

Makalah Seminar Tugas Akhir

SIMULASI FENOMENA DIFRAKSI CAHAYA PADA CELAH TUNGGAL DAN CELAH GANDA

Wahyu Hidayat¹, Darjat, S.T, M.T², Budi Setiyono, S.T, M.T²

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Abstrak - Teknologi elektro-optik banyak diaplikasikan pada teknologi komunikasi dan juga untuk keperluan penelitian. Peralatan elektro-optik mengaplikasikan sifat – sifat cahaya didalam praktik penggunaannya. Salah satu dari sifat cahaya yang digunakan dalam aplikasi teknologi elektro-optik adalah difraksi cahaya yang terjadi apabila cahaya yang sedang merambat mengenai suatu objek penghalang atau melewati suatu celah yang sangat sempit. Tugas Akhir ini bertujuan untuk membuat sebuah program simulasi difraksi cahaya yang melewati celah tunggal dan celah ganda, yang dapat digunakan untuk mempermudah dalam mempelajari dan memahami proses terjadinya difraksi cahaya, pola difraksi dan interferensi serta intensitas yang dihasilkan oleh difraksi cahaya tersebut.

Program simulasi difraksi cahaya pada celah tunggal dan celah ganda ini dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi Edisi Kedua. Dalam pembuatannya, program simulasi ini disesuaikan dengan teori difraksi cahaya yang menyebutkan bahwa difraksi cahaya dipengaruhi oleh panjang gelombang cahaya sumber, lebar celah yang dilalui oleh cahaya, jarak antara celah satu dan celah dua pada difraksi celah ganda serta jarak celah terhadap layar detektor. Hasil simulasi adalah berupa pola difraksi dan interferensi serta intensitas difraksi.

Hasil perancangan, pengujian dan analisa program simulasi menunjukkan bahwa program simulasi difraksi cahaya pada celah tunggal dan celah ganda yang dibuat telah sesuai dengan teori difraksi cahaya.

Kata Kunci : difraksi, interferensi, elektro-optik

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi elektro-optik banyak diaplikasikan pada teknologi komunikasi dan juga untuk keperluan penelitian. Peralatan elektro-optik mengaplikasikan sifat – sifat cahaya didalam praktik penggunaannya. Salah satu dari sifat cahaya yang digunakan dalam aplikasi teknologi elektro-optik adalah difraksi cahaya yang terjadi apabila cahaya yang sedang merambat mengenai suatu objek penghalang atau melewati suatu celah yang sangat sempit. Cahaya kemudian akan membelok dan menyebar dengan membentuk sudut tertentu. Apabila yang dilalui oleh cahaya adalah celah

ganda dengan jarak pemisahan tertentu maka akan terjadi interferensi karena gelombang – gelombang cahaya dengan frekuensi yang sama akan saling bertumbukan. Interferensi yang terjadi dapat berupa interferensi konstruktif atau interferensi destruktif. Pada titik disaat gelombang cahaya dengan fase yang sama dan frekuensi yang sama saling bertumbukan, interferensi konstruktif akan terjadi yaitu gelombang dengan amplitudo yang maksimal. Sedangkan pada saat cahaya dengan fase yang berbeda saling bertumbukan, interferensi destruktif akan terjadi yaitu gelombang dengan amplitudo minimal.

Untuk dapat mempelajari dan memahami fenomena difraksi cahaya dan interferensi serta pola yang dihasilkan yang terjadi pada saat difraksi cahaya diperlukan suatu cara yang dapat mengilustrasikan difraksi cahaya dan interferensi tersebut. Salah satu cara mengilustrasikan difraksi cahaya dan interferensi yang terjadi pada saat difraksi cahaya adalah dengan menggunakan suatu program simulasi difraksi cahaya dan interferensi yang terjadi pada saat difraksi cahaya tersebut.

1.2 Tujuan

Tujuan penyusunan Tugas Akhir ini adalah untuk membuat suatu program simulasi fenomena difraksi cahaya pada celah tunggal dan celah ganda.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam tugas akhir ini diberikan pembatasan-pembatasan sebagai berikut :

1. Program simulasi dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi 7.0
2. Simulasi difraksi cahaya dilakukan pada bidang dua dimensi
3. Jumlah celah yang digunakan dalam simulasi adalah satu celah dan dua celah

II. DASAR TEORI

2.1 Gelombang

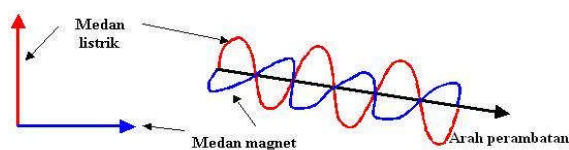
Gelombang adalah getaran yang merambat melalui suatu media penghantar dalam suatu selang waktu. Gelombang berasal didalam pergeseran dari suatu bagian media penghantar elastis dari kedudukan normalnya. Elastisitas dari media penghantar memungkinkan gangguan tersebut ditransmisikan atau dipindahkan dari satu lapis ke lapis berikutnya. Media penghantar tersebut tidak bergerak bersama gelombang, melainkan hanya beresilasi secara terbatas. Sebagai contoh pada gelombang air sebuah objek atau benda yang mengapung memperlihatkan bahwa gerak sesungguhnya dari berbagai bagian air

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UNDIP

2) Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro UNDIP

adalah sedikit ke arah atas, ke arah bawah, ke arah depan dan ke arah belakang, sedangkan gelombang merambat dan bergerak terus menerus sepanjang permukaan air. Pada saat gelombang mencapai benda – benda yang mengapung, gelombang akan membuat benda – benda tersebut bergerak. Hal ini membuktikan bahwa gelombang memindahkan energi.

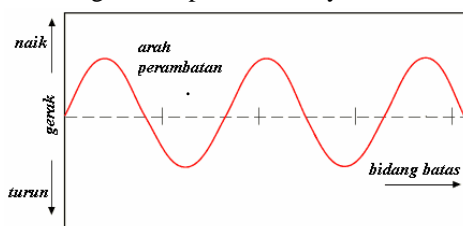
Pada gelombang cahaya gangguan yang berjalan bukan merupakan gerak materi tetapi merupakan sebuah medan elektromagnet. Medan magnet dan medan listrik pada gelombang cahaya bergerak tegak lurus dengan arah perambatan dari gelombang cahaya.



Gambar 2.1 Gelombang cahaya sebagai medan magnet dan medan listrik

2.1.1 Gelombang Transversal

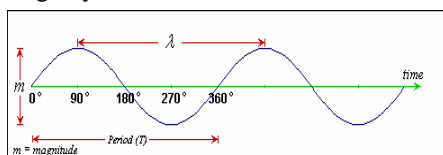
Gelombang transversal adalah gelombang yang bergerak tegak lurus dengan arah perambatannya. Gelombang cahaya merupakan gelombang transversal karena merupakan medan elektromagnetik yang terdiri dari medan magnet dan medan listrik yang arah pergerakannya tegak lurus dengan arah perambatannya.



Gambar 2.2 Gelombang transversal

2.1.2 Gelombang Sinus

Gelombang sinus adalah bentuk gelombang yang terdiri atas puncak (*crests*) dan lembah (*troughs*). Gelombang sinus terjadi pada hampir semua fenomena matematis, fisika, sinyal-sinyal dan sebagainya.



Gambar 2.3 Gelombang sinus

2.2 Superposisi Gelombang

Secara sederhana superposisi gelombang dapat juga diartikan proses tumpang tindih gelombang antara dua gelombang atau lebih. Proses tumpang tindih gelombang ini dapat menghasilkan nilai amplitudo gelombang yang lebih besar atau dapat juga menghasilkan nilai amplitudo

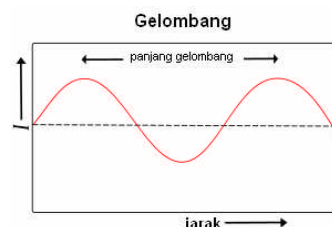
gelombang yang lebih kecil. Bila nilai amplitudo gelombang yang dihasilkan dari proses tumpang tindih gelombang menjadi lebih kecil dari nilai amplitudo masing – masing gelombang yang saling bertumpang tindih, maka dikatakan hasil superposisi dari gelombang – gelombang tersebut saling melemahkan (*destructive*). Bila nilai amplitudo gelombang yang dihasilkan dari proses tumpang tindih gelombang menjadi lebih besar dari nilai amplitudo masing – masing gelombang yang saling bertumpang tindih, maka dikatakan hasil superposisi dari gelombang – gelombang tersebut saling menguatkan (*constructive*).

2.3 Perambatan Gelombang

Gelombang dapat bergerak berpindah atau merambat dari suatu titik ke titik yang lain. Gelombang merambat melalui suatu media penghantar didalam ruang dalam selang waktu tertentu. Gelombang yang merambat memiliki panjang gelombang (λ) frekuensi gelombang (f), periode gelombang (T), fase gelombang (θ) amplitudo gelombang (A), dan intensitas gelombang (I).

2.3.1 Panjang Gelombang

Panjang gelombang dari suatu gelombang didefinisikan sebagai jarak yang ditempuh gelombang untuk melakukan satu putaran penuh. Dalam pengertian yang lain, panjang gelombang juga diartikan sebagai jarak antara unit yang berulang pada gelombang yang merambat. Unit berulang yang dimaksud adalah puncak (*crest*) dan lembah (*trough*). Panjang gelombang dilambangkan dengan notasi lambda (λ). Panjang gelombang memiliki satuan meter (m).



Gambar 2.4 Jarak satu panjang gelombang

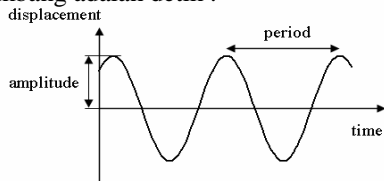
2.3.2 Frekuensi Gelombang

Frekuensi gelombang didefinisikan sebagai jumlah putaran (*cycle*) yang dibuat dalam satu unit waktu pada suatu gelombang. Karena jumlah satu putaran merupakan satu panjang gelombang, maka frekuensi juga berarti banyaknya jumlah panjang gelombang dalam satu unit waktu. Dalam satuan SI frekuensi memiliki satuan *hertz* (Hz) Sebagai contoh bila suatu gelombang melakukan satu kali putaran dalam waktu satu detik maka dikatakan gelombang tersebut memiliki frekuensi 1 Hz. Terkadang digunakan juga satuan putaran per detik atau *cycle per second* (*cps*).

2.3.3 Periode Gelombang

Periode gelombang didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh gelombang untuk menempuh satu putaran penuh. Ini juga berarti waktu

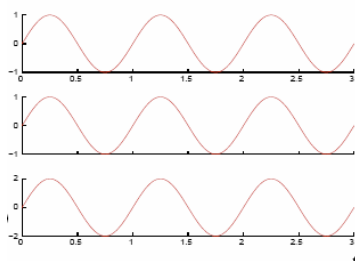
yang dibutuhkan oleh gelombang untuk membuat satu panjang gelombang. Periode gelombang dilambangkan dengan huruf T. Satuan periode gelombang adalah detik .



Gambar 2.5 Periode gelombang

2.3.4 Fase Gelombang

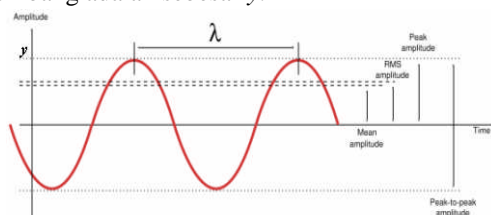
Fase gelombang dapat dengan mudah dimengerti dengan mengambil contoh dua gelombang. Titik – titik puncak (*crests*) dan titik – titik lembah (*troughs*) dari kedua gelombang berada pada susunan atau letak yang sama. Bila titik – titik puncak gelombang pertama bertemu dengan titik – titik puncak gelombang kedua dan titik – titik lembah gelombang pertama bertemu dengan titik – titik lembah gelombang kedua, maka kedua gelombang tersebut dikatakan memiliki fase yang sama (*in phase*). Bila titik- titik puncak gelombang pertama bertemu dengan titik – titik lembah gelombang kedua atau sebaliknya, maka dikatakan kedua gelombang tersebut memiliki fase yang berbeda (*out of phase*). Fase gelombang dilambangkan dengan notasi θ . Satuan fase gelombang adalah dalam derajat ($^{\circ}$) atau dalam ukuran π .



Gambar 2.6 Dua buah gelombang dengan fase yang sama (*in phase*) dan nilai amplitudo yang sama

2.3.5 Amplitudo Gelombang

Amplitudo adalah sebuah ukuran skalar dari nilai suatu gelombang yang beresilasi. Amplitudo merupakan nilai gangguan atau simpangan maksimum sebuah gelombang didalam media penghantar selama menempuh satu putaran. Pada gambar 2.12 dapat dilihat bahwa amplitudo dari gelombang adalah sebesar y .



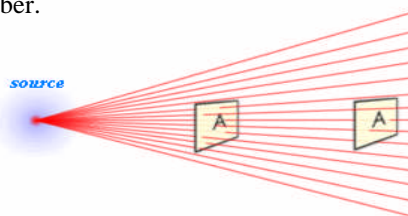
Gambar 2.7 Amplitudo gelombang

2.3.6 Intensitas Gelombang

Intensitas gelombang adalah jumlah daya gelombang (*wave power*) yang mengalir atau melalui suatu media penghantar dengan ukuran luasan tertentu. Jika daya gelombang dari suatu sumber dapat diukur dan luas penyebaran gelombang diketahui, maka intensitas gelombang disetiap titik penyebaran dapat diketahui. Intensitas sebuah gelombang berbanding lurus dengan kuadrat dari amplitudo gelombang tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari sumber gelombang. Intensitas dilambangkan dengan huruf I

2.3.7 Hukum Perbandingan Kuadrat Terbalik (*Inverse-Square Law*)

Hukum Perbandingan Kuadrat Terbalik (*Inverse-Square Law*) pada gelombang dapat diartikan bahwa daya gelombang (*wave power*) yang dipancarkan dari suatu sumber nilainya akan semakin berkurang seiring dengan penambahan jarak dari sumber.



Gambar 2.8 Pancaran gelombang dari suatu sumber cahaya

Aliran pancaran gelombang digambarkan dengan garis – garis berwarna merah. Intensitas gelombang yang dipancarkan bergantung dari besarnya daya sumber gelombang dan jarak tempuh gelombang dari sumber. Besarnya intensitas gelombang akan berbanding lurus dengan besarnya daya sumber gelombang dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak yang ditempuh gelombang.

2.4 Teori Cahaya

Cahaya merupakan radiasi elektromagnetik yang memungkinkan kita untuk dapat melihat benda – benda disekitar kita yang memantulkan cahaya pada spektrum cahaya tampak. Kecepatan cahaya pada ruang hampa yaitu sebesar 299.792.459 meter per detik. Cahaya bergerak lurus ke semua arah dan hal ini dapat diilustrasikan seperti titik pusat bola yang berperan sebagai sumber cahaya dan cahaya yang dipancarkan akan bergerak ke seluruh arah ruang bola.

2.4.1 Cahaya Sebagai Gelombang

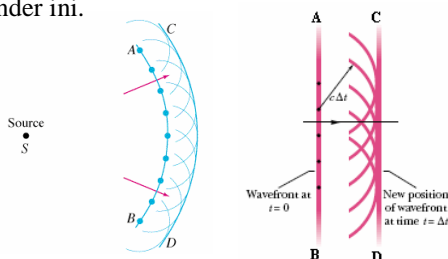
Gelombang cahaya merupakan gelombang elektromagnet yang terdiri atas medan magnet dan medan listrik. Medan magnet dan medan listrik pada gelombang cahaya bergerak saling tegak lurus satu sama lain dan juga tegak lurus dengan arah perambatannya sehingga dapat disimpulkan bahwa gelombang cahaya juga merupakan gelombang transversal.

Cahaya memiliki kecepatan perambatan dalam ruang hampa sebesar 299.792.459 meter per detik atau dibulatkan menjadi 300.000.000 meter per detik

atau 3×10^8 m/s dan dilambangkan dengan huruf c . Kecepatan cahaya merupakan hasil kali dari panjang gelombang cahaya (λ) dengan frekuensi gelombang cahaya (f).

2.4.1.1 Prinsip Huygens (Huygens Principle)

Christian Huygens adalah seorang ilmuwan berkebangsaan Belanda yang lahir pada 14 April 1629 di Hague, Belanda. Huygens menyatakan bahwa semua titik pada muka gelombang dapat dipandang sebagai sumber titik yang menghasilkan gelombang sferis (bola) sekunder (*spherical secondary wavelet*). Setelah selang waktu t , posisi muka gelombang yang baru adalah permukaan selubung yang menyinggung semua gelombang sekunder ini.



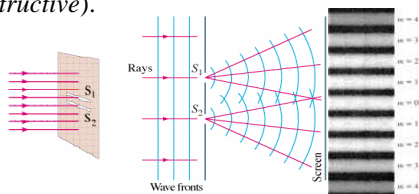
Gambar 2.9 Prinsip Huygens menjelaskan pemancaran gelombang cahaya

Dari gambar 2.9 dapat dilihat bagaimana prinsip Huygens menjelaskan perpindahan posisi dari AB ke posisi CD. Setiap titik pada muka gelombang AB berperan sebagai sumber gelombang titik yang sangat kecil yang memancarkan ke arah CD. Muka gelombang CD merupakan pembungkus atau permukaan gelombang AB.

2.4.1.2 Percobaan Thomas Young

Thomas Young mengemukakan teori cahaya sebagai gelombang (*wave theory of light*) dengan mendemonstrasikan proses terjadinya interferensi cahaya. Young mendemonstrasikan percobaan celah ganda (*two-slits experiment*) dengan cara melewati berkas cahaya melalui dua celah (*slits*) yang terpisah secara paralel pada sebuah layar yang tidak tembus cahaya. Pada sisi lainnya diletakkan sebuah layar detektor. Setelah berkas cahaya melewati dua celah tersebut, sebuah pola gelap dan terang terbentuk pada layar.

Jumbai gelap merupakan interferensi yang saling melemahkan (*destructive*) dan jumbai terang merupakan interferensi yang saling menguatkan (*constructive*).



Gambar 2.10 Percobaan celah ganda Young

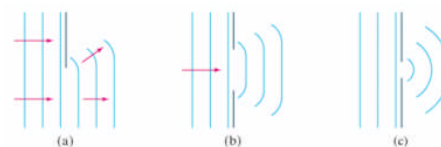
2.4.2 Koherensi

Pada percobaan Young, untuk dapat menghasilkan jumbai gelap dan terang yang

merupakan hasil interferensi gelombang cahaya yang keluar dari kedua celah, gelombang cahaya yang merambat dari celah s_1 dan s_2 ke sembarang titik pada layar detektor haruslah memiliki beda fase ϕ yang jelas dan tetap konstan terhadap waktu. Jika syarat ini terpenuhi, maka akan diperoleh garis interferensi yang baik dan stabil. Pada titik – titik tertentu di layar detektor, ϕ dapat memiliki harga $n\pi$ dengan $n = 1,3,5\dots$, yang tidak bergantung kepada waktu, sehingga intensitas resultan akan sama dengan nol dan tetap akan demikian sepanjang waktu pengamatan. Pada titik – titik yang lain, ϕ dapat memiliki harga $n\pi$ dengan $n = 0,2,4\dots$ dan intensitas resultan akan maksimum. Dalam keadaan – keadaan ini kedua berkas yang keluar dari celah s_1 dan s_2 disebut dalam keadaan koheren sepenuhnya.

2.5 Difraksi Cahaya

Difraksi cahaya terjadi apabila cahaya yang sedang merambat mengenai suatu objek penghalang atau melalui suatu celah yang sangat sempit.

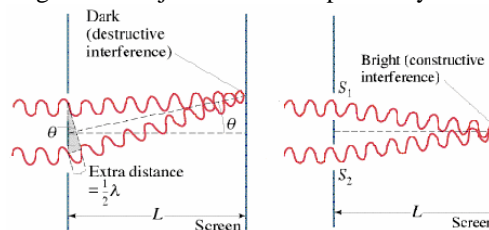


Gambar 2.11 Difraksi cahaya

Difraksi cahaya terjadi sebagai akibat dari interferensi yang terjadi diantara tiap – tiap muka gelombang pada gelombang cahaya itu sendiri.

Hal ini dapat dijelaskan berdasarkan prinsip Huygens yang menyatakan bahwa setiap titik pada muka gelombang berlaku sebagai sumber sekunder pada saat gelombang merambat ke arah rambat berikutnya. Interferensi

Bila didepan celah diletakkan sebuah layar detektor, akan tampak pola gelap yang terjadi akibat interferensi destruktif dari gelombang cahaya dan mengakibatkan jumlah total amplitudonya berkurang, dan pola terang yang terjadi akibat interferensi konstruktif dari gelombang cahaya dan mengakibatkan jumlah total amplitudonya bertambah.



Gambar 2.12 Jumbai gelap (interferensi destruktif) dan jumbai terang (interferensi konstruktif)

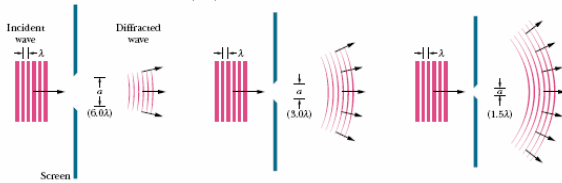
2.5.1 Difraksi Cahaya Pada Celah Tunggal

Pada difraksi celah tunggal, cahaya sumber dilewatkan pada satu buah celah. Pola difraksi cahayanya bergantung pada perbandingan ukuran panjang gelombang dengan lebar celah yang dilewati.

Hubungan antara lebar celah dengan panjang gelombang cahaya dapat dituliskan :

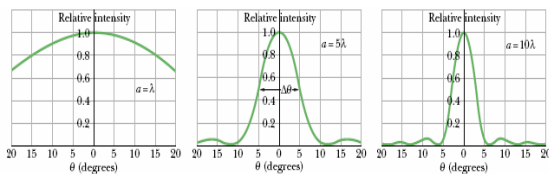
$$a \sin \theta = m\lambda \quad \text{atau} \quad \sin \theta = m \frac{\lambda}{a} \quad (2.1)$$

θ = besar sudut pembelokan gelombang cahaya ($^{\circ}$)
 m = bilangan bulat positif atau negatif
 λ = panjang gelombang cahaya (m)
 a = lebar celah (m)



Gambar 2.13 Hubungan lebar celah (a) dengan panjang gelombang (λ)

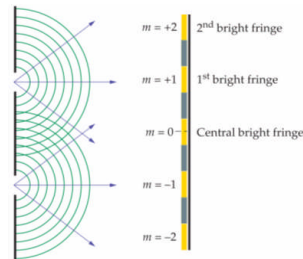
Dari gambar 2.13 dapat dilihat bahwa semakin kecil lebar celah (a) relatif terhadap panjang gelombang (λ) cahaya, penyebaran gelombang semakin besar dan juga sebaliknya. Perbandingan lebar celah dengan panjang gelombang cahaya juga berpengaruh pada intensitas pola difraksi.



Gambar 2.14 Intensitas pola difraksi sentral maksimum terhadap variasi perbandingan lebar celah dengan panjang gelombang cahaya

2.5.2 Difraksi Cahaya Pada Celah Ganda

Pada difraksi celah ganda, cahaya sumber dilewatkan pada dua buah celah yang terpisah secara paralel.



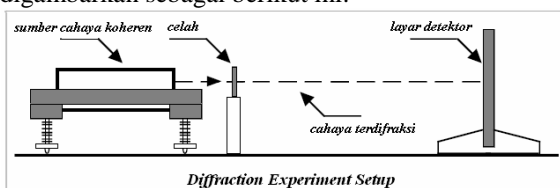
Gambar 2.15 Difraksi Cahaya Pada Celah Ganda

Pola difraksi cahayanya bergantung pada perbandingan ukuran panjang gelombang dengan lebar celah yang dilewati dan juga jarak pemisahan celah pertama dan celah kedua.

III. PERANCANGAN

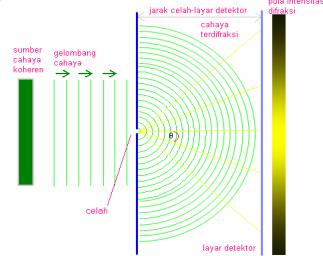
3.1 Program Simulasi Difraksi Cahaya Pada Celah Tunggal

Skema percobaan difraksi cahaya dapat digambarkan sebagai berikut ini.

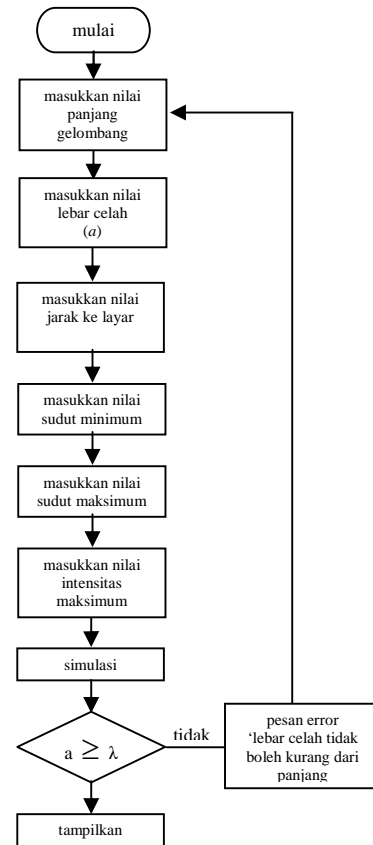


Gambar 3.1 Skema percobaan difraksi cahaya

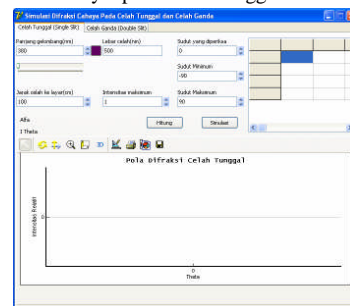
Pada program simulasi difraksi cahaya pada celah tunggal terdapat variabel-variabel yaitu panjang gelombang, lebar celah, jarak celah ke layar, intensitas maksimum, sudut minimum serta sudut maksimum. Hasil simulasi berupa nilai intensitas dan pola difraksi serta besar sudut dan jarak pola gelap dan pola terang dari pola difraksi sentral maksimum (*central diffraction maximum*).



Gambar 3.2 Skema percobaan difraksi cahaya pada celah tunggal

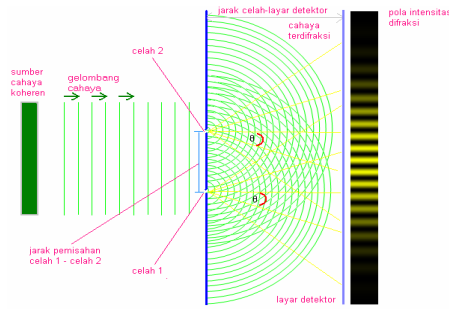


Gambar 3.3 Diagram alir program simulasi difraksi cahaya pada celah tunggal

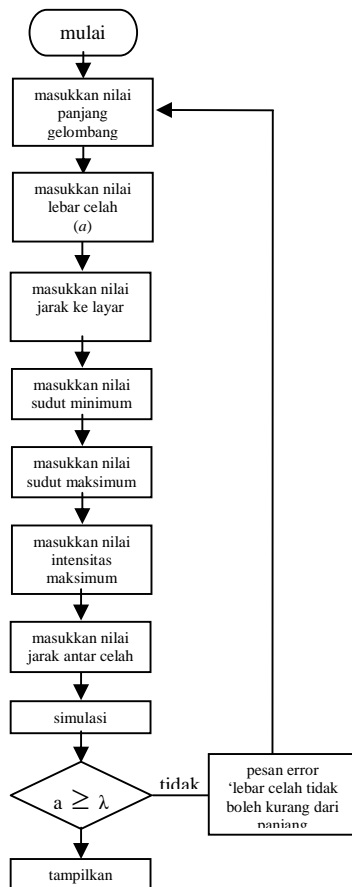


Gambar 3.4 Tampilan program simulasi difraksi cahaya pada celah tunggal

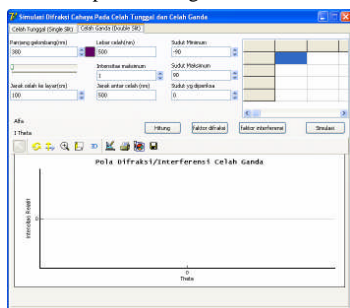
3.2 Program Simulasi Difraksi Cahaya Pada Celah Ganda



Gambar 3.5 Skema percobaan difraksi cahaya pada celah tunggal



Gambar 3.6 Diagram alir program simulasi difraksi cahaya pada celah ganda



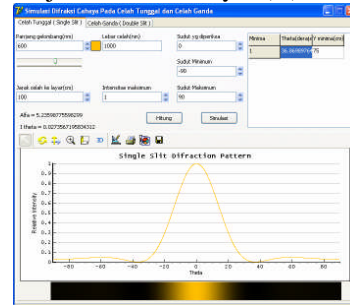
Gambar 3.7 Tampilan program simulasi difraksi cahaya pada celah ganda

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Program Simulasi Difraksi Cahaya Pada Celah Tunggal

Pengujian program simulasi dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan keadaan awal, yaitu hasil simulasi yang digunakan sebagai bahan perbandingan dan analisa terhadap hasil simulasi berikutnya yang dihasilkan dari beberapa nilai variabel yang diberikan.

Keadaan awal yang akan disimulasikan dilakukan dengan memasukkan nilai panjang gelombang (λ) sebesar 600 nm, lebar celah (a) sebesar 1000 nm dan jarak celah ke layar (D) sebesar 100 cm.

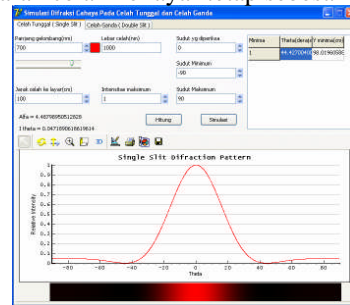


Gambar 4.1 Keadaan awal pengujian program simulasi difraksi cahaya pada celah tunggal dengan $\lambda = 600$ nm, $a = 1000$ nm dan $D = 100$ cm

Dari gambar 4.1 diatas dapat dilihat nilai θ *minima* adalah $36,869897645844^{\circ}$ yang merupakan sudut yang terbentuk antara *minima* terhadap titik difraksi sentral maksimum (*central diffraction maximum*) dan nilai Y *minima* adalah 75 cm yang merupakan jarak *minima* dari titik difraksi sentral maksimum (*central diffraction maximum*).

4.1.1 Memperbesar Nilai Panjang Gelombang , dengan Nilai Lebar Celah dan Jarak Celah ke Layar Tetap

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan memperbesar nilai panjang gelombang menjadi 700 nm, dengan nilai lebar celah tetap sebesar 1000 nm dan nilai jarak celah ke layar tetap sebesar 100 cm.

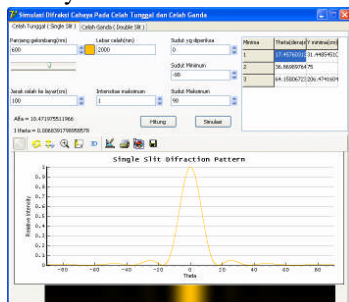


Gambar 4.2 Hasil pengujian program simulasi difraksi cahaya pada celah tunggal dengan $\lambda = 700$ nm, $a = 1000$ nm dan $D = 100$ cm

Dari gambar 4.2 dapat dilihat nilai θ *minima* adalah $44,427004008057^{\circ}$ dan nilai Y *minima* adalah 98,0196058819607 cm. Dari hasil pengujian ini dapat dilihat bahwa nilai θ *minima* dan nilai Y *minima* menjadi lebih besar dari hasil keadaan awal dan ini berarti pola difraksi (*diffraction pattern*) menjadi lebih lebar. Dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa dengan menambah nilai panjang gelombang, dengan nilai lebar celah dan jarak celah ke layar tetap, pola difraksi (*diffraction pattern*) yang dihasilkan akan menjadi lebih lebar.

4.1.2 Memperbesar Nilai Lebar Celah, dengan Nilai Panjang Gelombang dan Nilai Jarak Celah ke Layar Tetap

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan nilai panjang gelombang 600 nm, memperbesar nilai lebar celah menjadi sebesar 2000 nm, dan nilai jarak celah ke layar sebesar 100 cm

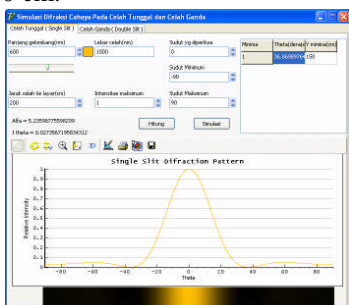


Gambar 4.3 Hasil pengujian program simulasi difraksi cahaya pada celah tunggal dengan $\lambda = 600$ nm, $a = 2000$ nm dan $D = 100$ cm

Dari gambar 4.3 diatas dapat dilihat nilai θ *minima* adalah $17,4576031237221^{\circ}$, $36,869897645844^{\circ}$ dan $64,1580672368329^{\circ}$ dan nilai Y *minima* adalah $31,4485451016575$ cm, 75 cm dan $206,474160483506$ cm. Dari hasil pengujian ini dapat dilihat bahwa terdapat nilai θ *minima* dan nilai Y *minima* yang sama dengan keadaan awal yaitu $36,869897645844^{\circ}$ dan 75 cm dan terdapat satu nilai sebelum dan sesudahnya. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa dengan menambah nilai lebar celah, pola gelap atau *minima* yang dihasilkan semakin banyak dan jaraknya dari titik difraksi sentral maksimum (*central diffraction maximum*) menjadi semakin besar, atau pola difraksi (*diffraction pattern*) yang dihasilkan akan menjadi lebih lebar.

4.1.3 Memperbesar Nilai Jarak Celah ke Layar, dengan Nilai Panjang Gelombang dan Nilai Lebar Celah Tetap

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan nilai panjang gelombang 600 nm, nilai lebar celah sebesar 1000 nm dan nilai jarak celah ke layar m sebesar 200 cm.



Gambar 4.4 Hasil pengujian program simulasi difraksi cahaya pada celah tunggal dengan $\lambda = 600$ nm, $a = 1000$ nm dan $D = 200$ cm

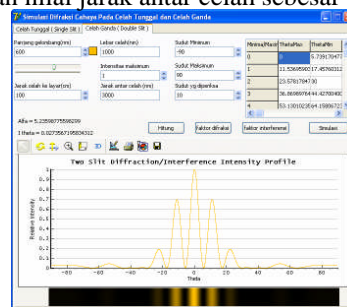
Dari gambar 4.4 diatas dapat dilihat nilai θ *minima* adalah $36,869897645844^{\circ}$ dan nilai Y *minima* adalah 150 cm. Dari hasil pengujian ini terlihat bahwa nilai θ *minima* sama dengan keadaan awal, dan nilai jarak pola gelap terhadap

titik difraksi sentral maksimum (*central diffraction maximum*) menjadi dua kali lipat dengan memperbesar nilai jarak celah ke layar sebesar dua kali.

4.2 Pengujian Program Simulasi Difraksi Cahaya Pada Celah Ganda

Pengujian program simulasi dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan keadaan awal, yaitu hasil simulasi yang digunakan sebagai bahan perbandingan dan analisa terhadap hasil simulasi berikutnya yang dihasilkan dari beberapa nilai variabel yang diberikan.

Keadaan awal yang akan disimulasikan dilakukan dengan memasukkan nilai panjang gelombang (λ) sebesar 600 nm, lebar celah (a) sebesar 1000 nm dan jarak celah ke layar (D) sebesar 100 cm dan nilai jarak antar celah sebesar 3000 nm.



Gambar 4.5 Keadaan awal pengujian program simulasi difraksi cahaya pada celah ganda dengan $\lambda = 600$ nm, $a = 1000$ nm $D = 100$ cm dan $d = 3000$ nm

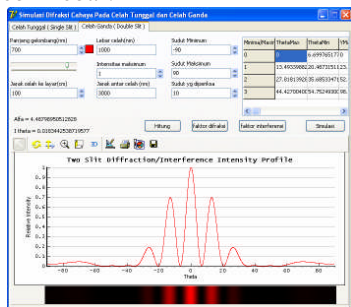
Dari gambar 4.5 diatas dapat dilihat nilai θ *maxima* adalah 0° , $11,5369590328155^{\circ}$, $23,5781784782018^{\circ}$, $36,869897645844^{\circ}$, dan $53,130102354156^{\circ}$, nilai θ *minima* adalah $5,73917047726679^{\circ}$, $17,4576031237221^{\circ}$, 30° , $44,4270040008057^{\circ}$, dan $64,1580672368329^{\circ}$. Nilai Y *maxima* adalah 0 , $20,4124145231932$ cm, $43,6435780471985$ cm, 75 cm, dan $133,333333333333$ cm. Nilai Y *minima* adalah $10,0503781525921$ cm, $31,4485451016575$ cm, $57,7350269189626$ cm, $98,0196058819607$ cm, dan $206,474160483506$ cm.

4.2.1 Memperbesar Nilai Panjang Gelombang, dengan Nilai Lebar Celah, Jarak Celah ke Layar dan Jarak Antar Celah Tetap

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan memperbesar nilai panjang gelombang menjadi 700 nm, dengan nilai lebar celah tetap sebesar 1000 nm, nilai jarak celah ke layar tetap sebesar 100 cm dan nilai jarak antar celah tetap 3000 nm.

Dari gambar 4.6 dapat dilihat nilai θ *maxima* 0 adalah 0° yang merupakan titik difraksi sentral maksimum (*central diffraction maximum*) dan nilai θ *maxima* 1 adalah $13,4933988215517^{\circ}$ yang merupakan *maxima* pertama (*first-order maxima*). Nilai θ *minima* pertama adalah $6,69976517776019$. Nilai Y *minima* pertama adalah $11,746884641856$ cm. Dari hasil pengujian ini dapat dilihat bahwa nilai θ *maxima* 1 menjadi lebih

besar bila dibandingkan dengan keadaan awal, begitu juga dengan nilai θ minima pertama, dan nilai Y maxima 1 menjadi lebih besar dari hasil keadaan awal begitu juga nilai Y minima pertama. Ini berarti pola difraksi (*diffraction pattern*) menjadi lebih lebar.



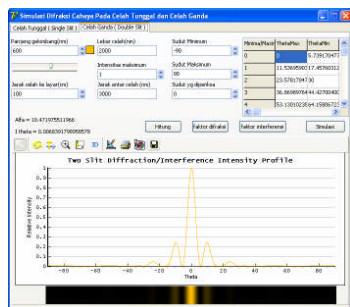
Gambar 4.6 Hasil pengujian program simulasi difraksi cahaya pada celah ganda dengan $\lambda = 700$ nm, $a = 1000$ nm, $D = 100$ cm dan $d = 3000$ nm

Dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa dengan menambah nilai panjang gelombang, dengan nilai lebar celah dan jarak celah ke layar tetap, dan jarak antar celah tetap, pola difraksi (*diffraction pattern*) yang dihasilkan akan menjadi lebih lebar. Juga, jumlah *maxima* dan *minima* yang dihasilkan menjadi lebih sedikit.

4.2.2 Memperbesar Nilai Lebar Celah, dengan Nilai Panjang Gelombang, Jarak Celah ke Layar dan Jarak Antar Celah Tetap

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan nilai panjang gelombang 600 nm, memperbesar nilai lebar celah menjadi sebesar 2000 nm, nilai jarak celah ke layar sebesar 100 cm dan nilai jarak antar celah 3000 nm.

Dari gambar 4.7 dapat dilihat nilai θ maxima adalah 0° , $11,5369590328155^{\circ}$, $23,5781784782018^{\circ}$, $36,869897645844^{\circ}$, dan $53,130102354156^{\circ}$. Nilai θ minima adalah $5,73917047726679^{\circ}$, $17,4576031237221^{\circ}$, 30° , $44,4270040008057^{\circ}$, dan $64,1580672368329^{\circ}$. Nilai Y maxima adalah 0, 20,4124145231932 cm, 43,6435780471985 cm, 75 cm dan 133,33333. Nilai Y minima adalah 10,0503781525921 cm, 31,4485451016575 cm, 57,7350269189626 cm, 98,0196058819607 cm, dan 206,474160483506 cm.



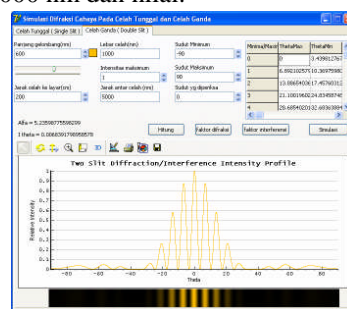
Gambar 4.7 Hasil pengujian program simulasi difraksi cahaya pada celah tunggal dengan $\lambda = 600$ nm, $a = 2000$ nm, $D = 100$ cm dan $d = 3000$ nm

Nilai – nilai pada hasil pengujian ini sama dengan nilai – nilai keadaan awal, namun intensitas

cahaya lebih kecil. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dengan memperbesar nilai lebar celah, dengan nilai panjang gelombang, jarak celah ke layar dan jarak antar celah tetap, akan menghasilkan intensitas yang lebih kecil.

4.2.3 Memperbesar Nilai Jarak Celah ke Layar dan Jarak Antar Celah, dengan Nilai Panjang Gelombang dan Nilai Lebar Celah Tetap

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan nilai panjang gelombang 600 nm, memperbesar nilai jarak celah ke layar menjadi sebesar 200 cmdan nilai jarak antar celah menjadi 5000 nm, dengan nilai lebar celah sebesar 1000 nm dan nilai.



Gambar 4.8 Hasil pengujian program simulasi difraksi cahaya pada celah tunggal dengan $\lambda = 600$ nm, $a = 1000$ nm, $D = 200$ cm dan $d = 5000$ nm

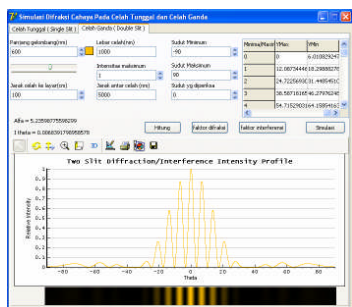
Dari gambar 4.8 diatas dapat dilihat nilai θ maxima adalah 0° , $6,89210^{\circ}$, $13,88654^{\circ}$, $21,10019^{\circ}$, $28,68540^{\circ}$, $36,86989^{\circ}$, $46,054480^{\circ}$ dan $57,14011^{\circ}$. Nilai θ minima adalah $3,43981^{\circ}$, $10,36975^{\circ}$, $17,45760^{\circ}$, $24,83458^{\circ}$, $32,68363^{\circ}$, $41,29987^{\circ}$, $51,26057^{\circ}$ dan $64,15806^{\circ}$. Nilai Y maxima adalah 0, 24,1746889207614 cm, 49,4451386058198 cm, 77,174363314129 cm, 109,430580621013 cm, 150 cm, 207,500550373525 cm dan 309,628107925284 cm Nilai Y minima adalah 12,0216584955129 cm, 36,597765571301 cm, 62,8970902033151 cm, 92,5595249714646 cm, 128,317083260875 cm, 175,703506461451 cm, 249,289081119231 cm dan 412,948320967011 cm. Jika dibandingkan dengan keadaan awal, nilai – nilai tersebut memperlihatkan bahwa jumlah *maxima* dan *minima* yang dihasilkan lebih banyak.

4.2.4 Memperbesar Nilai Jarak Antar Celah, dengan Nilai Panjang Gelombang, Nilai Lebar Celah dan Jarak Celah ke Layar Tetap

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan nilai panjang gelombang 600 nm, nilai lebar celah 1000 nm, nilai jarak celah ke layar tetap sebesar 100 cm dan nilai jarak antar celah diperbesar menjadi 5000 nm.

Dari gambar 4.9 dapat dilihat nilai θ maxima adalah 0° , $6,89210257934638^{\circ}$, $13,886540362629^{\circ}$, $21,100196024093^{\circ}$, $28,6854020141189^{\circ}$, $36,869897645844^{\circ}$, $46,0544804376912^{\circ}$ dan $57,1401196211109^{\circ}$. Nilai θ minima adalah $3,4398127675152^{\circ}$,

10,3697598054774⁰, 17,4576031237221⁰,
 24,8345874897016⁰, 32,6836388462579⁰,
 41,2998727917059⁰, 51,2605754021443⁰ dan
 64,1580672368329⁰.



Gambar 4.9 Hasil pengujian program simulasi difraksi cahaya pada celah ganda dengan $\lambda = 600$ nm, $a = 1000$ nm, $D = 100$ cm dan $d = 5000$ nm

Nilai Y *maxima* adalah 0, 12,0873444603807 cm, 24,7225693029099 cm, 38,5871816570645 cm, 54,7152903105064 cm, 75 cm, 103,75027518676275 cm dan 154,814053962642 cm. Nilai Y *minima* adalah 6,01082924775646 cm, 18,2988827856505 cm, 31,4485451016575 cm, 46,797624857323 cm, 64,1585416304373 cm, 87,8517532307253 cm, 124,644540559616 cm dan 206,474160483506 cm. Jika dibandingkan dengan keadaan awal, nilai – nilai tersebut memperlihatkan bahwa jumlah *maxima* dan *minima* yang dihasilkan lebih banyak.

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil perancangan, pengujian dan analisa program simulasi difraksi cahaya pada celah tunggal dan celah ganda dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil program simulasi difraksi cahaya pada celah tunggal dan celah ganda yang dibuat sudah sesuai dengan teori.
2. Pola dan intensitas difraksi cahaya pada celah tunggal dipengaruhi oleh nilai panjang gelombang cahaya, lebar celah yang dilalui oleh cahaya, dan jarak celah ke layar detektor.
3. Pola dan intensitas difraksi cahaya pada celah ganda dipengaruhi oleh nilai panjang gelombang cahaya, lebar celah yang dilalui oleh cahaya, jarak celah ke layar detektor dan jarak pemisahan celah pertama dengan celah kedua.
4. Dengan memperbesar nilai panjang gelombang, pola dan intensitas difraksi cahaya pada yang dihasilkan akan semakin lebar
5. Dengan memperbesar nilai lebar celah, pola dan intensitas difraksi cahaya yang dihasilkan akan semakin sempit dan *maxima* yang dihasilkan akan semakin banyak.
6. Dengan memperbesar nilai jarak celah ke layar detektor, pola dan intensitas difraksi cahaya yang dihasilkan akan semakin lebar
7. Dengan memperbesar nilai jarak pemisahan antara celah pertama dan celah kedua pada

difraksi celah ganda, interferensi yang dihasilkan menjadi lebih besar sehingga pola dan intensitas yang dihasilkan akan memiliki jumlah *minima* dan *maxima* yang semakin banyak

5.2 Saran

Program simulasi difraksi cahaya yang dibuat dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai berikut :

1. Program simulasi difraksi cahaya pada kisi difraksi yang memiliki banyak celah.
2. Aplikasi difraksi cahaya pada teknologi komunikasi
3. Aplikasi difraksi cahaya pada teknologi spektrometer yang digunakan untuk mengukur panjang gelombang cahaya dari suatu sumber.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Allard, Frederick C., *Fiber Optics Handbook for Engineer and Scientist*, McGraw Hill, 1990, USA
- [2] Dood, Annabel Z., *The Essential Guide to Telecommunications (Panduan Pokok untuk Telekomunikasi)*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2000
- [3] Ishimaru, Akira, *Electromagnetic, Wave Propagation, Radiation and Scattering*, Prentice Hall, Inc., 1991
- [4] Keiser, Gerd, *Optical Fiber Communications*, McGraw-Hill, Inc., USA, 1991
- [5] Mooney, William J., *Optoelectronic Devices and Principle*, Prentice-Hall International, Inc., USA, 2000



Wahyu Hidayat

(L2F 002 616)

dilahirkan di Tangerang, 24 Desember 1983. Menempuh pendidikan di SDN 12 Tangerang lulus pada tahun 1996, kemudian melanjutkan ke SLTPN 2 Tangerang lulus pada tahun 1999, kemudian melanjutkan ke SMU Negeri 2 Tangerang lulus pada tahun 2002, dan sampai saat ini sedang menyelesaikan studi S1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang Konsentrasi Elektronika dan Telekomunikasi

E-mail : wahyu_hidayat_s@yahoo.co.id

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I Dosen Pembimbing II

Darjat, S.T., M.T.
 NIP. 132 231 135
 Tanggal

Budi Setivono, S.T., M.T.
 NIP. 132 283 184
 Tanggal

