



JURNAL KUMPARAN FISIKA

Vol. 3 No. 3 Desember 2020

Hubungan antara Kemampuan Berpikir Kritis dengan Hasil Belajar melalui Model Inkuiri Terbimbing Wahyu Youllanda, Rosane Medriati, Eko Swistoro	191-198
Pengaruh Model Pembelajaran <i>Team Assisted Individualization</i> terhadap Pemahaman Konsep dan Keterampilan Generik Sains Siswa Jeni Rahmayanti, Connie, Iwan Setiawan	199-208
Pengukuran Modulus Young Senar Pancing dengan Metode Analisis Frekuensi Dawai Nidar Karyati Gulo, Albertus Hariwangsa Panuluh	209-214
Penerapan Asesmen Representasi melalui Pendekatan <i>Student Centered Learning</i> (SCL) untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Kemampuan Psikomotor Rosane Medriati, Eko Risdianto	215-222
Studi Pengukuran Konstanta Dielektrik Kain Rajut Pakan Poliester dan Katun Menggunakan Metode Kapasitansi Perangkat Kapasitor Plat Sejajar Taufik Munandar, Wiah Wardiningsih, Valentinus Galih Vidia Putra	223-231
Implementasi Modul IPA Berbasis Etnosains Masyarakat Bengkulu Materi Pengukuran melalui <i>Discovery Learning</i> untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Indra Sakti, Aprina Defianti, Nirwana	232-238
Implementasi Sistem Pengolahan Data <i>Sky Quality Meter</i> Berbasis <i>Visual Basic</i> untuk Analisis Perubahan Tingkat Kecerahan Langit Mustofa Ahyar, Yudhiakto Pramudya, Okimustava	239-246
Pengembangan <i>E-Modul</i> Berbasis HOTS Berbantuan <i>Flipbook Marker</i> sebagai Bahan Ajar Alternatif Siswa SMA Rina Puspitasari, Dedy Hamdani, Eko Risdianto	247-254
Analisis Deskriptif Berbasis Model Mental Fisika terhadap Pemahaman Kognitif Mahasiswa pada Konsep Kinematika Partikel dan Gerak Parabola Nyoman Rohadi, Iwan Setiawan	255-260



PROGRAM STUDI S1 PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN UNIVERSITAS BENGKULU
BEKERJA SAMA DENGAN UNIB PRESS

**EDITORIAL TEAM OF JURNAL KUMPARAN FISIKA
VOLUME 3 NOMOR 3 DESEMBER 2020**

CHIEF EDITOR

Dr. Henny Johan, S.Si, M.Pd., (SCOPUS ID: 57195474499), Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

SECTION EDITORS

Ahmad Syarkowi, M.Pd., (SCOPUS ID: 57202372097), Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

Heriansyah Heriansyah, M.Sc., (SCOPUS ID : 57196315769), Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

COPYEDITOR

Syaiful Rochman, M.Pd., Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

LAYOUT EDITOR

Ismi Adelia, M.Pd.Si., IAIN Kerinci, Jambi, Indonesia

REVIEWERS

Refpo Rahman, S.Pd., M.Si., (SCOPUS ID : 57214429533), Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

Dina Rahmi Darman, M.Pd., (SCOPUS ID : 57191542932), Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia

Dr. Firmanul Catur Wibowo, M.Pd., (SCOPUS ID : 57191545325), Universitas Negeri Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia

Puspo Rohmi, M.Pd., Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta, Indonesia

Niki Dian Permana P, M.Pd., Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Riau, Indonesia

Pramita Sylvia Dewi, M.Pd., Universitas Lampung, Lampung, Indonesia

Misbah Misbah, M.Pd., (SCOPUS ID: 57195480182), Universitas Lambung Mangkurat, Kalimantan Selatan, Indonesia

Dr. Rendy Wikrama Wardana, M.Pd., (SCOPUS ID: 57208868046), Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

Ovilia Putri Gumay, M.Pd.Si., STKIP PGRI Lubuk Linggau, Sumatra Selatan, Indonesia

Daftar Isi
Jurnal Kumparan Fisika
Volume 3 Nomor 3 Desember 2020

	Hal.
Hubungan antara Kemampuan Berpikir Kritis dengan Hasil Belajar melalui Model Inkuiri Terbimbing (Wahyu Youllanda, Rosane Medriati, Eko Swistoro).....	191-198
Pengaruh Model Pembelajaran <i>Team Assisted Individualization</i> terhadap Pemahaman Konsep dan Keterampilan Generik Sains Siswa (Jeni Rahmayanti, Connie, Iwan Setiawan).....	199-208
Pengukuran Modulus Young Senar Pancing dengan Metode Analisis Frekuensi Dawai (Nidar Karyati Gulo, Albertus Hariwangsa Panuluh).....	209-214
Penerapan Asesmen Representasi melalui Pendekatan <i>Student Centered Learning</i> (SCL) untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Kemampuan Psikomotor (Rosane Medriati, Eko Risdianto).....	215-222
Studi Pengukuran Konstanta Dielektrik Kain Rajut Pakan Poliester dan Katun Menggunakan Metode Kapasitansi Perangkat Kapasitor Plat Sejajar (Taufik Munandar, Wiah Wardiningsih, Valentinus Galih Vidia Putra).....	223-231
Implementasi Modul IPA Berbasis Etnosains Masyarakat Bengkulu Materi Pengukuran melalui <i>Discovery Learning</i> untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa (Indra Sakti, Aprina Defianti, Nirwana).....	232-238
Implementasi Sistem Pengolahan Data <i>Sky Quality Meter</i> Berbasis <i>Visual Basic</i> untuk Analisis Perubahan Tingkat Kecerahan Langit (Mustofa Ahyar, Yudhiakto Pramudya, Okimustava).....	239-246
Pengembangan <i>E-Modul</i> Berbasis HOTS Berbantuan <i>Flipbook Marker</i> sebagai Bahan Ajar Alternatif Siswa SMA (Rina Puspitasari, Dedy Hamdani, Eko Risdianto).....	247-254
Analisis Deskriptif Berbasis Model Mental Fisika terhadap Pemahaman Kognitif Mahasiswa pada Konsep Kinematika Partikel dan Gerak Parabola (Nyoman Rohadi, Iwan Setiawan).....	255-260

PENGUKURAN MODULUS YOUNG SENAR PANCING DENGAN METODE ANALISIS FREKUENSI DAWAI

Nidar Karyati Gulo¹ dan Albertus Hariwangsa Panuluh^{*2}

¹SMA N 1 Ulu Moro'o, Jalan Ulu Moro'o, Salo'o, Ulu Moro'o, Nias Barat, Sumatera Utara 22862

²Prodi Pendidikan Fisika, Universitas Sanata Dharma, Kampus III USD Maguwoharjo, Sleman, DIY 55282

*Corresponding author: panuluh@usd.ac.id

Diterima 24 Juli 2020

Direvisi 22 November 2020

Disetujui 15 Desember 2020

Dipublikasikan 28 Desember 2020

<https://doi.org/10.33369/jkf.3.3.209-214>

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk menentukan nilai Modulus Young senar pancing dengan analisis frekuensi alami menggunakan sensor bunyi. Senar pancing yang digunakan terdiri dari bahan *Nylon Monofilament* dan *Stainless Steel Nylon Coat*. Diameter senar pancing yang digunakan adalah 0,25 mm untuk setiap bahan. Peristiwa getaran senar pancing ditampilkan dalam grafik hubungan antara tekanan dengan waktu dalam program *Logger pro*. Grafik hubungan antara tekanan dengan waktu kemudian diubah ke dalam bentuk *Fast Fourier Transform* (FFT) hubungan amplitudo terhadap frekuensi. Kemudian nilai frekuensi yang diperoleh dari FFT digunakan untuk menentukan nilai kecepatan gelombang dari senar pancing. Nilai kecepatan gelombang rata-rata diperoleh dengan membuat grafik hubungan frekuensi terhadap satu perpanjang senar. Setelah memperoleh nilai kecepatan gelombang rata-rata senar pancing nilai Modulus Young dapat ditentukan dengan persamaan hubungan kecepatan gelombang kuadrat dikali massa per pertambahan panjang dikali luas penampang. Pada penelitian ini nilai Modulus Young senar pancing *Nylon Monofilament* diperoleh sebesar $(1,94 \pm 0,09)$ GPa dan nilai Modulus Young senar pancing *Stainless Steel Nylon Coat* diperoleh sebesar $(45,05 \pm 2,05)$ GPa.

Kata kunci: Modulus Young, senar pancing, sensor bunyi, *Fast Fourier Transform* (FFT)

ABSTRACT

The research has been conducted to determine the Young Modulus value of the fishing line with frequency analysis on a string by using a sound sensor. The fishing line made of *Nylon Monofilament* and *Stainless Steel Nylon Coat*. The diameter of the fishing line with each material consisted of 0.25 mm. The fishing line vibration events were displayed on the graph of the relationship between pressure and time in the *Logger pro* program. The graph of the relationship between pressure and time was then transformed into an FFT graph of the amplitude relationship to frequency. Then the frequency value which was obtained from the FFT was used to determine the wave velocity value of the fishing line. The average wave velocity value was obtained by graphing the frequency relation to one of each string length. After obtained the average wave velocity value of the fishing line, the Modulus Young value can be determined by the equation of the square wave velocity relationship times the mass per length times the cross-sectional area. In this study, the Young Modulus value of *Nylon Monofilament* fishing line was (1.94 ± 0.09) GPa and the Young Modulus value of the *Stainless Steel Nylon Coat* fishing line was (45.05 ± 2.05) GPa.

Keywords: Young Modulus, fishing line, sound sensor, *Fast Fourier Transform* (FFT)

I. PENDAHULUAN

Zat padat cenderung tegar dan mempertahankan bentuknya. Sifat zat padat mempertahankan bentuknya dalam suatu keadaan disebut elastis. Benda tegar adalah suatu model ideal yang sangat bermanfaat terutama pada bidang keteknikan. Beberapa sifat dari benda tegar seperti peregangan, pemerasan, dan pemuntiran sangat penting dan tidak dapat diabaikan begitu saja. Jika suatu bahan diberi gaya dengan tidak melewati batas elastis maka bahan akan kembali ke panjang semula. Namun jika tegangan yang diberikan pada bahan terus meningkat, regangan terus meningkat maka

akan mengalami deformasi. Untuk beberapa bahan, sejumlah besar deformasi plastis menempati daerah antara batas elastisitas dan titik patah. Ukuran tingkat elastisitas bahan menunjukkan ketahanan material terhadap deformasi elastis akibat gaya eksternal dan ini dikenal sebagai Modulus Young.

Modulus Young merupakan salah satu besaran yang dapat diukur dari benda padat dengan nilai perbandingan antara tegangan tarik dengan regangan tarik (1-2). Pengukuran untuk memperoleh nilai Modulus Young suatu bahan telah banyak dilakukan. Penelitian yang pernah dilakukan salah satunya yaitu pengukuran Modulus Young dari berbagai jenis kawat logam. Kawat logam yang digunakan dalam penelitian tersebut yaitu kawat tembaga, kawat baja, dan kawat besi. Pengukuran Modulus Young kawat dilakukan dengan cara menggantung beban pada kawat untuk memperoleh pertambahan panjang hingga batas elastis (putus). Penelitian ini menyebabkan kondisi kawat berubah menjadi benda dengan bersifat plastik dan keelastisitasnya berkurang (3). Pengukuran Modulus Young lain yang pernah dilakukan menggunakan *Rotary Encoder* sebagai pengukur perubahan panjang kawat dan *load cell* sebagai pengukur gaya yang direkam dan diprogram melalui mikrokontroler *Atmega8535*. Hasil pembacaan sensor akan ditampilkan pada *LCD* dan *PC* kemudian perubahan panjang dan gaya yang diperoleh akan dianalisis menjadi nilai Modulus Young (4). Penelitian Modulus Young dengan analisis frekuensi pernah juga dilakukan dengan menggunakan aplikasi *iAnalyzer Lite*. Pada penelitian ini menggunakan senar gitar jenis baja yang telah diketahui nilai massa jenisnya dengan memvariasikan diameter. Dari penelitian tersebut untuk setiap diameter yang berbeda dengan jenis bahan yang sama menghasilkan frekuensi yang berbeda (5). Di dalam bidang geofisika terdapat metode yang digunakan dalam pengukuran modulus elastisitas batuan yaitu metode seismik refraksi (6).

Senar pancing merupakan salah satu benda padat yang dapat dijadikan sumber pengukuran Modulus Young. Senar pancing merupakan alat penangkap ikan yang paling sederhana dan banyak digunakan oleh nelayan hingga saat ini. Seiring dengan kemajuan zaman senar pancing mengalami banyak modifikasi, baik dari segi material, konstruksi, maupun cara penggunaannya. Objek penelitian dalam penelitian ini adalah senar pancing *Nylon Monofilament* dan senar pancing *Stainless Steel Nylon Coat*. Kedua jenis senar pancing tersebut merupakan jenis senar pancing yang paling umum digunakan dengan harga terjangkau. Senar pancing merupakan benda padat yang perlu diketahui nilai Modulus Young-nya. Modulus Young berkaitan dengan kekuatan bahan seperti senar pancing. Semakin kecil nilai Modulus Young suatu bahan, benda padat tersebut semakin elastis. Sebaliknya semakin besar nilai Modulus Young, benda padat tersebut semakin kaku (7-9).

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengukur Modulus Young senar pancing. Modulus Young senar pancing diukur dengan analisis frekuensi alami senar pancing untuk memperoleh nilai kecepatan gelombang rata-rata. Modulus Young senar pancing akan diperoleh dengan menganalisis grafik hubungan antara frekuensi terhadap panjangnya. Frekuensi senar pancing yang diukur dengan menggunakan alat sensor bunyi akan ditampilkan dalam software *Logger pro* dan diubah ke bentuk FFT untuk mendapatkan nilai frekuensi alami.

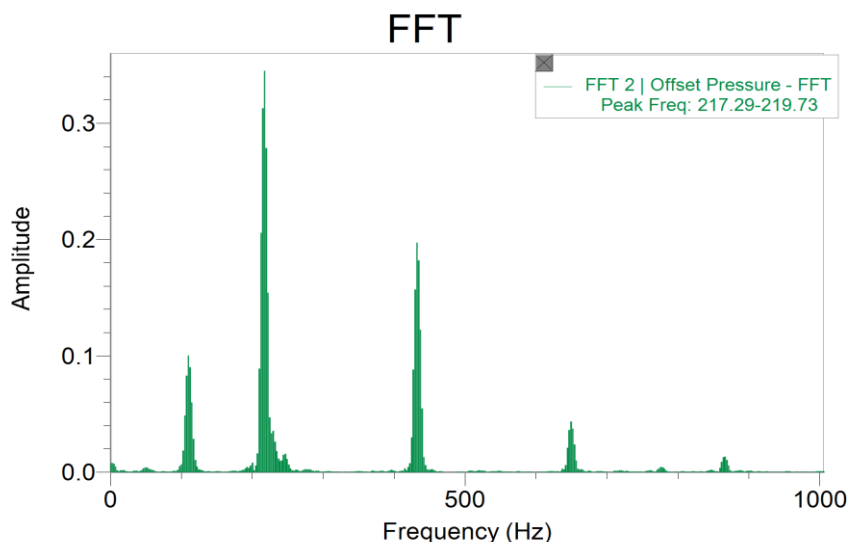
II. METODE PENELITIAN

Pengukuran Modulus Young ini menggunakan sensor bunyi yang terhubung dengan komputer melalui interface (*Logger pro*). Tahap pertama yang dilakukan yaitu mengukur diameter dari senar pancing. Tahap kedua mengukur panjang awal dari senar pancing dengan L_0 yang ditentukan yaitu 65 cm. Kemudian senar pancing massanya ditimbang dengan menggunakan neraca *Scout Pro*. Sensor bunyi diletakkan di bagian lobang gitar untuk merekam bunyi senar pancing. Setelah itu senar pancing dipetik selama 2 detik dengan menggunakan *pick up* gitar.

Getaran senar pancing yang terekam oleh sensor bunyi akan langsung ditampilkan ke dalam komputer dan tampil dalam grafik hubungan tekanan bunyi terhadap waktu. Untuk memperoleh nilai frekuensi alami dari senar pancing grafik hubungan tekanan bunyi terhadap waktu diubah dalam grafik FFT hubungan amplitudo terhadap frekuensi (Gambar 1).

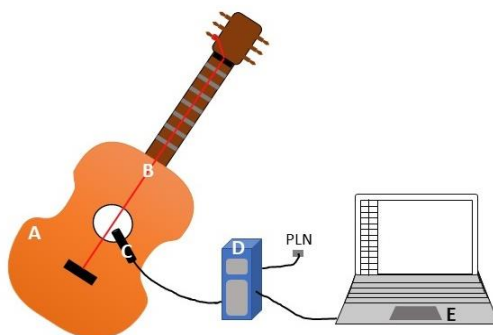
Nilai frekuensi alami senar pancing merupakan frekuensi dengan amplitudo tertinggi.

Pengambilan frekuensi senar pancing divariasikan dengan panjang berturut-turut 65 cm, 57,5 cm, 51,3 cm, 46 cm, 41 cm, dan 34,8 cm. Tujuan dari senar pancing divariasikan yaitu untuk memperoleh nilai kecepatan gelombang rata-rata dari senar pancing.



Gambar 1. Tampilan grafik FFT

Rangkaian alat pada Gambar 2 memungkinkan untuk perekaman bunyi dari senar pancing akan lebih sederhana dan mudah dilakukan. Data yang diambil secara otomatis tampil dan tersimpan dalam komputer.



Gambar 2. Rangkaian alat untuk menentukan frekuensi alami senar pancing, dengan A: badan gitar, B: Senar Pancing, C: Sensor Bunyi yang terhubung ke interface, D: Interface, E: Komputer

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Eksperimen pengukuran Modulus Young senar pancing Nylon Monofilament dan Stainless Steel Nylon Coat dengan diameter 0,25 mm dilakukan dengan analisis frekuensi pada sebuah dawai dengan konsep gelombang berdiri pada kedua ujung tali terikat. Penelitian ini menggunakan badan gitar untuk mengikatkan kedua ujung senar pancing. Persamaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

$$Y = \frac{mv^2}{A \Delta L} \quad (1)$$

dengan Y = modulus Young (Pa), v = kelajuan gelombang pada dawai (m/s), A = luas penampang dawai (m^2), dan ΔL = pertambahan panjang dawai (m).

Untuk nilai pertambahan panjang dari senar pancing untuk jenis yang berbeda memiliki

perbedaan dalam hal putaran penuh. Untuk senar pancing jenis *Nylon Monofilament* membutuhkan 30 kali putaran tuning peg gitar penuh agar menghasilkan frekuensi yang baik. Untuk senar pancing bahan *Stainless Steel Nylon Coat* membutuhkan 10 kali putaran penuh. Pada gitar yang digunakan terdiri dari 15 bagian untuk satu putaran penuh. Jika diputar $\frac{1}{4}$ bagian maka akan bertambah panjang sebanyak $\frac{1}{60}$ untuk satu putaran penuh (5). Sehingga pertambahan panjang senar pancing dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\Delta L = \frac{1}{60} \times 2\pi (d_{\text{gir}} + d_{\text{senar}}) \quad (2)$$

Dari hasil perhitungan nilai diameter gir gitar diperoleh sebesar $d = (1,02 \pm 0,01) \times 10^{-2}$ m. Pertambahan panjang senar pancing *Nylon Monofilament* dengan $d = 0,25$ mm diperoleh sebesar $(3,24 \pm 0,04) \times 10^{-2}$ m sedangkan pertambahan panjang senar pancing jenis *Stainless Steel Nylon Coat* dengan $d = 0,25$ mm diperoleh sebesar $(1,07 \pm 0,04) \times 10^{-2}$ m. Massa dari senar pancing *Nylon Monofilament* dengan $L_0 = 65$ cm adalah $(0,038 \pm 0,001) \times 10^{-3}$ kg sedangkan massa senar pancing *Stainless Steel Nylon Coat* dengan $L_0 = 65$ cm adalah $(0,278 \pm 0,001) \times 10^{-3}$ kg. Kecepatan gelombang rata-rata senar pancing didapatkan dengan metode grafik berdasarkan persamaan.

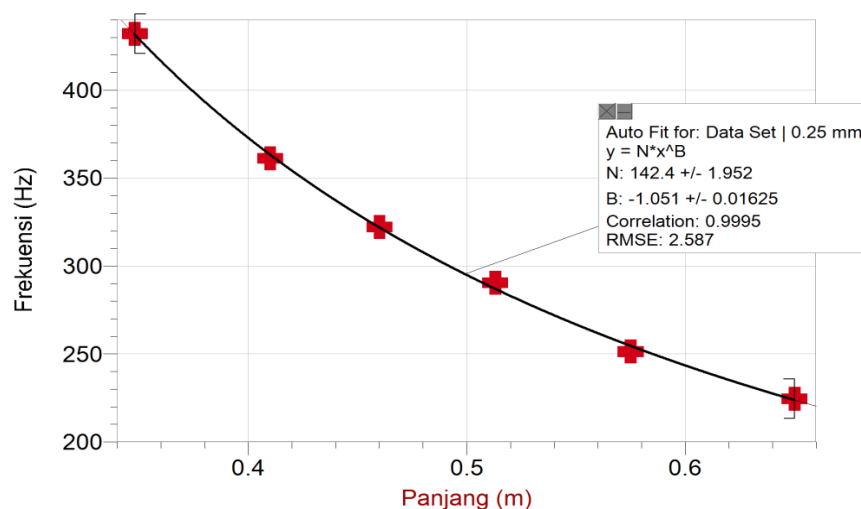
$$f_n = \frac{nv}{2L} \quad (3)$$

Dari persamaan 3 dibuat grafik hubungan antara frekuensi dan panjang yang divariasikan dengan $n = 1$ (10). Hasil percobaan untuk senar pancing *Nylon Monofilament* dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Nilai frekuensi alami senar pancing *Nylon Monofilament* berbagai panjang dengan $d = 0,25$ mm

No	L (m)	f (hz)
1	0,65	224,61
2	0,575	251,46
3	0,513	290,51
4	0,46	322,27
5	0,41	361,33
6	0,348	432,13

Kemudian dari Tabel 1 dapat dibuat grafik hubungan frekuensi terhadap panjang sebagai berikut



Gambar 3. Grafik hubungan frekuensi terhadap panjang senar *Nylon Monofilament* dengan $d = 0,25$ mm

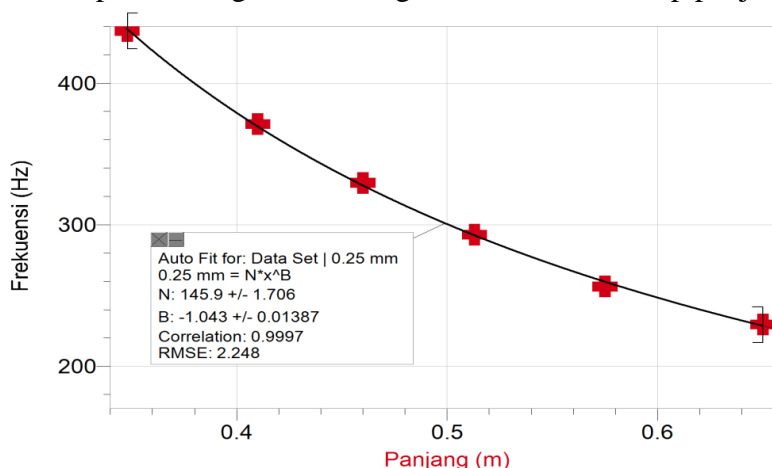
Dari grafik pada Gambar 3 diperoleh nilai $(N) = (142,4 \pm 1,952)$ dengan nilai $B = -1,952$. Nilai N tersebut digunakan untuk menghitung nilai kecepatan gelombang rata-rata berdasarkan persamaan 3. Sehingga nilai kecepatan gelombang untuk senar pancing *Nylon Monofilament* diperoleh sebesar $v = (284,8 \pm 3,9)$ m/s.

Untuk hasil percobaan senar pancing *Stainless Steel Nylon Coat* dirangkum dalam tabel 2.

Tabel 2. Nilai frekuensi alami senar pancing *Stainless Steel Nylon Coat* berbagai panjang dengan $d = 0,25$ mm

No	L (m)	f (hz)
1	0,65	229,49
2	0,575	256,35
3	0,513	292,97
4	0,46	329,59
5	0,41	371,09
6	0,348	437,01

Kemudian dari Tabel 2 dapat dibuat grafik hubungan frekuensi terhadap panjang sebagai berikut



Gambar 4. Grafik hubungan frekuensi terhadap panjang senar *Stainless Steel Nylon Coat* dengan $d = 0,25$ mm

Dari Gambar 4 diperoleh nilai $N = (145,9 \pm 1,706)$ dengan nilai $B = -1043$. Dengan cara yang sama dihitung nilai kecepatan gelombang rata-rata dan diperoleh sebesar $v = (291,8 \pm 3,4)$ m/s.

Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis untuk memperoleh nilai Modulus Young dari senar pancing *Nylon Monofilament* dan senar pancing *Stainless Steel Nylon Coat* dengan menggunakan persamaan 1. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai Modulus Young senar pancing *Nylon Monofilament* sebesar $(1,94 \pm 0,09)$ Gpa sedangkan nilai Modulus Young senar pancing *Stainless Steel Nylon Coat* sebesar $(45,05 \pm 2,05)$ Gpa.

3.2 Pembahasan

Penelitian pengukuran Modulus Young senar pancing dengan analisis frekuensi pada dawai dengan menggunakan sensor bunyi telah berhasil dilakukan. Data hasil pengukuran frekuensi alami senar pancing ditampilkan langsung dalam komputer yang telah terpasang aplikasi *Logger Pro*. Penelitian ini menunjukkan frekuensi alami dipengaruhi oleh panjang senar pancing. Semakin panjang senar pancing, nilai frekuensi alaminya semakin kecil. Frekuensi alami juga dipengaruhi oleh jenis senar pancing. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai Modulus Young senar pancing *Nylon Monofilament* lebih kecil daripada senar pancing *Stainless Steel Nylon Coat*. Hal ini menunjukkan senar pancing *Stainless Steel Nylon Coat* lebih kaku dibandingkan dengan senar

pancing *Nylon Monofilament*. Hasil ini sesuai dengan teori bahwa semakin besar nilai massa jenis suatu material maka nilai Modulus Young juga semakin besar (5). Metode penelitian Modulus Young senar pancing merupakan metode yang sederhana dan mudah dilakukan.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan nilai Modulus Young senar pancing *Nylon Monofilament* diperoleh sebesar $(1,29 \pm 0,11)$ GPa dan Nilai Modulus Young senar pancing *Stainless Steel Nylon Coat* diperoleh sebesar $(29,34 \pm 2,40)$ GPa. Hasil ini sesuai dengan teori bahwa semakin besar nilai massa jenis suatu material maka nilai Modulus Young juga semakin besar.

4.2 Saran

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk dikembangkan dari penelitian ini. (1) Pengukuran Modulus Young dengan analisis frekuensi menggunakan sensor bunyi sebaiknya dilakukan pada ruangan khusus (kedap suara), (2) Meneliti pengaruh massa jenis senar pancing terhadap Modulus Young dengan diameter dan panjang tetap.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Fisika Universitas Sanata Dharma karena telah memberikan fasilitas sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik. Juga kepada Laboran Laboratorium Fisika yang telah menyiapkan segala hal yang diperlukan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Tipler PA, Mosca G. *Physics for scientists and engineers*. Macmillan; 2007.
2. Young HD, Freedman RA. *University Physics with Modern Physics*. 14th ed. New Jersey: Pearson; 2016.
3. Sulaeman B. Modulus elastisitas berbagai jenis material. *Pena Tek J Ilm Ilmu-Ilmu Tek*. 2018;3(2):127–38.
4. Issriza DP, Kholiq A, Dzulkiflih. Rancang bangun kit penentuan modulus young kawat berbasis mikrokontroler. *J Inov Fis Indones*. 2017;6(3):84–9.
5. Polak RD, Davenport AR V, Fischer A, Rafferty J. Determining Young's modulus by measuring guitar string frequency. *Phys Teach* [Internet]. 2018 Jan 16;56(2):122–3. Available from: <https://doi.org/10.1119/1.5021447>
6. Salim A. Pengukuran modulus elastisitas dinamis batuan dengan metode seismik refraksi. *Comtech*. 2012;3(2):971–6.
7. Giancoli DC. *Physics: principles with applications*. Boston: Pearson; 2016.
8. Serway RA, Jewett JW. *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*. Connected: Cengage Learning; 2013.
9. Puspito G. *Pancing*. Bogor: Institut Pertanian Bogor; 2009.
10. LoPresto MC. Experimenting with Guitar Strings. *Phys Teach* [Internet]. 2006 Nov 1;44(8):509–11. Available from: <https://doi.org/10.1119/1.2362942>