



ANALISIS DIFRAKSI FRAUNHOFER
DENGAN MENGGUNAKAN SUMBER LASER He-Ne

O L E H

AMAL ARSYAD
90 03 060



PERPUSTAKAAN PUSAT UNIV. HASANUDDIN	
Tgl. terima	3 - 11 - 97
Asal dari	FAK. MIPA.
Tanpaknya	1 EXP.
Harga	HADIAH.
No. Inventaris	980207516
No. Klas	

PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN

1997

SKRIPSI



OLEH

AMAL ARSYAD
90 03 060



PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN

1997

**ANALISIS DIFRAKSI FRAUNHOFER
DENGAN MENGGUNAKAN SUMBER LASER He-Ne**

O L E H

**AMAL ARSYAD
90 03 060**

**Skripsi untuk melengkapi tugas dan memenuhi
syarat untuk memperoleh gelar sarjana**

**PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

1997

**ANALISIS DIFRAKSI FRAUNHOFER
DENGAN MENGGUNAKAN SUMBER LASER He-Ne**

O L E H

**AMAL ARSYAD
90 03 060**

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama



(Drs. Syamsir Dewang, M. Eng. Sc)

NIP. 131 876 905

Pembimbing Pertama



(Drs. Bualkar Abdullah, M. Eng. Sc)

NIP. 130 675 572



PENGANTAR DAN UCAPAN TERIMA KASIH

*Bismillahirrahmanirrahim.
Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Puji syukur kehadirat Allah Swt atas segala nikmat dan hidayah-Nya yang dilimpahkan kepada penulis, sehingga skripsi dengan judul "*Analisis Difraksi Fraunhofer dengan Menggunakan Sumber Laser He-Ne*" dapat diselesaikan. Maksud penelitian ini adalah untuk pemenuhan tugas akhir dalam rangka perampungan studi penulis di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Dalam penelitian ini diperoleh panjang gelombang sinar laser He-Ne dengan menentukan lebar garis gelap-terang maksimum dari spektrum intensitas pola difraksi pada jarak pengamatan yang berbeda, baik menggunakan celah banyak (kisi) maupun dengan menggunakan celah tunggal.

Menjadi kesyukuran bagi penulis karena bagaimanapun beragamnya masalah yang dihadapi, banyak pihak yang berupaya menguranginya. Untuk itulah pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang ikhlas khususnya kepada:

1. *Drs. Syamsir Dewang, M. Eng. Sc* selaku pembimbing utama yang dengan ikhlas dan senantiasa memberikan semangat dan bimbingan kepada penulis hingga rampungnya skripsi ini.

2. *Drs. Bualkar Abdullah, M. Eng. Sc* selaku pembimbing pertama yang dengan ikhlas membimbing penulis hingga rampungnya skripsi ini.
3. *Ir. Widji Ediloloegita, M. Eng* yang telah membantu dalam pemotretan hasil penelitian ini.
4. Seluruh staf dosen Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin, khususnya Jurusan Fisika yang dengan ikhlas telah mengajarkan ilmunya kepada penulis semenjak berada di Universitas Hasanuddin.
5. Kedua orang tua penulis yang dengan susah payah telah mengasuh dan mendidik penulis dengan limpahan kasih sayang sejak kecil sampai sekarang.
6. Saudara *Bannu, S.Si* serta rekan-rekan mahasiswa Fisika disampaikan penghargaan yang sama atas segala bantuan yang diberikan selama ini.

Akhirnya penulis dengan rendah hati mengakui keterbatasannya dalam hal perbendaharaan ilmu maupun dalam pengalaman untuk mengupas dan menuliskan isi skripsi ini. Oleh karena itu, kiranya dapat dipahami kalau skripsi ini tidak luput dari kekurangan, atau bahkan kesalahan. Untuk itu hanya dengan kritik dan saran positif, maka penulis akan berusaha menyempurnakannya. Dan kepada semua pihak yang telah disebutkan di atas penulis hanya dapat berdoa semoga amal mereka menjadi ibadah yang mendapat imbalan keridhaan Allah Swt, amien.

Ujung Pandang, Agustus 1997

Penulis

SARI BACAAN



Telah dilakukan penelitian tentang analisis pola difraksi Fraunhofer dengan menggunakan sumber laser He-Ne. Spektrum dari pola difraksi Fraunhofer diperoleh melalui metode difraksi celah banyak (kisi) dan celah tunggal. Sinar laser He-Ne yang digunakan diarahkan ke celah yang sebelumnya melalui lensa pemfokus, sehingga di layar tampak pola difraksi berupa garis gelap-terang. Dengan menggunakan XY-recorder diperoleh spektrum intensitas difraksi. Spektrum intensitas tersebut, selanjutnya dianalisis sehingga diperoleh panjang gelombang sinar laser He-Ne sebesar 632,245 nm dengan ketelitian 0.031 %. Panjang gelombang tersebut mendekati panjang gelombang sebenarnya yakni 632,8 nm.

Kata Kunci : Difraksi Fraunhofer, pola gelap-terang (fringe), sinar laser He-Ne, panjang gelombang

ABSTRACT

It has been carried out research about Fraunhofer diffraction analysis by using He-Ne laser. Spectrums of intensity by Fraunhofer diffraction is obtained by diffraction of multi slit and single slit methods. The used He-Ne laser is faced to previously through lens, so that in screen seems of fringe. By using XY-recorder, we get spectrums of intensity. Then the spectrums of intensity is analysed so we get wave length of He-Ne laser running at 632.245 nm with accuracy 0.031 %. The wave length nearly reach the really wave length is 632.8 nm.

Key Words : Fraunhofer diffraction, fringe, He-Ne laser, wave length.

DAFTAR ISI

PENGANTAR DAN UCAPAN TERIMA KASIH	v
SARI BACAAN	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Ruang Lingkup Penelitian	2
I.3 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Laser Sebagai Sumber Cahaya	4
II.2 Prinsip Dasar Difraksi	5
II.3 Difraksi Medan Jauh	6
II.3.1 Proses Difraksi Pada Celah Banyak (kisi)	7
II.3.2 Difraksi Pada Celah Tunggal	14
BAB III METODOLOGI	23
III.1 Peralatan Yang Digunakan	23
III.2 Proses Pengambilan Data dan Interpretasi Data	23

BAB IV HASIL DAN BAHASAN	25
IV.1 Hasil Pengukuran	25
IV.2 Bahasan	34
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	40
V.1 Simpulan	40
V.2 Saran-Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN A. Foto proses pengambilan data	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II.1 Difraksi gelombang yang bersumber dari titik S oleh celah AB dengan lebar d	5
Gambar II.2 Sistem kisi yang terdiri dari N celah identik dengan lebar celah d dan jarak antar celah a	7
Gambar II.3 Spektrum intensitas pola difraksi untuk $N = 4$ buah celah	13
Gambar II.4 Garis gelap-terang hasil difraksi kisi	14
Gambar II.5 Geometri bidang difraksi Fraunhofer oleh celah tunggal	15
Gambar II.6 Spektrum intensitas pola difraksi untuk celah tunggal	20
Gambar II.7 Pelebaran garis gelap-terang maksimum pola difraksi Fraunhofer ..	21
Gambar III.1 Peralatan yang digunakan dalam eksperimen difraksi Fraunhofer ..	24
Gambar IV.1 Foto garis gelap-terang pola difraksi dengan menggunakan celah banyak (kisi)	26
Gambar IV.2.a Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah banyak (kisi) pada jarak $L = 3000$ mm	26
Gambar IV.2.b Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah banyak (kisi) pada jarak $L = 3160$ mm	26
Gambar IV.2.c Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah banyak (kisi) pada jarak $L = 3320$ mm	27
Gambar IV.2.d Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah banyak (kisi) pada jarak $L = 3480$ mm	27



Gambar IV.2.e Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah banyak (kisi) pada jarak $L = 3640$ mm	28
Gambar IV.2.f Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah banyak (kisi) pada jarak $L = 3800$ mm	28
Gambar IV.2.g Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah banyak (kisi) pada jarak $L = 3960$ mm	29
Gambar IV.3 Foto garis gelap-terang pola difraksi dengan menggunakan celah tunggal	30
Gambar IV.4.a Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah tunggal pada jarak $L = 3000$ mm	30
Gambar IV.4.b Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah tunggal pada jarak $L = 3160$ mm	30
Gambar IV.4.c Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah tunggal pada jarak $L = 3320$ mm	31
Gambar IV.4.d Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah tunggal pada jarak $L = 3480$ mm	31
Gambar IV.4.e Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah tunggal pada jarak $L = 3640$ mm	32
Gambar IV.4.f Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah tunggal pada jarak $L = 3800$ mm	32
Gambar IV.4.g Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah tunggal pada jarak $L = 3960$ mm	33

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel IV.1 Panjang gelombang sinar laser Helium-Neon hasil pengukuran dengan menggunakan celah banyak (kisi)	34
Tabel IV.2 Panjang gelombang sinar laser Helium-Neon hasil pengukuran dengan menggunakan celah tunggal	35
Tabel IV.3 Nilai-nilai untuk perhitungan koefisien regresi	36
Tabel IV.4 Nilai-nilai untuk perhitungan varians	38

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Arti	Satuan
a	Jarak antar celah	10^{-3} m
α	Fasa interferensi	-
β	Fasa difraksi	-
d	Lebar celah	10^{-3} m
Δ	Panjang lintasan optik sinar laser	10^{-3} m
E	Amplitudo gelombang	m
E_i	Amplitudo gelombang bebas ke-i	m
E_L	Amplitudo gelombang per satuan lebar celah	-
E_P	Amplitudo gelombang pada titik P di layar	m
γ	Faktor fasa	-
I_0	Intensitas awal sinar laser	(Volt m^{-1})
I	Intensitas sinar laser yang tiba pada layar	(Volt m^{-1})
k	Bilangan gelombang	rad m^{-1}
L	Jarak celah dengan layar pengamatan	10^3 m
λ	Panjang gelombang	10^{-9} m
m	Orde difraksi	-
N	Jumlah celah pada kisi	-
θ	Sudut pembelahan cahaya terdifraksi	rad
$\Delta\theta$	Lebar sudut difraksi maksimum utama	rad
W	Lebar garis gelap terang maksimum	10^{-3} m

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Laser (*Light Amplification of Stimulated Emission of Radiation*) atau penguatan cahaya dengan ransangan pancaran radiasi, merupakan manifestasi spektakuler dalam bidang optika koheren. Penemuan laser ini, memberikan dampak yang luar biasa pada dunia ilmu pengetahuan serta menunjukkan bahwa fisika optik sangat penting.

Laser dapat memancarkan sinar, baik berupa pulsa seperti laser Nitrogen, laser Excimer maupun sinar yang kontinyu seperti laser Helium-Neon dan setiap laser memiliki panjang gelombang tertentu.

Dalam pengukuran suatu besaran fisis, umumnya dibutuhkan instrumen untuk pengukuran besaran fisis tersebut. Demikian pula untuk menentukan panjang gelombang sinar laser Helium-Neon dengan menggunakan metode "*Difraksi Fraunhofer*".

Pada peristiwa difraksi, bila berkas sinar laser menjalar melalui suatu celah sempit yang mempunyai dimensi yang sebanding dengan panjang gelombang, maka semua titik pada bidang celah menjadi sumber gelombang sekunder, yang memancarkan

gelombang-gelombang baru yang disebut gelombang-gelombang terdifraksi. Gelombang-gelombang terdifraksi tersebut akan menghasilkan pola difraksi berupa garis gelap-terang.

Pengukuran panjang gelombang membutuhkan pengamatan terhadap pola difraksi. Pola difraksi yang dihasilkan dari percobaan ini telah diteliti dengan menggunakan XY-recorder untuk menentukan lebar garis terang maksimum guna perhitungan panjang gelombang sinar laser Helium-Neon.

I.2 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penelitian ini akan dibahas mengenai metode difraksi Fraunhofer, baik menggunakan celah banyak (kisi) maupun menggunakan celah tunggal. Difraksi Fraunhofer dikenal dengan difraksi medan jauh karena jarak pengamatan dengan sumber laser cukup jauh sehingga arah penjalaran vektor medan akan sejajar.

Sinar laser Helium-Neon yang digunakan, diarahkan ke celah yang dapat menghasilkan pola difraksi berupa garis gelap-terang (fringe). Selanjutnya dengan menggunakan XY-recorder diperoleh spektrum difraksi.

Spektrum difraksi yang diperoleh, dianalisis untuk menentukan panjang gelombang sinar laser Helium-Neon yang digunakan.

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengamati spektrum intensitas dari pola difraksi yang dihasilkan oleh XY-recorder dari proses difraksi Fraunhofer dengan sumber laser Helium-Neon yang melalui celah tunggal dan celah banyak (kisi).
2. Membandingkan hasil pola difraksi dengan celah tunggal dan celah banyak (kisi) yang diperoleh dari penelitian.
3. Menganalisis spektrum intensitas pola difraksi yang diperoleh untuk menentukan panjang gelombang sinar laser Helium-Neon yang digunakan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA



II.1 Laser Sebagai Sumber Cahaya

Prinsip tentang laser pertama kali dikemukakan oleh *Albert Einstein* pada tahun 1916, akan tetapi baru pada tahun 1960 oleh *Theodore H. Maiman*, ilmuwan dari Hughes Aircraft Laboratories menciptakan laser yang pertama yang dikenal sebagai laser Ruby.

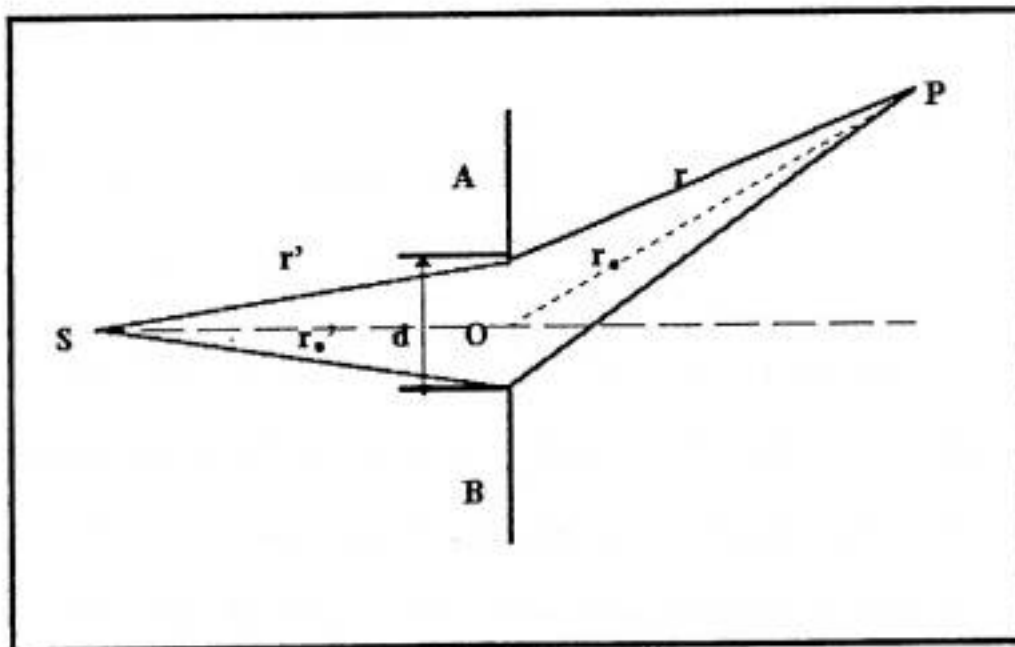
Laser merupakan sumber cahaya yang memancarkan sejenis radiasi dengan kemurnian dan intensitas yang tinggi dibandingkan dengan sumber-sumber radiasi elektromagnetik lainnya. Laser memiliki sifat tertentu yaitu mempunyai panjang gelombang yang tunggal (monokromatis), mempunyai berkas sinar yang sejajar, dan merupakan sinar yang terpancar dalam beda fasa yang tetap (koheren).

Sifat-sifat laser tersebut menyebabkan sinar laser mudah diatur dengan ketepatan yang sangat tinggi baik pada sumber laser dengan daya rendah (miliwatt) maupun pada laser dengan daya tinggi (megawatt), dengan demikian laser dapat dimanfaatkan sesuai keperluan.

II.2 Prinsip Dasar Difraksi

Secara makroskopis, difraksi dikenal sebagai gejala penyebaran arah yang dialami oleh seberkas gelombang ketika menjalar melalui suatu celah sempit. Gejala ini dianggap sebagai salah satu ciri khas gelombang yang tidak dimiliki oleh suatu partikel.

Menurut prinsip Huygens-Fresnel, dalam suatu perambatan gelombang bebas, sumber titik gelombang S berkedudukan simetris terhadap celah dan gelombang sferis yang tiba di celah mempunyai muka gelombang yang hampir berimpit dengan bidang celah, maka setiap titik antara A dan B merupakan sumber gelombang sferis sekunder yang koheren. Hal ini ditunjukkan pada gambar II.1



Gambar II.1 Difraksi gelombang yang bersumber dari titik S oleh celah AB dengan lebar d

Bila efek difraksi diamati di titik P, maka gelombang sferis dari sumber titik ke-*i* diungkapkan oleh bagian spasialnya sebagai berikut :

$$E = E_i \frac{e^{ikr_i}}{r_i} \quad (\text{II.1})$$

dengan E_i adalah amplitudo gelombang di titik ke-*i*, dan k adalah bilangan gelombang.

Jika E_i sama dengan amplitudo gelombang bebas yang berasal dari S tanpa pengaruh celah, maka persamaan (II.1) dapat dituliskan menjadi :

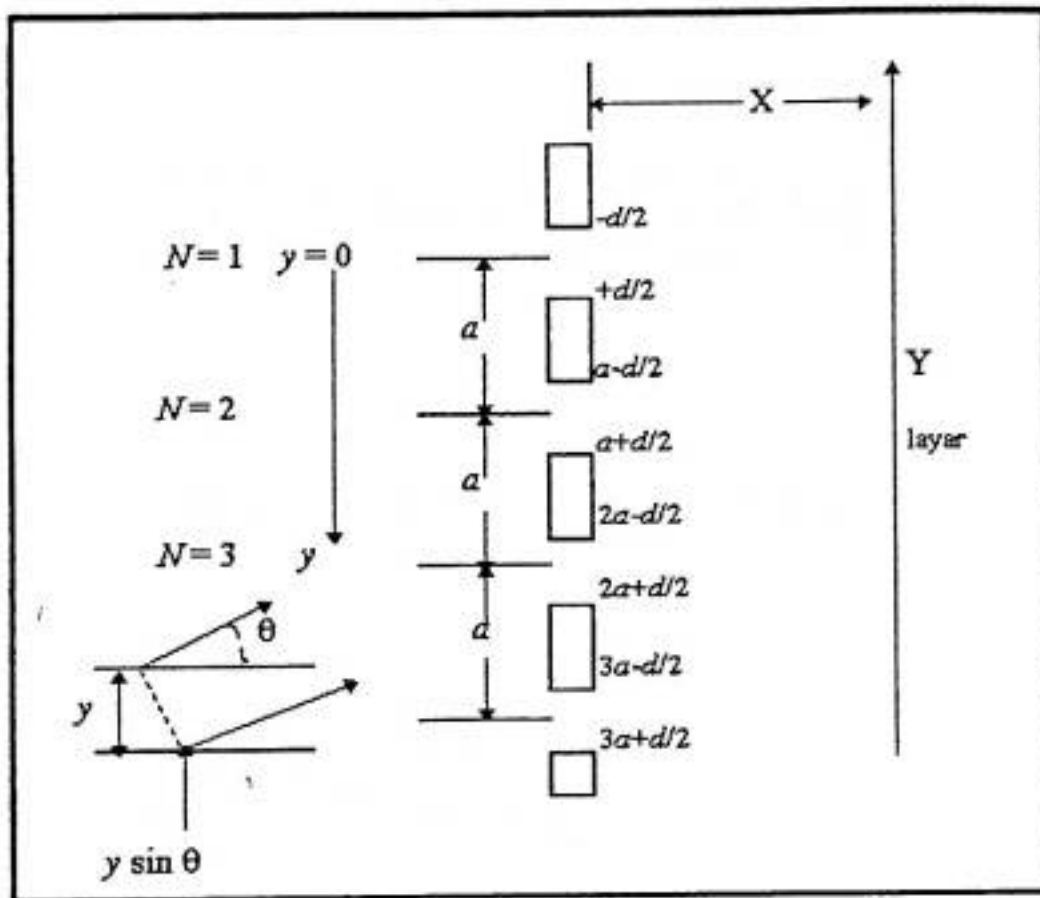
$$E = E_i \frac{e^{ik(r_i+r'_i)}}{r_i r'_i} \quad (\text{II.2})$$

II.3 Difraksi Medan Jauh

Proses difraksi pada umumnya akan menghasilkan pola interferensi pada bidang pengamatan di belakang celah. Bila sumber cahaya dan bidang pengamatan di belakang cukup jauh dari celah, sehingga gelombang yang tiba pada celah maupun yang diteruskan dapat didekati sebagai gelombang datar dalam batas ukuran celah, atau arah penjalaran vektor medan akan sejajar, gejala yang terjadi disebut difraksi medan jauh.

II.3.1 Proses Difraksi Pada Celah Banyak (kisi)

Bila cahaya memasuki beberapa celah dengan jarak antar celah adalah a , sinar tersebut akan dibelokkan dengan sudut θ , seperti ditunjukkan pada gambar II.2 di bawah ini :



Gambar II.2 Sistem kisi yang terdiri dari N celah identik dengan lebar celah d dan jarak antar celah a

Dengan menganggap bahwa bidang pengamatan relatif jauh, sehingga cahaya yang tiba di layar pengamatan dalam keadaan sejajar. Dengan demikian, seluruh gelombang yang

mempunyai amplitudo sama pada suatu titik di layar memiliki resultan amplitudo yang merupakan penjumlahan gelombang, sehingga menurut prinsip superposisi dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$E_p = \left(\frac{E_L}{r_o} \right) e^{i(k r_o - \omega t)} \left\{ \int_{-d/2}^{d/2} e^{i k y \sin \theta} dy + \int_{a-d/2}^{a+d/2} e^{i k y \sin \theta} dy + \right. \\ \left. + \int_{2a-d/2}^{2a+d/2} e^{i k y \sin \theta} dy + \dots + \int_{(N-1)a-d/2}^{(N-1)a+d/2} e^{i k y \sin \theta} dy \right\} \quad (\text{II.3})$$



Integral pada pernyataan (II.3) untuk suku pertama menghasilkan :

$$\int_{-d/2}^{d/2} e^{i k y \sin \theta} dy = \frac{e^{i k y \sin \theta}}{i k \sin \theta} \Big|_{-d/2}^{d/2} \\ = \frac{e^{i \beta} - e^{-i \beta}}{i k \sin \theta} \quad (\text{II.4})$$

Demikian pula untuk integrasi berikutnya yang ada pada persamaan (II.3) bila diselesaikan, kemudian batas integrasi dimasukkan, maka persamaan (II.3) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$E_p = \left(\frac{E_L}{r_o} \right) e^{i(kr_o - \omega t)} \left[\frac{e^{i\beta} - e^{-i\beta}}{ik \sin \theta} + \frac{e^{i\beta} - e^{-i\beta}}{ik \sin \theta} (e^{ika \sin \theta}) + \right. \\ \left. \frac{e^{i\beta} - e^{-i\beta}}{ik \sin \theta} (e^{2ika \sin \theta}) + \dots + \frac{e^{i\beta} - e^{-i\beta}}{ik \sin \theta} (e^{ik(N-1)a \sin \theta}) \right] \quad (\text{II.5})$$

Sehingga persamaan (II.5) dapat disederhanakan sebagai berikut :

$$E_p = \left(\frac{E_L d}{r_o} \right) e^{i(kr_o - \omega t)} \frac{\sin \beta}{\beta} \left[1 + e^{i\gamma a} + e^{2i\gamma a} + \dots + e^{i(N-1)\gamma a} \right] \quad (\text{II.6})$$

dengan :

$$\beta = 1/2 k d \sin \theta$$

$$\gamma = k \sin \theta$$

Deret pada ruas kanan persamaan (II.4) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\sum_{m=0}^{N-1} e^{im\gamma a} = \frac{1 - e^{iN\gamma a}}{1 - e^{i\gamma a}} \quad (\text{II.7})$$

Sehingga persamaan (II.6) dapat ditulis sebagai berikut :

$$E_P = \left(\frac{E_L d}{r_o} \right) e^{i(kr_o - \omega t)} \frac{\sin \beta}{\beta} \left(\frac{1 - e^{iN\gamma a}}{1 - e^{i\gamma a}} \right) \quad (\text{II.8})$$

Konyugat dari persamaan (II.8) adalah sebagai berikut :

$$E_P^* = \left(\frac{E_L d}{r_o} \right) e^{-i(kr_o - \omega t)} \frac{\sin \beta}{\beta} \left(\frac{1 - e^{-iN\gamma a}}{1 - e^{-i\gamma a}} \right) \quad (\text{II.9})$$

Jika persamaan (II.8) dikalikan dengan persamaan (II.9), maka diperoleh persamaan intensitas yang dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$I = E_P E_P^* = I_o \left(\frac{\sin^2 \beta}{\beta^2} \right) \left(\frac{\sin^2 \frac{N\gamma a}{2}}{\sin^2 \frac{\gamma a}{2}} \right) \quad (\text{II.10})$$

dengan :

$$I = |E_p|^2 \quad ; \quad I_o = \left(\frac{E_L d}{r_o} \right)^2$$

$$\gamma = k \sin \theta \quad ; \quad k = 2\pi / \lambda$$

$$\beta = \gamma (d/2) = (\pi / \lambda) d \sin \theta$$

$$\alpha = \gamma (a/2) = (\pi / \lambda) a \sin \theta$$

k = bilangan gelombang

α = fasa interferensi

β = fasa difraksi

γ = faktor fasa

Jika nilai β dimasukkan ke dalam persamaan (II.10) maka diperoleh :

$$I = I_o \frac{\sin^2 \gamma \left(\frac{d}{2} \right)}{\left[\gamma \left(\frac{d}{2} \right) \right]^2} \frac{\sin^2 N\gamma \left(\frac{a}{2} \right)}{\sin^2 \gamma \left(\frac{a}{2} \right)} \quad \text{(II.10a)}$$

Persamaan (II.10a) merupakan persamaan intensitas untuk pola difraksi dengan N buah celah (kisi).

Jika pada kisi terdapat 4 buah celah maka $N = 4$ sehingga persamaan (II.10a) menjadi :

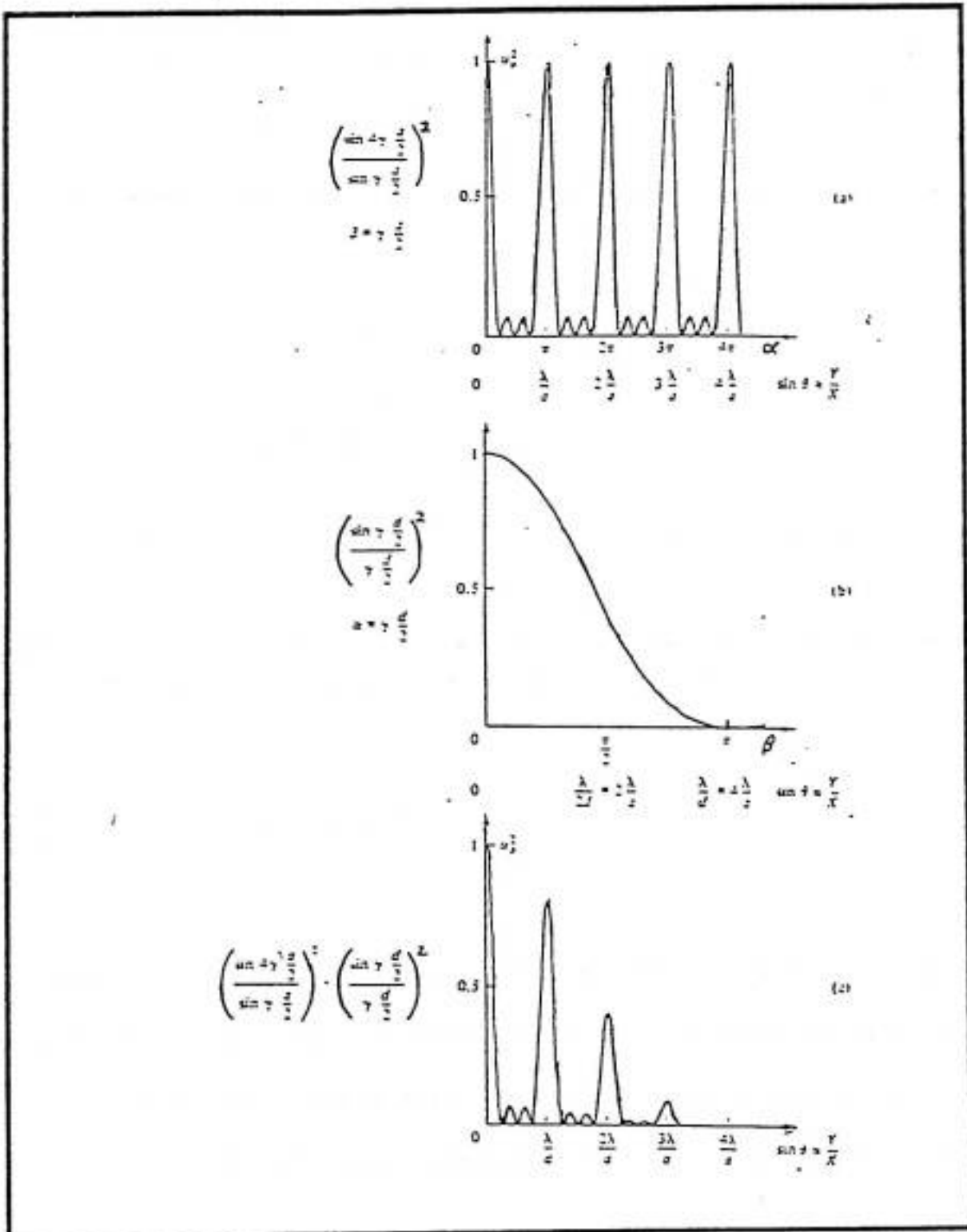
$$I = I_0 \frac{\sin^2 \gamma \left(\frac{d}{2}\right)}{\left[\gamma \left(\frac{d}{2}\right)\right]^2} \frac{\sin^2 4\gamma \left(\frac{a}{2}\right)}{\sin^2 \gamma \left(\frac{a}{2}\right)} \quad (\text{II.10b})$$

Untuk memperoleh kurva intensitas maksimum dan minimum persamaan (II.10b) dapat ditinjau kasus pola interferensi sebagai berikut :

intensitas maksimum jika $\sin^2 \gamma (d/2) = 1$ atau $\gamma (d/2) = 3\pi/2, 5\pi/2, \dots, (2m+1) \pi/2$

dan intensitas minimum terjadi jika $\sin^2 \gamma(d/2) = 0$ atau $\gamma(d/2) = \pi, 2\pi, \dots, m\pi$

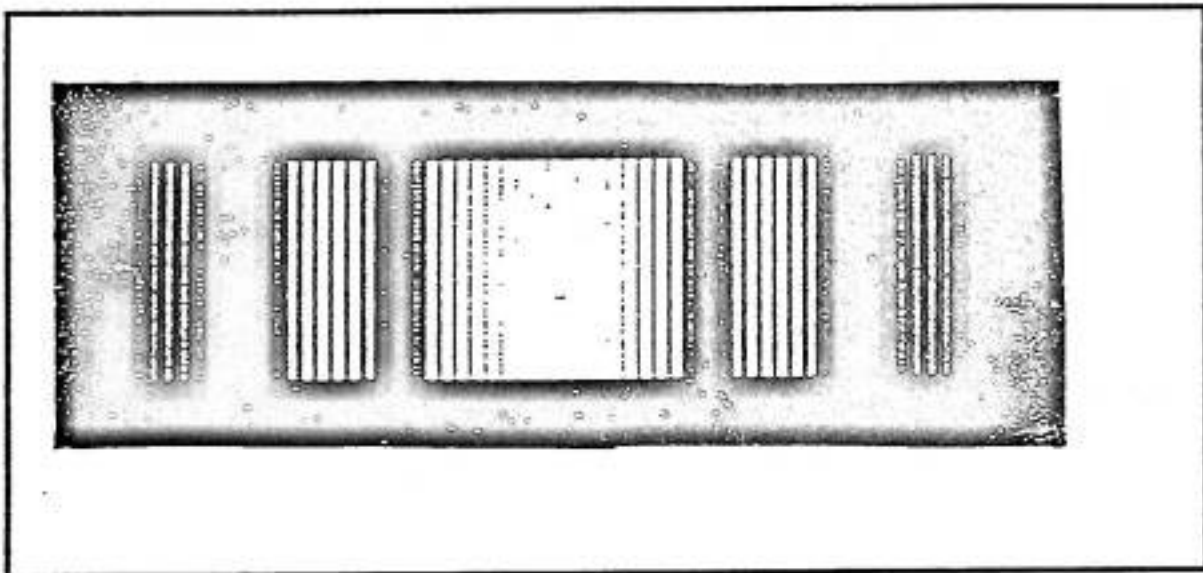
Spektrum intensitas pola difraksi dari $N = 4$ celah dapat dilihat pada gambar II.3



Gambar II.3 Spektrum intensitas pola difraksi untuk $N = 4$ buah celah

Dari Gambar II.3 dapat dilihat bahwa untuk N celah terdapat beberapa pola interferensi dalam satu pola difraksi.

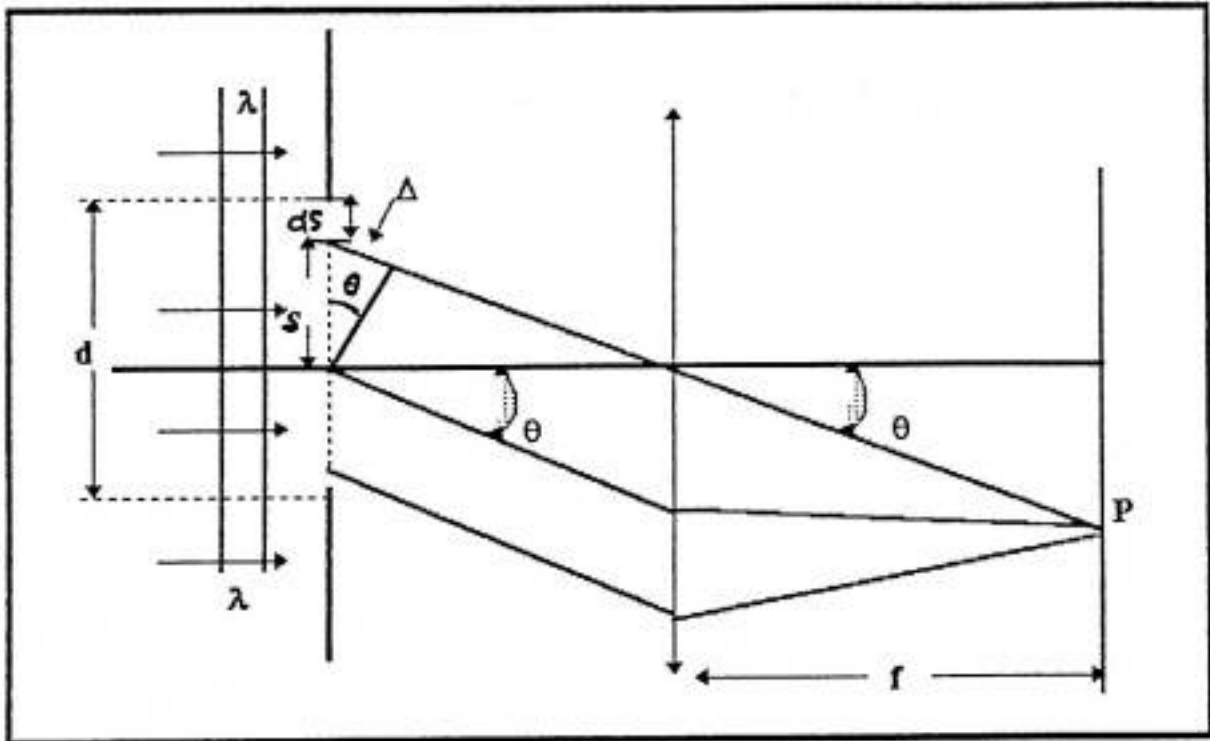
Sedangkan pola difraksi berupa garis gelap-terang (fringe) dengan menggunakan kisi dapat dilihat pada Gambar II.4.



Gambar II.4 Garis gelap-terang hasil difraksi celah banyak (kisi)

II.3.2 Difraksi Pada Celah Tunggal

Pada prinsipnya, gejala difraksi merupakan efek interferensi, karena proses difraksi umumnya akan menghasilkan pola interferensi pada bidang pengamatan di belakang celah, yang disebabkan oleh adanya cahaya yang berasal dari muka gelombang pada celah tersebut, seperti ditunjukkan pada Gambar II.5. Sinar yang berasal dari pusat celah, memiliki panjang lintasan optik sebesar Δ yang lebih pendek dari sinar yang berasal dari titik pusat celah pada jarak vertikal titik S di atas sumbu optik.



Gambar II.5 Geometri bidang difraksi Fraunhofer oleh celah tunggal

Bagian datar dari muka gelombang pada celah terbuka menggambarkan aliran kontinyu dari sumber anak gelombang Huygens. Tiap interval ds menimbulkan anak gelombang sferis pada P dalam bentuk :

$$dE_P = \left(\frac{dE_o}{r} \right) \exp [i(kr - \omega t)] \tag{II.11}$$

dengan r adalah panjang lintasan optik dari interval ds ke titik P. Amplitudo dE dibagi r karena gelombang sferis menurun intensitasnya sebanding dengan pertambahan jarak lintasan optik, sesuai hukum kuadrat invers, yaitu $E^2 \propto (1/r^2)$ dan $E \propto (1/r)$,

sehingga amplitudo pada satuan jarak dari titik sumber adalah dE_o . Jika $r = r_o$ untuk gelombang yang berasal dari interval ds pada saat $s = 0$, maka gelombang yang berasal dari interval ds pada jarak s dengan memperhatikan perbedaan fase, diperoleh differensial medan pada titik P yang dapat dinyatakan seperti :

$$dE_p = \left(\frac{dE_o}{r} \right) \exp[i \{k(r_o + \Delta) - \omega t\}] \quad (\text{II.12})$$

Amplitudo radiasi dari tiap interval bergantung pada ukuran ds , sehingga bila semua variabel ditambahkan melalui integrasi, maka diperoleh efek total pada titik P yang dinyatakan seperti :

$$dE_o = E_L ds \quad (\text{II.13})$$



dengan E_L adalah amplitudo per satuan lebar celah pada setiap satuan jarak.

Dari Gambar II.5 diperoleh bahwa $\Delta = s \sin \theta$, maka untuk titik P pada sudut θ di bawah sumbu yang relatif ke pusat lensa, mempunyai differensial medan P pada interval ds sebesar :

$$dE_p = \left(\frac{E_L ds}{r_o} \right) \exp [i (k r_o + k s \sin \theta - \omega t)] \quad (\text{II.14})$$

Dengan mengintegrasikan persamaan (II.14) pada batas celah $(-d/2)$ hingga $(+d/2)$, maka diperoleh :

$$E_p = \frac{E_L d e^{i(kr_0 - \omega t)}}{2i r_0 \beta} (e^{i\beta} - e^{-i\beta})$$
$$= \frac{E_L d}{r_0} \frac{\sin \beta}{\beta} e^{i(kr - \omega t)} \quad (\text{II.15})$$

dengan :

$$\beta = \frac{1}{2} k d \sin \theta$$

Jika beda fase β dinyatakan sebagai $k\Delta$, maka panjang lintasan optik dinyatakan sebagai :

$$\Delta = (d/2) \sin \theta \quad (\text{II.16})$$

Seperti halnya pada persamaan (II.8), maka konjugat dari persamaan (II.15) adalah :

$$\begin{aligned} E_p^* &= \frac{E_L d e^{-i(k r_o - \omega t)}}{-2 i r_o \beta} (e^{-i\beta} - e^{i\beta}) \\ &= \frac{E_L d \sin \beta}{r_o \beta} e^{-i(k r_o - \omega t)} \end{aligned} \quad (\text{II.17})$$

Jika persamaan (II.15) dikalikan dengan persamaan (II.17), maka diperoleh persamaan intensitas untuk difraksi pada celah tunggal yang dinyatakan sebagai berikut :

$$I = E_p E_p^* = I_o \frac{\sin^2 \beta}{\beta^2} \quad (\text{II.18})$$

dengan :

$$I_o = \left(\frac{E_L d}{r_o} \right)^2 \quad (\text{II.19})$$

Limit dari fungsi sinc (β) mempunyai nilai yang mendekati 1, jika beda fase β menuju nol yang dituliskan seperti :

$$\lim_{\beta \rightarrow 0} \text{sinc}(\beta) = \lim_{\beta \rightarrow 0} \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right) = 1 \quad (\text{II.20})$$

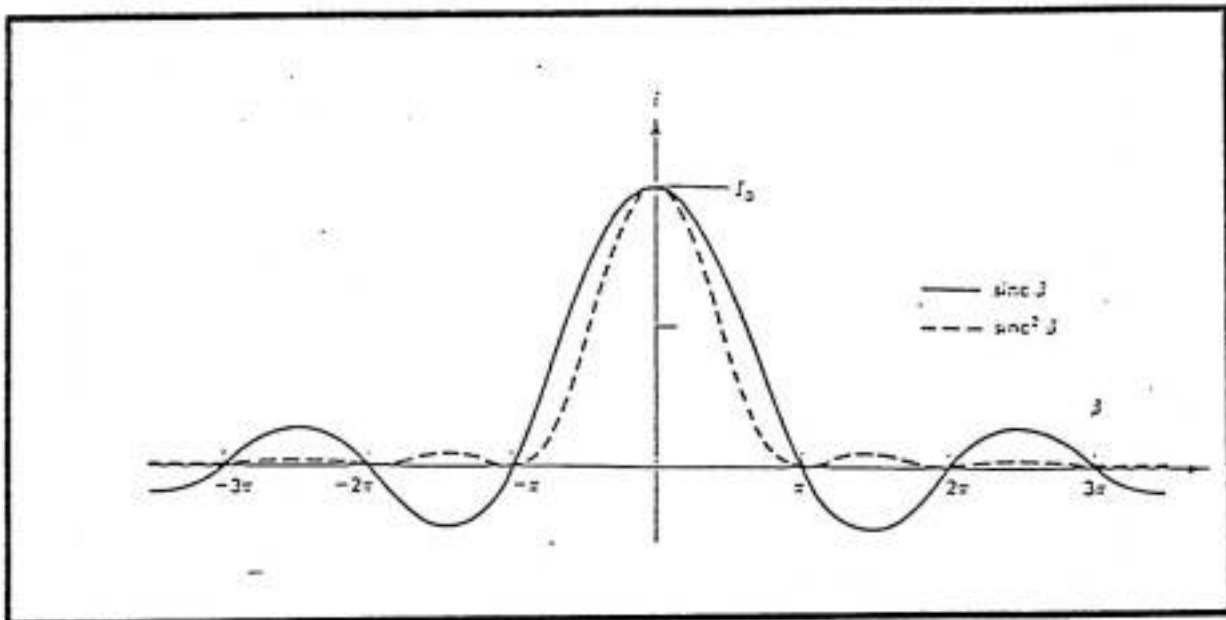
Kondisi maksimum difraksi terjadi jika $\sin \beta = 0$, atau dapat dinyatakan seperti :

$$\beta = \frac{1}{2}(k d \sin \theta) = m\pi \quad ; \quad m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (\text{II.21})$$

Jika bilangan gelombang dinyatakan dengan $k = 2\pi/\lambda$, maka persamaan panjang gelombang dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$m\lambda = d \sin \theta \quad (\text{II.22})$$

dengan m adalah orde difraksi, d adalah lebar celah, λ adalah panjang gelombang cahaya dan θ adalah sudut difraksi.

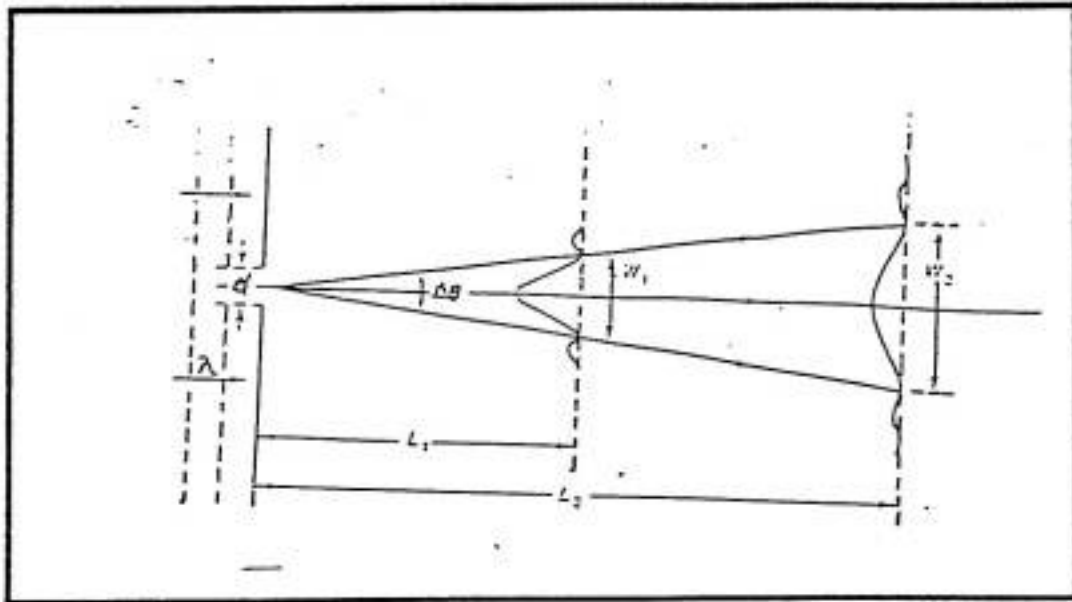


Gambar II.6 Spektrum intensitas pola difraksi untuk celah tunggal

Jika lebar sudut difraksi maksimum utama didefinisikan sebagai $\Delta\theta$, maka persamaan (II.22) untuk orde $m = \pm 1$ pada pendekatan $\sin \theta \cong \theta$ tereduksi menjadi :

$$\Delta \theta = \frac{2\lambda}{d} \quad (\text{II.23})$$

Dari persamaan (II.23), menunjukkan bahwa lebar sudut difraksi maksimum utama berbanding terbalik dengan lebar celah. Karena panjang celah lebih besar dibandingkan dengan lebarnya, maka pola difraksi yang disebabkan oleh titik muka gelombang sepanjang celah, memiliki lebar sudut yang sangat kecil. Dengan demikian, dimensi dari pola difraksi tergantung pada panjang gelombang.



Gambar II.7 Pelebaran garis gelap-terang maksimum pola difraksi Fraunhofer

Dimensi linier dari pola difraksi meningkat sesuai dengan jarak L seperti tampak pada Gambar II.7, sehingga lebar garis gelap-terang maksimum dapat dinyatakan sebagai :

$$W = L \Delta \theta = \frac{2L\lambda}{d} \quad (\text{II.24})$$

maka persamaan panjang gelombang dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{Wd}{2L} \quad (\text{II.25})$$

dengan

W = Lebar garis gelap-terang maksimum (mm)

L = Jarak antara celah dengan layar pengamatan (mm)

d = Lebar celah (mm)

λ = Panjang gelombang sinar Laser (nm)



BAB III

METODOLOGI



III.1 Peralatan yang Digunakan

Untuk mempelajari studi eksperimental pada analisis pola difraksi medan jauh untuk celah sempit, diperlukan peralatan sebagai berikut :

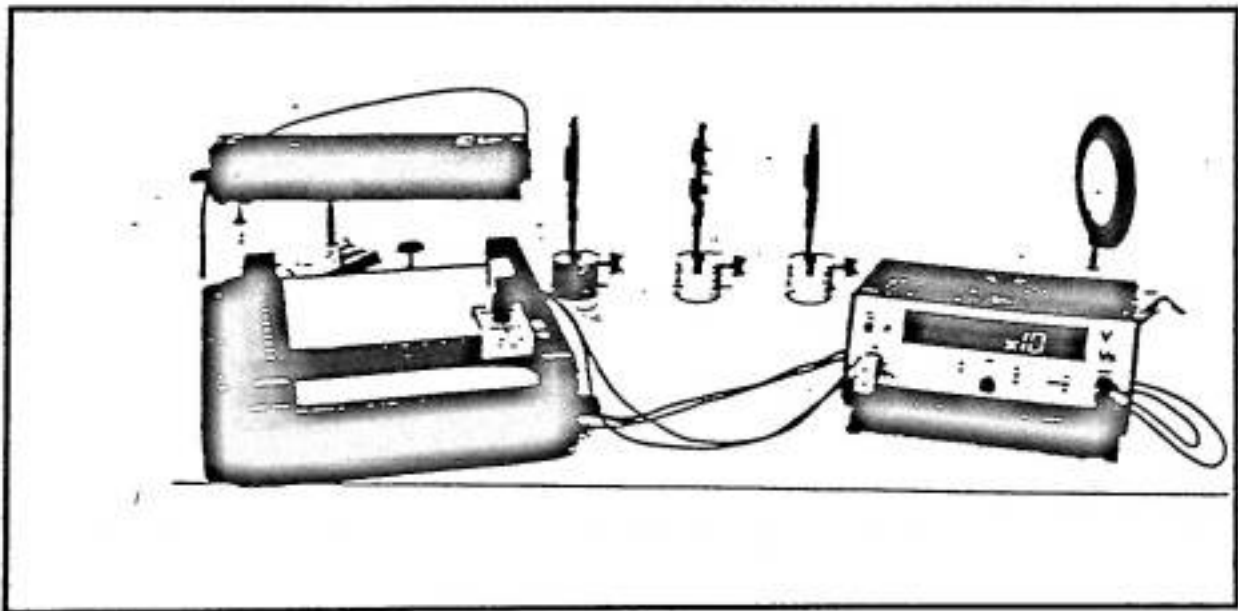
1. Sumber laser Helium-Neon
2. Lensa dengan jarak fokus 5 mm dan 100 mm
3. Celah tunggal
4. Kisi difraksi
5. XY-recorder
6. Kamera merek Olympus type FM10

III.2 Proses Pengambilan Data dan Interpretasi Data

Proses pengambilan data dan analisis penentuan panjang gelombang sinar laser ditempuh langkah-langkah sebagai berikut :

1. Sinar laser Helium-Neon setelah lewat pada lensa dengan jarak fokus 100 mm dan 5 mm dilewatkan pada celah sempit agar terjadi difraksi

2. Menggunakan XY-recorder untuk melukiskan lebar garis terang maksimum (W) orde pertama pada jarak (L) yang berbeda.
3. Memotret garis gelap-terang pola difraksi, baik menggunakan celah banyak (kisi) maupun menggunakan celah tunggal.
4. Menentukan panjang gelombang sinar laser Helium-Neon dengan menggunakan persamaan (II.25).



Gambar III.1 Peralatan yang digunakan dalam eksperimen difraksi Fraunhofer

BAB IV

HASIL DAN BAHASAN

IV.1 Hasil Pengukuran

Pada peristiwa difraksi, cahaya yang terdifraksi akan menghasilkan pola difraksi pada layar yang berupa garis gelap-terang dengan intensitas yang bergantung pada ordenya masing-masing. Orde pertama ditandai dengan intensitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan intensitas orde berikutnya, demikian pula untuk orde-orde selanjutnya.

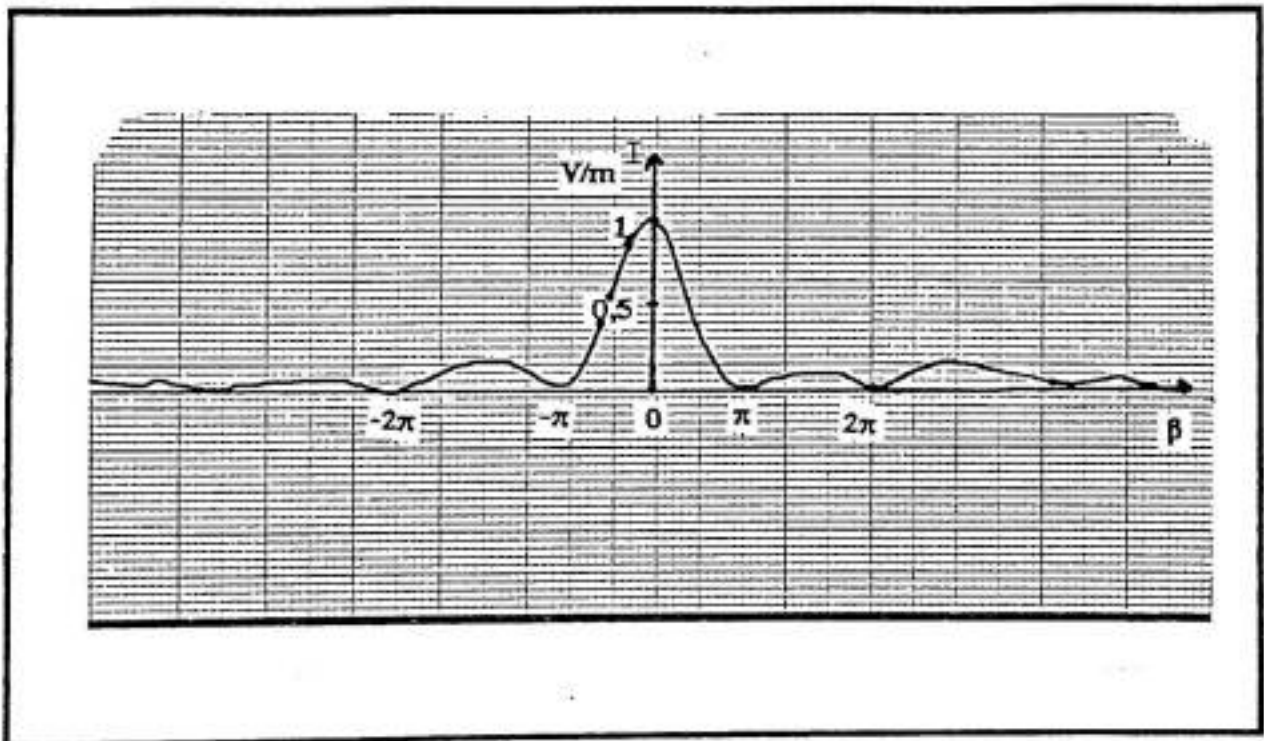
Spektrum garis gelap-terang pola difraksi yang dicetak menggunakan XY-recorder untuk menentukan lebar garis terang pola difraksi pada jarak yang berbeda, dimulai pada jarak 3000 mm sampai 3960 mm dengan perubahan jarak setiap 160 mm.

Foto garis gelap-terang pola difraksi dengan menggunakan celah banyak (kisi) dapat dilihat pada Gambar IV.1 dan foto garis gelap-terang dengan menggunakan celah tunggal dapat dilihat pada Gambar IV.3.

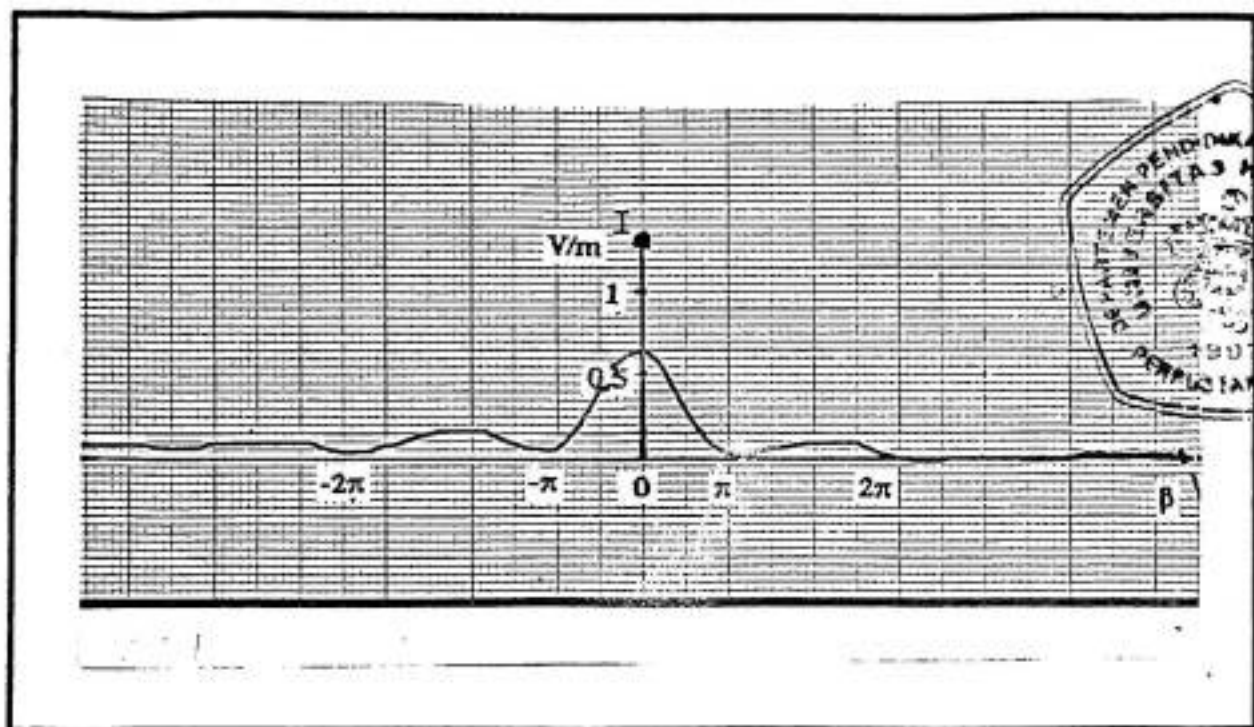
Spektrum intensitas pola difraksi untuk celah banyak (kisi) dapat dilihat pada Gambar IV.2.a-IV.2.g dan spektrum intensitas pola difraksi untuk celah tunggal dapat dilihat pada Gambar IV.4.a-IV.4.g.



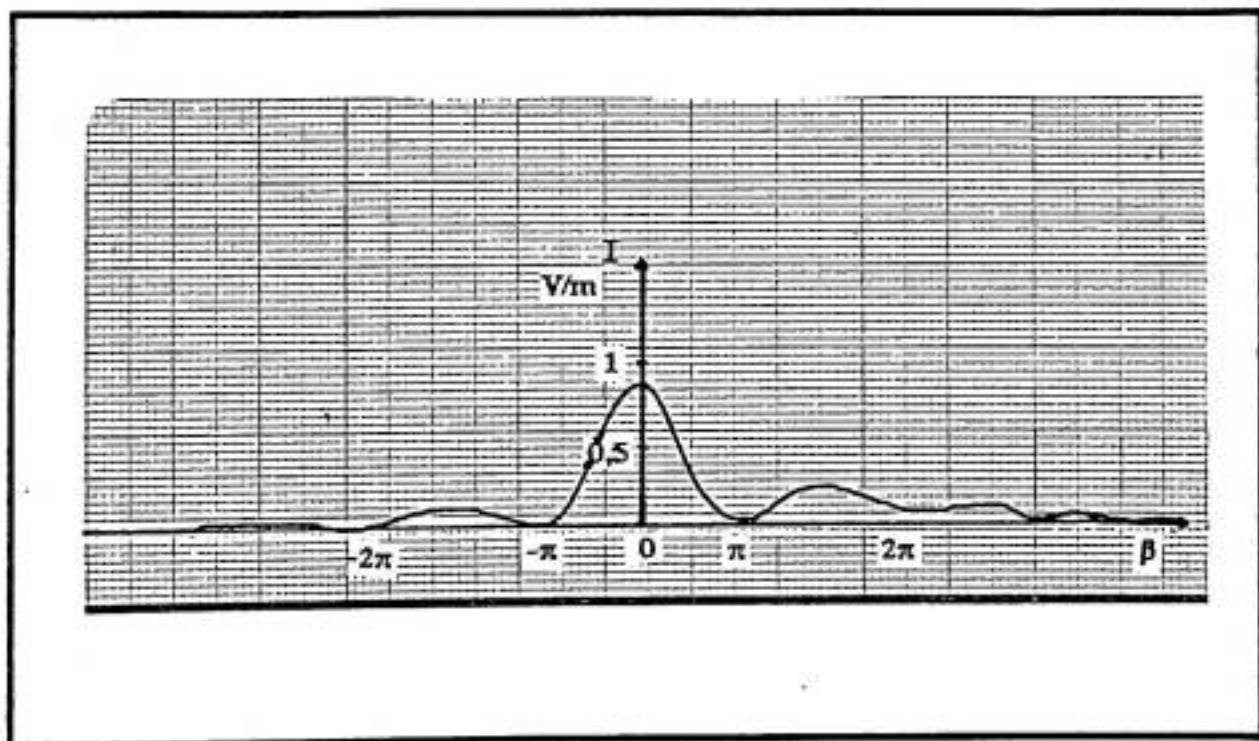
Gambar IV.1 Foto garis gelap-terang pola difraksi dengan menggunakan celah banyak (kisi)



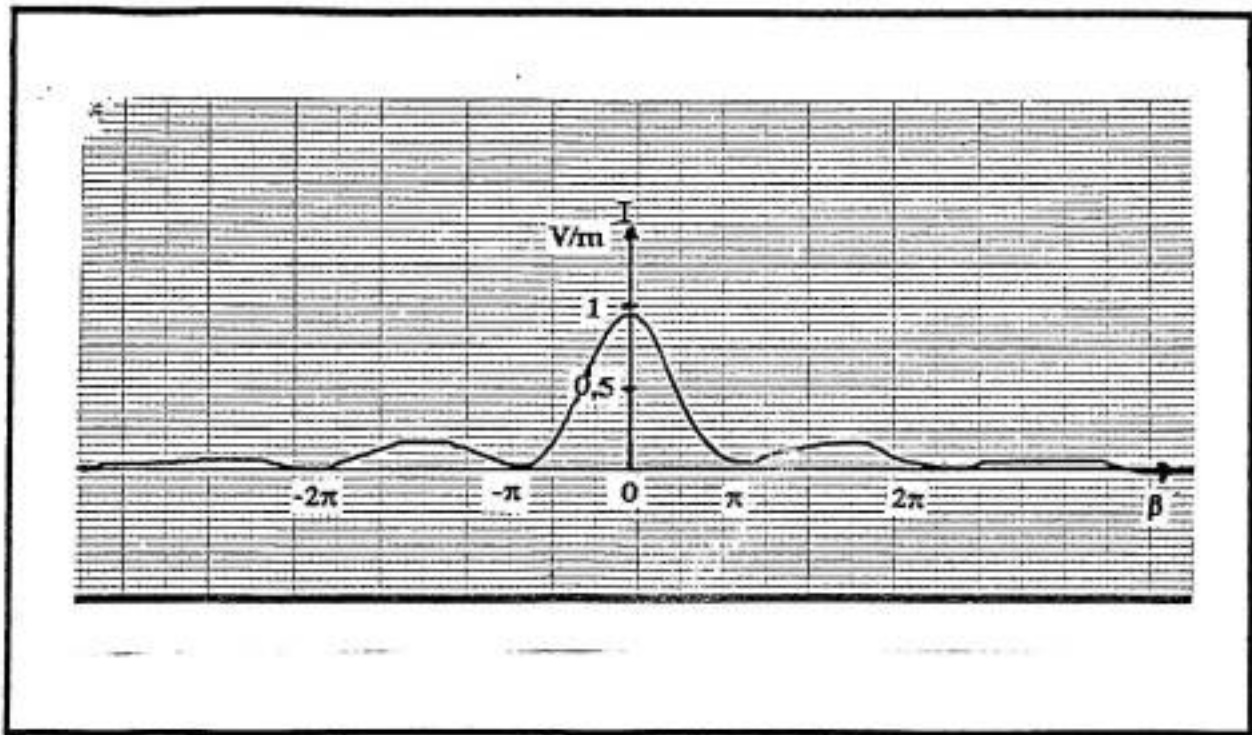
Gambar IV.2.a Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah banyak (kisi) pada jarak $L = 3000$ mm



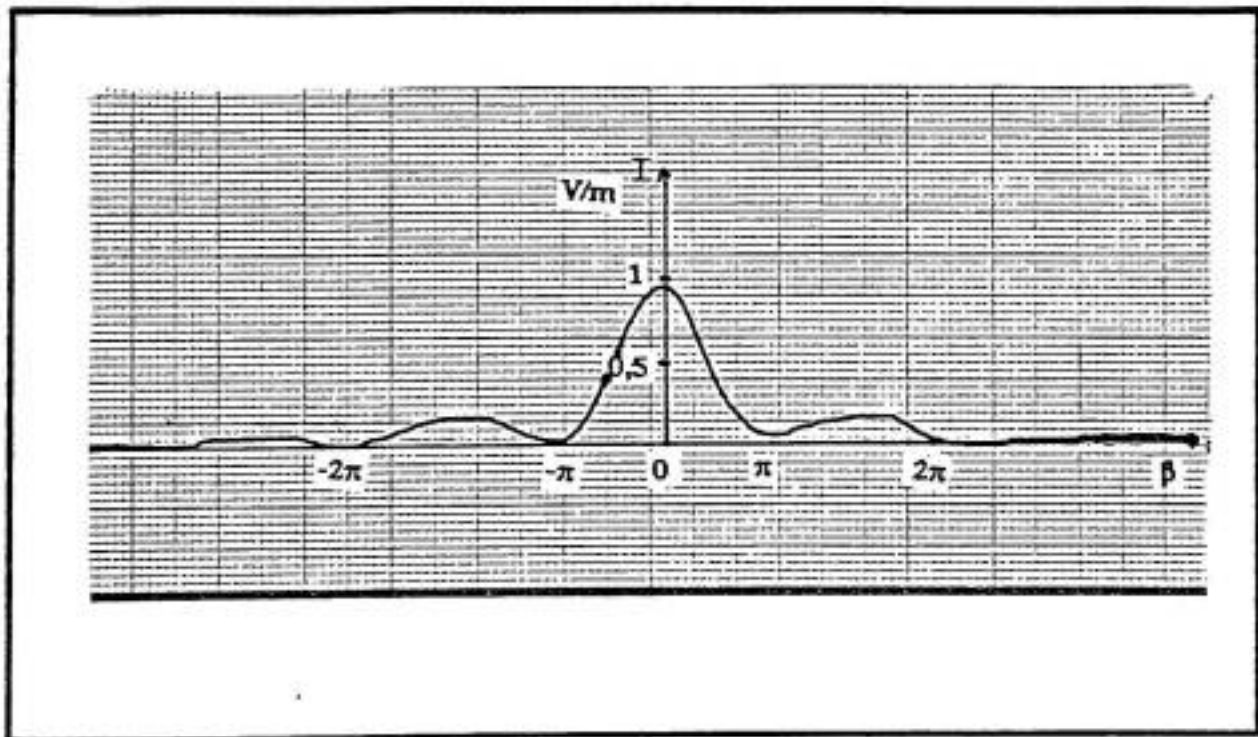
Gambar IV.2.b Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah banyak (kisi) pada jarak $L = 3160$ mm



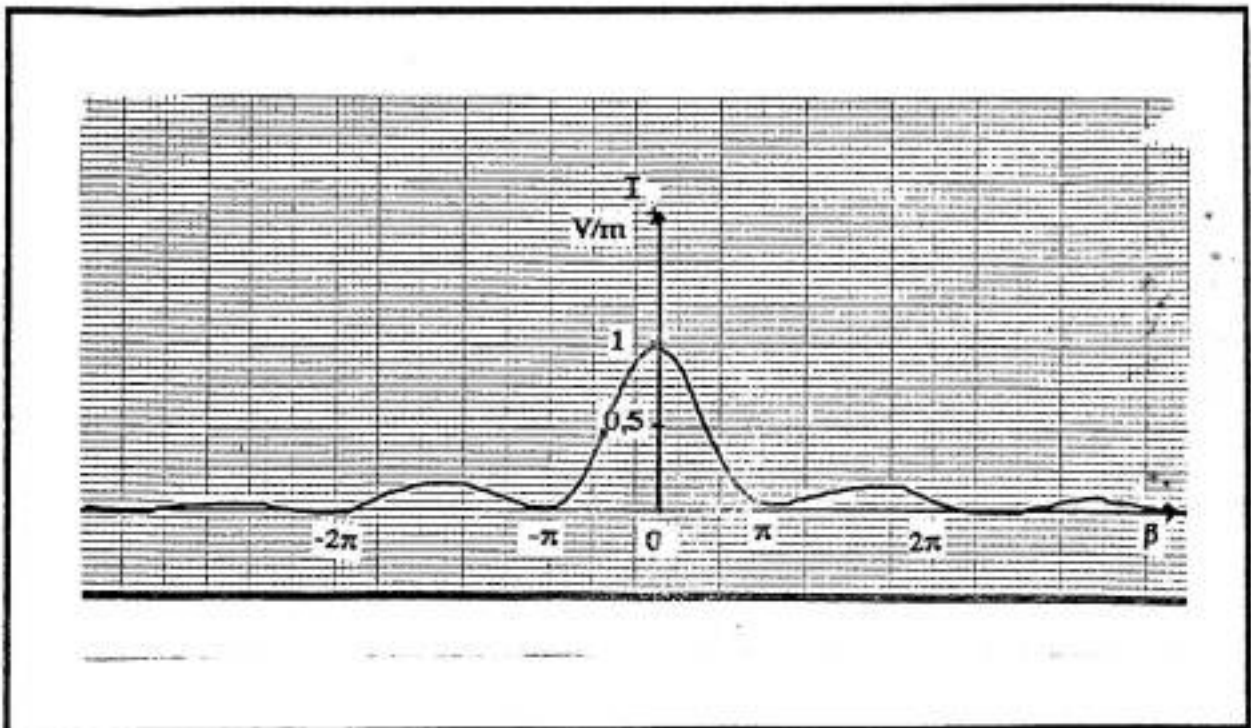
Gambar IV.2.c Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah banyak (kisi) pada jarak $L = 3320$ mm



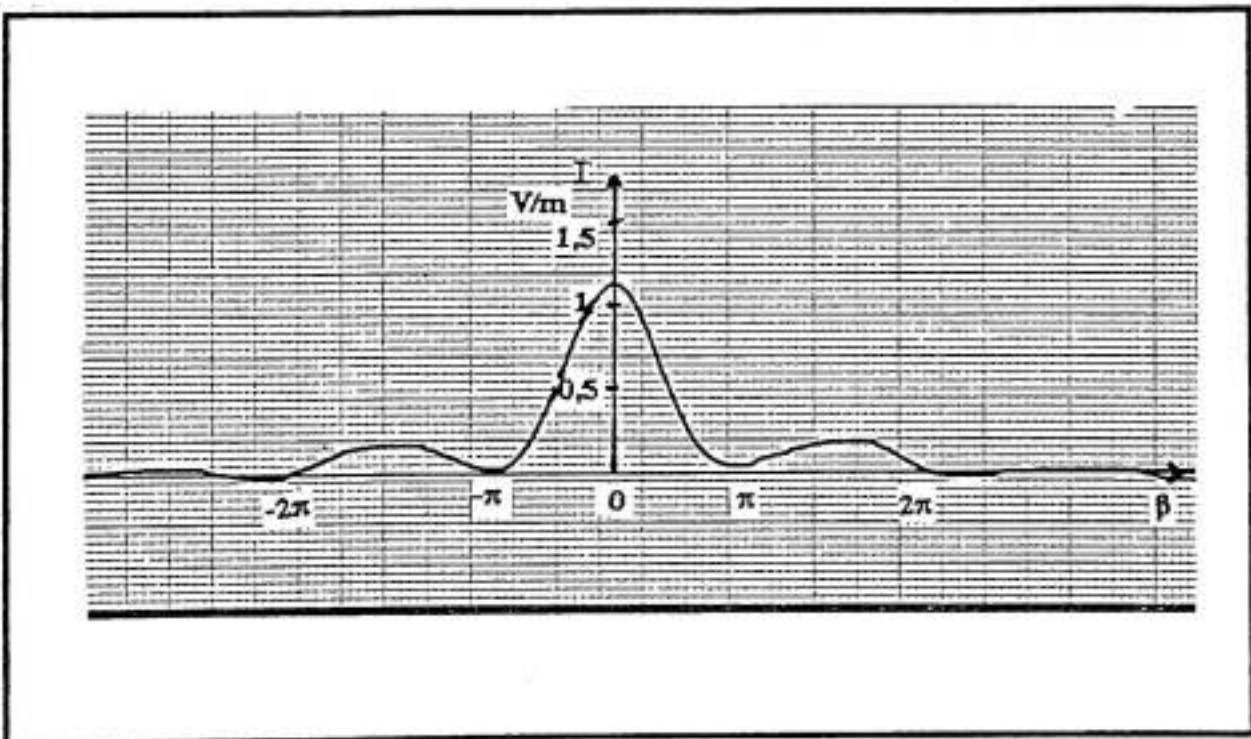
Gambar IV.2.d Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah banyak (kisi) pada jarak $L = 3480 \text{ nm}$



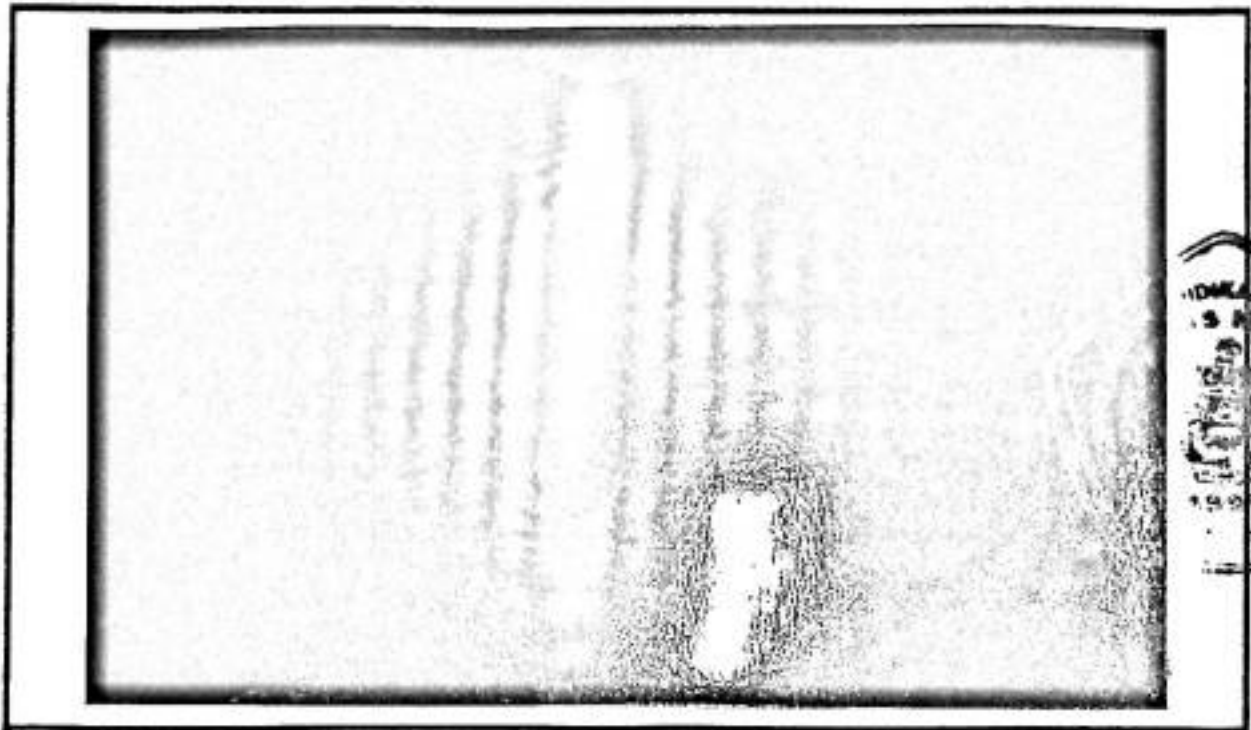
Gambar IV.2.e Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah banyak (kisi) pada jarak $L = 3640 \text{ nm}$



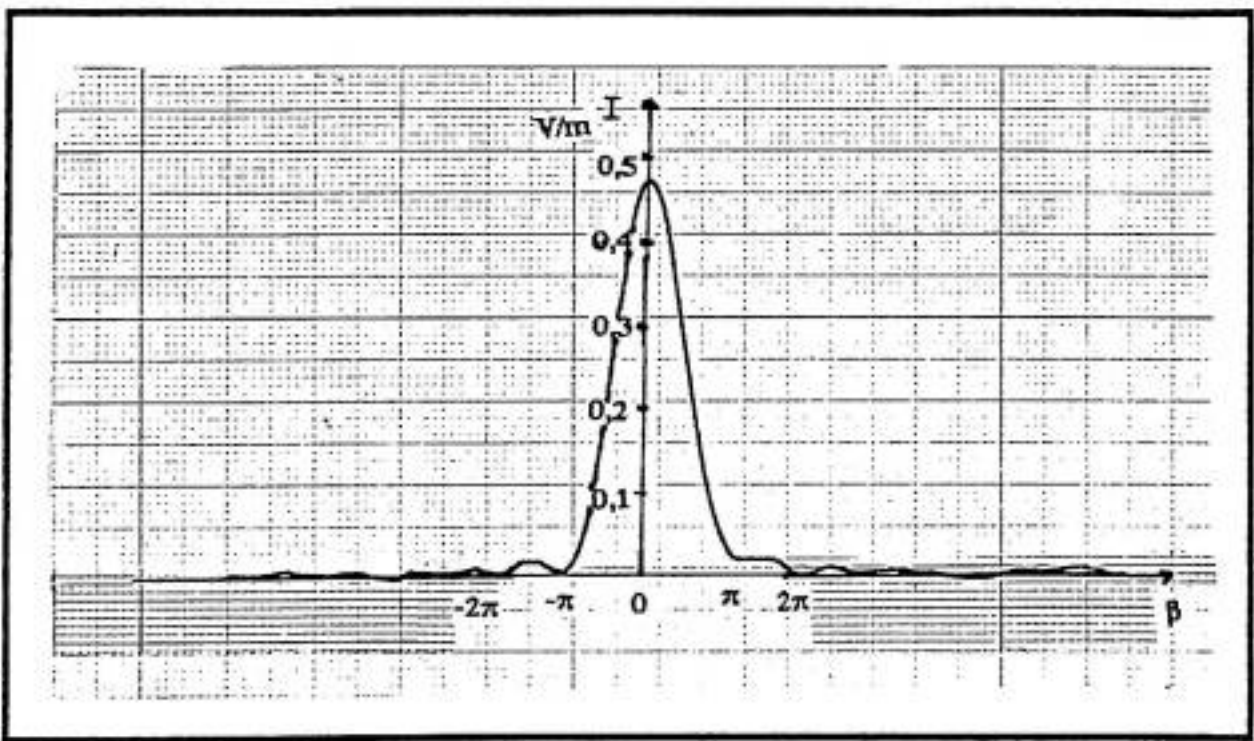
Gambar IV.2.f Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah banyak (kisi) pada jarak $L = 3800$ mm



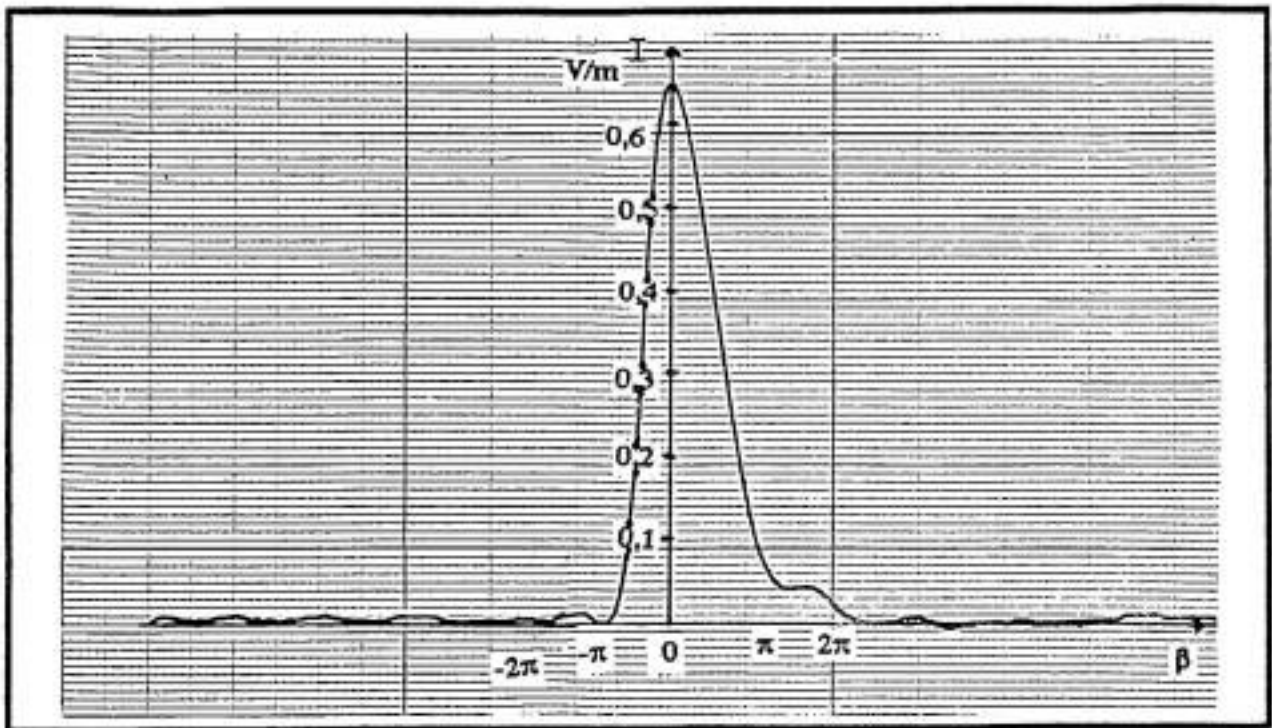
Gambar IV.2.g Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah banyak (kisi) pada jarak $L = 3960$ mm



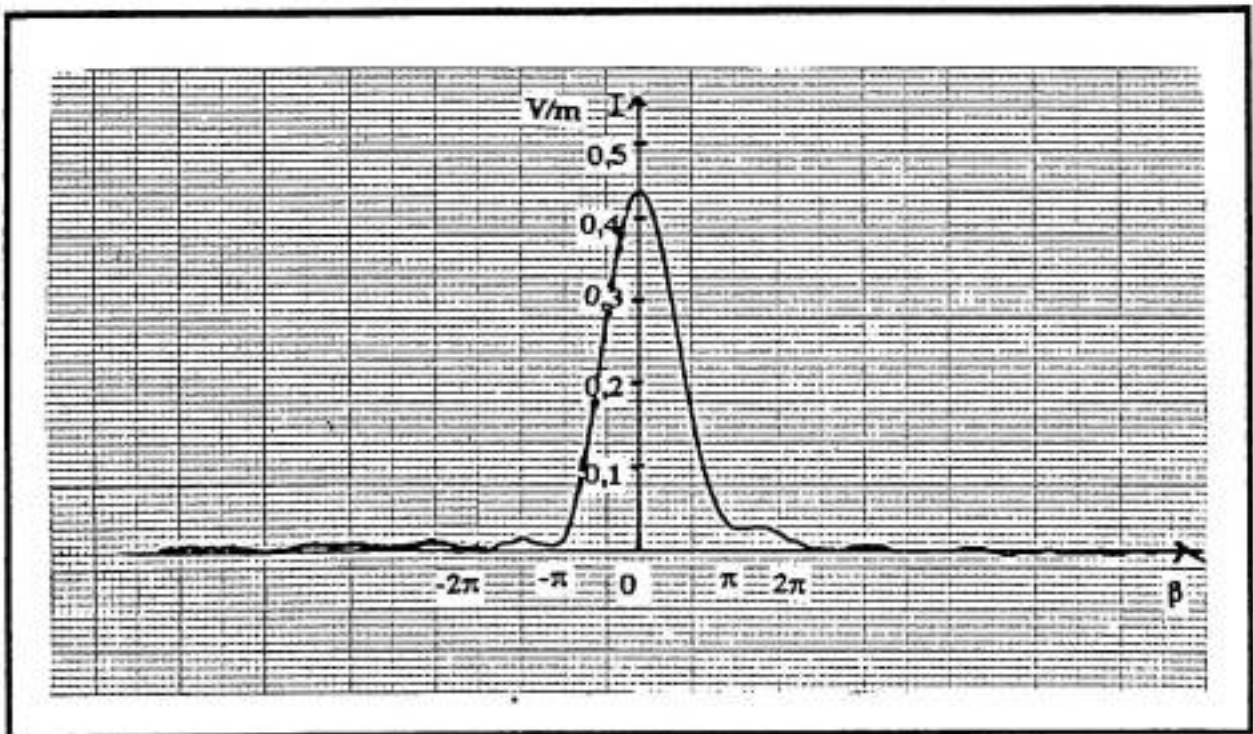
Gambar IV.3 Foto garis gelap-terang pola difraksi dengan menggunakan celah tunggal



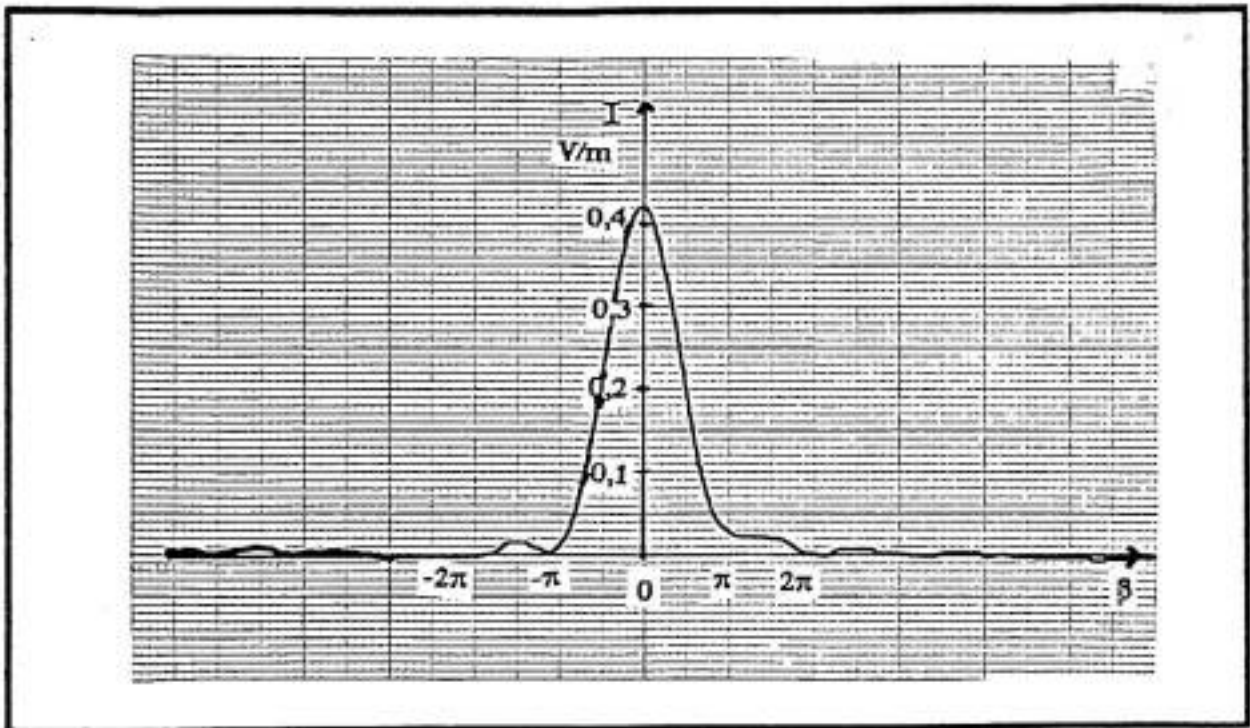
Gambar IV.4.a Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah tunggal pada jarak $L = 3000$ mm



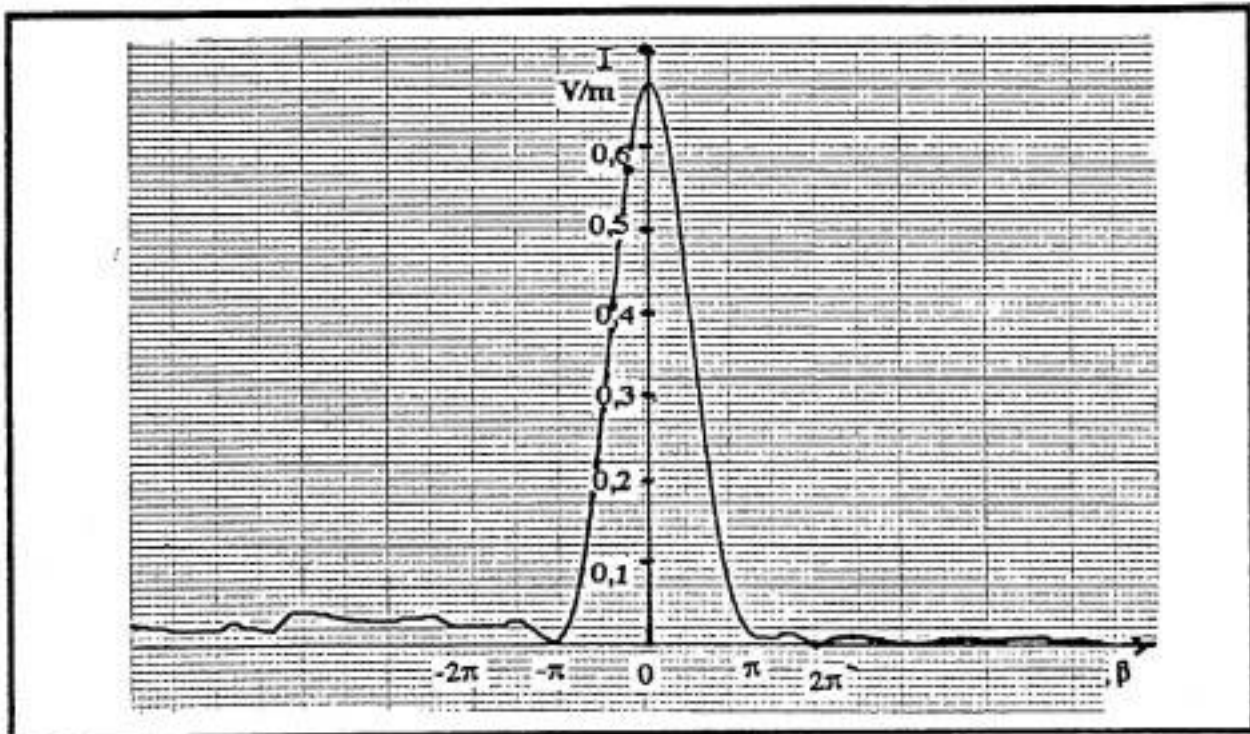
Gambar IV.4.b Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah tunggal pada jarak $L = 3160$ mm



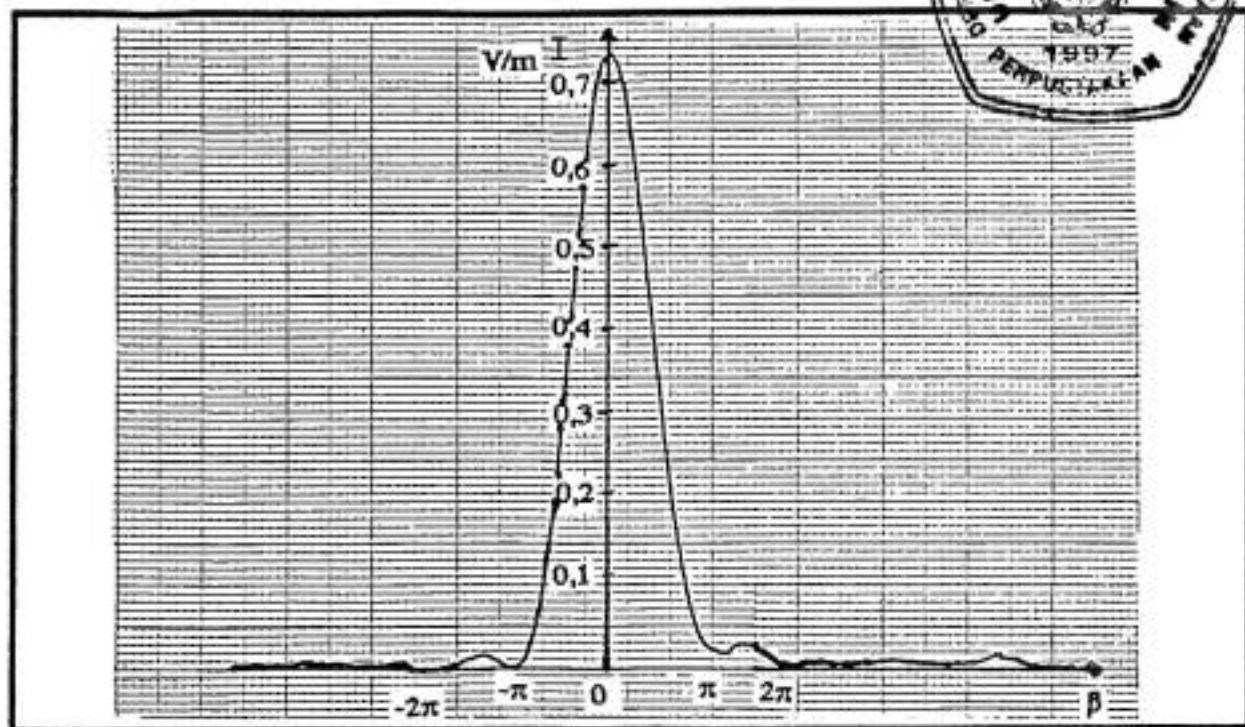
Gambar IV.4.c Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah tunggal pada jarak $L = 3320$ mm



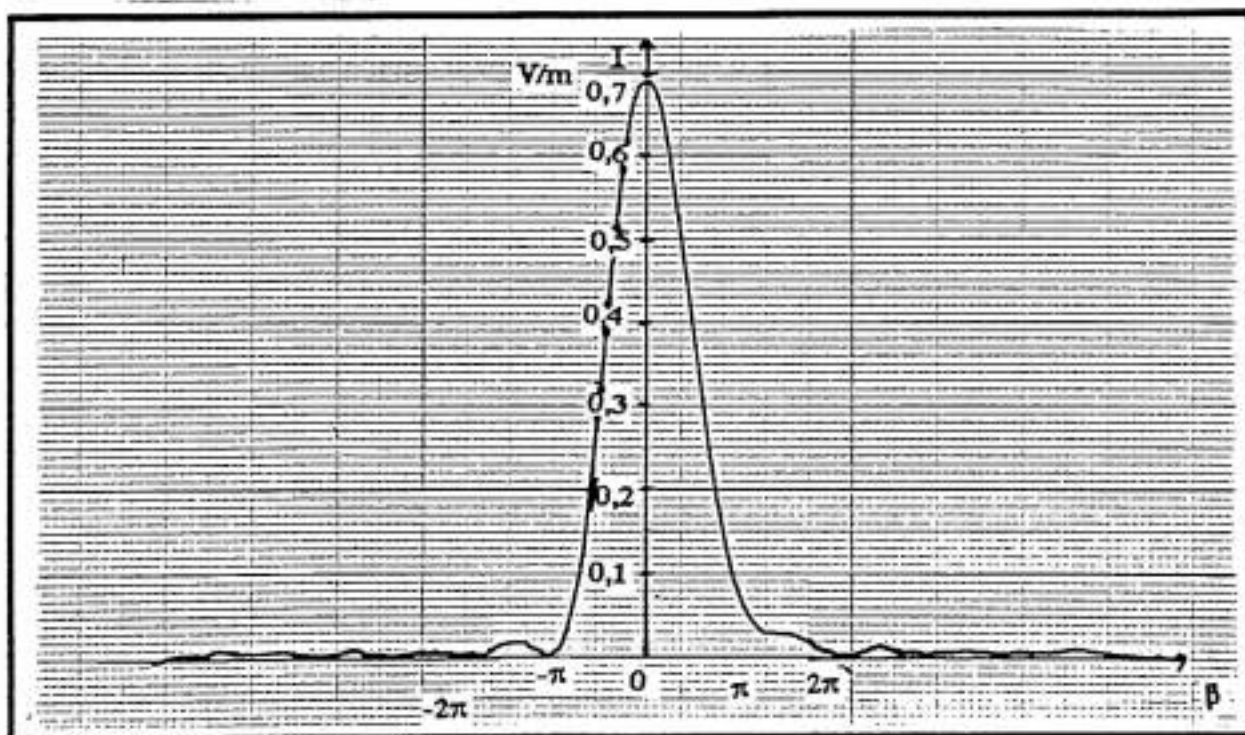
Gambar IV.4.d Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah tunggal pada jarak $L = 3480$ mm



Gambar IV.4.e Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah tunggal pada jarak $L = 3640$ mm



Gambar IV.4.f Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah tunggal pada jarak $L = 3800 \text{ nm}$



Gambar IV.4.g Spektrum intensitas pola difraksi dengan menggunakan celah tunggal pada jarak $L = 3960 \text{ nm}$

IV.2 Bahasan

Spektrum garis gelap-terang dari pola difraksi sinar laser Helium-Neon yang diperoleh melalui XY-recorder, dianalisis untuk menentukan panjang gelombang sinar laser Helium-Neon. Panjang gelombang sinar laser Helium-Neon dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (II.25) yang dituliskan seperti :

$$\lambda = \frac{Wd}{2L}$$

Hasil perhitungan panjang gelombang sinar laser Helium-Neon yang menggunakan celah banyak (kisi) dapat dilihat pada Tabel IV.1 berikut :

Tabel IV.1 Panjang gelombang sinar laser Helium-Neon hasil pengukuran dengan menggunakan celah banyak (kisi)

No	d (mm)	L (mm)	W (mm)	λ (nm)
1	0,2	3000	19	633,333
2	0,2	3160	20	632,911
3	0,2	3320	21	632,530
4	0,2	3480	22	632,184
5	0,2	3640	23	631,868
6	0,2	3800	24	631,579
7	0,2	3960	25	631,313

Sedangkan panjang gelombang sinar laser Helium-Neon yang menggunakan celah tunggal dapat dilihat pada tabel IV.2 berikut :

Tabel IV.2 Panjang gelombang sinar laser Helium-Neon hasil pengukuran dengan menggunakan celah tunggal

No	d (mm)	L (mm)	W (mm)	λ (nm)
1	0,2	3000	19	633,333
2	0,2	3160	20	632,911
3	0,2	3320	21	632,530
4	0,2	3480	22	632,184
5	0,2	3640	23	631,868
6	0,2	3800	24	631,579
7	0,2	3960	25	631,313

Pada Tabel IV.1 dan Tabel IV.2 diatas menunjukkan bahwa panjang gelombang sinar laser Helium-Neon tidak mengalami perubahan yang terlalu besar akibat perubahan perubahan jarak antara celah dengan layar pengamatan (L). Selain itu, untuk perubahan jarak antara celah dengan layar pengamatan menunjukkan bahwa lebar garis gelap-terang maksimum hanya mengalami perubahan sebesar 1 mm setiap perubahan 160 mm jarak antara celah dengan layar. Dengan demikian, panjang gelombang rata-rata sinar laser Helium-Neon yang diperoleh melalui penelitian sebesar 632,245 nm. Hasil ini mendekati panjang gelombang sebenarnya yaitu 632,8 nm .

Sedangkan perbedaan intensitas spektrum pola difraksi yang menggunakan celah banyak (kisi) yang diperoleh pada Gambar IV.2.a - IV.2.g dengan intensitas spektrum pola difraksi yang menggunakan celah tunggal pada Gambar IV.4.a - IV.4.g disebabkan oleh

adanya perbedaan penguatan sumbu Y(intensitas) XY-recorder pada saat pengambilan data. Penguatan intensitas pada difraksi dengan menggunakan celah banyak (kisi) sebesar 10 mV/cm dan pada celah tunggal menggunakan penguatan intensitas sebesar 1 mV/cm.

Untuk menentukan ketelitian pengukuran, maka digunakan metoda kuadrat terkecil untuk analisis regresi. Dengan memisalkan $X = L$ dan $Y = \lambda$ pada Tabel IV.1 dan Tabel IV.2 maka diperoleh nilai-nilai untuk menghitung koefisien regresi linier pada Tabel IV.3 dibawah ini.

Tabel IV.3 Nilai-nilai untuk perhitungan koefisien regresi

X(mm)	Y (10^{-6} mm)	XY (mm^2)	X ² (10^{-6} mm ²)
3000	633,333	1,8999990	9,00000
3160	632,911	1,9999988	9,98560
3320	632,530	2,0999996	11,0224
3480	632,184	2,2003488	12,1104
3640	631,868	2,2999995	13,2496
3800	631,579	2,4000002	14,4400
3960	631,313	2,4999995	15,6816

Dari Tabel IV.3 diperoleh nilai :

$$\Sigma X = 24360 \quad ; \quad \Sigma Y = 4425,718 \cdot 10^{-6} \quad ; \quad \Sigma XY = 15,4003454 \quad ; \quad \Sigma X^2 = 85,4896 \cdot 10^6$$

Dari persamaan regresi linier $\hat{Y} = a + bX$ maka nilai a dan b dapat diketahui dengan memasukkan nilai-nilai $\Sigma X = 24360$, $\Sigma Y = 4425,718.10^6$, $\Sigma XY = 15,4003454$ dan $\Sigma X^2 = 85,4896.10^6$ ke persamaan berikut :

$$a = \frac{(\Sigma Y)(\Sigma Y^2) - (\Sigma X)(\Sigma XY)}{n \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} \quad (\text{IV.1})$$

$$a = 6,3784.10^{-4}$$

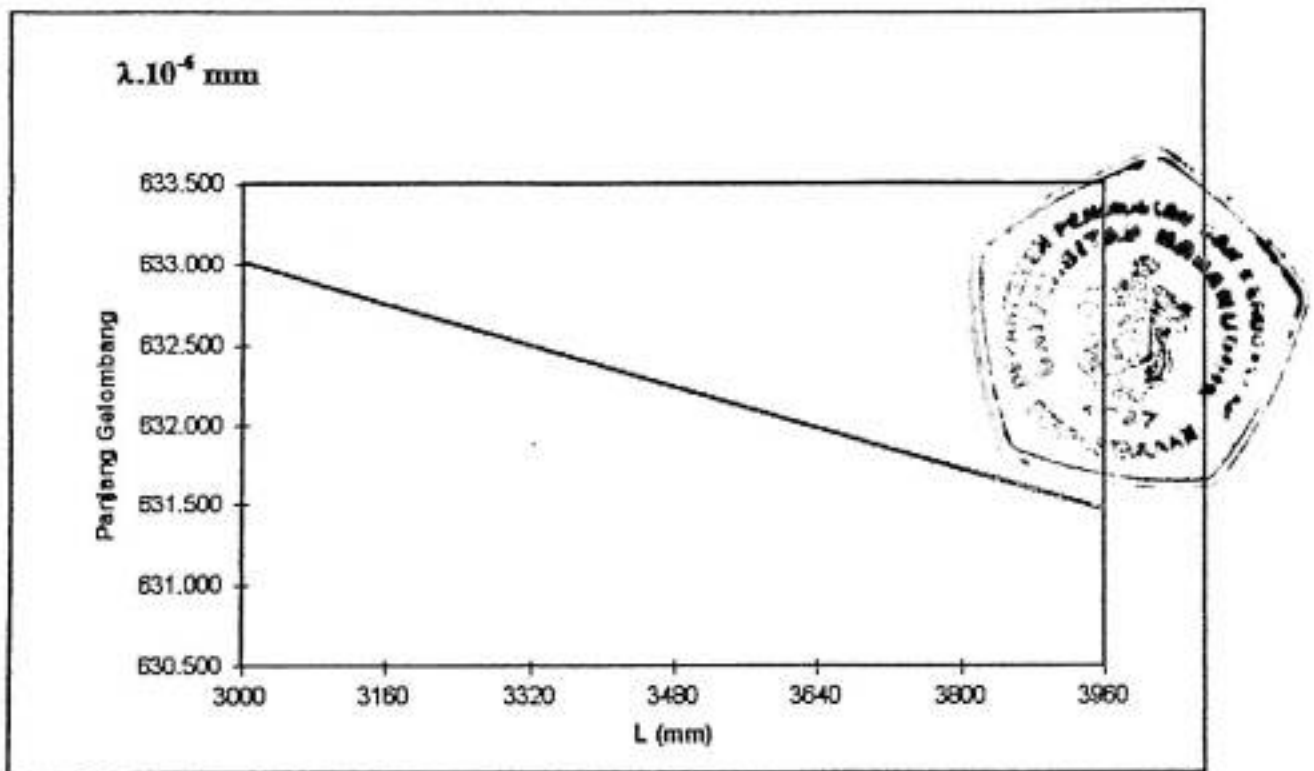
dan

$$b = \frac{n \Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{n \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} \quad (\text{IV.2})$$

$$b = -1,6089.10^{-9}$$

Jika nilai a dan b dimasukkan ke persamaan regresi $\hat{Y} = a + bX$ maka diperoleh nilai hasil regresi untuk setiap nilai X yang diplot ke dalam grafik seperti terlihat pada Grafik IV.1 .

Grafik IV.1 Hubungan antara panjang gelombang (λ) dengan jarak pengamatan (L)



Varians dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$S^2 = \frac{\sum(Y - \hat{Y})^2}{(n - 2)} \tag{IV.3}$$

Tabel IV.4 Nilai-nilai untuk perhitungan varians

Y(10 ⁻⁶ mm)	\hat{Y} (10 ⁻⁶ mm)	Y- \hat{Y} (10 ⁻⁶ mm)	(Y- \hat{Y}) ² (mm ²)
633,333	633.013	0,320	1,024.10 ⁻¹³
632,911	632.756	0,155	2,4025.10 ⁻¹⁴
632,530	632.498	0,032	1,024.10 ⁻¹⁵
632,184	632.241	-0,057	3,249.10 ⁻¹⁵
631,868	631.984	-0,116	1,3456.10 ⁻¹⁴
631,579	631.726	-0,147	2,1609.10 ⁻¹⁴
631,313	631.469	-0,156	2,4336.10 ⁻¹⁴

Dengan demikian, varians dihitung dengan memasukkan nilai $\Sigma(Y-\hat{Y})^2$ kedalam persamaan (IV.3) sehingga diperoleh :

$$S^2 = 3,80198.10^{-14}$$

Karena standar deviasi merupakan akar daripada varians maka diperoleh :

$$S = 1,9499.10^{-7}$$

sehingga ketelitian yang diperoleh pada penelitian ini adalah 0,031 %.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

V.1 Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada difraksi Fraunhofer, lebar pola gelap-terang yang terbentuk pada layar sebanding dengan pertambahan jarak pengamatan L (jarak antara celah dengan layar).
2. Pola difraksi yang diperoleh baik menggunakan celah banyak (kisi) maupun celah tunggal menunjukkan bentuk spektrum intensitas yang sama, hal ini disebabkan karena sumber cahaya yang digunakan mempunyai fasa yang tetap (koheren).
3. Hasil analisis spektrum intensitas pola difraksi Fraunhofer diperoleh panjang gelombang dari sinar laser Helium-Neon sebesar $\lambda = 632,245$ nm dengan ketelitian sebesar 0,031 %. Hasil ini mendekati panjang gelombang sebenarnya yakni $\lambda = 632,8$ nm.

V.2 Saran-Saran

Agar diperoleh hasil yang lebih teliti dibutuhkan data yang lebih banyak dengan menambahkan efek perubahan lebar celah terhadap perubahan garis terang maksimum pola difraksi serta menggunakan metode difraksi Fresnel untuk membandingkan dengan hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode difraksi Fraunhofer.



DAFTAR PUSTAKA

- Aby Saroyo, G., (1981), "*Gelombang dan Optika*", Universitas Indonesia, Jakarta, edisi III, hal. 261-274.
- Freeman, M.H., dan B.L., Hasler, (1990), "*Optics*", Butterworths, London, edisi X, hal. 432-448.
- Guenther, R.D., (1990), "*Modern Optics*", John Wiley & Sons, Inc, New York, hal. 361-388.
- Laud, B.B., (1988), "*Laser dan Optik Non Linear*", terjemahan Sutanto, Universitas Indonesia, Jakarta, hal. 1-3.
- Moller, K.D., (1988), "*Optics*", University Science Books, Mill Valley, California, hal. 141-143.
- Pedrotti, F.L., dan L.S. Pedrotti, (1993), "*Introduction To Optics*", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, edisi II, hal. 323-330.
- Tjia, M.O., (1994), "*Gelombang*", Dabara Publishers, Solo, Indonesia, hal. 195-211.