dan menjunjung tinggi etika akademik, maka atas terselesaikannya makalah ini penulis menyampaikan terimakasih kepada pihak *The LivePhoto Physics Project*, *The Open Source Physics Project*, pengembang *Audacity*, dan *Sygyt Software*, yang telah menyediakan *audio-video free software*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. D. Young dan R. A. Freedman, Fisika Universitas, edisi 10, jilid 2, Jakarta: Erlangga, 2004.
- [2] M. Sasono dan Ishafit, "Simulasi Matlab GUI Pengukuran Perubahan Frekuensi Doppler Ultrasonik pada Obyek Bergerak", Makalah Semnas Fisika 2003, Semarang: UNES.

- [3] The LivePhoto Physics Project, Rochester Institute of Technology, 2008, tersedia di <http://livephoto.rit.edu/>
- [4] D. Brown, Tracker 1.7.2., *The Open Source Physics Project*, 2007, tersedia di <http://www.opensourcephysics.org/index.cfm>
- [5] Audacity 1.2.6. a Free Digital Audio Editor Software, tersedia di: <http://audacity.sourceforge.net/>
- [6] Overtone Analyzer Free Edition Version 1.5.2.2900, 29. July 2010, Sygyt Software, tersedia di: www.sygyt.com

