Vol. 4, No. 2 – Oktober 2019
ISSN: 2503-5274(p), 2657-1900(e)

Jurnal Fisika
Fisika Sains dan Aplikasinya

KAJIAN DISTRIBUSI INTENSITAS CAHAYA PADA FENOMENA DIFRAKSI CELAH TUNGGAL DENGAN METODE BAGI DUA DAN METODE NEWTON RAPHSON

Richard Umbu Datangeji, Ali Warsito, Hadi Imam Sutaj, Laura A. S. Lapono
Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto-Penfui, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur, 85361, Indonesia
E-mail : datangejiumbu@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang distribusi intensitas cahaya pada fenomena difraksi celah tunggal dengan tujuan menerapkan metode Bagi Dua dan metode Newton Raphson untuk memperoleh solusi jarak antara dua titik intensitas dalam fenomena difraksi celah tunggal, menetukan jarak antara dua intensitas pada pita terang, memperoleh grafik distribusi intensitas cahaya terhadap jarak pada kasus difraksi cahaya Franhoufer celah tunggal, serta membandingkan kekonvergenan metode Bagi Dua dan metode Newton Raphson. Solusi jarak antara dua intensitas pada pita terang pada kasus difraksi cahaya Franhoufer celah tunggal diperoleh dengan mencari akar-akar persamaan intensitas cahayanya. Hasil penelitian menunjukan jarak yang semakin besar ketika perbandingan intensitasnya makin kecil. Ada tiga puncak intensitas, yang pertama puncak untuk intensitas maksimum pada terang pusat yang berada pada jarak 0 cm dan dua puncak untuk terang pertama setelah terang pusat yang mana intensitasnya tinggal 0.05I_0 dan berada pada jarak 0.154875 cm sebelah kiri dan sebelah kanan dari intensitas maksimum. Grafik antara jarak dengan perbandingan intensitas terhadap terang maksimum berbentuk sinusoidal, terdapat tiga puncak intensitas. Puncak pertama menunjukan intensitas maksimum yang terdapat pada pita terang pusat dan dua puncak dengan intensitas 0.05I_0 yang berada pita terang pertama. Pada kasus ini diperoleh hasil bahwa metode Newton Raphson lebih cepat konvergen dari metode Bagi Dua karena hanya memerlukan 4 iterasi untuk memperoleh solusi, sedangkan metode Bagi Dua membutuhkan 20 iterasi. Metode Newton Raphson juga memiliki nilai error pendekatan lebih kecil dari metode Bagi Dua yaitu 6.43929 x 10^{-13} sampai 7.52642 x 10^{-7} sedangkan metode Bagi Dua 1.90735 x 10^{-6}.

Kata kunci : *Difraksi cahaya, Celah tunggal, Perbandingan Intensitas, Jarak, metode Bagi Dua, metode Newton Raphson*

Abstract

Research on the distribution of light intensity in the phenomenon of single slit diffraction has been carried out with the aim of applying the Bisection method and the Newton Raphson method to obtain a solution between two points in a single slit diffraction phenomenon, determining the distance between two point of intensity in the bright band, obtaining a graph of the light intensity distribution to distance in the case of Franhoufer single slit light diffraction, and comparing the speed of convergence of the Bisection method and the Newton Raphson method. The solution of the distance between two intensities in the bright band in the case of Franhoufer light diffraction in a single slit obtained by looking for the roots of the light intensity equation. The results of the study show that the greater the distance when then intensity gets smaller. There are three peak intensities, the first peak for the highest intensity in the central bright band which is located at a distance of 0 cm and two peaks in the first bright with the intensity is 0.05I_0 and is 0.154875 cm left and right of the maximum intensity. The graph between the distance and intensity ratio is sinusoidal, which is three peak intensities. The first peak shows the highest intensity in the central bright band and the two peaks with the intensity of 0.05I0 which is the first bright band. In this case the results of the Newton Raphson method are converged faster than the method of Bisection because it only requires 4 iterations to obtain a solution, while the Bisection method requires 20 iterations. The Newton Raphson method also has a smaller error value than the Bisection method, which is 6.43929 x 10^{-13} to 7.52642 x 10^{-6} when the Bisection method is 1.90735 x 10^{-6}.

Keywords: *Light diffraction, single slit, comparison of intensity, distance, Bisection method, Newton Raphson method*

Jurnal Fisika
Fisika Sains dan Aplikasinya

PENDAHULUAN

Difraksi merupakan suatu peristiwa penyebaran cahaya melalui celah sempit. Celah sempit yang dimaksud dapat diartikan sebagai suatu penghalang dengan lebar harus lebih kecil dari panjang gelombang [1]. Pola difraksi dapat terbentuk dengan penghalang celah tunggal, dua celah dan banyak celah [2]. Ada beberapa Aplikasi difraksi celah dalam dunia ilmu sains seperti karakterisasi struktur kristal padatan [3], penentuan koefisien pemuain panjang logam [4], pengukuran indeks bias [5].

Pada peristiwa difraksi, ada beberapa parameter fisis yang dapat ditinjau salah satunya adalah menganalisis distribusi intensitas cahaya hasil difraksi yaitu dengan meninjau intensitas pada terang pusat, terang orde pertama, terang orde kedua dan seterusnya. Untuk menganalisis distribusi intensitas cahaya ini dapat dilakukan dengan menganalisis persamaan intensitas cahaya tersebut. Jika ingin menganalisis jarak antara terang pusat ke suatu titik dimana intensitasnya tinggal setengah, atau seperempat dan seterusnya dilakukan dengan cara mencari akar-akar persamaan distribusi intensitasnya. Namun, persamaan distribusi intensitas cahaya hasil difraksi merupakan persamaan nonlinear, sehingga untuk menentukan akar-akar persamaan tersebut membutuhkan proses yang sangat rumit dan waktu sangat lama apabila dilakukan menggunakan metode analitik sehingga tidak efektif dan efisien.

Untuk itu diperlukan metode alternatif untuk menganalisis masalah di atas yang memiliki kelebihan proses perhitungan lebih cepat dari metode analitik, dimana metode tersebut berupa metode numerik yang dioperasikan dengan bantuan komputer. Adapun proses menganalisis masalah-masalah fisis dengan metode numerik dan bantuan komputer seperti ini biasa disebut dengan fisika komputasi [6]. Salah satu contoh penyelesaian masalah fisika dengan komputasi adalah pencarian solusi kasus fluks magnetik di sekitar kawat berarus listrik dengan metode Simpson dan metode Monte Carlo [7].

Penelitian tentang pemanfaatan metode numerik dalam penyelesaian persamaan nonlinear pernah dilakukan oleh [8] pada 2015 dengan judul membandingkan kecepatan dan ketelitian dalam mencari akar pada persamaan non linear pada berbagai metode**,** diperoleh hasil yang mana metode Newton Raphson merupakan metode yang paling cepat dan teliti dalam memperoleh akar. Penelitian tentang perbandingan metode Gauss-Siedel dan metode Newton-Raphson dalam solusi aliran daya oleh [9] pada 2011 diperoleh hasil metode Newton Raphson lebih sesuai untuk menghitung aliran beban pada sistem dengan jumlah yang besar, dan kurang sesuai untuk sistem kecil, sedang metode Gauss-Seidel bersifat sebaliknya. Penelitian menggunakan metode Bagi dua juga pernah dilakukan oleh [10] pada 2007 dengan judul penerapan metode Bagi Dua dan metode Secant dalam rekayasa sipil, dengan menyelesaikan persoalan persamaan nonlinear sistem diperoleh hasil yang sama pada dua metode namun dengan jumlah iterasi yang berbeda.

Untuk distribusi intensitas cahaya ini, permasalahan yang dihadapi adalah menentukan akar-akar persamaan intensitas yang merupakan persamaan nonlinear. Ada beberapa metode numerik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah ini yaitu metode Newton Raphson, metode Bagi Dua dan beberapa metode lainnya. Dua metode ini berbeda dalam pendekatannya, metode Bagi Dua merupakan metode tertutup yang mengurung akar dengan tebakan awal bawah dan tebakan awal atas, sedangkan metode Newton Raphson merupakan metode terbuka yang hanya menggunakan satu tebakan awal saja dalam proses perhitungannya. Perbedaan ini menjadi alasan pemilihan kedua metode tersebut dalam penelitian ini sehingga dapat dibandingkan ketelian dan kecepatan konvergensi dari metode ini.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan menerapkan metode Bagi Dua dan metode Newton Raphson untuk memperoleh solusi jarak antara dua titik intensitas dalam fenomena difraksi celah tunggal, menetukan jarak antara dua intensitas pada pita terang, memperoleh grafik distribusi intensitas cahaya terhadap jarak pada kasus difraksi cahaya Franhoufer celah tunggal, serta membandingkan kekonvergenan metode Bagi Dua dan metode Newton Raphson.

Difraksi cahaya

Difraksi cahaya adalah peristiwa pelenturan gelombang akibat gelombang yang merambat melalui suatu penghalang atau celah sempit (*aparture*). Pola yang keluar dari susunan celah-celah penghalang (*obstruction*) membentuk pola terang gelap secara bergantian.

Difraksi Frounhofer Celah Tunggal

Difraksi Frounhofer merupakan difraksi cahaya, dimana jarak sumber-celah dan celah-layar jauh lebih besar dari lebar celah[11].

Distribusi intensitas cahaya difraksi Franhoufer celah tunggal oleh sebuah celah persegi memenuhi persamaan

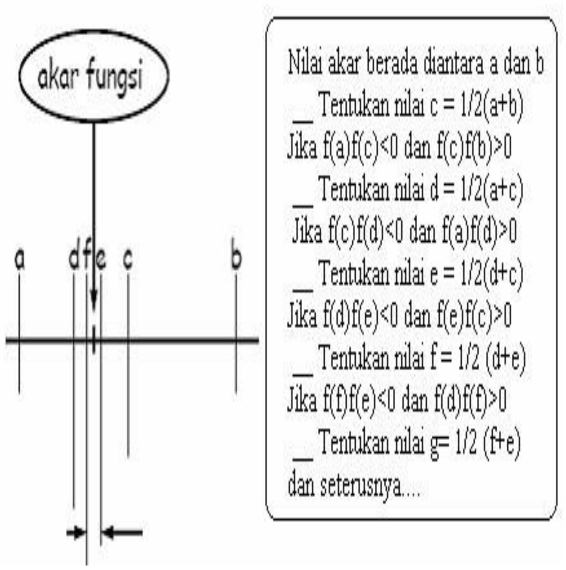
$$I = Io \left[\frac{\sin(\frac{\pi b \sin\theta}{\lambda})}{(\frac{\pi b \sin\theta}{\lambda})}\right]^2 \text{..........................} (1)$$

Metode Bagi Dua

Secara umum, jika *f(x)* real dan kontinu pada interval antara x_a sampai x_b, dan $f(x_a)$ dan $f(x_b)$ berlawanan tanda dan dituliskan

$$f(x_a)\, f(x_b) < 0 \text{ ....} (2)$$

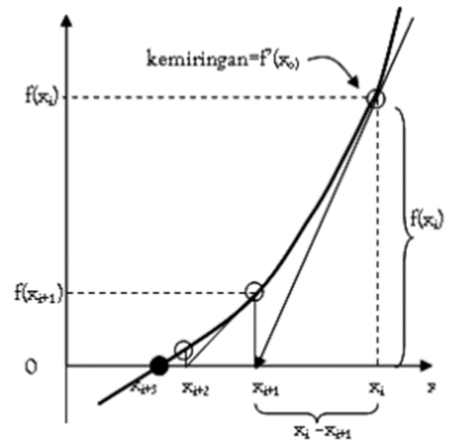
Pada metode ini ditentukan titik tengah interval, selanjutnya interval dibagi menjadi dua sub-interval, yang salah satunya pasti mengandung akar. Tahap berikutnya yang ditinjau adalah sub-interval yang mengandung akar. Untuk tahapan ini, proses diulangi dengan membagi sub-interval dan memeriksa separo sub-interval mana yang mengandung akar. Pembagi duaan sub-sub interval dilanjutkan sampai lebar interval yang ditinjau cukup kecil.



Gambar 1. Proses perulangan interval untuk mendapatkan nilai akar [6]

Metode Newton Raphson

Metode Newton Raphson adalah metode iterasi lain untuk memecahkan persamaan f(x)=0, dengan f diasumsikan mempunyai turunan kontinu f'. Secara geometri metode ini menggunakan garis singgung sebagai hampiran fungsi pada suatu selang. Gagasan dasarnya adalah grafik f dihampiri dengan garis-garis singgung yang sesuai. Pada prosesnya digunakan suatu nilai x_i sebagai tebakan awal yang diperoleh dengan melokalisasi akar-akar dari f(x) terlebih dahulu, kemudian ditentukan x_{i+1} sebagai titik potong antara sumbu x dan garis singgung pada kurva f di titik $(x_i, f(x_i))$. prosedur yang sama diulang, menggunakan nilai terbaru sebagai nilai coba untuk iterasi seterusnya [6].



Gambar 2. Skema Metode Newton Raphson [6]

Metode Newton Raphson dapat diturunkan melalui interpretasi geometri dari gambar 2.12. Turunan pertama terhadap x adalah ekivalen dengan kemiringan

$$f'(x_i) = \frac{f(x_i)-0}{x_i - x_{i+1}} \text{ .... } (3)$$

atau persamaan (2.10) dapat berubah menjadi bentuk

$$x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f'(x_i)} \text{ .... } (4)$$

METODE

Analisa Model

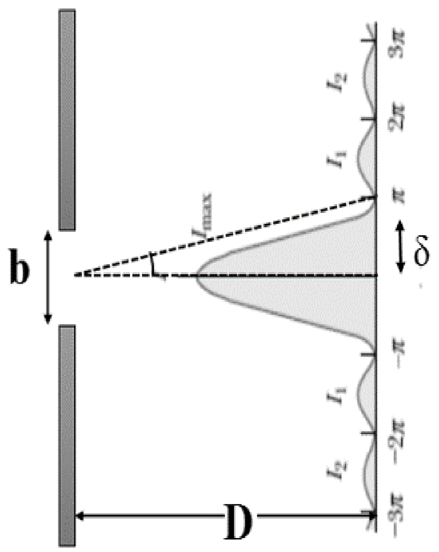
Kasus yang akan dicari solusinya adalah sebagai berikut: Suatu celah yang lebarnya *b* disinari cahaya dengan panjang gelombang *λ*. Pola difraksi yang terjadi ditangkap sebuah layar yang berjarak D. Bagaimanakah menentukan jarak dari intensitas maksimum hingga ke suatu intensitas tertentu dari suatu pola terang?. Ilustrasi dari kasus dapat dilihat pada gambar 3.

Parameter yang menjadi permasalahan dan ingin dicari solusinya adalah jarak dari terang pusat ke suatu titik intensitas tertentu dari suatu pola terang (δ).

$$\tan\,\theta = \frac{\delta}{D} \text{ .... } (5)$$

Untuk kasus difraksi Franhoufer dimana jarak antara celah ke layar yang sangat besar $(D \gg b)$ maka berlaku :

$$\sin\theta \approx \tan\theta \quad \text{....(6)}$$



Gambar 3. Kasus difraksi Celah tunggal [6]

sehingga persamaan (5) menjadi

$$\sin\ \theta = \frac{\delta}{D} \quad \text{....(7)}$$

Distribusi intensitas cahaya pada difraksi celah tunggal Franhoufer memenuhi persamaan :

$$\mathrm{I} = \mathrm{Io}\frac{\sin^2\beta}{\beta^2} \quad \text{....(8)}$$

dimana

$$\beta = \frac{\pi b}{\lambda}\sin\theta \quad \text{....(9)}$$

Keterangan :

Io = Intensitas maksimum
I = Intensitas pada titik tertentu
D = Jarak celah ke Layar
δ = Jarak antara 2 intensitas yang akan ditentukan
λ = Panjang gelombang
b = Lebar Celah

Mula-mula untuk kasus ini ditinjau secara grafik untuk memperkirakan titik awal. Untuk memudahkan proses komputasi maka dilakukan penyederhanaan model dengan mendefinisikan $\frac{I}{Io}$ & β seperti persamaan (10) dan (11).

$$y \equiv \frac{I}{Io,} \quad \text{....(10)}$$

$$x \equiv \beta \quad \text{....(11)}$$

Persamaan (10) dan (11) disubstitusikan ke dalam persamaan (8), sehingga persamaan pola difraksi menjadi :

$$y = \frac{\sin^2 x}{x^2} \quad \text{....(12)}$$

Misalkan perbandingan intensitas yang akan ditentukan jaraknya adalah posisi dimana I/Io = 0,5 , I/Io = 0,25 , I/Io = 0,125 maka persamaannya menjadi:

- Untuk intensitas tinggal setengah intensitas terang pusat

$$0 = \frac{\sin^2 x}{x^2} - 0{,}5 \quad \text{....(12a)}$$

- Untuk intensitas tinggal seperempat intensitas terang pusat

$$0 = \frac{\sin^2 x}{x^2} - 0{,}25 \quad \text{....(12b)}$$

- Untuk intensitas tinggal seperempat intensitas terang pusat

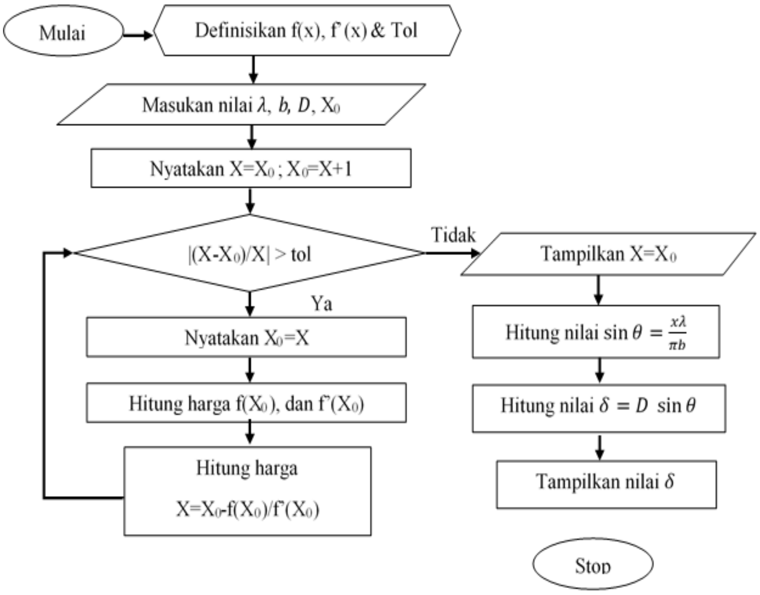
$$0 = \frac{\sin^2 x}{x^2} - 0{,}125 \quad \text{....(12c)}$$

Tahap berikutnya adalah mencari titik potong kurva dengan sumbu x atau akar-akar dari persamaan (12a), (12b) dan (12c) dengan menggunakan metode Bagi Dua dan metode Newton Raphson, setelah diperoleh nilai x dengan definisi pada persamaan (11) maka diperoleh nilai β. Dengan menggunakan persamaan (9) maka dapat dihitung nilai $\sin\theta$. Setelah memperoleh nilai $\sin\theta$ maka dengan persamaan (7) dapat diperoleh nilai jarak dari terang pusat ke intensitas tinggal setengahnya, seperempatnya, seperdelapannya.

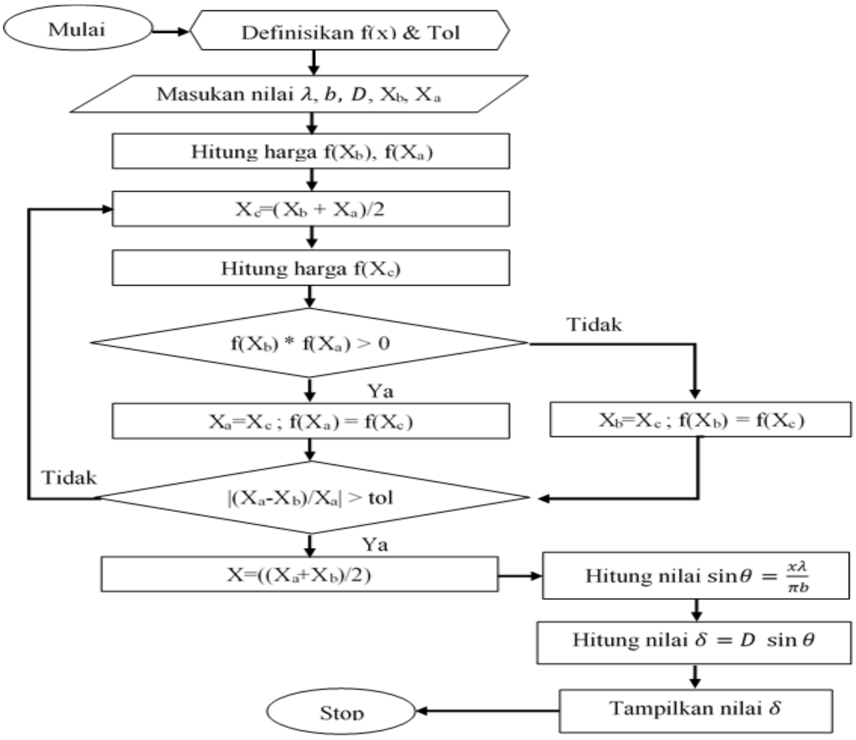
Implementasi Metode Komputasi

Analisa Komputasi dalam bentuk perancangan *flowchart* (diagram alir) sebagai alur logika dan algoritma sebagai landasan dalam menuliskan *sintaks* program. *Procedure* dalam program sesuai dengan metode-metode yang digunakan untuk analisa komputasi.

Jurnal Fisika
Fisika Sains dan Aplikasinya



Gambar 4. Diagram alir metode Newton Raphson



Gambar 5. Diagram alir metode Bagi Dua

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Metode Bagi Dua dan Metode Newton Raphson

Implementasi dari metode Bagi Dua dan metode Newton yang telah dibuat membahas tentang bagaimana menerapkan metode Bagi Dua dan metode Newton Raphson ke dalam bahasa pemrograman Borland Delphi 7 untuk memberikan solusi jarak dari terang pusat ke terang berikutnya dengan perbandingan intensitas tertentu pada kasus difraksi celah tunggal Franhoufer.

Penerapan metode Bagi Dua dan metode Newton Raphson dilakukan dengan mencari

Vol. 4, No. 2 – Oktober 2019
ISSN: 2503-5274(p), 2657-1900(e)

akar-akar persamaan distribusi intensitas cahaya, kemudian menentukan nilai sinus sudut antara terang pusat dan terang dengan intensitas tertentu, selanjutnya ditentukan jarak antara terang pusat dan terang dengan intensitas tertentu tersebut. Penerapan dua metode di atas dalam bahasa pemrograman Borland Delphi 7 dilakukan dengan menuliskan prosedur metode ke dalam bahasa Pascal.

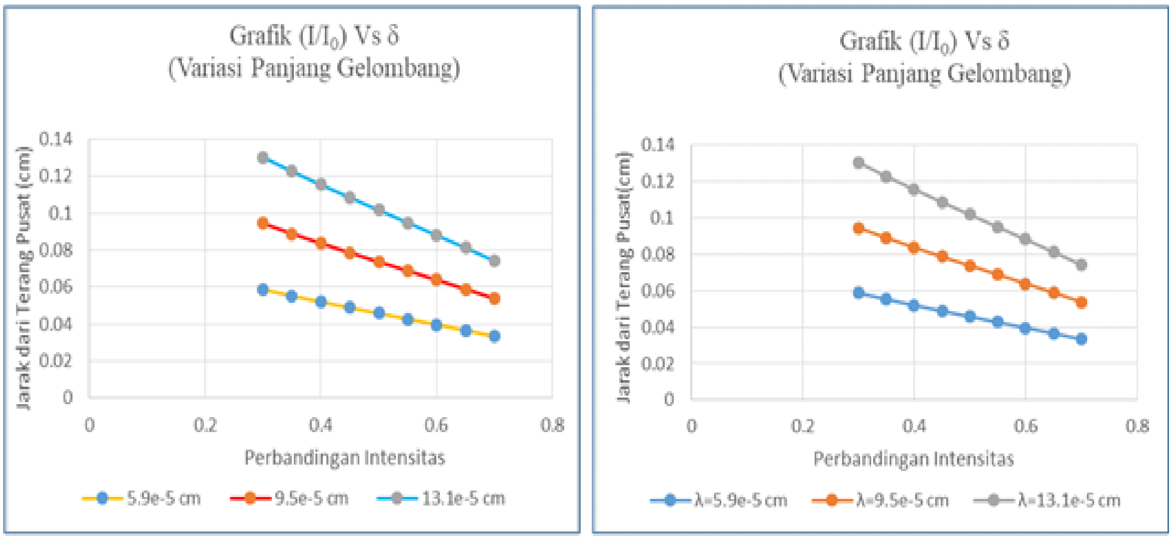
Analisa Solusi Jarak

Jarak antara 2 intensitas pada kasus difraksi celah tunggal Franhoufer dapat diketahui dengan cara menentukan akar persamaan distribusi intensitasnya melalui persamaan (3.8), kemudian dilakukan perhitungan nilai sin θ menggunakan persamaan (3.5) dan dihitung nilai jaraknya menggunakan persamaan (3.3).

Nilai awal yang digunakan dalam metode Bagi Dua yaitu tebakan awal bawah $x_a = 1$ dan tebakan awal atas $x_b = 2$, sedangkan untung metode Newton Raphson nilai tebakan awal yang digunakan adalah $x = 1$.

Penentuan jarak antara intensitas dilakukan pada parameter yang nilainya diubah-ubah untuk melihat pengaruhnya terhadap jarak antara intensitas. Parameter yang diubah-ubah tersebut adalah, panjang gelombang sumber, lebar celah dan jarak antara celah dengan layar.

Dibawah ini apat dilihat jarak antar intesitas pada variasi beberapa parameter. Gambar 6 menunjukan jarak antar intensitas pada variasi Panjang gelombang sumber.



a b

Gambar 6. Grafik perbandingan intensitas terhadap jaraknya pada variasi panjang gelombang. (a) metode biseksi (b) metode Newton Raphson

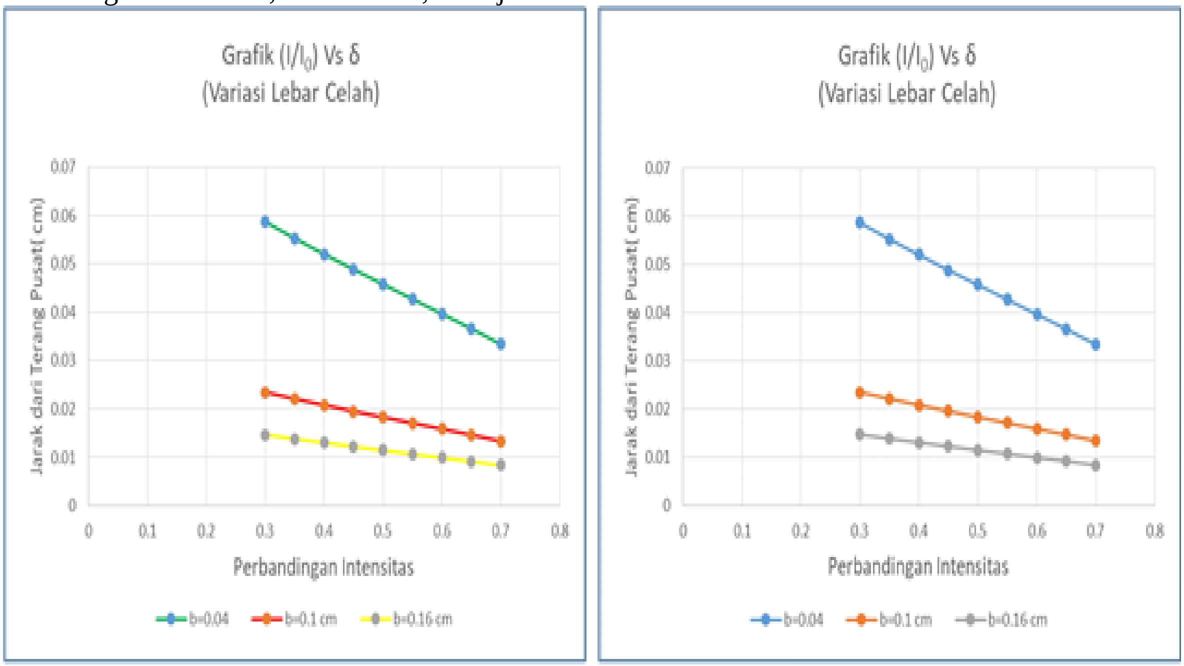
Nilai jarak yang diperoleh dengan metode Bagi Dua maupun metode Newton Raphson memberikan hasil yang tidak jauh berbeda dengan selisih yang sangat kecil, hal ini menunjukan bahwa dua metode ini mampu memberikan solusi yang cukup baik.

Pada panjang gelombang sumber λ=5.9 x 10^{-5} cm, jarak dari intensitas maksimum ke titik yang intensitasnya 0.3 kali intensitas maksimum terang pusat diperoleh sebesar 0.058671363 cm dengan metode Bagi Dua dan 0.058671571 cm dengan metode Newton Raphson, ketika intensitasnya 0.7 kali terang pusat diperoleh sebesar 0.033404134 cm dengan metode Bagi Dua dan 0.03340416 cm dengan metode Newton Raphson.

Untuk panjang gelombang sumber λ=9.5 x 10^{-5} cm, jarak dari intensitas maksimum ke titik yang intensitasnya 0.3 kali intensitas maksimum terang pusat diperoleh sebesar 0.094470836 cm dengan metode Bagi Dua dan 0.094471179 cm melalui metode Newton Raphson. Ketika intensitasnya 0.7 kali terang pusat diperoleh sebesar 0.053786319 cm dengan metode Bagi Dua dan 0.05378636 cm dengan metode Newton Raphson. Selanjutnya panjang gelombang sumber λ= 13.1 x 10^{-5} cm, jarak dari intensitas maksimum ke titik yang intensitasnya 0.3 kali intensitas maksimum terang pusat

Vol. 4, No. 2 – Oktober 2019
ISSN: 2503-5274(p), 2657-1900(e)

diperoleh sebesar 0.130270317 cm dengan metode Bagi Dua dan 0.130270779 cm melalui metode Newton Raphson, ketika intensitasnya 0.7 kali terang pusat diperoleh sebesar 0.074168503 cm dengan metode Bagi Dua dan 0.074168563 cm dengan metode Newton Raphson.Hasil ini menunjukan bahwa pada nilai perbandingan intensitas, lebar celah, dan jarak celah ke layar yang sama, semakin besar panjang gelombang sumber maka semakin besar pula jarak antara suatu titik intensitas dari intensitas maksimum. Sehingga, lebar pita terang akan semakin besar pula apabila nilai panjang gelombang sumber makin besar.



a b

Gambar 7. Grafik perbandingan intensitas terhadap jaraknya pada variasi lebar celah (a) metode biseksi (b) metode Newton Raphson)

Pada lebar celah b=0.04 cm, jarak dari intensitas maksimum ke titik yang intensitasnya 0.3 kali intensitas maksimum terang pusat diperoleh sebesar 0.058671363 cm dengan metode Bagi Dua dan 0.058671571 cm dengan metode Newton Raphson, ketika intensitasnya 0.7 kali terang pusat diperoleh sebesar 0.033404134 cm dengan metode Bagi Dua dan 0.03340416 cm dengan metode Newton Raphson.

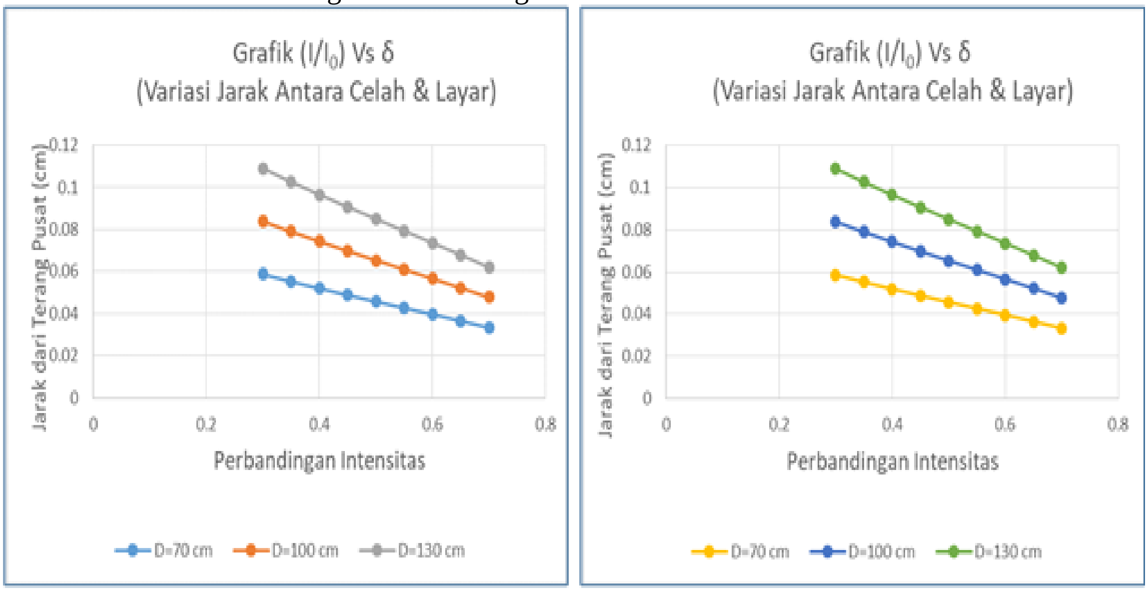
Untuk lebar celah b=0.1 cm, jarak dari intensitas maksimum ke titik yang intensitasnya 0.3 kali intensitas maksimum terang pusat diperoleh sebesar 0.023468545 cm melalui metode Bagi Dua dan 0.023468629 cm melalui metode Newton Raphson, ketika intensitasnya 0.7 kali terang pusat diperoleh sebesar 0.023468629 cm dengan metode Bagi Dua dan 0.013361664 cm dengan metode Newton Raphson.

Ketika lebar celah b=0.16 cm, jarak dari intensitas maksimum ke titik yang intensitasnya 0.3 kali intensitas maksimum terang pusat diperoleh sebesar 0.014667893 cm dengan metode Bagi Dua dan 0.014667893 cm dengan metode Newton Raphson, ketika intensitasnya 0.7 kali terang pusat diperoleh sebesar 0.00835104 cm dengan metode Bagi Dua dan 0.00835104 cm dengan metode Newton Raphson.Hasil ini menunjukan bahwa pada nilai perbandingan Intensitas, panjang gelombang sumber, dan jarak celah ke layar yang sama, semakin besar lebar celah maka semakin kecil jarak antara suatu titik intensitas dari intensitas maksimum. Sehingga, lebar pita terang akan semakin besar apabila nilai lebar celah diperkecil.

Pada jarak celah ke layar D=70 cm, jarak dari intensitas maksimum ke titik yang intensitasnya 0.3 kali intensitas maksimum terang pusat diperoleh sebesar 0.058671363 cm

Jurnal Fisika
Fisika Sains dan Aplikasinya

dengan metode Bagi Dua dan 0.058671571 cm melalui metode Newton Raphson, ketika intensitasnya 0.7 kali terang pusat diperoleh sebesar 0.033404134 cm dengan metode Bagi Dua dan 0.03340416 cm dengan metode Newton Raphson.



a b

Gambar 8. Grafik perbandingan intensitas terhadap jaraknya pada variasi jarak antara celah dan layar (a) metode biseksi (b) metode Newton Raphson)

Untuk jarak celah ke layar D=100 cm, jarak dari intensitas maksimum ke titik yang intensitasnya 0.3 kali intensitas maksimum terang pusat diperoleh sebesar 0.083816230cm dengan metode Bagi Dua dan 0.083816528 cm dengan metode Newton Raphson, ketika intensitasnya 0.7 kali terang pusat diperoleh sebesar 0.047720190cm dengan metode Bagi Dua dan 0.047720231 cm melalui metode Newton Raphson.

Ketika jarak celah ke layar D=130 cm, jarak dari intensitas maksimum ke titik yang intensitasnya 0.3 kali intensitas maksimum terang pusat diperoleh sebesar 0.108961098 cm dengan metode Bagi Dua dan 0.108961493 cm dengan metode Newton Raphson, ketika intensitasnya 0.7 kali terang pusat diperoleh sebesar 0.062036250cm dengan metode Bagi Dua dan 0.062036298 cm melalui metode Newton Raphson.Hasil ini menunjukan bahwa pada nilai perbandingan Intensitas, panjang gelombang sumber, dan lebar celah yang sama, semakin besar jarak celah ke layar maka semakin besar jarak antara suatu titik intensitas dari intensitas maksimum. Akibatnya, lebar pita terang akan semakin besar apabila jarak celah ke layar diperbesar.

Pengaruh nilai tebakan awal metode terhadap Solusi

Data pada tabel 1 merupakan data perbandingan solusi jarak pada parameter input yang sama namun pada nilai tebakan awal yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk melihat pengaruh nilai tebakan awal terhadap solusi jarak.

Dari hasil tersebut terlihat bahwa pada metode bagi dua, dua selang nilai tebakan awal yang digunakan yaitu [-1,2] dan [1,2] menghasilkan nilai jarak yang sangat dekat dengan selisih yang sangat kecil. Hal ini terjadi karena nilai akar yang diperoleh sama dan nilai itu berada pada dua selang tersebut. Pada metode Newton Raphson, dua nilai tebakan awal yang digunakan yaitu 1 dan 2, sama seperti pada metode Bagi Dua, nilai jarak yang diperoleh pada 2 nilai tebakan ini sangat dekat dengan selisih yang sangat kecil, hal ini dipengaruhi oleh dua tebakan awal tersebut mendekati nilai akar yang sama, sehingga jarak yang diperoleh sama.

Tabel 1 Perbandingan Solusi pada nilai tebakan awal berbeda

Parameter Input	I/I_0	Jarak (cm)			
		Bagi Dua		Newton Raphson	
		[-1 , 2]	[1 , 2]	(1)	(2)
λ=5.9 $x\ 10^{-5}$cm , b=0.04 cm, D=70 cm	0.3	0.058671352	0.05867136	0.05867157	0.058671352
	0.35	0.055248704	0.05524867	0.05524889	0.055248693
	0.4	0.055248704	0.05198853	0.05198869	0.051988531
	0.45	0.048838653	0.04883866	0.04883875	0.048838638
	0.5	0.045757405	0.0457574	0.04575751	0.045757421
	0.55	0.042708807	0.04270881	0.04270886	0.042708792
	0.6	0.039658464	0.03965848	0.03965853	0.039658476
	0.65	0.036570683	0.03657069	0.0365707	0.036570683
	0.7	0.033404157	0.03340413	0.03340416	0.033404157

Persamaan distribusi intensitas cahaya merupakan persamaan yang memiliki banyak nilai akar, sehingga nilai tebakan awal berpengaruh pada nilai akar yang diperoleh, sehingga akan berpengaruh pula pada nilai jarak yang ditentukan. Pada tabel 1 terlihat bahwa dua selang tebakan awal pada dua metode yang berbeda tidak mempengaruhi nilai jarak yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena nilai akar yang ditentukan sama dan berada pada dua selang tersebut, atau dua tebakan awal mendekati nilai akar yang sama.

Hasil berbeda diperoleh dengan metode newton Raphson ketika tebakan awal yang digunakan yaitu 4 dan 5, dapat dilihat pada tabel 3 Ketika nilai akar yang ditentukan terdapat pada dua selang tebakan awal yang berbeda, maka solusi jarak yang diperoleh mempunyai selisih yang sangat kecil, namun iterasi dan nilai error relatifnya akan berbeda.

Jarak pola gelap dari terang pusat

Dari hasil yang diperoleh menunjukan bahwa perhitungan numerik ini hanya dilakukan untuk menghitung jarak antara intensitas pada titik terang, sedangkan jarak antara terang pusat terhadap pola gelap dapat dihitung secara analitik dengan menggunakan persamaan $b \sin\theta = n\lambda$. Berdasarkan persamaan tersebut kita dapat menghitung jarak pola gelap dari terang pusat, dan hasilnya dapat kita lihat pada tabel 2.

Tabel 2. Jarak pola gelap dari terang pusat

Parameter Input	N	Jarak δ (cm)
λ=5.9 $x\ 10^{-5}$cm , b=0.04 cm, D=70 cm	1	0.10325
	2	0.20650
	3	0.30975
	4	0.41300
	5	0.51625
	1	0.16625

λ=9.5 x 10^{-5} cm , b=0.04 cm, D=70 cm	2	0.33250
	3	0.49875
	4	0.66500
	5	0.83125
λ=13.1 x 10^{-5} cm , b=0.04 cm, D=70 cm	1	0.22925
	2	0.45850
	3	0.68775
	4	0.91700
	5	1.14625

Dari tabel 2 dan hasil perhitungan numerik yang telah dilakukan sebelumnya pada parameter input yang sama, terlihat bahwa perbandingan intensitas yang dihitung jaraknya dengan metode numerik hanya berada dalam rentang terang pusat. Hal ini dipengaruhi oleh pemilihan titik awal metode Bagi Dua dan Newton Raphson yang berada dalam rentang atau lebih dekat ke akar persamaan dari perbandingan intensitas pada terang pusat.

Setelah dilakukan perhitungan ulang secara numerik dengan metode Newton Raphson, dimana nilai titik awal digeser $x_0 = 4$ dan $x_0 = 5$, hasilnya dapat dilihat pada tabel 3. Dari hasil pada tabel 3 diperoleh jarak antar intensitas yang berbeda ketika nilai awal diubah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jarak antara dua intensitas ini berada pada rentang terang pertama setelah terang pusat.

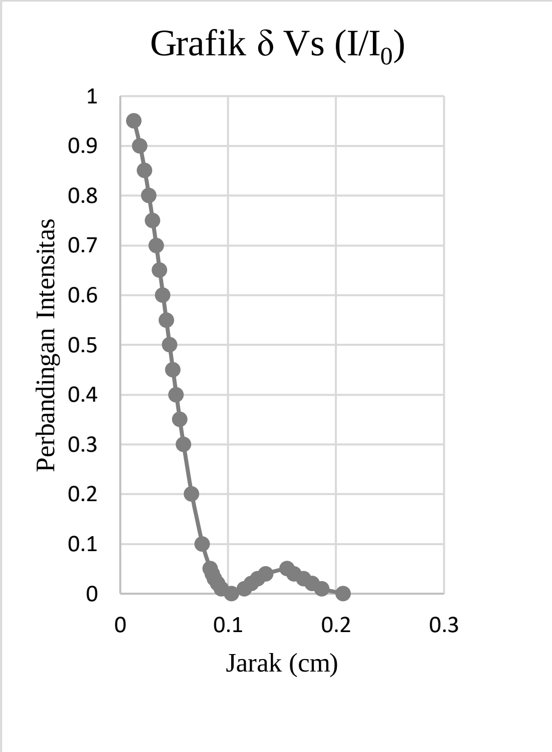
Tabel 3. Solusi jarak antara dua intensitas pada kasus difraksi celah tunggal Franhoufer pada nilai tebakan awal yang berbeda

Parameter Input	**Perbandingan Intensitas**	**Jarak (cm)**
		Newton Raphson
λ=5.9 x 10^{-5}cm , b=0.04 cm, D=70 cm, Tebakan awal =4	0	0.10325
	0.01	0.115056795
	0.02	0.121359031
	0.03	0.127520445
	0.04	0.134968791
	0.05	0.1548751
λ=5.9 x 10^{-5} cm , b=0.04 cm, D=70 cm, Tebakan awal =5	0.04	0.161329611
	0.03	0.170088325
	0.02	0.177946568
	0.01	0.186744651
	0	0.2065

Distribusi Intensitas cahaya difraksi Franhoufer celah tunggal

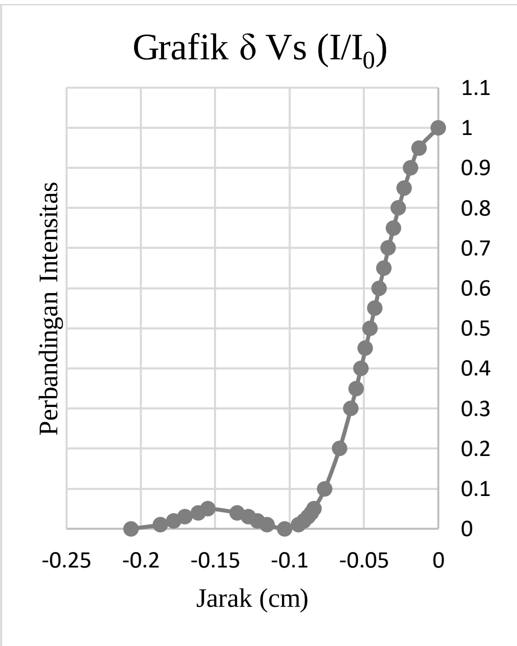
Hasil perhitungan jarak antara suatu titik intensitas pada pita terang terhadap intensitas maksimum dengan menggunakan metode Newton Raphson dapat dilihat pada gambar 9. Hasil tersebut diperoleh menggunakan nilai tebakan awal positif, diperoleh jarak antara intensitas tertentu pada terang pusat terhadap terang maksimum dan jarak antar intensitas tertentu pada terang pertama terhadap intensitas maksimum.

Terdapat dua puncak, pertama merupakan puncak untuk intensitas maksimum pada terang pusat yang berada pada jarak 0 cm karena intensitas maksimum dijadikan acuan dalam perhitungan jarak dan puncak untuk terang pertama setelah terang pusat yang mana intensitasnya tinggal $0.05I_0$ dan berada pada jarak 0.154875 cm dari intensitas maksimum dan intensitas sama dengan nol yaitu pada gelap pertama yang berada pada jarak 0.1325 cm dari intensitas maksimum.



Gambar 9. Grafik jarak terhadap perbandingan Intensitas Terang pusat dengan metode Newton Raphson pada tebakan awal metode dalam rentang positif

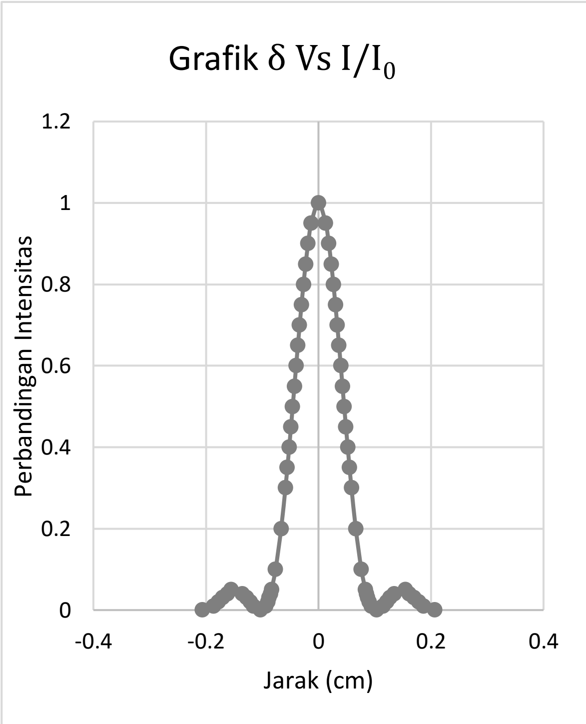
.



Gambar 10. Grafik jarak terhadap perbandingan intensitas terang pusat dengan metode Newton Raphson pada tebakan awal metode dalam rentang negatif

Ketika nilai tebakan awal metode Newton Raphson diubah dalam rentang negatif diperoleh hasil seperti gambar 10. Grafik pada gambar 10 memperlihatkan bahwa distribusi intensitas ketika nilai tebakan awal metode dalam rentang negatif diperoleh nilai jarak yang sama pada perbandingan intensitas yang sama dengan ketika nilai tebakan awal dalam rentang positif. Terdapat dua puncak, pertama merupakan puncak untuk intensitas maksimum pada terang pusat yang berada pada jarak 0 cm karena intensitas maksimum dijadikan acuan dalam perhitungan jarak dan puncak untuk terang pertama setelah terang pusat yang mana intensitasnya tinggal $0.05I_0$ dan berada pada jarak -0.154875 cm dari intensitas maksimum dan intensitas sama dengan nol yaitu pada gelap pertama yang berada pada jarak -0.1325 cm dari intensitas maksimum.

Apabila distribusi Intensitas cahaya dalam rentang negatif digabungkan dengan distribusi intensitas cahaya dalam rentang positif maka hasilnya dapat kita lihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 11. Grafik jarak terhadap perbandingan Intensitas Terang pusat dengan metode Newton Raphson

Dari grafik pada gambar 11 terlihat bahwa jarak suatu titik intensitas pada pita terang dari intensitas maksimum memiliki grafik yang simetri, dengan kata lain pita terang dan pita gelap pada sebelah kiri memiliki jarak yang sama dengan pita terang dan pita gelap pada sebelah kanan.

Komparasi Solusi Metode Bagi Dua dan Metode Newton Raphson

Perbandingan solusi antara metode Bagi Dua dan Newton Raphson ini dilakukan pada fungsi nonlinear yang merupakan fungsi distribusi intensitas cahaya pada difraksi celah tunggal Franhoufer. Fungsi tersebut dapat dilihat pada persamaan (12).

Solusi yang ditentukan dari persamaan di atas adalah akar dari persamaan tersebut (x), dengan memberikan input berupa perbandingan intensitas (y) yang merupakan perbandingan antara intensitas pada terang pusat dan intensitas pada terang yang ingin ditentukan jaraknya pada kasus difraksi celah tunggal Franhoufer.

Tabel 4.Tabel perbandingan solusi Metode Bagi Dua dan Metode Newton Raphson

Parameter Input	Perbandingan Intensitas	Parameter Output	BAGI DUA	NEWTON RAPHSON
λ=5.9e-5 cm , b=0.04 cm, D=70 cm	I/I0 =0.3	Akar	1.784291267395	1.784291028976
		Jarak	0.058671363	0.058671571
		Kesalahan	$1.90735\,x\,10^{-10}$	$5.75513\,x\,10^{-9}$
		Iterasi ke	20	4
	I/I0 =0.35	Akar	1.680201530457	1.680202364922
		Jarak	0.055248667	0.05524889
		Kesalahan	$1.90735\,x\,10^{-6}$	$7.13334\,x\,10^{-9}$
		Iterasi ke	20	4
	I/I0 =0.4	Akar	1.581055641174	1.581055641174
		Jarak	0.051988535	0.051988695
		Kesalahan	$1.90735\,x\,10^{-6}$	$3.18211\,x\,10^{-9}$
		Iterasi ke	20	4
	I/I0 =0.45	Akar	1.485262870789	1.485262274742
		Jarak	0.04883866	0.048838753
		Kesalahan	$1.90735\,x\,10^{-6}$	$6.04485\,x\,10^{-10}$
		Iterasi ke	20	4
	I/I0 =0.5	Akar	1.391556739807	1.391557335853
		Jarak	0.045757398	0.045757513
		Kesalahan	$1.90735\,x\,10^{-6}$	$3.12186\,x\,10^{-11}$
		Iterasi ke	20	4
	I/I0 =0.55	Akar	1.298844337463	1.298843622207
		Jarak	0.042708814	0.042708863
		Kesalahan	$1.90735\,x\,10^{-6}$	$4.9363\,x\,10^{-7}$
		Iterasi ke	20	4
	I/I0 =0.6	Akar	1.206078529358	1.206078648567
		Jarak	0.039658476	0.039658532
		Kesalahan	$1.90735\,x\,10^{-6}$	$6.43929\,x\,10^{-13}$
		Iterasi ke	20	4
	I/I0 =0.65	Akar	1.112174034119	1.112173795700
		Jarak	0.036570691	0.036570702
		Kesalahan	$1.90735\,x\,10^{-6}$	$7.52642\,x\,10^{-7}$
		Iterasi ke	20	3
	I/I0 =0.7	Akar	1.015873908997	1.015874624252
		Jarak	0.033404134	0.03340416
		Kesalahan	$1.90735\,x\,10^{-6}$	$5.9811\,x\,10^{-10}$
		Iterasi ke	20	3

Pada kasus ini digunakan sembilan nilai input perbandingan intensitas yaitu 0.3 , 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55, 0.6, 0.65, dan 0.7, sehingga akan terdapat sembilan persamaan yang ditentukan akarnya.

Dua metode yang digunakan adalah metode Bagi Dua yang menggunakan dua tebakan awal dan juga metode Newton Raphson yang menggunakan satu tebakan awal. Adapun nilai tebakan awal metode Bagi Dua adalah 1 untuk nilai tabakan awal bawah dan 2 untuk nilai tebakan atas. Pada metode Newton Raphson digunakan 1 sebagai nilai tebakan awal.

Toleransi kesalahan yang digunakan adalah $1x10^{-6}$.

Hasil pada tabel 4. dapat dilihat bahwa untuk memperoleh solusi atau nilai akar dari persamaan yang sama, metode Newton Raphson merupakan metode yang lebih cepat mencapai solusi dibandingkan dengan menggunakan

Jurnal Fisika
Fisika Sains dan Aplikasinya

metode Bagi Dua. Telihat dari sembilan persamaan yang berbeda metode Newton hanya memerlukan 4 iterasi untuk mencapai solusi sedangkan metode Bagi Dua memerlukan 20 iterasi untuk mencapai solusi.

Untuk membandingkan tingkat kesalahan dari dua metode ini, hanya dapat dibandingkan nilai kesalahan pendekatan relatifnya saja. Kesalahan pendekatan relatif didefinisikan sebagai selisih antara nilai pendekatan sekarang dan nilai pendekatan sebelumnya. Dari hasil di atas menunjukkan pada sembilan persamaan yang berbeda, nilai kesalahan pendekatan relatif pada metode Bagi Dua adalah sebesar 1.90735×10^{-6}, sedangkan pada metode Newton Raphson kesalahan pendekatan relatif berkisar antara 6.43929×10^{-13} hingga 7.52642×10^{-7}. Terlihat bahwa kesalahan pendekatan relatif pada metode Newton Raphson lebih kecil dibandingkan nilai kesalahan pendekatan relatif pada metode Bagi Dua. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa metode Newton Raphson lebih cepat konvergen dibandingkan dengan metode Bagi Dua, dan memiliki nilai kesalahan pendekatan relatif yang lebih kecil.

SIMPULAN

1. Penerapan metode Bagi Dua dan metode Newton Raphson dalam perhitungan jarak dari terang pusat ke terang dengan intensitas tertentu pada kasus difraksi celah tunggal Franhoufer dilakukan dengan mencari akar-akar dari persamaan distribusi intensitas cahaya pada kasus tersebut. Kemudian ditentukan nilai sinus dari sudut antara terang pusat dan terang dengan intensitas tertentu lalu ditentukan jarak antara terang pusat dan terang dengan intensitas tertentu tersebut.
2. Terdapat tiga puncak, dimana yang pertama merupakan puncak untuk terang pusat dengan intensitas I_0 yang berada pada jarak 0 cm. Dua puncak lainnya merupakan puncak untuk pita terang pertama setelah terang pusat yang memiliki nilai intensitas tinggal $0.05I_0$ dan berada pada jarak 0.154875 cm dari sebelah kiri dan sebelah kanan intensitas maksimum.
3. Grafik antara jarak dengan perbandingan intensitas terhadap terang maksimum berbentuk sinusoidal.
4. Dapat disimpulkan bahwa, metode Newton Raphson lebih cepat konvergen serta memiliki nilai kesalahan pendekatan relatif yang lebih kecil dibandingkan dengan metode Bagi Dua.

DAFTAR PUSTAKA

1 Jaja K. Fisika Optik. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung. 2014.

2 Sparisoma V. Fisika Dasar. ITB, Bandung. 2010.

3 Indyana M, Murwani KM. 2013. Sintesis dan Karakterisasi Struktur Kristal Padatan Ca 1-x Cu x F 2 dengan Difraksi Sinar-X. J. SAINS DAN SENI POMITS. **2**(2): 44.

4 Wulandari PS, Radiyono Y. 2015. Penggunaan Metode Difraksi Celah Tunggal pada Penentuan Koefisien Pemuaian Panjang Alumunium (Al). J. Mater. dan Pembelajaran Fis. **5**(2): 1.

5 Hastiani Y, Toifur M. 2014. Pengukuran Indeks Bias Air Melalui Eksperimen Kisi Difraksi Keping Compact Disc (CD). J. Mater. dan Pembelajaran Fis. **4**(1): 1.

6 Warsito A. Fisika Komputasi. Fisika, FST Undana, Kupang. 2009.

7 Warsito A, Haning AEP. 2018. Komparasi Solusi Kasus Fluks Magnetik di Sekitar Kawat Berarus Listrik dengan Metode Analitik dan Komputasi. J. ILMU DASAR. **19**(1): 23.

8 Oktafiandi A. 2015. MEMBANDINGKAN KECEPATAN DAN KETELITIAN DALAM MENCARI AKAR PADA PERSAMAAN NON LINEAR PADA BERBAGAI METODE. J. Teknol. Inform. Komput. **2**(1): 23.

9 Amin N. 2011. Perbandingan metode gauss-siedel dan metode newton-raphson dalam solusi aliran daya. J. SMARTek. **9**(3): 212.

10 Guspar O. 2007. Penerapan Metode Bisection dan metode Secant dalam Rekayasa Sipil. Rekayasa Sipil. III(2): 68.

11 P Y. Buku Ajar mata kuliah Gelombang dan Optik Jurusan Pendidikan Fisika. Universitas Pendidikan Ganesha, Bali. 2003.