

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan secara komputasional dengan melakukan analisis difraksi menggunakan perhitungan numerik. Merupakan salah satu metode dalam perkembangan ilmu komputasi yang sering disebut dengan Artificial Life. Pengujian nilai intensitas dengan menggunakan Microsoft Excel 2007 dan Borland Delphi 7, serta hasil uji banding dengan literatur untuk mengetahui simpangan baku dari nilai-nilai yang dihasilkan dalam program. Dalam bab ini akan dibahas mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan.

4.1. Hasil Penelitian

Algoritma

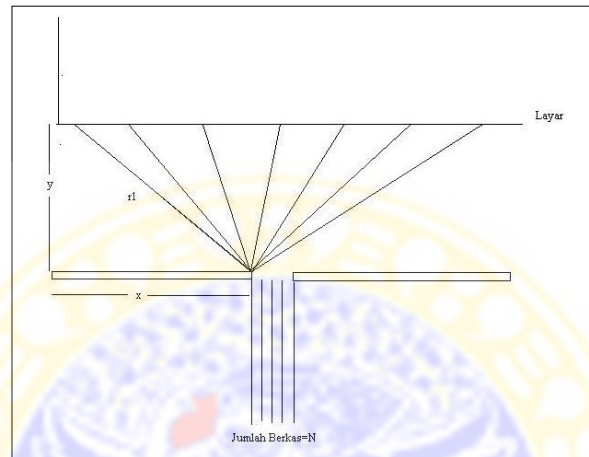
Terdapat 3 langkah perhitungan untuk menentukan intensitas, yaitu :

- 1). Menentukan jarak titik sumber ke masing-masing titik di layar.

Langkah pertama dilakukan dengan menggunakan persamaan pitagoras pada persamaan (2.11)

$$A_R = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

Atau bisa ditulis dalam bentuk lain $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ dengan r = jarak berkas sumber ke titik di layar, $x = n$ jumlah berkas, dan y = jarak celah ke layar, menurut gambar 3.2



2) Menentukan simpangan gelombang untuk masing-masing gelombang real dan imajiner

Langkah kedua dengan menggunakan persamaan (2.9)

$$y_R(r) = Ae^{ikr}$$

$$y_R(r) = A[\cos kr + i \sin kr]$$

3). Menentukan superposisi gelombang

Langkah ketiga menentukan superposisi gelombang dengan menggunakan persamaan (2.10)

$$y_R(x) = y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_N = \sum y_N$$

Atau bisa juga ditulis dengan persamaan osilator koheren pada persamaan (2.12)

$$E = E_0(r)e^{-i\omega t} e^{ikr} x [1 + e^{i\delta} + (e^{i\delta})^2 + (e^{i\delta})^3 + \dots + (e^{i\delta})^{N-1}]$$

4). Menentukan intensitas gelombang masing-masing titik di layar

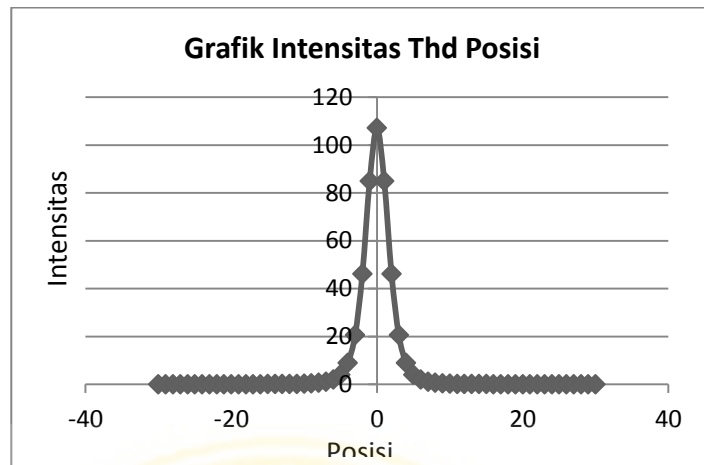
Langkah keempat dengan menggunakan persamaan intensitas pada persamaan (2.13)

$$I = I_0 \left[\frac{\sin^2(N\delta/2)}{\sin^2(\delta/2)} \right]$$

Dari keempat langkah diatas, didapatkan nilai intensitas dan selanjutnya digunakan sebagai nilai untuk membuat grafik hubungan antara intensitas terhadap jarak celah ke layar. Kode program dapat dilihat pada lampiran 1.

4.1.1. Hasil Perhitungan dengan Microsoft Excel 2007

Perhitungan dengan Microsoft Excel 2007 merupakan perhitungan untuk menguji kebenaran nilai gelombang, superposisi dan intensitas berdasarkan rumus. Hasil perhitungan terdapat pada lampiran 2 yang merupakan hasil analisis intensitas difraksi dengan variabel bebas berupa posisi (x), dan variabel terikat yaitu Intensitas (I), sehingga didapatkan hubungan jarak dan Intensitas dalam bentuk grafik sebagai berikut :



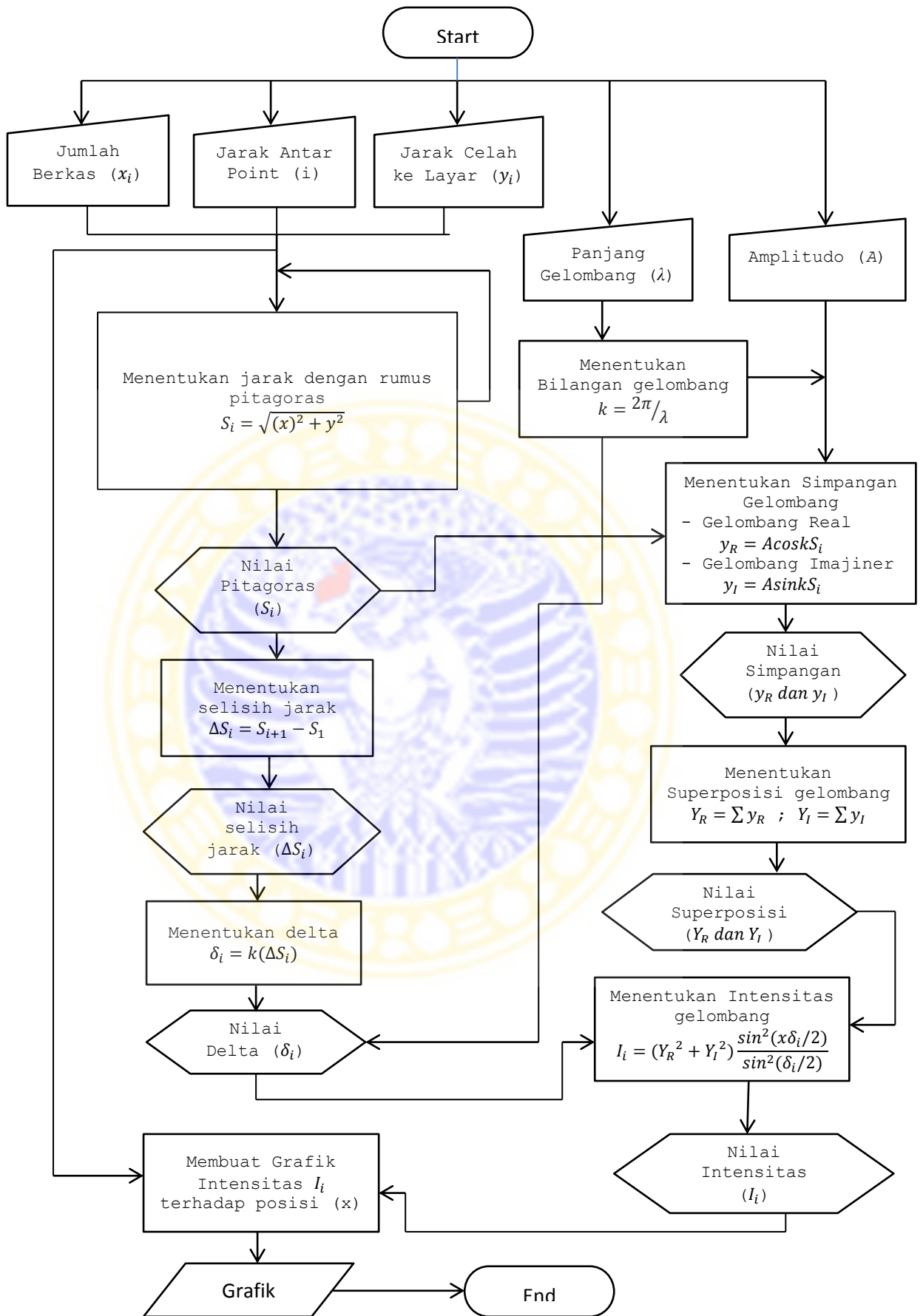
Gambar 4.1. Grafik Intensitas Terhadap Posisi

4.1.2. Pembuatan Program Simulasi Difraksi dengan *Borland Delphi 7*

Program simulasi dibangun berdasarkan algoritma program serta flowchart. Algoritma program simulasi difraksi adalah sebagai berikut :

1. Masukkan data manual (Jumlah berkas, Jarak antar poin, Jarak celah ke layar, Amplitudo dan panjang gelombang)
2. Masuk proses pitagoras (Jumlah berkas dan jarak celah ke layar)
3. Mencari selisih jarak dari hasil pitagoras (langkah 2)
4. Mencari delta dari selisih jarak (langkah 3)
5. Menentukan simpangan dengan persamaan gelombang (Amplitudo, Panjang gelombang, pitagoras (langkah 2))
6. Menentukan superposisi gelombang dari simpangan (langkah 5)
7. Menentukan intensitas dari delta (langkah 4) dan superposisi (langkah 6)
8. Menentukan grafik intensitas

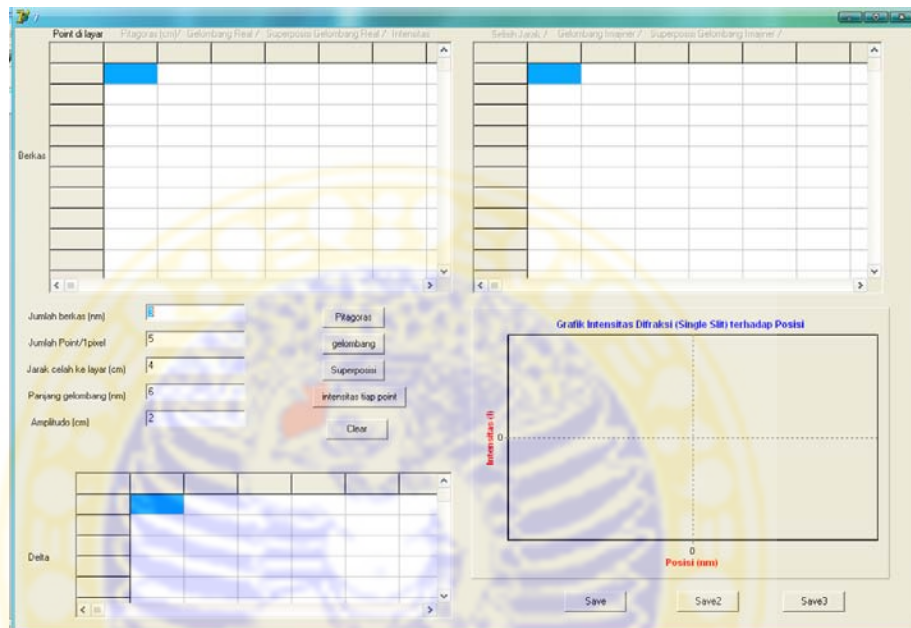
Sedangkan Flowchart program simulasi difraksi adalah sebagai berikut :



Gambar 4.2. Diagram alir program Simulasi

Dari algoritma dan flowchart tersebut, maka program difraksi dapat dibangun dengan menggunakan kode program yang terdapat pada lampiran 1.

Tampilan program simulasi difraksi celah tunggal adalah sebagai berikut :



Gambar 4.3. Tampilan program simulasi difraksi celah tunggal

4.1.3. Hasil Uji Program Simulasi

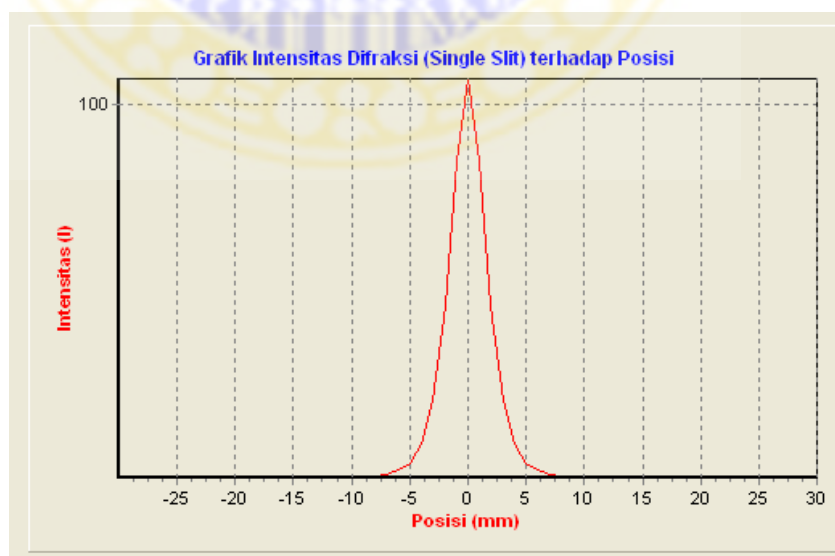
Hasil uji program simulasi difraksi merupakan hasil simulasi program dengan input variabel bebas yaitu :

1. Lebar celah
2. Jarak celah ke layar
3. Amplitudo
4. Panjang gelombang
5. Jarak point di layar

Serta menghasilkan output berupa :

1. Jarak berkas ke masing-masing point di layar (Lampiran 3)
2. Selisih jarak antar berkas
3. Delta
4. Gelombang real
5. Gelombang imajiner
6. Superposisi real
7. Superposisi imajiner
8. Superposisi
9. Intensitas (Lampiran 4)

Dengan memberikan nilai masukan yang sama dengan input pada Excel 2007, didapatkan hasil perhitungan pola difraksi dengan program simulasi berupa grafik intensitas sebagai berikut :



Gambar 4.4. Grafik Intensitas terhadap posisi

4.1.4. Hasil Perhitungan dengan Borland Delphi 7 dengan Input Tertentu

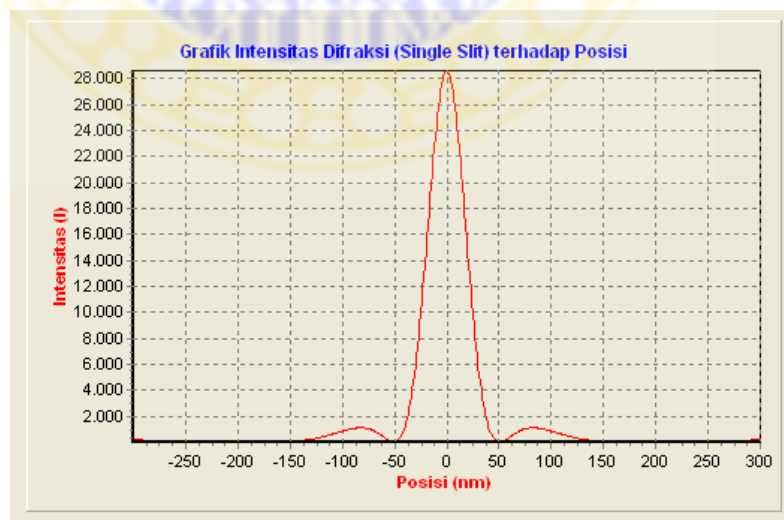
Hasil perhitungan dengan Borland Delphi 7 dengan Input Tertentu yaitu :

a). Input 1.

Lebar celah (nm)	<input type="text" value="30"/>
Jumlah Point/1 pixel	<input type="text" value="30"/>
Jarak celah ke layar (cm)	<input type="text" value="100"/>
Panjang gelombang (nm)	<input type="text" value="405"/>
Amplitudo (cm)	<input type="text" value="1"/>

Gambar 4.5. Input pertama pada program simulasi difraksi

Dari input diatas, didapatkan nilai-nilai output yang dapat dilihat di lampiran 3 dan 4. Dan dari data tersebut dihasilkan grafik hubungan intensitas dengan posisi sebagai berikut :



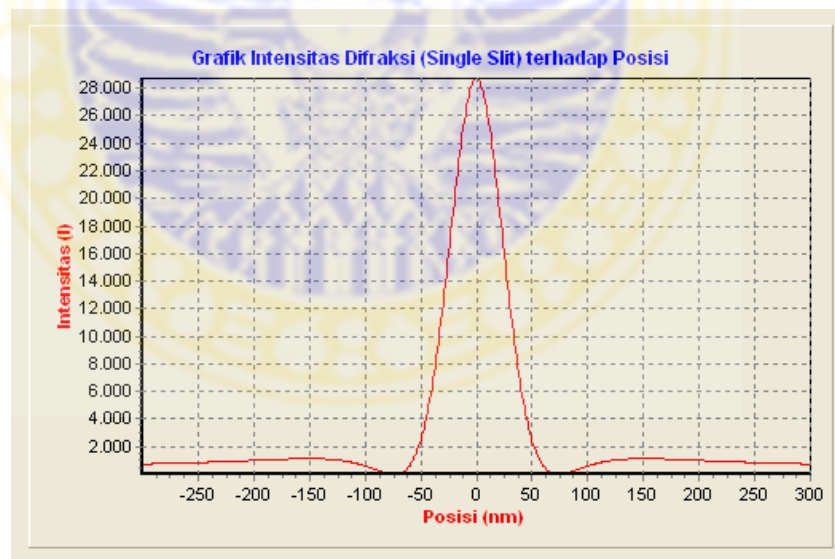
Gambar 4.6. Grafik Intensitas Terhadap Posisi Pada Input 1

b). Input 2

Lebar celah (nm)	<input type="text" value="30"/>
Jumlah Point/1pixel	<input type="text" value="30"/>
Jarak celah ke layar (cm)	<input type="text" value="100"/>
Panjang gelombang (nm)	<input type="text" value="532"/>
Amplitudo (cm)	<input type="text" value="1"/>

Gambar 4.7. Input kedua pada program simulasi difraksi

Dari input diatas, didapatkan nilai-nilai output yang dapat dilihat di lampiran 3 dan 4. Dan dari data tersebut dihasilkan grafik hubungan intensitas dengan posisi sebagai berikut :



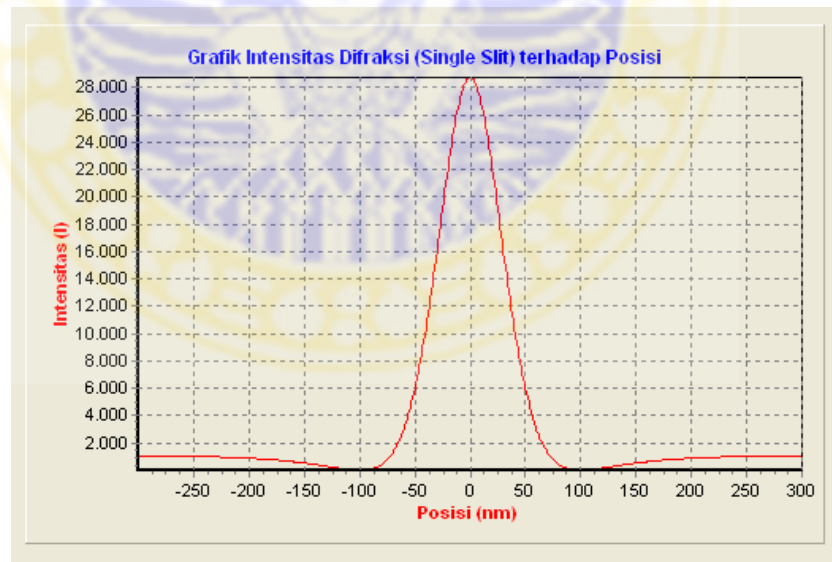
Gambar 4.8. Grafik Intensitas Terhadap Posisi Pada Input 2

c). Input 3

Lebar celah (nm)	<input type="text" value="30"/>
Jumlah Point/1 pixel	<input type="text" value="30"/>
Jarak celah ke layar (cm)	<input type="text" value="100"/>
Panjang gelombang (nm)	<input type="text" value="633"/>
Amplitudo (cm)	<input type="text" value="1"/>

Gambar 4.9. Input ketiga pada program simulasi difraksi

Dari input diatas, didapatkan nilai-nilai output yang dapat dilihat di lampiran 3 dan 4. Dan dari data tersebut dihasilkan grafik hubungan intensitas dengan posisi sebagai berikut :



Gambar 4.10. Grafik Intensitas Terhadap Posisi Pada Input 3

Dari ketiga input tersebut, maka dapat ditentukan nilai lebar grafik pada maksimum tengah yaitu :

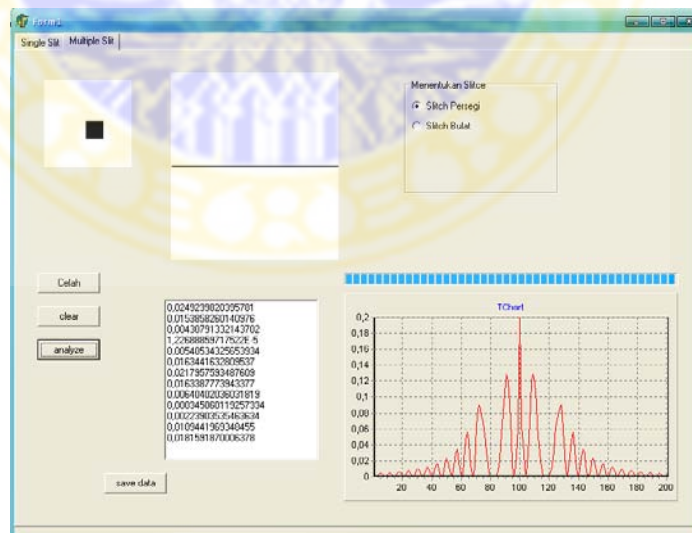
Tabel 4.1. Tabel Lebar Grafik Minimum Pada masing-masing Input

Input	Intensitas Minimum	Nilai minimum 1 pada posisi ke-	Lebar Maksimum Tengah
1	0,167588957865101	51	102
2	0,0680783467080812	74	148
3	0,17160343925084	100	200

4.1.5. Hasil Simulasi dengan Borland Delphi 7 dengan Celah Simetris

a). Celah persegi (*rectangular apperture*)

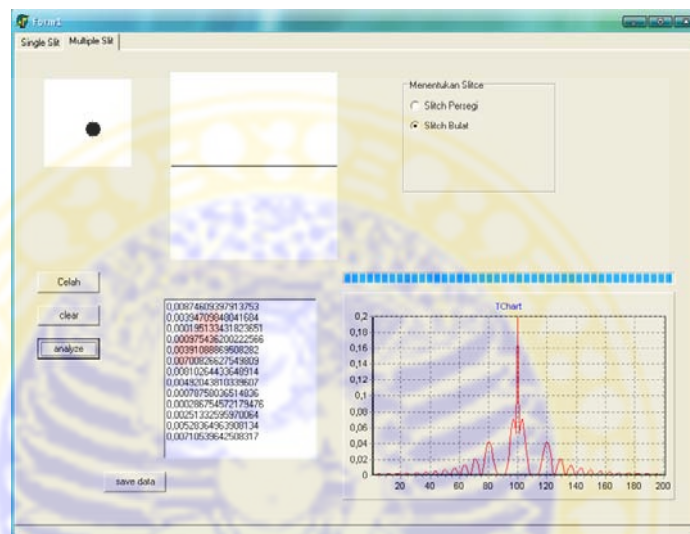
Hasil simulasi untuk celah persegi didapatkan dari input berupa panjang gelombang = 405 nm, jarak celah ke layar = 100 cm, lebar/panjang celah 30 μm , dan amplitude = 1 cm. Tampilan sekaligus hasil simulasinya adalah sebagai berikut :



Gambar 4.11. Tampilan dan hasil program simulasi difraksi pada celah persegi (*rectangular apperture*)

b). Celah lingkaran (*circular apperture*)

Hasil simulasi untuk celah lingkaran didapatkan dari input berupa panjang gelombang = 405 nm, jarak celah ke layar = 100 cm, diameter celah 30 μm , dan amplitude = 1 cm. Tampilan sekaligus hasil simulasinya adalah sebagai berikut :



Gambar 4.12. Tampilan dan hasil program simulasi difraksi pada celah persegi (*circular aperture*)

4.2. Pembahasan

4.2.1. Uji Kebenaran Nilai Program Simulasi Delphi 7 dengan Microsoft Excel 2007

Perhitungan dengan menggunakan Microsoft Excel 2007 digunakan sebagai acuan perhitungan formula difraksi karena bahasa hitungnya tidak serumit di Delphi 7. Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa nilai-nilai yang dihasilkan dari Delphi 7 tidak berbeda dengan nilai-nilai pada Microsoft Excel 2007. Hal ini bisa diketahui dari uji-t intensitas yang dihasilkan Delphi 7 terhadap Excel 2007 yaitu:

Tabel 4.2. Uji-T nilai intensitas yang dihasilkan Delphi 7 terhadap Excel 2007

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	VAR00001	7,3039(a)	61	21,57447	2,76233
	VAR00002	7,3039(a)	61	21,57447	2,76233

a The correlation and t cannot be computed because the standard error of the difference is 0.

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa perhitungan dengan menggunakan Borland Delphi 7 hampir sama dengan perhitungan Excel 2007.

4.2.2 Menjalankan program simulasi dengan Delphi 2007

Selanjutnya adalah menjalankan program simulasi difraksi dengan memberikan tiga variasi masukan panjang gelombang. Dari hasil tersebut dapat diketahui distribusi intensitas terhadap posisi dalam bentuk grafik. Grafik inilah yang digunakan sebagai bahan uji nilai intensitas dengan literatur.

Dari hasil simulasi, bisa diketahui nilai intensitas minimum dan lebar terang pertama pada maksimum tengah (*central maximum*). Selanjutnya membandingkan hasilnya dengan literatur sehingga diperoleh nilai simpangan baku untuk masing-masing input seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.3. Tabel Kebenaran Program Simulasi dengan Literatur

Input	Panjang Gelombang (nm)	Lebar Terang 1 Pada Program simulasi (nm)	Lebar Terang 1 Pada Literatur (nm)	
			(Zaenuri A, 2008)	Feynman
1	405	102	106	99
2	532	142	138	144
3	633	200	172	198

Tabel diatas menunjukkan bahwa nilai lebar terang pertama atau *central maximum* (Hecht E, 2002) pada program simulasi tidak jauh berbeda dari literatur (Zaenuri A, 2008 dan Feynman).

Ketiga nilai input dan lebar terang pada tabel 4.2 mewakili nilai untuk setiap panjang gelombang yang berbeda, yaitu 405 nm (panjang gelombang warna violet), 532 nm (panjang gelombang warna hijau) dan 633 nm (panjang gelombang warna merah). Penggunaan ketiga data ini dimaksudkan untuk menunjukkan perbedaan pola difraksi yang dihasilkan dalam grafik, dan juga sebagai perbandingan dengan literatur.

Ketiga grafik hasil perhitungan dengan input tertentu diatas memberikan informasi bahwa semakin besar panjang gelombang, maka pola difraksi pada maksimum tengah semakin lebar. Begitu juga sebaliknya, semakin kecil panjang gelombang, pola difraksi pada maksimum tengah juga semakin kecil. Hal ini sesuai dengan persamaan difraksi :

$$d \sin \theta = m\lambda$$

Atau bisa juga ditulis = $\frac{d \sin \theta}{m}$, artinya panjang gelombang (λ) berbanding lurus dengan lebar celah (d). Perhitungan dengan formula gelombang kompleks ini memberikan hasil yang tidak jauh berbeda dari hasil dengan menggunakan formula difraksi pada umumnya.

Perhitungan dengan formula gelombang kompleks pada celah tunggal (*single slit*) ini menjadi acuan untuk melakukan perhitungan selanjutnya, yaitu

dengan variasi celah. Dan disinilah konsep *artificial life* memberikan peran secara khusus pada program simulasi ini.

Dengan mengambil konsep *artificial life* yang mengatakan bahwa setiap keberhasilan dalam penciptaan satu makhluk hidup tiruan yang sederhana, maka akan bisa diciptakan berbagai makhluk hidup tiruan yang lain (*Venter C*). Mulai dari tiruan makhluk hidup sederhana hingga kompleks dengan berbasis simulasi komputasi. Proses yang sama didapatkan pada program simulasi difraksi. Ketika program simulasi difraksi celah tunggal yang merupakan kasus difraksi paling sederhana berhasil dibangun, maka dengan menggunakan algoritma yang sama akan bisa dibangun program simulasi difraksi lain dengan berbagai bentuk celah.

Simulasi difraksi yang berhasil dibangun pada penelitian ini menggunakan bentuk celah yang simetris yaitu celah persegi (*rectangular apperture*) dan celah lingkaran (*circular apperture*). Namun, nilai-nilai intensitas yang dihasilkan belum bisa dikatakan benar meskipun pola distribusi intensitas pada grafik sudah menyerupai pola pada grafik menurut referensi. Hal ini disebabkan karena kurangnya referensi program difraksi yang menampilkan nilai-nilai intensitas yang dihasilkan. Sehingga belum ditemukan acuan yang bisa dijadikan parameter keakuratan.