

**Analisa reflektansi oleh kaca film mobil
solar quard 60% dan spectrum 20%
sebagai fungsi sudut datang menggunakan seperangkat alat monokromator
270m**

**Triyono
M0201047**

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Metode spektroskopi dapat dikatakan sebagai suatu pemetaan (“*charting*”) secara eksperimental dari suatu struktur aras tenaga sistem fisis. Teknik-teknik pemetaan dilakukan dengan mengukur intensitas, tenaga, panjang gelombang atau frekuensi dari interaksi bahan dengan sumber radiasi elektromagnetis. Dengan demikian metode spektroskopi dapat digunakan untuk analisa kuantitatif dan kualitatif dari suatu materi. Berdasarkan interaksi cahaya dengan materi, spektroskopi dibedakan menjadi spektroskopi serapan, spektroskopi difraksi, spektroskopi emisi, spektroskopi pendaran (*fluoresensi*) dan spektroskopi hamburan (*scattered*). Kemajuan dalam bidang spektroskopi ditunjang oleh penerapannya yang sangat luas yang mencakup dalam berbagai disiplin ilmu pengetahuan seperti: biologi, farmasi, pertanian, kriminologi, geologi, perminyakan dan bahkan dapat digunakan untuk keperluan industri.

Seperangkat alat spektroskopi terdiri dari spektrofotometer dan monokromator. Spektrofotometer berfungsi untuk mengukur besarnya transmisi,

absorpsi suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Monokromator adalah suatu instrumen optis yang berfungsi secara spesifik untuk memilih dan memilah panjang gelombang dari suatu berkas cahaya yang diterimanya dengan cara mengarahkan panjang gelombang tertentu melalui celah keluarannya. Dari hasil spektroskopi ini diperoleh tingkat kemurnian spektral yang relatif tinggi (Day, 1980).

Ada beberapa tipe monokromator yang digunakan dalam penelitian, seperti model 180D, 500M, 750M, 1000M, H25 dari ISA Jobin Yvon, tergantung pada konfigurasi komponennya dan juga penggunaannya. Monokromator yang ada di Sub Laboratorium Fisika Laboratorium Pusat Universitas Sebelas Maret Surakarta yaitu tipe *270M Rapid Scanning Imaging Spectrograph/Monochromator* dari ISA Jobin-Yvon Spex. Semua bagian dapat dijalankan secara otomatis dan dapat dikontrol dengan menggunakan *handscan*.

Menurut spesifikasinya alat monokromator tersebut dapat diaplikasikan untuk berbagai penelitian, sesuai dengan kelengkapan peralatan yang berkaitan, misalnya sebagai detektor. Contoh penggunaan monokromator yaitu untuk iluminator monokromatik (pengukuran panjang gelombang sampel yang teriluminasi), *scanning* spektrum suatu sumber radiasi dan juga memonitor perubahan spektrum dari suatu proses (*logging*) dengan bantuan detektor. Dalam penelitian ini monokromator digunakan untuk memperoleh spektrum refleksi suatu sumber radiasi yang mengenai suatu bahan sehingga dapat ditentukan besar reflektansinya.

Kalibrasi terhadap seperangkat alat spektroskopi mutlak diperlukan. *Laser* (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) merupakan suatu alat untuk menghasilkan berkas cahaya monokromatis dengan panjang gelombang tertentu pada spektrum elektromagnetik (Pedrotti, 1983). Cahaya laser sangat bermanfaat karena sifatnya yang sangat monokromatis, koheren, intensitasnya tinggi serta arahnya dapat difokuskan secara tajam (berkaitan dengan kesejajaran sinar laser). Spektrum emisi dari sinar laser ini dapat diukur menggunakan spektrofotometer. Dengan menggunakan *photon counter*, monokromator dan sistem spektrografi menghasilkan tampilan berupa intensitas sebagai fungsi panjang gelombang dari sumber radiasi. Kalibrasi dilakukan untuk mengetahui apakah monokromator 270M dalam kondisi yang baik atau mengalami kerusakan.

Dengan menambah beberapa konfigurasi dari monokromator 270M serta menggunakan keunggulan laser yang koheren dan bersifat monokromatis akan dirancang spektroskopi yang dapat dimanfaatkan untuk menentukan besarnya nilai reflektansi dari suatu sampel kaca film mobil. Dari uraian diatas maka dalam skripsi ini akan dikaji tentang pengaruh variasi sudut datang dari sumber cahaya laser yang dikenakan pada sampel terhadap besar reflektansinya. Dengan menggunakan seperangkat alat monokromator tipe *270M Rapid Scanning Imaging Spectrograph/Monochromator* besarnya intensitas refleksi laser yang mengenai sampel untuk setiap nilai panjang gelombang dapat diketahui.

I.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan di atas, maka muncul permasalahan-permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil kalibrasi dari monokromator 270M ?
2. Bagaimana rancangan pengaturan monokromator 270M agar dapat digunakan untuk mengukur reflektansi R ?
3. Bagaimana hasil pengukuran reflektansi R dari bahan kaca film mobil ?

I.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian, permasalahan dibatasi hal-hal sebagai berikut:

1. Kalibrator yang digunakan untuk mengkalibrasi monokromator 270M yaitu lampu spektral Cd ($\lambda = 643,8$ nm) dan laser He-Ne ($\lambda = 632,8$ nm).
2. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah kaca film mobil dengan tipe *Spectrum* 20% dan tipe *Solar Quard* 60%.
3. Sumber cahaya yang digunakan untuk penelitian adalah laser He-Ne ($\lambda = 632,8$ nm).

I.4. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji dalam skripsi ini adalah bagaimana menggunakan seperangkat alat monokromator 270M secara optimum untuk mendapatkan reflektansi kaca film mobil untuk setiap variasi sudut datang dengan menggunakan spektrum emisi laser He-Ne.

I.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk memperoleh kondisi optimum dari seperangkat alat monokromator tipe *270M Rapid Scanning Imaging Spectrograph/Monochromator* dari ISA Jobin-Yvon Spex.
2. Untuk menentukan reflektansi kaca film mobil, meliputi pengaturan sampel kaca film mobil, pengaturan *photon counter* serta penggunaan *handscan*.

I.6. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Untuk menentukan besarnya reflektansi R dari suatu kaca film mobil.
2. Untuk memberikan rekomendasi yang tepat tentang *setting* peralatan monokromator 270M dari ISA Jobin-Yvon Spex meliputi pengaturan *photon counter* serta penggunaan *handscan*.

I.7. Sistematika Penulisan

Pada skripsi ini dibuat sistematika penulisannya disusun sebagai berikut :

BAB I	:	PENDAHULUAN
BAB II	:	TINJAUAN PUSTAKA
BAB III	:	METODOLOGI PENELITIAN
BAB IV	:	PEMBAHASAN
BAB V	:	KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab I dijelaskan tentang latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian serta sistematika penulisan skripsi. Bab II berisi tentang tinjauan pustaka yang berkaitan dengan

judul penelitian. Materi yang dibahas antara lain tentang spektrofotometer terutama penjelasan mengenai sistem monokromator, mulai dari bagian-bagiannya, tipe kisi, kemampuan kerja monokromator serta prinsip dasar monokromator 270M . Selain itu juga dibahas mengenai bentuk persamaan transfer matrik yang digunakan untuk menentukan reflektansi suatu lapisan.

Bab III berisi tentang metodologi yang meliputi tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan yang digunakan serta cara kerja dalam penelitian. Hasil penelitian dan pembahasannya dijelaskan dalam bab IV. Bab yang terakhir yaitu bab V berisi kesimpulan dari hasil analisa dan saran untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian dari skripsi ini. Halaman akhir berisi beberapa lampiran data hasil penelitian yang telah dilakukan.



BAB II

LANDASAN TEORI

II.1. Tinjauan Pustaka

II.1.1. Spektrofotometer

Spektrofotometer adalah alat yang terdiri dari spektroskopi dan fotometer. Spektroskopi menghasilkan sinar dengan λ tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi. Spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi radiasi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi gelombang (Khopkar, 1990)

Komponen-komponen penting dalam spektrofotometer (Day, 1980):

- a. Sumber radiasi yang kontinu, meliputi daerah spektrum di mana instrumen yang bersangkutan dirancang agar dapat beroperasi dengan optimum.
- b. Monokromator digunakan untuk memperoleh sumber sinar monokromatis.
- c. Detektor, alat ini mampu memberikan respon terhadap cahaya pada berbagai panjang gelombang. Dalam spektrofotometer diperlukan detektor dengan ketelitian tinggi pada daerah spektral yang diamati, respon linear terhadap daya radiasi, waktu respon cepat dan kestabilan tinggi. Detektor yang digunakan adalah PMT (*Photo Multiplier Tube*) yang lebih peka dari tabung cahaya biasa (*Photo Tube*) karena penguatan yang sangat besar dalam tabung. PMT mempunyai serangkaian elektrode, masing-masing pada suatu potensial yang secara progresif lebih positif dari katoda yang disebut dinoda. Keluaran

dari PMT lebih lanjut diperkuat dengan sebuah penguat elektronik luar. Kepekaan yang besar dari detektor ini memungkinkan penggunaan lebar celah yang lebih sempit dalam monokromator dan diperoleh spektrum yang lebih halus.

- d. Penguat dan rangkain listrik yang membuat pulsa listrik cocok untuk diamati.
- e. Sistem pembacaan yang dapat menunjukkan besarnya pulsa listrik (*recorder*)

II.1.2 Monokromator

a. Bagian-bagian Monokromator

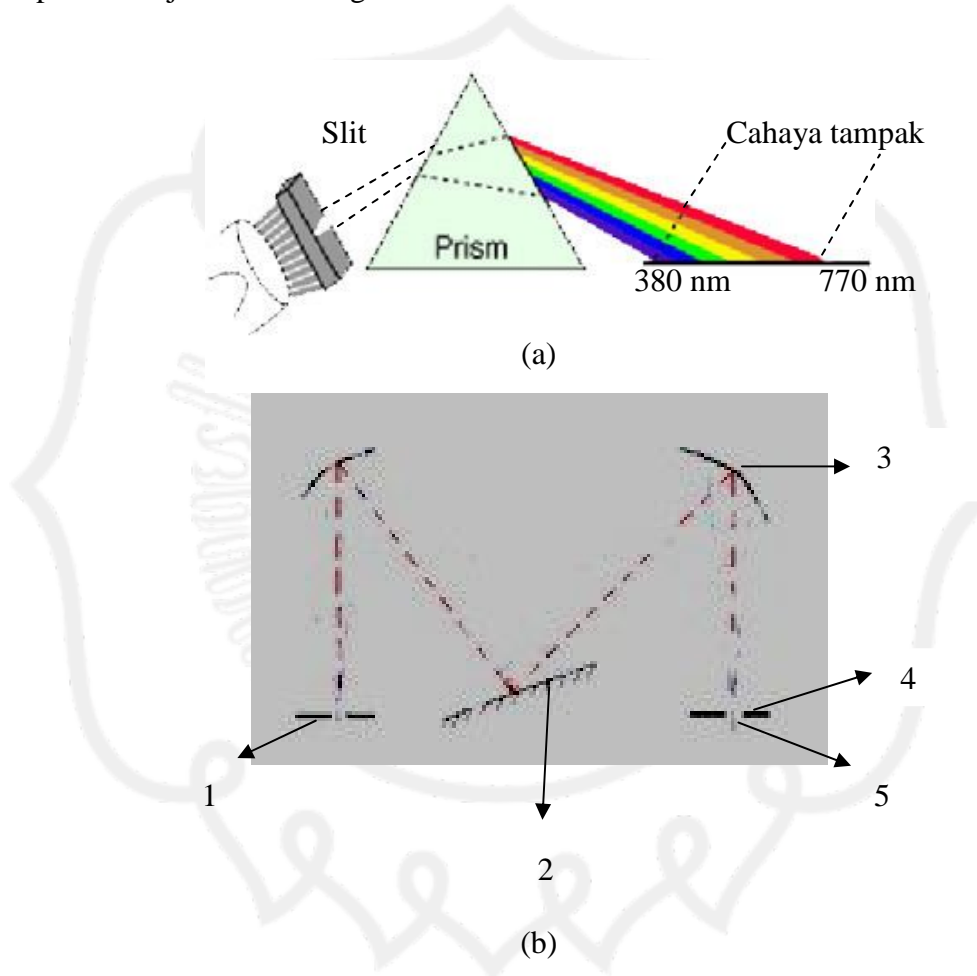
Monokromator berfungsi untuk memilah radiasi polikromatis input yang dipancarkan oleh sumber radiasi menjadi radiasi monokromatis sebagai hasil outputnya. Untuk beberapa metode spektroskopi, diperlukan proses *scanning* spektrum yaitu memilih panjang gelombang secara kontinu di sekitar range sebenarnya. Monokromator didesain untuk spektral *scanning*. Monokromator untuk radiasi ultraviolet, cahaya tampak dan inframerah mempunyai konstruksi dan desain mekanik yang hampir sama, yang berbeda hanya jumlah kisi (*grating*) yang digunakan.

Monokromator ini umumnya terdiri dari:

- 1) Celah masuk (*entrance slit*) berfungsi untuk masuknya cahaya yang berasal dari sumber radiasi.
- 2) Prisma dan kisi (*grating*) berfungsi mendispersikan/menguraikan radiasi polikromatis menjadi monokromatis.
- 3) Celah keluar (*exit slit*) berfungsi untuk keluarnya cahaya dari monokromator dan memisahkan pita spektral yang diinginkan.

- 4) Cermin pengkolimasi untuk menghasilkan berkas radiasi paralel.
- 5) Cermin pemfokus yang membentuk kembali bayangan dari celah masuk dan memfokuskan pada permukaan planar yang dinamakan bidang fokus.

Ada dua elemen pendispersi dalam monokromator yaitu kisi dan prisma, seperti ditunjukkan dalam gambar di bawah ini :



Gambar 2.1 Dua tipe monokromator berdasarkan elemen pendispersi

(a) prisma bunsen (b) kisi Czerny-Turner

Keterangan gambar 2.1b :

1. Celah masuk (*entrance slit*)
2. Kisi

3. Cermin cekung
4. Bidang fokus
5. Celah keluar (*exit slit*)

Sebagai penjelasan dari gambar 2.1, radiasi ini masuk monokromator melalui celah masuk, dikolimasi dan kemudian mengenai permukaan elemen pendispersi. Untuk monokromator yang menggunakan kisi, dispersi dihasilkan dari difraksi yang terjadi pada permukaan yang memantulkan cahaya. Untuk monokromator yang menggunakan prisma, dispersi dihasilkan dari pembiasan yang terjadi pada dua permukaan prisma. Dalam kedua desain, radiasi yang terdispersi difokuskan pada bidang fokus yang terletak pada celah keluar. Dengan memutar elemen pendispersi maka muncul bayangan yang dapat difokuskan pada celah keluar.

Monokromator dengan kisi dapat memberikan pemisahan panjang gelombang yang lebih baik. Radiasi terdispersi secara linear (posisi pita sepanjang bidang fokus berubah secara linear sesuai dengan panjang gelombangnya) sepanjang bidang fokus. Untuk saat ini, biasa digunakan kisi dengan 1200-1400 galur/mm. Sebaliknya monokromator dengan prisma, panjang gelombang yang lebih pendek terdispersi sampai derajat yang lebih besar daripada panjang gelombang yang lebih besar (Day, 1980).

b. Konfigurasi Czerny-Turner

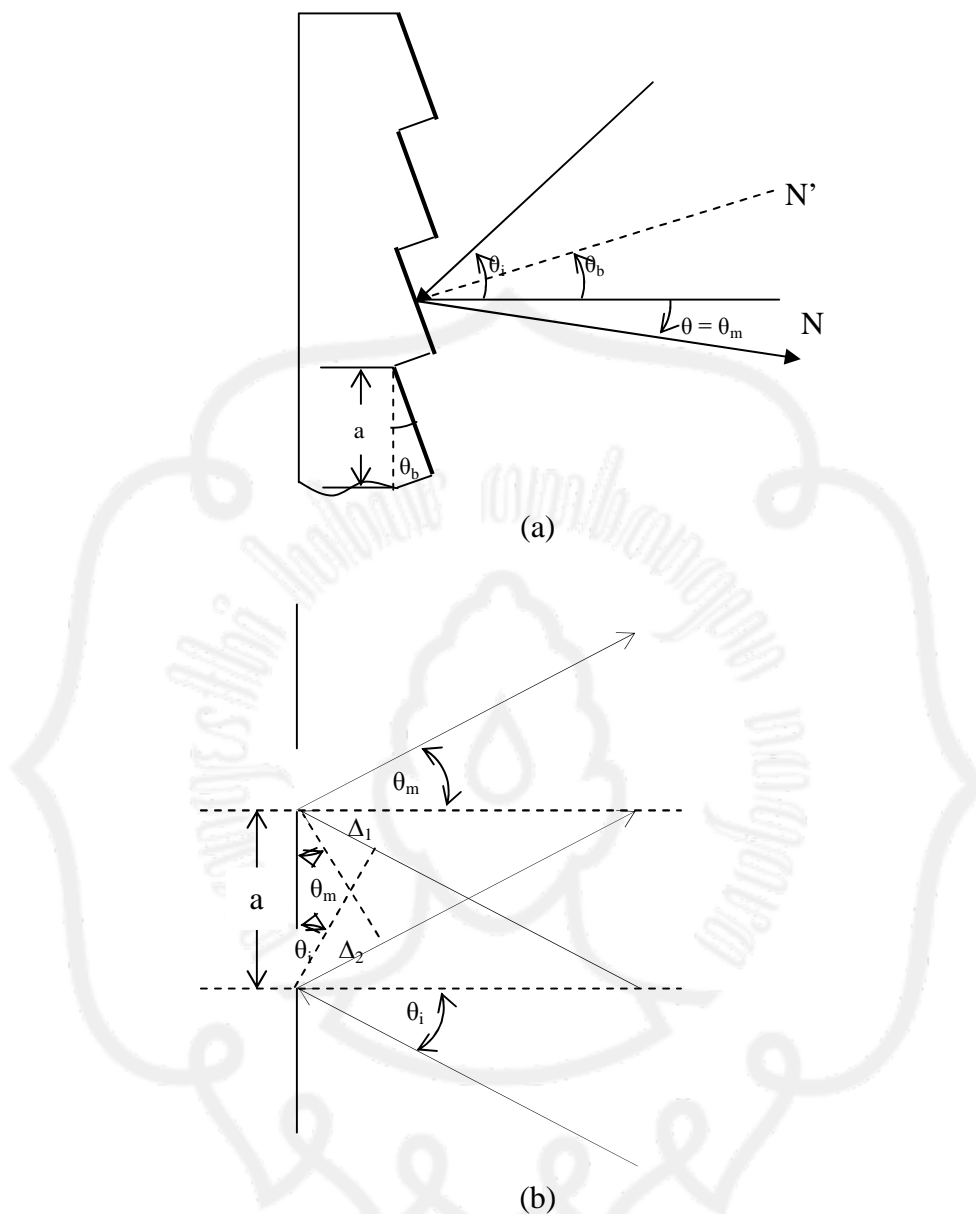
Gambar 2.1b menunjukkan suatu sistem spektrometer grating Czerny-Turner. Cahaya dari celah masuk (*entrance slit*) diarahkan dan dipantulkan oleh cermin cekung pertama, dimana kemudian cahaya terkolimasi mengenai kisi

(*grating*). Selanjutnya cahaya terdifraksi mengenai cermin cekung kedua, kemudian spektrum cahaya difokuskan melewati celah keluar (*exit slit*).

c. Kisi Echelle

Sebuah kisi refleksi dibuat dengan goresan garis paralel pada permukaan logam yang digilapkan, seperti aluminium. Untuk daerah inframerah ada sekitar (1500-2500) garis/inci, untuk daerah ultraungu dan tampak ada sekitar (1500-30.000) garis/inci. Apabila cahaya dipantulkan dari permukaan ini, maka cahaya yang mengenai goresan akan dihamburkan, sedangkan cahaya yang mengenai permukaan yang tidak tergores akan memantul secara beraturan menjadi sumber cahaya baru/sekunder. Keadaan saling menindih gelombang-gelombang dari sumber-sumber ini menyebabkan suatu pola interferensi. Jadi cahaya akan dipantulkan menjadi panjang gelombang komponen-komponennya/monokromatis (Day, 1980).

Galur (*grooved/blazed*) mempunyai permukaan tak tergores yang relatif lebar dibandingkan permukaan tergores, sehingga pemantulan lebih dominan daripada hamburannya. Geometri ini memberikan efisiensi difraksi radiasi yang tinggi. Masing-masing permukaan tak tergores dianggap sebagai sumber titik dari radiasi, sehingga interferensi diantara berkas yang dipantulkan dapat terjadi. Untuk dapat terjadi interferensi konstruktif, maka selisih/beda panjang lintasan kedua berkas harus sebesar kelipatan bilangan bulat dari panjang gelombang berkas sinar datang.



Gambar 2.2 Mekanisme berkas yang terdifraksi (Pedrotti, 1993)

(a) *grating* (b) kisi

Dari gambar 2.2a di atas, berkas cahaya yang mengenai kisi dengan sudut datang θ_i kemudian terdifraksi dengan sudut θ . Garis normal N' pada permukaan kisi membentuk sudut θ_b relatif terhadap garis normal N . Sudut θ_b merupakan sudut kisi (*blaze angle*). Berkas yang terdifraksi pada permukaan kisi ini akan

saling memperkuat dimana $\theta = \theta_m$. Dengan membuat sudut datang sama dengan sudut pantulan relatif terhadap N' : $\theta_i - \theta_b = \theta_m + \theta_b$, atau ;

$$\theta_b = \frac{\theta_i - \theta_m}{2} \dots\dots\dots(2.1)$$

interferensi maksimum terpenuhi jika selisih lintasan yang ditempuh oleh berkas cahaya sama dengan kelipatan bilangan bulat dari panjang gelombangnya, yaitu;

$$m\lambda = a(\sin \theta_i + \sin \theta_m) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dari gambar 2.2b terlihat bahwa berkas yang mengenai suatu kisi refleksi dengan sudut datang θ_i dan berkas yang terdifraksi θ_m mempunyai selisih lintasan sebesar $\Delta = \Delta_1 - \Delta_2$. Dengan menggunakan persamaan trigonometri besarnya Δ adalah :

$$\Delta = \Delta_1 - \Delta_2 = a\sin\theta_i - a\sin\theta_m \dots\dots\dots(2.3)$$

Di mana berkas sinar diasumsikan mempunyai sudut sebesar θ_m setelah terdifraksi. Pola interferensi maksimum akan terpenuhi ketika $\Delta = m\lambda$, sehingga persamaan dapat dituliskan kembali menjadi :

$$m\lambda = a(\sin\theta_i - \sin\theta_m) \dots\dots\dots(2.4)$$

d. Dispersi Kisi Monokromator

Kemampuan monokromator untuk memisahkan panjang gelombang yang berbeda tergantung pada dispersinya. Dispersi sudut dilambangkan $\frac{d\theta_m}{d\lambda}$ dengan $d\theta_m$ adalah perubahan sudut pantulan dengan perubahan panjang gelombang $d\lambda$. Dispersi sudut kisi dapat diperoleh dengan menurunkan persamaan (2.2) untuk θ_i konstan sebagai berikut :

$$D = \frac{d\theta_m}{d\lambda} = \frac{m}{a\cos\theta_m} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dispersi linear D menunjukkan perubahan panjang gelombang sebagai fungsi y yaitu jarak garis AB dari bidang fokus, seperti dalam Gb. 2.1. Jika F adalah panjang fokus monokromator, dispersi linear dapat dihubungkan dengan dispersi sudut oleh hubungan:

$$D = \frac{dy}{d\lambda} = \frac{d\theta_m}{d\lambda} F \dots\dots\dots(2.6)$$

Dispersi linear resiprok:

$$D^{-1} = \frac{d\lambda}{dy} = \frac{1}{F} \frac{a \cos \theta_m}{m} \dots\dots\dots(2.7)$$

untuk sudut difraksi kecil ($<20^\circ$), $\cos \theta_m \approx 1$, sehingga untuk sudut θ_m kecil, dispersi linear kisi monokromator adalah konstan.

e. Daya Pisah (*Resolving Power*) Monokromator

Daya pisah monokromator berfungsi untuk membedakan gelombang cahaya yang panjang gelombangnya sangat dekat satu sama lain. Monokromator harus mempunyai daya pisah \mathcal{R} yang tinggi, yang didefinisikan dari :

$$\mathcal{R} = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan λ adalah panjang gelombang rata-rata dari dua garis spektrum yang hampir tidak dikenal sebagai terpisah (yang berdekatan) dan $\Delta\lambda$ adalah perbedaan panjang gelombang di antara kedua garis spektrum tersebut. Semakin kecil $\Delta\lambda$, maka semakin dekatlah garis-garis yang masih dapat dipisahkan; maka daya pisah \mathcal{R} dari kisi monokromator akan semakin besar. Untuk mencapai daya pisah yang tinggi maka harus dibuat jumlah kisi lebih banyak (Halliday dan Resnick, 1993).

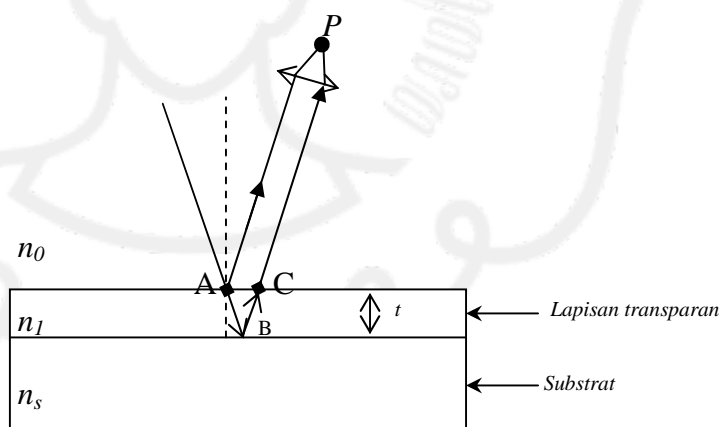
Daya pisah \mathcal{R} untuk sebuah kisi grating dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\mathcal{R} = mN \dots\dots\dots(2.9)$$

dengan m adalah orde difraksi dan N adalah jumlah galur kisi. Daya pisah semakin tinggi jika jumlah galur kisi semakin banyak. Perlu diingat juga bahwa jumlah galur kisi juga dipengaruhi oleh lebar kisi, jadi tinggi rendahnya daya pisah monokromator dipengaruhi oleh lebar kisi (Pedrotti, 1993).

II.1.3 Interferensi Pada Lapisan Dielektrik

Dalam kehidupan sehari-hari pola warna yang ditimbulkan oleh permukaan air berminyak, lapisan sabun dan pola bulu merak, mutiara serta sayap kupu-kupu merupakan peristiwa interferensi cahaya. Pola-pola interferensi ini dapat memiliki makna fisis tentang pola spektrum yang ditimbulkan, meliputi bentuk dan lebar spektrumnya, maupun besarnya reflektansi dari lapisan itu sendiri. Peristiwa ini yang menyebabkan gelembung sabun dan permukaan minyak tampak berwarna-warni.



Gambar 2.3 Interferensi dua berkas sinar pada lapisan film

(Pedrotti, 1993).

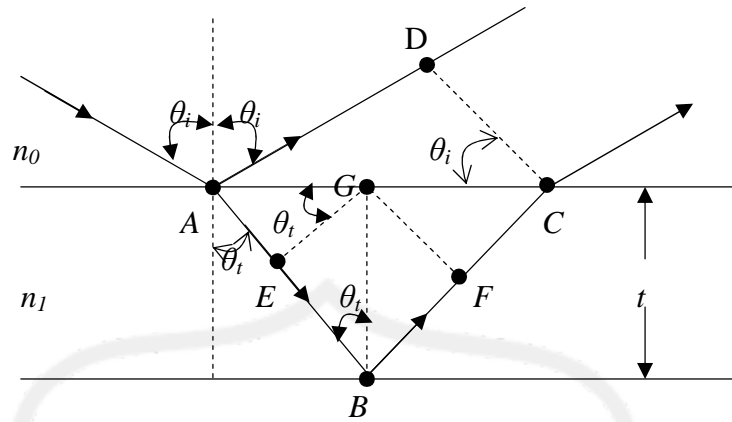
Dari gambar 2.3, suatu lapisan transparan menempel pada substrat kaca, di mana berkas cahaya yang mengenai permukaan lapisan A sebagian dibelokkan/dibiaskan (refraksi) dan sebagian dipantulkan (refleksi). Berkas yang

dibelokkan akan dipantulkan lagi pada permukaan lapisan-substrat dititik B dan meninggalkan lapisan melewati titik C, pada arah yang sama berkas yang mengenai permukaan lapisan di titik A akan langsung dipantulkan. Kemungkinan juga sebagian berkas yang mengenai titik C akan dipantulkan secara internal pada lapisan transparan dan secara terus-menerus sampai intensitas dari berkas yang datang berkurang dan akhirnya hilang. Dua berkas pantulan sejajar yang mengenai permukaan lapisan transparan di titik A dan C dapat disatukan dengan menggunakan lensa pemfokus atau lensa cekung. Dua berkas ini akan menjadi satu pada titik P. Perbedaan lintasan ketika dua berkas melewati titik A akan menghasilkan pola gelap terang karena interferensi yang terjadi dititik P. Beda lintasan Δ , pada kondisi normal, adalah panjang lintasan ABC yang dilewati berkas cahaya dengan selam sekian waktu pada suatu lapisan dengan indek bias n , yaitu sebesar :

$$\Delta = n(AB + BC) = n(2t) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dari gambar 2.5, menggambarkan bagaimana suatu berkas sinar datang mengenai suatu lapisan dengan sudut θ_i . Beda fase antara titik C dan D dari berkas sinar yang dipantulkan berkaitan dengan beda lintasan antara lintasan ABC dan AD. Setelah titik C dan D dilewati, kedua berkas sinar akan selalu sejajar karena berada pada medium yang sama, oleh karena itu tidak terjadi sama sekali beda lintasan. Untuk menentukan besarnya beda lintasan Δ , titik G dianggap berada pada tengah-tengah titik A dan titik C setinggi BG pada segitiga ABC. Titik E dan F ditentukan dengan menarik garis tegak lurus terhadap lintasan AB dan lintasan BC dengan titik G, sehingga beda lintasan dari berkas sinar adalah :

$$\Delta = n_1(AB + BC) - n_0(AD) \dots\dots\dots(2.11)$$



Gambar 2.4 Interferensi pada lapisan tunggal dengan sudut datang θ_i
(Pedrotti, 1993).

Jika panjang $AB = AE + EB$ dan $BC = BF + FC$, maka dapat dituliskan:

$$\Delta = [n_1(AE + FC) - n_0(AD)] + n_1(EB + BF) \dots\dots\dots(2.12)$$

Dari hukum Snell,

$$n_0 \sin\theta_i = n_1 \sin\theta_t \dots\dots\dots(2.13)$$

dengan panjang $AE = AG \sin\theta_t = \left(\frac{AC}{2} \right) \sin\theta_t$, dan $AD = AC \sin\theta_i$, maka diperoleh:

$$2AE = AC \sin\theta_t = AD \left(\frac{\sin\theta_t}{\sin\theta_i} \right) = AD \left(\frac{n_0}{n_1} \right) \dots\dots\dots(2.14)$$

$$n_0 AD = 2n_1 AE = n_1(AE + FC) \dots\dots\dots(2.15)$$

sehingga persamaan (2.11) dapat dituliskan :

$$\Delta = n_1(EB + BF) = 2n_1 EB \dots\dots\dots(2.16)$$

jika t adalah ketebalan lapisan maka $t = \frac{EB}{\cos\theta_t}$, dengan θ_t adalah besarnya sudut

bias, sehingga :

$$\Delta = 2n_1 t \cos\theta_t \dots\dots\dots(2.17)$$

Dari Persamaan (2.15) menunjukkan bahwa besarnya sudut bias θ_t mempengaruhi besarnya beda lintasan Δ , terkecuali untuk kondisi normal dimana, $\theta_i = \theta_t = 0^\circ$.

II.1.4. Transfer Matrik

Secara matematis hubungan antara reflektansi dan sudut datang dapat diturunkan dengan menggunakan metode transfer matrik. Dari beberapa persamaan-persamaan teori gelombang elektromagnetis, besarnya vektor pointing digambarkan sebagai besarnya energi yang dimiliki suatu sistem yang menyebar secara radial ke segala arah adalah:

$$S = \varepsilon_0 c^2 E \times B \dots\dots\dots(2.18)$$

Di mana E adalah medan listrik (volt/meter) dan B adalah medan magnet (tesla), besarnya medan listrik E pada sistem ini adalah :

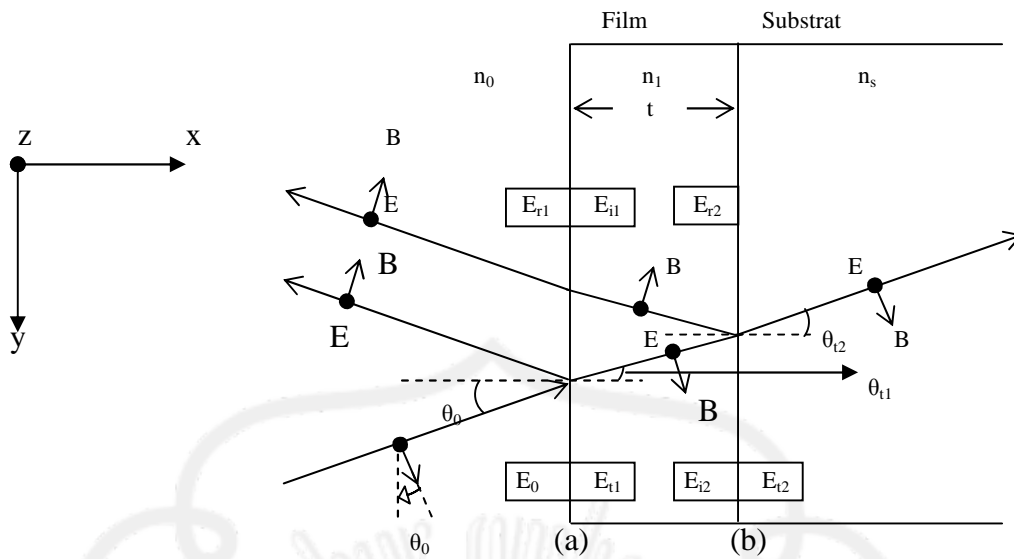
$$E = vB \dots\dots\dots(2.19)$$

Di mana v adalah kecepatan gelombang elektromagnetik yang nilainya bergantung pada indek bias medium sebesar:

$$n = \frac{c}{v} \dots\dots\dots(2.20)$$

dan kecepatan gelombang pada ruang hampa $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$, dengan ε_0 dan μ_0 adalah permitivitas dan permeabilitas pada ruang hampa yang besarnya masing-masing $\varepsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$ dan $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m}/\text{A}$. Dari persamaan (2.19) dapat kita tuliskan menjadi;

$$B = \frac{E}{v} = \left(\frac{n}{c}\right) E = n \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} E \dots\dots\dots(2.21)$$



Gambar 2.5 Mekanisme berkas pantulan pada lapisan tunggal

(Pedrotti, 1993)

Dari gambar 2.5 diatas terlihat bahwa berkas sinar yang melewati medium yang berbeda sebagian akan dipantulkan dan sebagian akan dibiaskan dan sekaligus ada yang ditransmisikan, diasumsikan bahwa lapisan itu homogen dan isotropik. Persamaan keadaan yang berlaku pada sistem ini sesuai dengan persamaan gelombang elektromagnetis dengan syarat batas untuk medan listrik E dan medan magnet B : bahwa arah medan E dan medan B pada setiap titik yang dilewati oleh berkas cahaya selalu tegak lurus. Persamaan gelombang untuk medan E dan medan B pada permukaan (a) dan permukaan (b) adalah sebagai berikut:

$$E_a = E_0 + E_{r1} = E_{t1} + E_{i1} \dots\dots\dots(2.22)$$

$$E_b = E_{i2} + E_{r2} = E_{t2} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$B_a = B_0 \cos \theta_0 - B_{r1} \cos \theta_0 = B_{t1} \cos \theta_{t1} - B_{i1} \cos \theta_{t1} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$B_b = B_{i2} \cos \theta_{t1} - B_{r2} \cos \theta_{t1} = B_{t2} \cos \theta_{t2} \dots\dots\dots(2.25)$$

Dengan mensubstitusi persamaan (2.21), (2.24) dan (2.25), maka diperoleh:

$$B_a = \gamma_0(E_0 - E_{r1}) = \gamma_1(E_{t1} - E_{i1}) \dots\dots\dots(2.26)$$

$$B_b = \gamma_1(E_{i2} - E_{r2}) = B_a = \gamma_s E_{t2} \dots\dots\dots(2.27)$$

di mana:

$$\gamma_0 \equiv n_0 \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} \cos \theta_0 \dots\dots\dots(2.28)$$

$$\gamma_1 \equiv n_1 \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} \cos \theta_{t1} \dots\dots\dots(2.29)$$

$$\gamma_2 \equiv n_s \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} \cos \theta_{t2} \dots\dots\dots(2.30)$$

beda fase δ dapat ditentukan menggunakan persamaan (2.17) yaitu:

$$\delta = k_0 \Delta = \left(\frac{2\pi}{\lambda_0} \right) n_1 t \cos \theta_{t1} \dots\dots\dots(2.31)$$

jika,

$$E_{i2} = E_{t1} e^{-i\delta} \dots\dots\dots(2.32)$$

$$E_{i1} = E_{r2} e^{-i\delta} \dots\dots\dots(2.33)$$

Dengan menggunakan persamaan (2.32) dan persamaan (2.33) serta eliminasi persamaan (2.23) dan persamaan (2.27) maka didapatkan :

$$E_b = E_{t1} e^{-i\delta} + E_{i2} e^{i\delta} = E_{t2} \dots\dots\dots(2.34)$$

$$B_b = \gamma_1 (E_{t1} e^{-i\delta} - E_{i1} e^{i\delta}) = \gamma_s E_{t2} \dots\dots\dots(2.35)$$

$$E_{t1} = \left(\frac{\gamma_1 E_b + B_b}{2\gamma_1} \right) e^{i\delta} \dots\dots\dots(2.36)$$

$$E_{i1} = \left(\frac{\gamma_1 E_b - B_b}{2\gamma_1} \right) e^{-i\delta} \dots\dots\dots(2.37)$$

Dari hubungan persamaan (2.22), (2.24), (2.36) dan (2.37), maka diperoleh ;

$$E_a = E_b \cos \delta + B_b \left(\frac{i \sin \delta}{\gamma_1} \right) \dots\dots\dots(2.38)$$

$$B_a = E_b(i\gamma_1 \sin\delta) + B_b \cos\delta \dots\dots\dots(2.39)$$

Jika $2\cos\delta \equiv e^{i\delta} + e^{-i\delta}$ dan $2i\sin\delta \equiv e^{i\delta} - e^{-i\delta}$, maka persamaan (2.38) dan persamaan (2.39) dapat dituliskan dalam bentuk matrik menjadi:

$$\begin{bmatrix} E_a \\ B_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\delta & \frac{i\sin\delta}{\gamma_1} \\ i\gamma_1 \sin\delta & \cos\delta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_b \\ B_b \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.40)$$

Ini merupakan matrik 2 x 2 yang disebut juga sebagai bentuk transfer matrik dengan bentuk umum:

$$M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.41)$$

Jadi persamaan (2.40) dapat diselesaikan menggunakan bentuk transfer matrik sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} E_0 + E_{r1} \\ \gamma_0(E_0 - E_{r1}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_{t2} \\ \gamma_s E_{t2} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.42)$$

Ekuivalen dengan bentuk matrik persamaan (2.40) adalah :

$$1 + r = m_{11}t + m_{12}t \dots\dots\dots(2.43)$$

$$\gamma_0(1 - r) = m_{21}t + m_{22}\gamma_s t \dots\dots\dots(2.44)$$

dengan $r = \frac{E_{r1}}{E_0}$ dan $t = \frac{E_{t1}}{E_0}$ yaitu besarnya koefisien refleksi dan koefisien

transmisi dari lapisan film, atau:

$$r = \frac{\gamma_0 m_{11} + \gamma_0 \gamma_s m_{12} - m_{21} - \gamma_s m_{22}}{\gamma_0 m_{11} + \gamma_0 \gamma_s m_{12} + m_{21} + \gamma_s m_{22}} \dots\dots\dots(2.45)$$

Koefisien refleksi r adalah rasio perbandingan antara intensitas awal radiasi elektromagnetik terhadap intensitas yang dipantulkan ketika melewati suatu lapisan (medium). Reflektansi R menunjukkan besar fraksi energi yang

dipantulkan yang besarnya bergantung pada nilai r (Pedrotti, 1993). Dari persamaan matrik (2.40) diperoleh:

$$m_{11} = \cos \delta, \quad m_{12} = \frac{i \sin \delta}{n_1 \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \text{ dan}$$

$$m_{21} = i n_1 \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} \sin \delta, \quad m_{22} = \cos \delta$$

substitusi ke persamaan (2.45) menjadi:

$$r = \frac{n_1(n_0 - n_s) \cos \delta + i(n_0 n_s - n_1^2) \sin \delta}{n_1(n_0 + n_s) \cos \delta + i(n_0 n_s + n_1^2) \sin \delta} \dots\dots\dots(2.46)$$

dimana *reflektansi R* didefinisikan sebagai berikut:

$$R = |r|^2 \dots\dots\dots(2.47)$$

Karena r dalam bentuk kompleks, yaitu :

$$r = \frac{A+iB}{C+iD} \dots\dots\dots(2.48)$$

sehingga,

$$|r|^2 = r r^* = \frac{A+iB}{C+iD} \frac{A-iB}{C-iD} = \frac{A^2+B^2}{C^2+D^2} \dots\dots\dots(2.49)$$

dan reflektansi R :

$$R = \frac{n_1^2(n_0 - n_s)^2 \cos^2 \delta + (n_0 n_s - n_1^2)^2 \sin^2 \delta}{n_1^2(n_0 + n_s)^2 \cos^2 \delta + (n_0 n_s + n_1^2)^2 \sin^2 \delta} \dots\dots\dots(2.50)$$

dengan :

R = reflektansi suatu lapisan

n_0 = indek bias udara

n_1 = indek bias lapisan

n_s = indek bias substrat

δ = beda fase (0 atau radian)

Hubungan matematis antara perubahan sudut datang dengan reflektansi dari lapisan kaca film adalah :

$$R = \frac{n_I^2(n_0 - n_s)^2 \cos^2 \left(\frac{2\pi}{\lambda_0} n_I t \cos \left(\arcsin \left(\frac{n_0 \sin \theta_i}{n_I} \right) \right) \right) + (n_0 n_s - n_I^2)^2 \sin^2 \left(\frac{2\pi}{\lambda_0} n_I t \cos \left(\arcsin \left(\frac{n_0 \sin \theta_i}{n_I} \right) \right) \right)}{n_I^2(n_0 + n_s)^2 \cos^2 \left(\frac{2\pi}{\lambda_0} n_I t \cos \left(\arcsin \left(\frac{n_0 \sin \theta_i}{n_I} \right) \right) \right) + (n_0 n_s + n_I^2)^2 \sin^2 \left(\frac{2\pi}{\lambda_0} n_I t \cos \left(\arcsin \left(\frac{n_0 \sin \theta_i}{n_I} \right) \right) \right)} \quad (2.51)$$

Penjabaran persamaan untuk menentukan hubungan antara sudut datang θ_i dan reflektansi R pada Lampiran 2.

II.2 Kerangka Pemikiran

Pemanfaatan laser di bidang optik dan material salah satunya yaitu untuk analisa kuantitatif dan kualitatif dari suatu materi dengan metode spektroskopi. Karakteristik dan sifat laser yang memiliki intensitas yang tinggi serta koheren ini akan digunakan untuk uji suatu bahan. Dalam proses spektroskopi ini digunakan laser He-Ne sebagai sumber radiasi elektromagnetik yang dikenakan pada suatu lapisan kaca film. Reflektansi suatu bahan merupakan nilai yang didapatkan dengan membandingkan antara intensitas dari sumber radiasi yang dikenakan pada bahan tersebut terhadap intensitas yang dipantulkan ketika sumber radiasi mengenai bahan tersebut.

Berdasarkan persamaan (2.51) maka akan dilakukan penelitian tentang pengaruh sudut datang terhadap besarnya reflektansi suatu lapisan. Besarnya reflektansi dapat diamati melalui spektrum yang dipancarkan oleh radiasi elektromagnetik. Dengan mempelajari spektrum ini maka akan ditentukan nilai reflektansi lapisan kaca film terhadap variasi sudut datangnya.

Berdasarkan hal-hal yang telah dikemukakan di atas, akan dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi sudut datang suatu sumber radiasi elektromagnetik yang dikenakan pada suatu lapisan kaca film terhadap besar reflektansinya.

Dengan menggunakan seperangkat alat percobaan monokromator seperangkat alat monokromator tipe *270M Rapid Scanning Imaging Spectrograph/Monochromator* (Serial Number. 0525) dari ISA Jobin-Yvon Spex dapat dilakukan pengukuran spektrum emisi laser He-Ne yang dikenakan pada sampel kaca film mobil. Spektrum tersebut menggambarkan besarnya intensitas versus panjang gelombang, selanjutnya dapat ditentukan besarnya reflektansi dari sampel kaca film untuk setiap variasi sudut datang.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Tempat dan Waktu Penelitian

III.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di sub Lab. Fisika Laboratorium Pusat Universitas Sebelas Maret Surakarta.

III.1.2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Nopember 2005 sampai bulan Maret 2006.

III.2. Alat dan Bahan

1. Alat yang digunakan dalam penelitian:

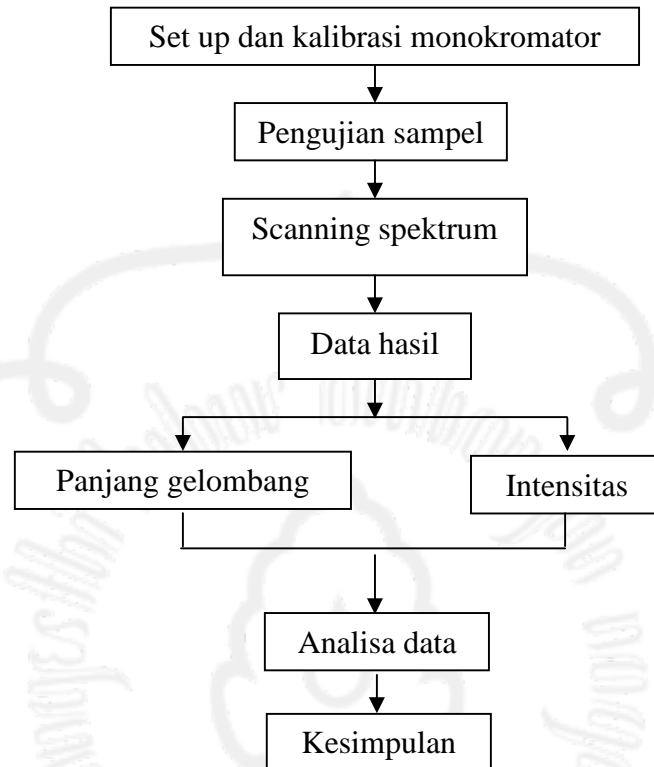
- a. *270M Rapid Scanning Imaging Spectrograph/Monochromator*
- b. HAMAMATSU Photon Counter C5410 – 50 No. 1120
- c. PMT (*Photon Multiplier Tube*) SPEX 1911F, Industries INC, Edison N.J, 08820
- d. Seperangkat Interferometer Model 9255 PASCO Scientific
- e. Kabel konektor

2. Bahan yang digunakan dalam penelitian :

- a. Lampu spektral *kadmium* (Cd) dengan $\lambda = 643,8$ nm
- b. Laser He-Ne ($\lambda = 632,8$ nm)
- c. Kaca film mobil dengan tipe *Spectrum* 20% dan lapisan film *Solar Guard* 60% .

d. Plat kaca (*glass plate*).

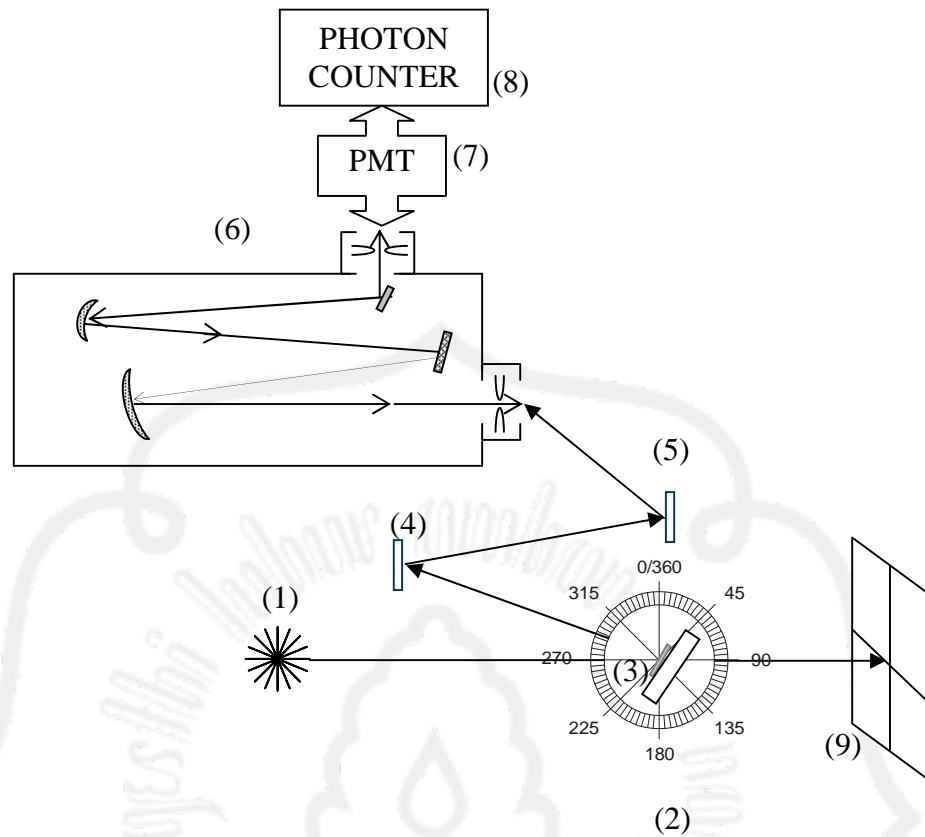
III.3. Metodologi Penelitian



Gambar 3.1 Skema penelitian

Tabel 3.1 Spesifikasi bahan kaca film

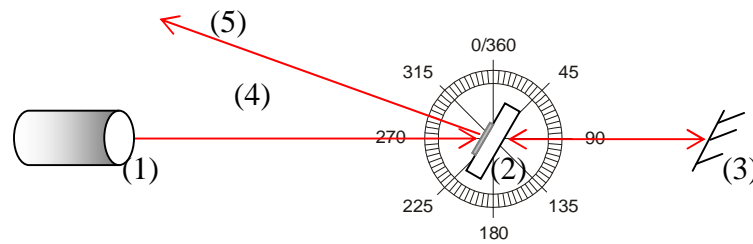
Bahan sampel	Indek bias	Ketebalan
1. <i>Spectrum 20%</i>	(1,76 ± 0.02)	(0,047 ± 0,002) mm
2. <i>Solar quard 60%</i>	(2,37 ± 0,06)	(0,07 ± 0,0015) mm
3. <i>Glass plate</i>	(1,52 ± 0,01)	(5,72 ± 0,003) mm



Gambar 3.2 Set up alat percobaan

Keterangan gambar 3.2 :

1. Sumber cahaya laser He-Ne
2. Seperangkat alat pengatur sudut
3. Sampel lapisan kaca film
4. Cermin pemantul 1
5. Cermin pemantul 2
6. Monokromator
7. PMT (*Photo Multiplier Tube*)
8. HAMAMATSU Photon Counter C5410
9. layar



Gambar 3.3 Setup alat pengatur sudut

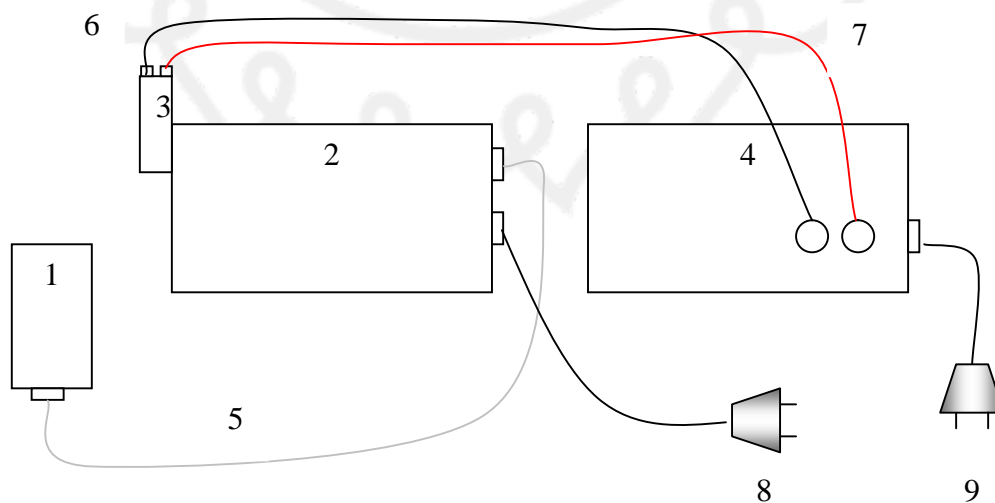
Keterangan gambar 3.3 :

1. Laser He-Ne
2. Sampel kaca film mobil dan pengatur sudut
3. Cermin tetap
4. Berkas sinar datang
5. Berkas sinar pantul

Langkah-langkah kerja yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

III.3.1 Standart Operating Procedure (SOP) Monokromator 270M

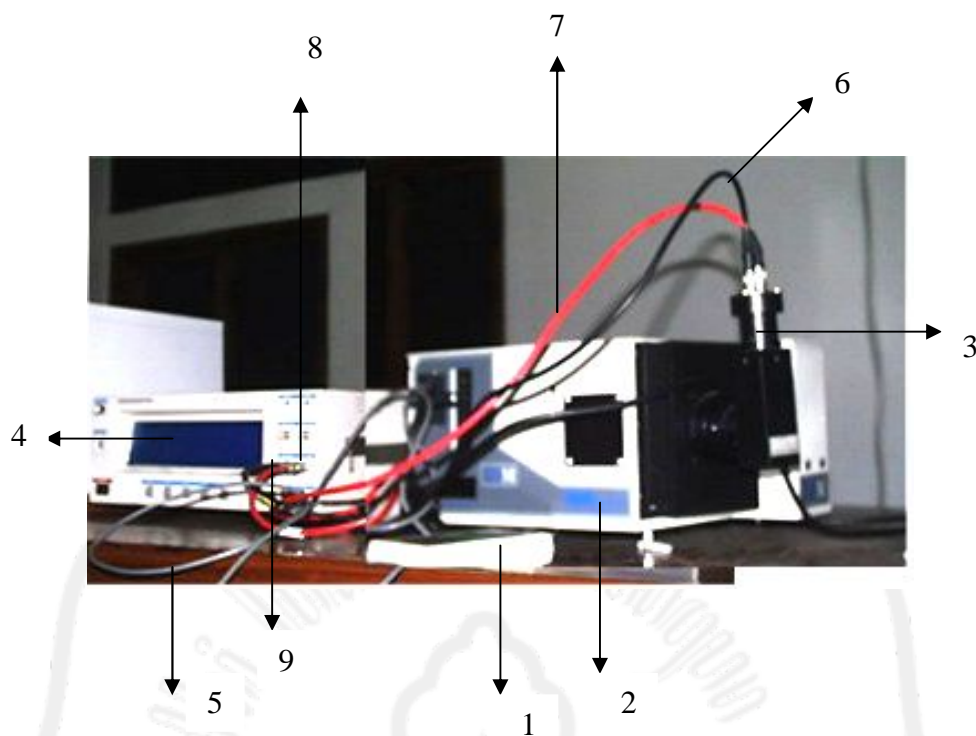
Set up Seperangkat alat Monokromator 270M



Gambar 3.4 rangkaian set up Seperangkat alat Monokromator 270M

Keterangan gambar 3.4 :

1. Hanscan/key link keypad
2. Monokromator 270M
3. PMT (*Photon Multiplier Tube*)
4. Photon counter
5. Kabel abu-abu I/O serial port Belden 95iG SC24 yang dihubungkan ke bagian belakang monokromator
6. Kabel hitam yang dihubungkan ke bagian panel Sign in pada photon counter
7. Kabel merah E1168-17 tegangan tinggi, yang dihubungkan ke panel HV out pada photon counter
8. kabel konektor untuk power supply yang dihubungkan ke sumber tegangan
9. kabel konektor untuk power supply yang dihubungkan ke sumber tegangan



Gambar 3.5 Panel seperang alat monokromator 270M

Keterangan gambar 3.5 :

1. handscan
2. monokromator
3. PMT
4. photon counter
5. kabel I/O serial port
6. kabel hitam ke panel Sign In
7. Kabel merah E1168-17
8. panel HV OUT pada photon counter
9. panel Sign In pada photon counter

Kalibrasi monokromator dilakukan untuk tujuan mengetahui fungsi kerja seperangkat alat monokromator pada kondisi optimum. Langkah-langkah yang dilakukan adalah :

- a. Meletakkan sumber cahaya lampu Cd sebagai sumber radiasi di depan celah masuk monokromator.
- b. Mengatur arah jalannya sinar agar tepat mengenai bagian tengah cermin pengkolimasi dan cermin pemfokus.
- c. Mengatur lebar celah masuk dan celah keluar.
- d. Mengeset λ_{awal} dan λ_{akhir} *scanning* , *speed scan* (kecepatan *scanning*), kecepatan grafik, gate time, voltase PMT pada *Handscan* dan setting *Photon counter*.
- e. *Scanning* spektrum panjang gelombang.
- f. Menentukan panjang gelombang puncak dan menghitung besarnya pergeseran monokromator.
- g. Mengulangi langkah a \rightarrow f dengan menggunakan lampu He-Ne.

III.3.2 Pengambilan data

Setelah melakukan kalibrasi pada monokromator, set seperangkat monokromator seperti pada gambar 3.2, langkah-langkah yang harus dilakukan adalah :

- a. Menempatkan sampel pada seperangkat interferometer sedemikian sehingga berkas radiasi laser He-Ne yang mengenainya dipantulkan tegak lurus terhadap sampel.

- b. Memulai pengukuran dengan memutar sampel sesuai dengan skala derajat yang tertera pada interferometer.
- c. Mencatat hasil pada proses *scanning* untuk setiap variasi sudut yang dilakukan.
- d. Menentukan panjang gelombang puncak dari hasil data yang direkam oleh *photon counter*.
- e. Panjang gelombang puncak ini digunakan sebagai acuan untuk menentukan interval pencatatan yang dilakukan.
- f. Melakukan pengaturan seperti halnya pada proses kalibrasi monokromator.
- g. Hasil yang didapatkan kemudian diproses menggunakan software *Microcal origin^R*

III.3.3 Penggunaan Handscan

Handscan merupakan piranti digital yang berfungsi sebagai kontrol input monokromator. Setelah *handscan* dihubungkan ke monokromator hendaknya kita set terlebih dahulu parameter-parameter yang ada pada *handscan* sebagai berikut :

- a. Menghubungkan *handscan* ke monokromator melalui paralel port RS 232 pada bagian belakang monokromator.
Menghidupkan monokromator dengan tombol ON/OFF, sesaat akan terjadi proses *booting* tekan tombol [**NEXT**] dan [**ENTER**] secara bersamaan pada *handscan* untuk mengenali parameter-parameter yang harus ditentukan yaitu :

<u>Parameter</u>	<u>Ketentuan</u>
Re-Init	No
Baud Rate	19200
Comm Bits	8,1,n
Parity	<i>skipped if Comm Bits are set as above</i>

Parity Err	Off
Key Repeat	On
Echo	Off
Ctrl Char	Procs
Scroll on	33rd
Cursor	Off
Newline	Off

untuk mengeset dari satu parameter ke parameter yang lain tekan tombol [>>] dan keluar pada tombol [<<] pada handscan. Parameter-parameter ini merupakan standar mutlak sebagai komunikasi antara piranti digital *handscan* dengan monokromator.

- b. Menekan tombol [**FUNC MENU**] untuk mengenali setiap *hardware* yang ada pada piranti dalam monokromator. Mengubah perintah **INSTALL** atau **UNINSTALL** untuk mengenali bagaimana sistem *grating*-nya, *exit slit* serta *entrance slit*, tergantung penggunaannya. Memasukkan setup parameter monokromator dibawah ini :

Mono type	: 13
Model	: 270M
Base Grating	: 1200
Steps/Base unit	: 32/nm
Min Limit	: 0
Max Limit	: 1100 ⁽¹³⁾
Min Freq, Hz	: 2560
Max Freq, Hz	: 2560
Ramp Time, ms	: 1000
Backlash Steps	: 320
Spectrograph Ent/Exit Lngth, mm	: 227,3/267,84
Included Angle, °	: 18

Incline, ⁰ : 11
 Trig Cal 1 : 0
 Trig Cal 2 : -1
 Model : 270M

- c. Setelah poin (a), (b) dan (c) terpenuhi dengan memasukkan parameter-parameter yang digunakan, untuk menscan panjang gelombang dari suatu sampel, langkah-langkah yang harus dilakukan adalah berikut ini:

- ▶ Menghidupkan monokromator, tunggu proses *booting*

beberapa saat kemudian pada layar handscan akan muncul

perintah:

SCAN MENU *
MONO A SCN*OPT Ø

- ▶ Menekan tombol [SCAN MENU], lalu muncul :

START nm	* SCN A
3 Ø Ø .Ø Ø	*EDIT

- ▶ START nm menunjukkan posisi awal panjang gelombang dalam nm (nanometer). 300 nm bukan harga ketetapan dari panjang gelombang yang telah ditetapkan, nilai ini bisa diubah. Misal akan men-scan dari panjang gelombang 500 nm – 600 nm, tekan

[5][0][0] kemudian [ENTER].

START nm	* SCN A
5 Ø Ø .Ø Ø	*EDIT

- ▶ Lalu tekan [6][0][0], lalu tampilan akan berubah

menjadi:

END nm	* SCN A
6 Ø Ø .Ø Ø	*EDIT

- ▶ Kemudian tekan lagi [ENTER], tampilan layar akan berubah, lalu akan menentukan kecepatan scan (*speed scan*). Untuk menjalankan proses scanning tekan [RUN] yang berarti monokromator sedang melakukan proses scanning panjang gelombang dari 500 nm-600 nm dengan

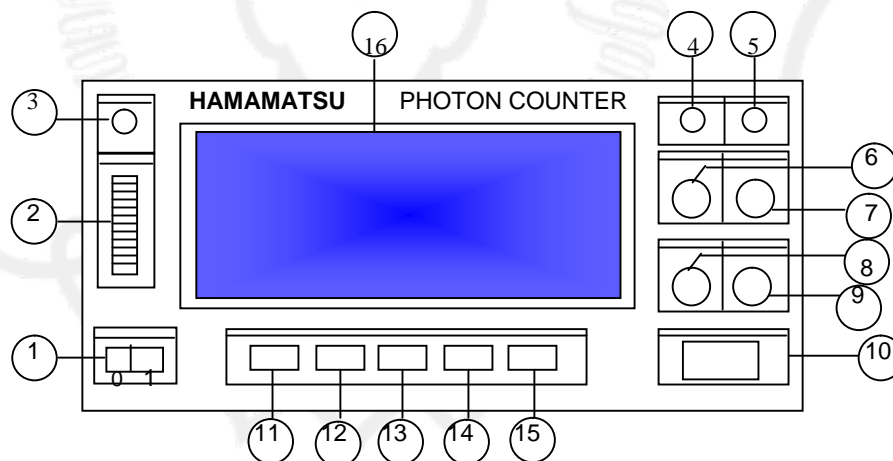
kecepatan 5 nm/sec.

nm / SEC	* SCN A
5.Ø Ø Ø	*EDIT

Untuk lebih jelasnya fungsi dari tombol-tombol pada *handscan* dijelaskan pada bagian Lampiran 3.

III.3.4 Penggunaan Photon Counter

Photon counter merupakan suatu alat yang digunakan untuk mencacah dan menampilkan besarnya intensitas dari berkas cahaya pada setiap panjang gelombang tertentu. Pada penelitian ini digunakan photon counter model C5410 dari HAMAMATSU. Selama proses scanning berjalan berkas cahaya yang masuk ke monokromator diteruskan ke PMT (*Photon Multiplier Tube*). PMT berfungsi untuk memperkuat sinyal masukkan dari suatu berkas cahaya. Kemudian sinyal ini diteruskan menuju ke photon counter dimana sinyal ini diproses menjadi tampilan spektrum dari berkas sumber radiasi. Gambar 3.4, bagian depan photon counter, berikut fungsi dari tombol-tombolnya:



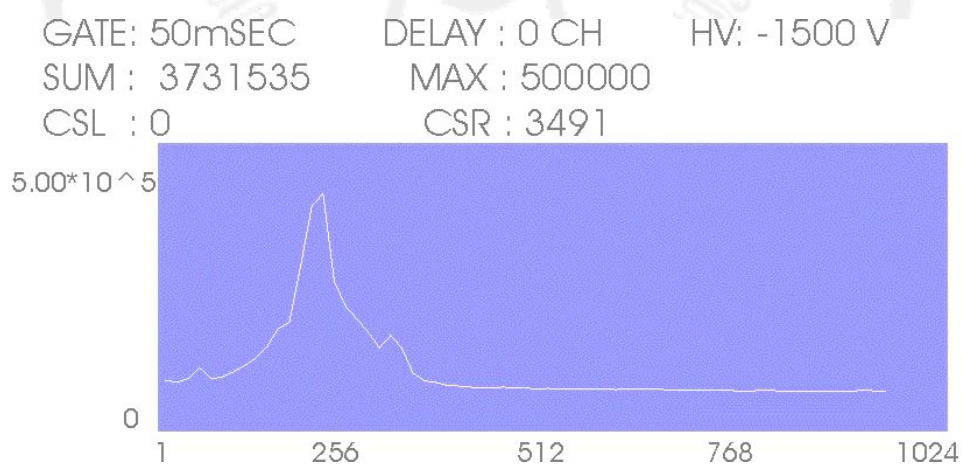
Gambar 3.6 Gambar panel Hamamatsu photon counter C5410

Keterangan gambar 3.6 :

1. POWER berfungsi sebagai on/off untuk mematikan dan menghidupkan photon counter.

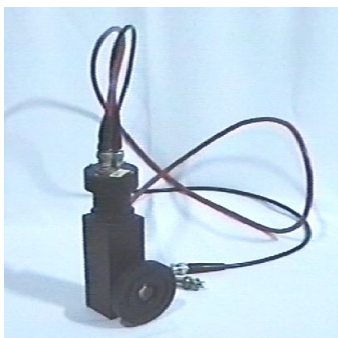
2. CONT berfungsi untuk mengatur kekontrasan dari kristal cair pada layar poton counter.
3. BLANK berfungsi untuk menampilkan dan menyembunyikan layar kristal cair pada photon counter.
4. BUSY mengindikasikan bahwa photon counter sedang melakukan pencacahan selama proses scanning berjalan.
5. CARRY mengindikasikan terjadinya transfer data dari photon counter ke komputer melalui interface RS 232.
6. TRIG . IN menerima sinyal trigger dari luar, membuat sinyal trigger pada level TTL (Transistor Transistor logic)/(logika negatif) dengan lebar pulsa sedikitnya 1 μ s.
7. TRIG . OUT digunakan sebagai keluaran trigger internal dan masukan trigger eksternal sinyal dari luar.
8. SIG . IN berfungsi sebagai masukan (input) dari keluaran (output) sinyal pada PMT (photomultiplier tube).
9. HV. OUT berfungsi sebagai output sumber tegangan tinggi pada PMT (photomultiplier tube).
10. HV . OUT . SW tombol yang berfungsi untuk mengaktifkan atau mematikan suplai sumber tegangan tinggi pada PMT (photomultiplier tube).

11. F. 1 tombol yang digunakan untuk mengisikan parameter-parameter yang ada pada layar photon counter.
12. F. 2 tombol yang digunakan untuk mengisikan parameter-parameter yang ada pada layar photon counter.
13. F. 3 tombol yang digunakan untuk mengisikan parameter-parameter yang ada pada layar photon counter.
14. F. 4 tombol yang digunakan untuk mengisikan parameter-parameter yang ada pada layar photon counter.
15. F. 5 tombol yang digunakan untuk mengisikan parameter-parameter yang ada pada layar photon counter.
16. DISPLAY merupakan tampilan secara keseluruhan layar dari kristal cair yang menampilkan nilai seting parameter dan bentuk spektrum yang dihasilkan.



Gambar 3.7 Contoh hasil *scanning* Laser He-Ne

pada panel layar *photon counter*



PMT (*Photo Multiplier Tube*)



Interferometer Model 9255 PASCO Scientific



HAMAMATSU Photon Counter C5410



ISA Jobin-Yvon Monokromator 270M



Handscan / Keylink keypad

Gambar 3.8 Gambar panel seperangkat alat monokromator 270M

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan kalibrasi monokromator dengan menggunakan lampu spektral Cd dan laser He-Ne. Monokromator yang telah terkalibrasi selanjutnya digunakan untuk spektroskopi laser He-Ne yang dikenakan pada sampel kaca film mobil untuk menentukan besarnya reflektansi yang meliputi pengukuran panjang gelombang laser dan intensitas refleksi laser dengan variasi sudut.

IV.1. Kalibrasi Monokromator 270M

1. Kondisi Kalibrasi

Sebelum pencacahan dilakukan, semua fungsi peralatan yang perlu diatur harus disetel (set) pada kondisi kerja optimum. Fungsi – fungsi tersebut antara lain adalah pengaturan *gate time*, *speed scan*, tegangan tinggi, parameter *handscan* dan lain-lain. Semua data pencacahan harus diambil pada setelan (*setting*) yang sama dari semua tombol pengaturan fungsi – fungsi tersebut.

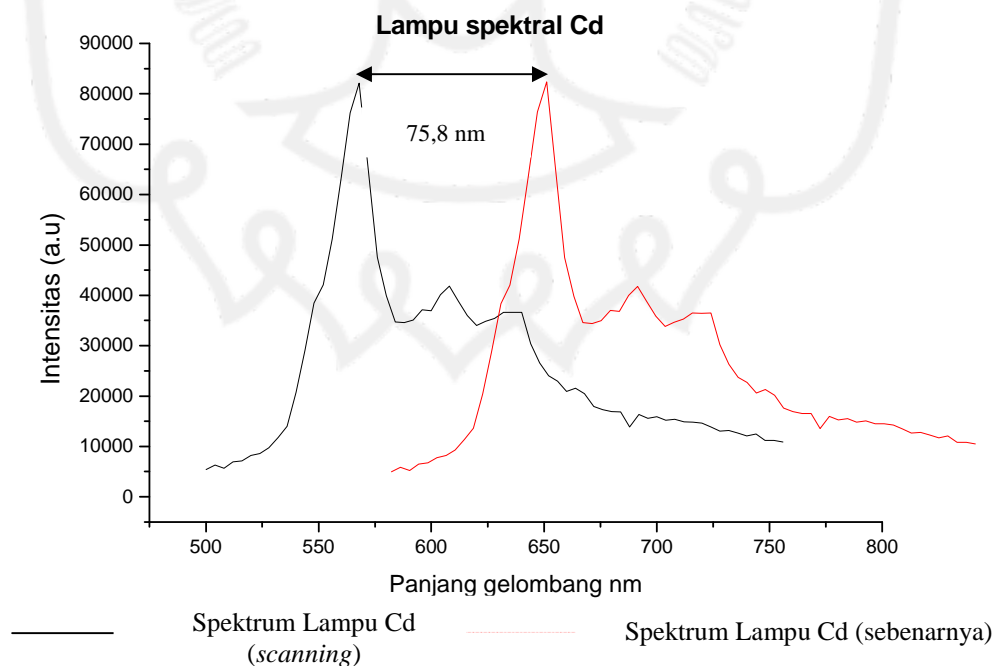
Telah dijelaskan pada Bab II bahwa spektrum hasil *scanning* merupakan spektrum yang menggambarkan besarnya intensitas versus panjang gelombang sumber cahaya. Besarnya cacah intensitas yang dihasilkan pada saat *scanning* bersesuaian dengan nilai panjang gelombang sumber cahaya.

b. Lampu Spektral Cd (643,8 nm)

Sebuah spektrum dipancarkan ketika elektron berpindah dari suatu keadaan tereksitasi ke keadaan dasar. Lampu spektral Cd mempunyai spektrum cahaya merah dengan puncaknya yang tertinggi pada panjang gelombang 643,8 nm (Pedrotti, 1993). Dari hasil *scanning* terdapat beberapa puncak yang

berdekatan, namun lampu spektral Cd dapat dianggap sebagai sumber cahaya yang hampir monokromatis

Hasil *scanning* spektrum dari lampu spektral Cd dapat dilihat pada gambar 4.1. Spektrum sebelah kiri ($\lambda_{\text{puncak}} = 568 \text{ nm}$) merupakan hasil dari *scanning* menggunakan monokromator sedangkan spektrum sebelah kanan merupakan spektrum yang telah digeser ($\lambda_{\text{puncak}} = 643,8 \text{ nm}$). Panjang gelombang puncak yang terlihat pada hasil *scanning* ini sebenarnya tidak hanya pada 643,8 nm saja, masih terdapat panjang gelombang lain yang saling berdekatan, namun karena nilai maksimum yang tercacah pada *photon counter* menunjukkan pada nilai 643,8 nm sehingga nilai ini dianggap sebagai puncaknya. Dari literatur diketahui bahwa panjang gelombang dari lampu Cd adalah 643,8 nm sedangkan dari hasil spektroskopi ini panjang gelombang yang dihasilkan adalah 568 nm. Oleh karena itu terdapat pergeseran panjang gelombang 75,8 nm.



Gambar 4.1 Spektrum lampu spektral Cd

Parameter set peralatan yang digunakan pada saat scanning lampu Cd :

<i>Gate</i>	= 50 ms
<i>Speed scan</i>	= 5 nm/s
<i>Voltase PMT</i>	= -1500 V
<i>Shutter entrance</i>	= 0,3 mm
<i>Shutter exit</i>	= 0,3 mm
$\lambda_{awal} - \lambda_{akhir}$	= 500 nm – 756 nm
Hasil λ Lampu spektral Cd	= 568 nm
Pergeseran λ	= 75,8 nm

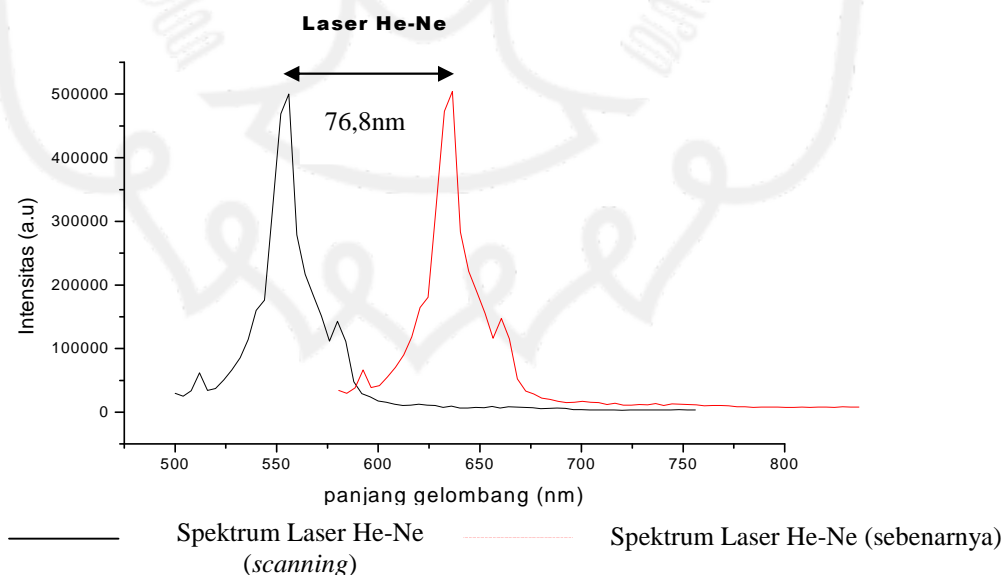
Dalam penelitian ini, *scanning* lampu spektral Cd dilakukan dari panjang gelombang 500 nm – 756 nm. Lebar celah masuk (*shutter entrance*) dan celah keluar (*shutter exit*) dibuat sempit (0,3 mm) dengan maksud agar berkas cahaya yang berasal dari lampu spektral Cd yang bersifat menyebar (divergen) tetap dapat mencapai celah keluar. Dari hasil spektroskopi lampu spektral Cd ini diperoleh panjang gelombang yang lebih kecil dari yang sebenarnya yaitu 568 nm, sehingga terdapat pergeseran panjang gelombang 75,8 nm.

c. Laser He-Ne (632,8 nm)

Berkas sinar dari laser He-Ne dihasilkan ketika atom-atom Ne mengalami transisi dari keadaan metastabil pada 20,66 eV ke keadaan tereksitasi 18,70 eV yang mengemisikan foton dengan panjang gelombang 632,8 nm. Atom-atom He dalam laser He-Ne berfungsi untuk membantu terjadinya inversi populasi dari atom-atom He. Laser He-Ne beroperasi secara kontinu karena tumbukan elektron He dan Ne yang terjadi sepanjang waktu. Istilah *inversi populasi* dipakai untuk memerikan kelompok atom yang sebagian besar berada dalam keadaan tereksitasi, karena dalam keadaan normal, tingkat dasar memiliki populasi yang lebih besar.

Dalam laser He-Ne pada suhu kamar, keadaan akhir transisi laser (tingkat 18,07 eV dari atom Ne) berada di atas tingkat dasar dan sebagian besar tidak diduduki. Ini berarti hanya sebagian kecil dari atom-atom Ne akan menyerap foton dalam daerah frekuensi laser (Beiser, 1992). Dalam spektroskopi ini digunakan sumber laser He – Ne yang mempunyai satu puncak panjang gelombang. Panjang gelombang laser He-Ne berdasarkan literatur adalah 632,8 nm (Pedrotti, 1993).

Hasil *scanning* spektrum dari laser He-Ne dapat dilihat pada gambar 4.2. Spektrum sebelah kiri ($\lambda_{\text{puncak}} = 556 \text{ nm}$) merupakan hasil *scanning* menggunakan monokromator sedangkan spektrum sebelah kanan merupakan spektrum yang telah digeser ($\lambda_{\text{puncak}} = 632,8 \text{ nm}$). Puncak-puncak kecil disekitar puncak utama kemungkinan muncul akibat dari radiasi *background* karena pada saat pengukuran masih terdapat spektrum cahaya lain yang ikut terukur atau karena pengaruh fluktuasi sumber tegangan setiap saat.



Gambar 4.2 Spektrum laser He-Ne

Parameter set peralatan yang digunakan pada saat scanning laser He-Ne :

<i>Gate time</i>	= 50 ms
<i>Speed scan</i>	= 5 nm/s
<i>Voltase PMT</i>	= -1500 V
<i>Shutter entrance</i>	= 0,3 mm
<i>Shutter exit</i>	= 0,3 mm
$\lambda_{awal} - \lambda_{akhir}$	= 500 nm – 756 nm
Hasil λ Laser He-Ne	= 556 nm
Pergeseran λ	= 76,8 nm

Dalam penelitian, *scanning* laser He-Ne dilakukan dari panjang gelombang 500 nm sampai 756 nm. Lebar celah masuk (*shutter entrance*) dan celah keluar (*shutter exit*) dari monokromator yaitu 0,3 mm. Dari hasil *scanning* laser He-Ne diperoleh panjang gelombang yang diemisikan yaitu 556 nm, sehingga terdapat pergeseran panjang gelombang 76,8 nm.

Dari hasil kalibrasi menggunakan lampu spektral Cd panjang gelombang dari hasil *scanning* adalah 568 nm dengan pergeseran ($\Delta\lambda = 75,8$ nm). Sedangkan hasil kalibrasi menggunakan laser He-Ne panjang gelombang dari hasil *scanning* adalah 556 nm dengan pergeseran ($\Delta\lambda = 76,8$ nm). Perbedaan pergeseran panjang gelombang antara lampu Cd dan laser He-Ne disebabkan karena derajat kemonokromatisan antara kedua sumber yang berbeda. Walaupun lampu Cd dianggap hampir monokromatis namun dari hasil *scanning* terdapat puncak lain yang terdeteksi oleh monokromator berbeda dengan laser He-Ne yang mempunyai derajat monokromatis yang tinggi. Namun pada dasarnya besarnya pergeseran panjang gelombang tersebut tetap karena semua parameter pengukuran diset pada kondisi yang sama.

Koreksi pergeseran panjang gelombang yang digunakan untuk pengukuran selanjutnya adalah hasil kalibrasi menggunakan laser He-Ne yaitu sebesar 76,8 nm. Hal ini dikarenakan laser He-Ne yang digunakan dalam penelitian selanjutnya.

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan pada waktu menjalankan *scanning* spektrum menggunakan monokromator, diantaranya yaitu :

1. Lebar celah masuk dan celah keluar

Lebar celah monokromator berperan dalam menentukan karakteristik dan kualitas hasil *scanning*. Lebar celah masuk dan celah keluar dapat diubah sesuai keperluan menggunakan *handscan*. Pada monokromator 270M ini lebar celah dapat diubah dengan kelipatan 12,5 μm . Dispersi dari monokromator 270M dengan kisi 1200 g/mm adalah 3,1 nm/mm, artinya jika celah dibuka selebar 1mm maka akan terdapat *bandwidth* spektral sebesar 3,1 nm.

Lebar celah minimum diperlukan untuk memperoleh resolusi yang baik. Namun demikian lebar celah yang terlalu sempit juga akan mengakibatkan kehilangan tenaga radiasi tanpa adanya peningkatan kemurnian spektral akibat terjadinya difraksi pada tepi celah. Pada celah keluar yang sempit menyebabkan energi radiasi yang lewat tidak cukup untuk membuat detektor aktif (daya radiasi berkurang) sehingga tidak ada yang ditangkap oleh detektor dan tidak ada sinyal yang tercatat oleh *photon counter*.

2. Pengaturan *Gate time*

Pengaturan *gate time* pada *photon counter* dilakukan untuk mendapatkan nilai range interval panjang gelombang dari daerah domain waktu t . Besarnya *gate*

time dapat diubah sesuai dengan keperluan dari 50 μ s sampai 50 s. Nilai *gate time* berkaitan dengan fungsi waktu (*t*) pencacahan/pengukuran (*time resolved measurement*) pada *photon counter*, misalkan diambil *gate time* 1 ms maka besarnya *time resolved measurement* adalah 1 ms x 1024 (kapasitas memori *photon counter*) yaitu 1,024 detik. Setelah menentukan nilai *gate time*, selanjutnya merubah ke dalam fungsi panjang gelombang dengan mengatur *speed scan* pada monokromator dengan menggunakan *photon counter*.

3. Pengaturan *Speed scan*

Telah dikatakan pada poin 2 diatas, dapat mengubah fungsi (*t*) ke fungsi (λ) dengan mengatur nilai *speed scan* monokromator, nilai *speed scan* dapat diubah sesuai dengan keperluan dari 1 nm/s sampai 70 nm/s, misalnya dengan *speed scan* 50 nm/s, *time resolved measurement*-nya adalah 1,024 s, maka akan didapatkan interval panjang gelombang 50 nm/s x 1,024 s yaitu 51,2 nm. Ini berarti bahwa antara range λ_{awal} dan λ_{akhir} harus sama dengan 51,2 nm, atau dapat dituliskan juga :

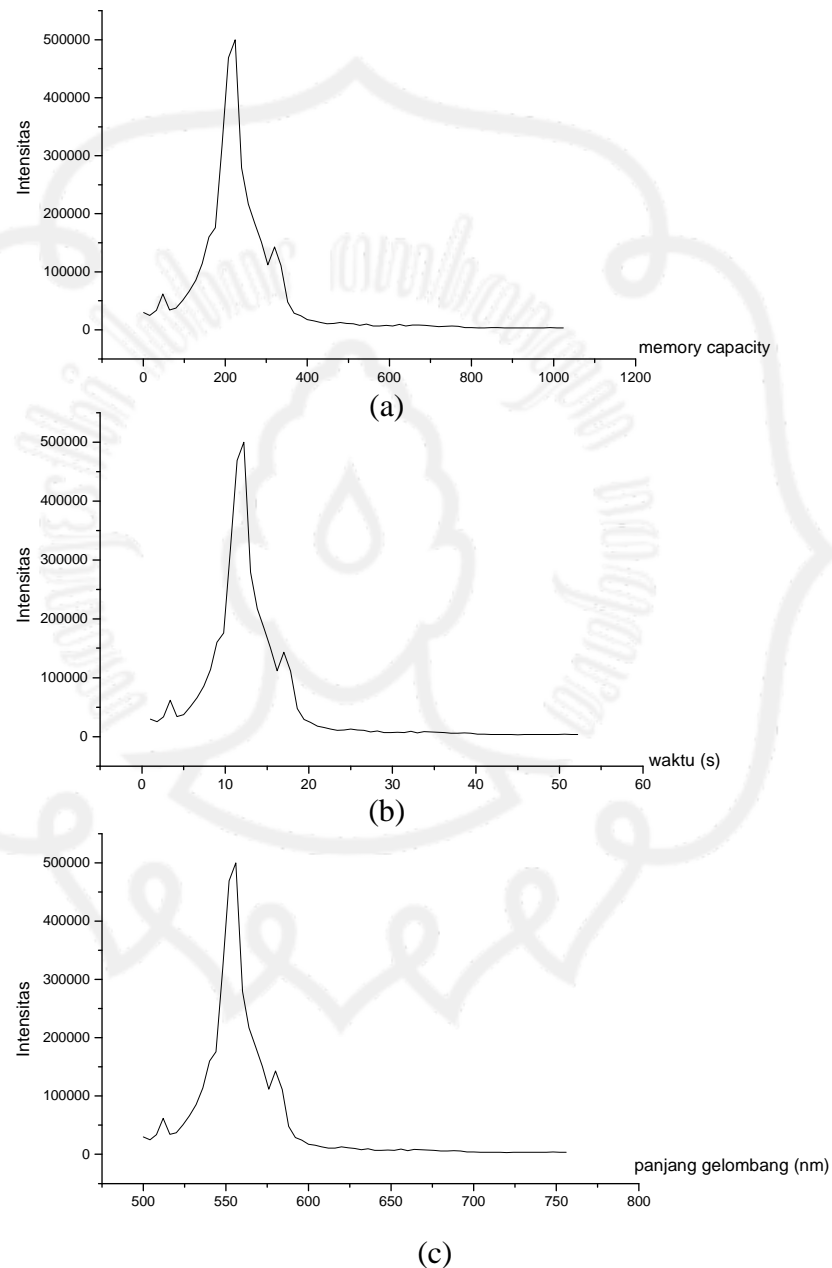
$$|\lambda_{awal} - \lambda_{akhir}| = gate\ time \times 1024\ (memory\ capacity) \times speed\ scan$$

4. Pengubahan domain waktu pada *photon counter*

Bentuk spektrum yang dihasilkan oleh *photon counter* merupakan hasil *scanning* dari suatu berkas sinar dengan domain waktu terhadap intensitasnya. Oleh karena itu perlu mengubahnya ke domain panjang gelombang (λ) terhadap intensitas, misalnya :

Ambil *gate time*: 50 msec, *speed scan* = 5 nm/s, maka *time resolved measurement* = 50 ms x 1024 = 51,2 s sehingga $|\lambda_{awal} - \lambda_{akhir}| = 256$ nm, sekarang menggunakan

sumber lampu laser He-Ne dengan panjang gelombang 632,8 nm, maka akan ditentukan $\lambda_{awal} = 500$ nm dan $\lambda_{akhir} = 756$ nm yang jelas panjang gelombang laser He-Ne harus berada pada rentang ini, sehingga akan mendapatkan bentuk spektrum sebagai berikut :



Gambar 4.3 Grafik intensitas dengan domain yang berlainan

(a) Domain fungsi *memory capacity*

(b) Domain fungsi waktu (t)

(c) Domain fungsi panjang gelombang (λ)

Gambar 4.3 (a) dapat diubah ke gambar 4.3 (b) atau gambar 4.3 (c), sesuai dengan pengaturan pada poin 2 \rightarrow 4 diatas. Jadi setelah mendapatkan grafik *memory capacity* vs intensitas, selanjutnya dikonversikan ke domain waktu kemudian baru ke dalam bentuk panjang gelombang vs intensitas. Nilai interval 1 – 1024 pada *memory capacity* sama dengan interval 1s – 51,2s pada domain waktu dan sama pula dengan interval panjang gelombang dari 500 nm – 756 nm.

IV.2. Pengukuran Spektrum Refleksi Laser He-Ne

a. Substrat Kaca

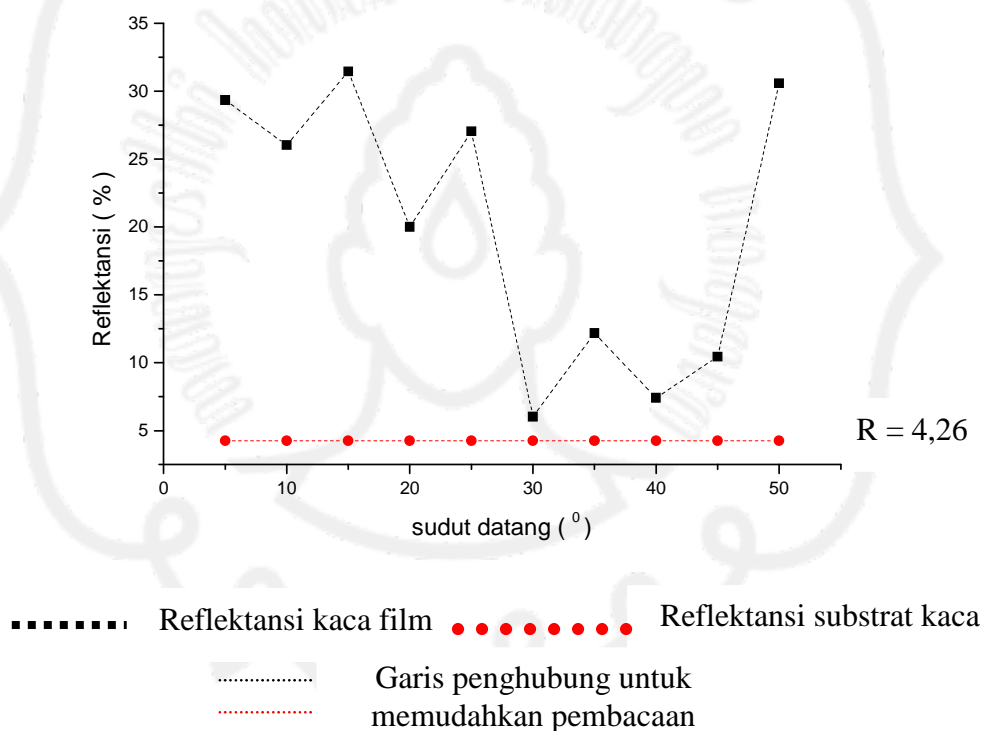
Pengukuran spektrum refleksi laser He-Ne pada substrat kaca sebagai keadaan awal sebelum dilapisi kaca film juga menimbulkan nilai reflektansi dari substrat itu sendiri. Dari kedua sampel yang diuji menggunakan substrat kaca yang sama (Tabel 4.2).

Dari hasil perhitungan nilai reflektansi substrat kaca untuk setiap variasi sudut datang selalu tetap yaitu 4,26 %. Hal ini menunjukkan bahwa reflektansi dari suatu substrat hanya dipengaruhi oleh indek biasnya tanpa dipengaruhi oleh sudut datang sumber radiasi laser He-Ne.

b. Sampel Solar Quard 60%

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa nilai reflektansi untuk kaca film mobil dengan tipe *solar quard 60%* dipengaruhi oleh sudut datangnya.

Hal ini dapat dilihat dari grafik gambar 4.4 untuk setiap sudut datang memiliki nilai reflektansi R tertentu. Dari kaca film *solar quard* 60% ini nilai reflektansi R minimum pada sudut datang 30° , artinya bahwa dari variasi sudut datang yang diambil reflektansi kaca film *solar quard* 60% terkecil pada sudut datang 30° . Namun demikian secara keseluruhan besarnya reflektansi kaca film *solar quard* 60% selalu lebih besar dari reflektansi substrat kaca yaitu 4,26%. Ini menunjukkan bahwa jika kaca film ini digunakan untuk melapisi suatu substrat kaca, maka kaca film ini akan lebih memantulkan sumber radiasi yang datang.

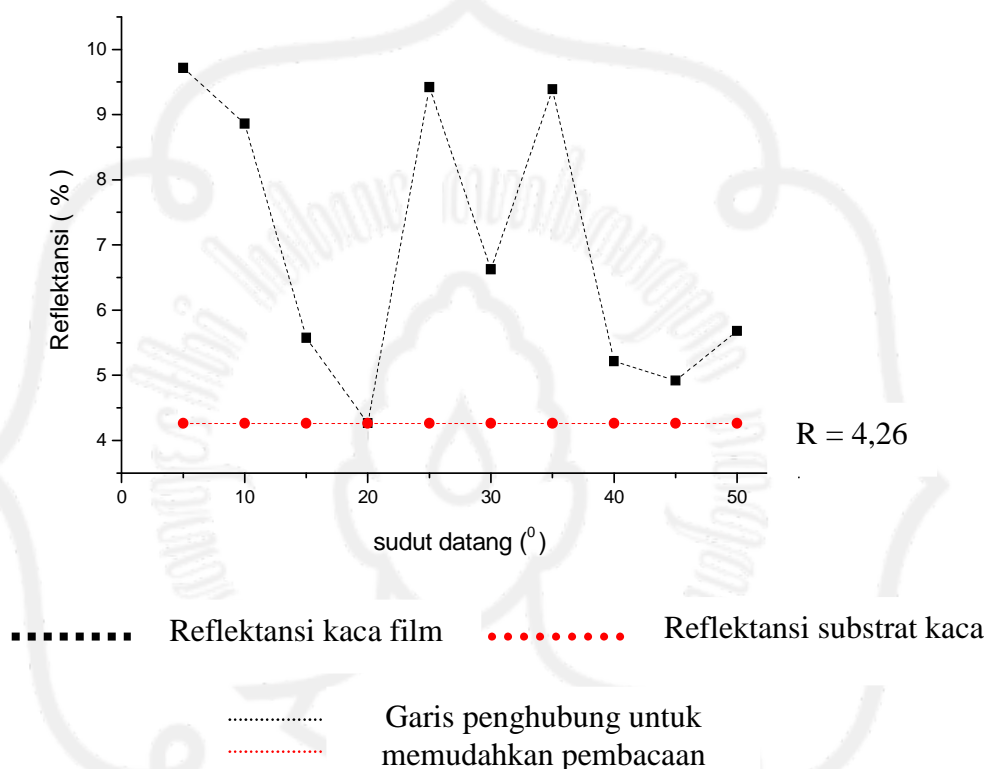


Gambar 4.4 Grafik reflektansi sebagai fungsi sudut datang pada $\lambda = 633,225$ nm (sampel kaca film jenis *solar quard* 60%)

c. Sampel Spectrum 20%

Dari grafik gambar 4.5 besarnya reflektansi dari sampel *spectrum* 20% juga dipengaruhi oleh sudut datangnya. Reflektansi R minimum pada sudut datang $\theta_i = 20^\circ$. Tidak seperti kaca film *solar quard* 60%, kaca film *spectrum* 20%

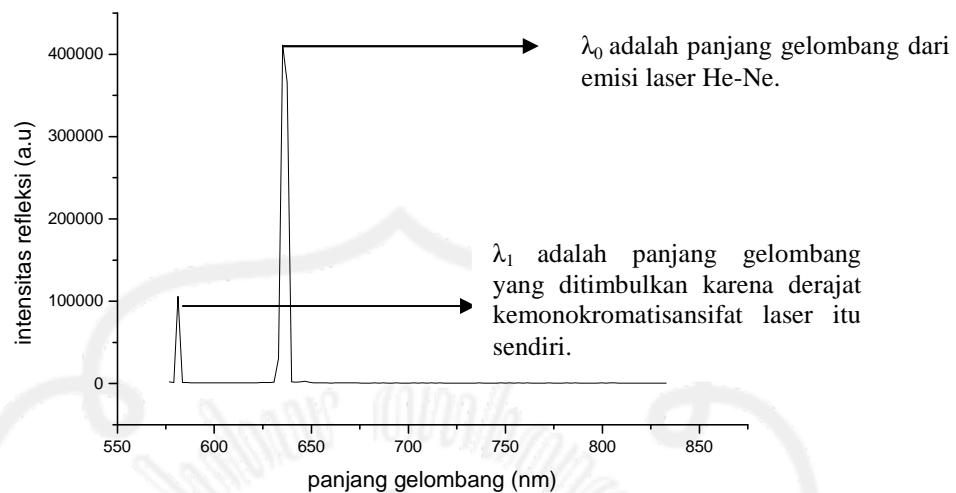
memiliki sudut minimum yang lebih kecil. Perbedaan ini disebabkan oleh indeks bias, ketebalan kaca film maupun jenis kaca film itu sendiri. Namun demikian secara keseluruhan reflektansi kaca film *spectrum* 20% juga lebih tinggi daripada reflektansi substrat kaca. Nilai reflektansi pada kaca film *spectrum* 20% memiliki harga yang sama dengan reflektansi substrat pada sudut datang 20° .



Gambar 4.5 Grafik reflektansi sebagai fungsi sudut datang pada $\lambda = 634,85$ nm (sampel kaca film jenis *spectrum* 20%)

Dari gambar 4.4 dan gambar 4.5 sudut datang untuk harga reflektansi minimum dari kaca film mobil *spectrum* 20% lebih kecil dari pada jenis *solar quard* 60%, hal ini karena setiap kaca film mempunyai karakteristik yang berbeda satu sama lain, selain itu perbedaan indeks bias dan ketebalan kaca film. Namun demikian, secara keseluruhan sampel *solar quard* 60% dan *spectrum* 20% memiliki reflektansi yang lebih tinggi dari pada substrat kaca. Oleh karena itu,

jika kedua bahan ini digunakan untuk melapisi suatu kaca dengan indeks bias 1,52 maka akan lebih memantulkan sumber cahaya daripada kaca tanpa lapisan.



Gambar 4.6 Dua puncak panjang gelombang dari refleksi laser He-Ne pada kaca film *spectrum* 20% dengan $\theta_i = 45^\circ$

Dari hasil *scanning* (gambar 4.6) diperoleh dua puncak panjang gelombang refleksi laser He-Ne. Dua puncak panjang gelombang tersebut dihasilkan dari refleksi laser He-Ne yang dikenakan pada kaca yang dilapisi oleh sampel *solar quard* 60% dan *spectrum* 20%. Dua puncak ini juga terlihat ketika substrat tanpa lapisan. Panjang gelombang λ adalah panjang gelombang emisi laser He-Ne yang dihasilkan dari proses *scanning*. Panjang gelombang inilah yang digunakan dalam perhitungan (dijelaskan pada Lampiran 2).

Panjang gelombang λ_1 juga merupakan panjang gelombang laser He-Ne sendiri, muncul bukan karena pengaruh bahan/materi tapi panjang gelombang yang timbul karena derajat kemonokromatisasi dari laser itu sendiri. Hal ini menunjukkan bahwa sebenarnya laser He-Ne memiliki nilai panjang gelombang yang lain, karena pada dasarnya semua λ muncul karena peristiwa transisi elektron.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Kondisi optimum dari seperangkat alat monokromator 270M menggunakan parameter set up sebagai berikut :

<i>Gate time</i>	= 50 ms
<i>Speed scan</i>	= 5 nm/s
<i>Voltase PMT</i>	= -1500 V
<i>Shutter entrance</i>	= 0,3 mm
<i>Shutter exit</i>	= 0,3 mm
$\lambda_{awal} - \lambda_{akhir}$	= 500 nm – 756 nm

2. Besarnya pergeseran panjang gelombang adalah 76,8 nm dengan sumber laser He-Ne.
3. Reflektansi minimum ($R = 6,03\%$) pada sudut datang 30° untuk kaca film mobil jenis solar quard 60% dan reflektansi minimum ($R = 4,26\%$) sudut datang 20° untuk kaca film spectrum 20%.
4. Perubahan sudut datang mempengaruhi besarnya reflektansi kaca film mobil.

V.2. Saran

Saran yang dapat diajukan berkenaan dengan analisa hasil dan kesimpulan dalam eksperimen ini adalah :

1. Perlu mengkalibrasi ulang pada saat akan menggunakan monokromator 270M sehingga dapat ditetapkan range dari pergeseran panjang gelombang.
2. Penggunaan *Hand Scan* dengan metode interfacing lewat *Optional SPEX 232 Interface* dengan program komputer untuk mengontrol jalannya

monokromator dan spektrum hasil *scanning* dapat langsung disimpan dalam bentuk file.

3. Pengambilan data untuk variasi sudut datang hendaknya lebih banyak dengan interval yang lebih kecil.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2006 : web site : [www. C5410+photon+counter.ac.id](http://www.C5410+photon+counter.ac.id), tanggal 4 April 2006.
- Anonim, 2006 : web site : [www.jobinyvon. Manuals/270M.pdf](http://www.jobinyvon.Manuals/270M.pdf), tanggal 3 Maret 2006.
- Anonim, 2006 : web site : www.nano.lipi.go.id, tanggal 8 Mei 2006.
- Anonim, 2006 : web site : www.unej.ac.id/fakultas/mipa/jid/vol6no1/puguh.pdf, tanggal 6 Januari 2006.
- Beiser, A., 1995, *Concepts Of Modern Physics*, 3rd Edition, Mc Graw-Hill, Inc,m New York.
- Cember, H., 1993, *Pengantar Fisika Kesehatan*, Edisi Kedua, terjemahan: Achmad Toekiman, IKIP Semarang Press, Semarang.
- Day, R. A. Dan Underwood, A. L., 1980, *Analisa Kimia Kuantitatif*, Edisi Keempat, terjemahan: R. Soendoro, Erlangga, Jakarta.
- Halliday dan Resnick., 1990, *Fisika Jilid 2*, Edisi Keempat, terjemahan: Pantuk Silaban dan Erwin Sucipto, Erlangga, Jakarta.
- Karyono, 1994, *Spektroskopi Atom dan Molekul*, Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Khopkar, S. M., 1990, *Konsep Dasar kimia Analitik*, terjemahan: A. Saptorahardjo, UI Press, Jakarta.
- Max Born & Emil Wolf., 1980, *Principles of Optics Electromagnetic Theory Of Propagation Interference And Diffraction Of Light*, Sixth edition, Pergamon Press plc, England.

Pedrotti F. L. S. J. dan Pedrotti, L.S., 1993, *Introduction to optics*, Second Edition, Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.

Utari, dkk, 2004, *Metode Deteksi Nuklir*, Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Wisnu Susetyo, 1988, *Spektrometri Gamma*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

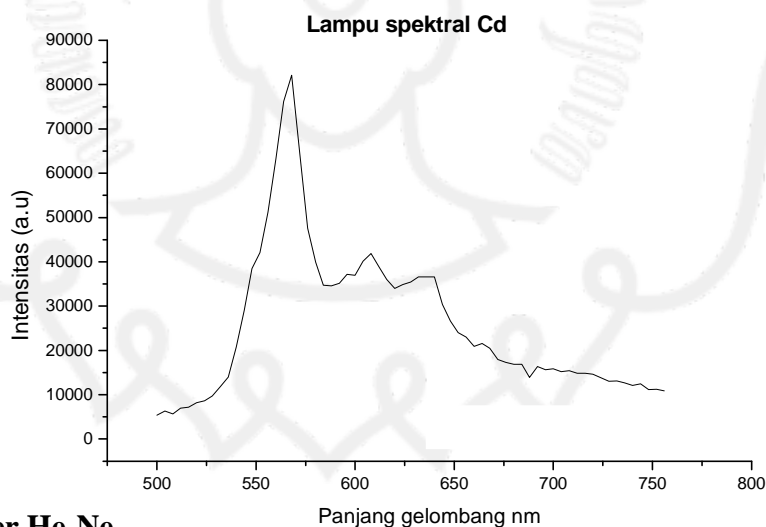


LAMPIRAN 1

DATA HASIL KALIBRASI

1.1 Spektrum Lampu Cd

λ (nm)	Intensitas (a.U)	560	63306	628	35422	696	15592
500	5398	564	76175	632	36632	700	15895
504	6285	568	82120	636	36600	704	15181
508	5678	572	64724	640	36637	708	15405
512	6926	576	47551	644	30382	712	14878
516	7170	580	39936	648	26600	716	14856
520	8187	584	34731	652	24030	720	14635
524	8604	588	34575	656	22986	724	13839
528	9720	592	35114	660	20910	728	13045
532	11809	596	37161	664	21591	732	13152
536	13974	600	36927	668	20488	736	12649
540	20736	604	40132	672	17912	740	12077
544	29120	608	41864	676	17270	744	12450
548	38454	612	38831	680	16894	748	11194
552	42097	616	36006	684	16856	752	11211
556	51184	620	34000	688	13894	756	10881
		624	34846	692	16332		



1.2 Laser He-Ne

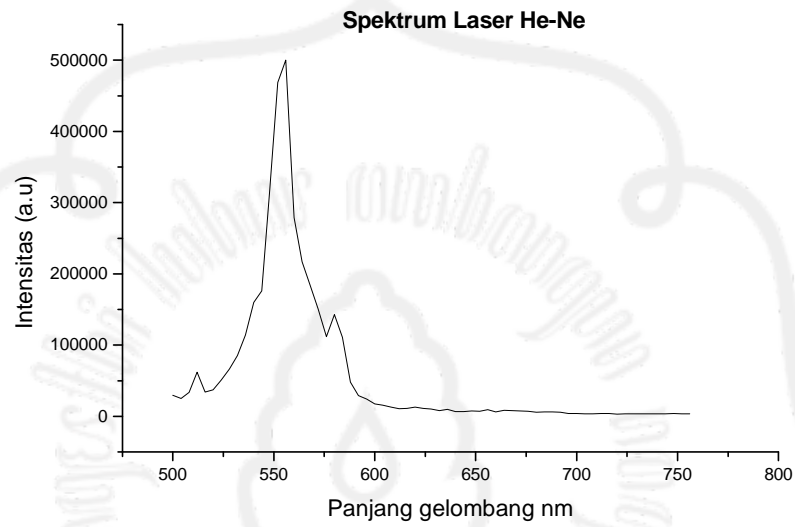
λ (nm)	I (a.u)	528	66195	560	279000	592	28867
500	29587	532	85351	564	217000	596	24378
504	25064	536	114000	568	184000	600	17428
508	33692	540	160000	572	151000	604	15575
512	61796	544	176000	576	112000	608	12757
516	33995	548	318000	580	143000	612	10528
520	37232	552	469000	584	111000	616	10984
524	50865	556	500000	588	47848	620	12618

624	11035
628	10476
632	7784
636	9733
640	6716
644	6642
648	7506
652	6847
656	9133

660	6247
664	8360
668	8009
672	7494
676	6812
680	5607
684	5906
688	6370
692	5767

696	3855
700	3771
704	3382
708	3583
712	3681
716	3664
720	3194
724	3288
728	3452

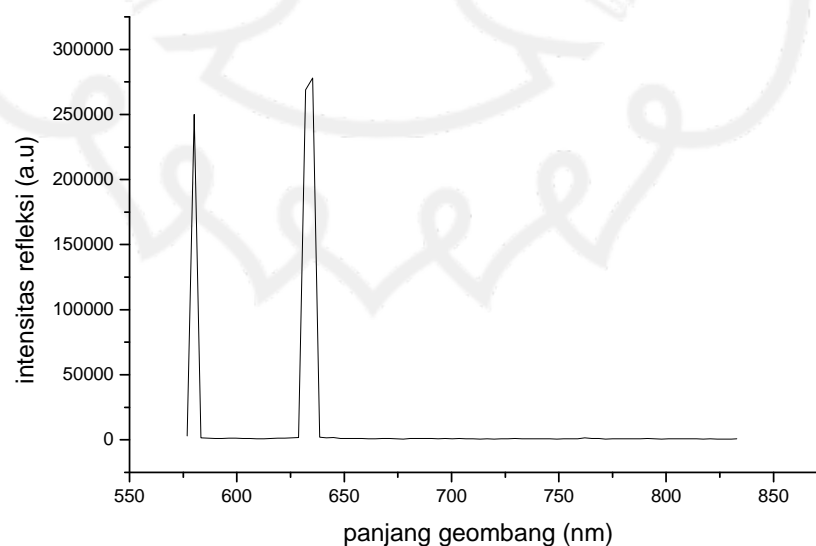
732	3364
736	3538
740	3549
744	3289
748	3779
752	3451
756	3491

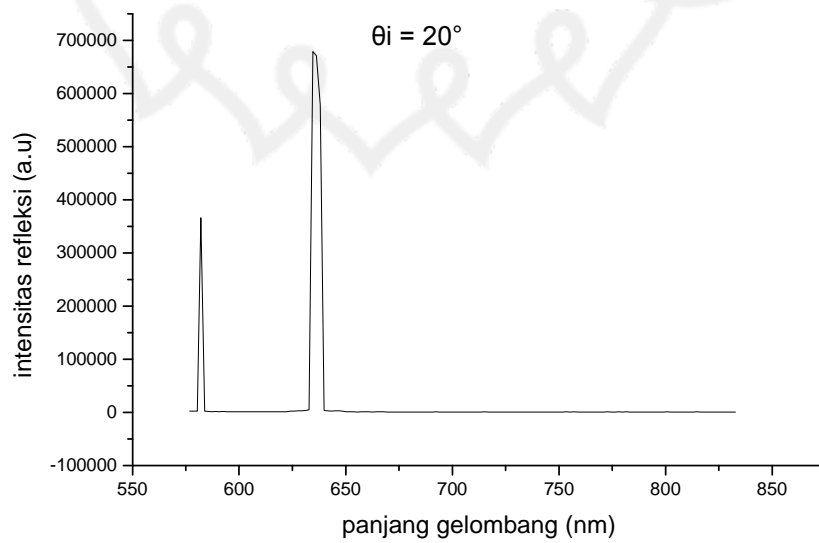
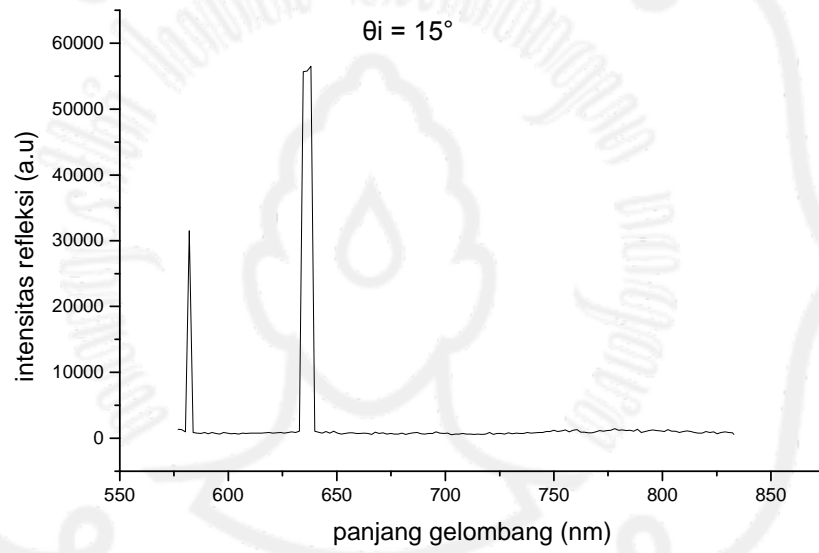
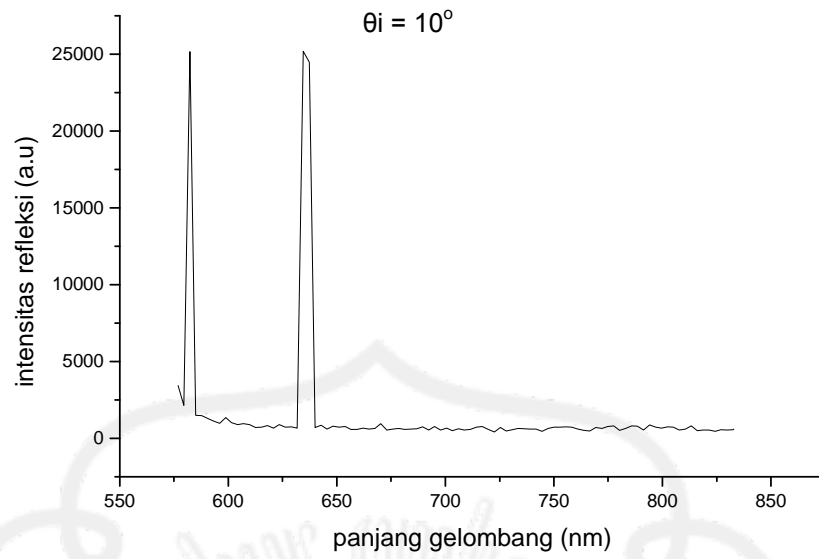


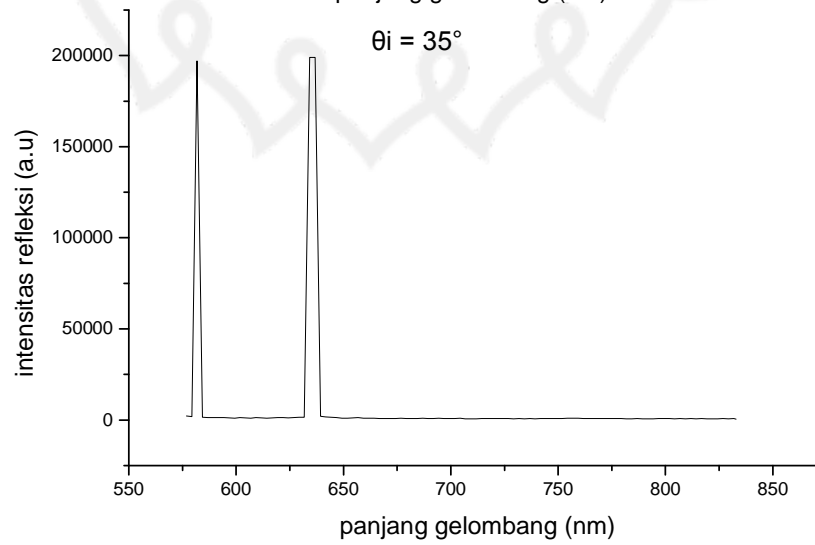
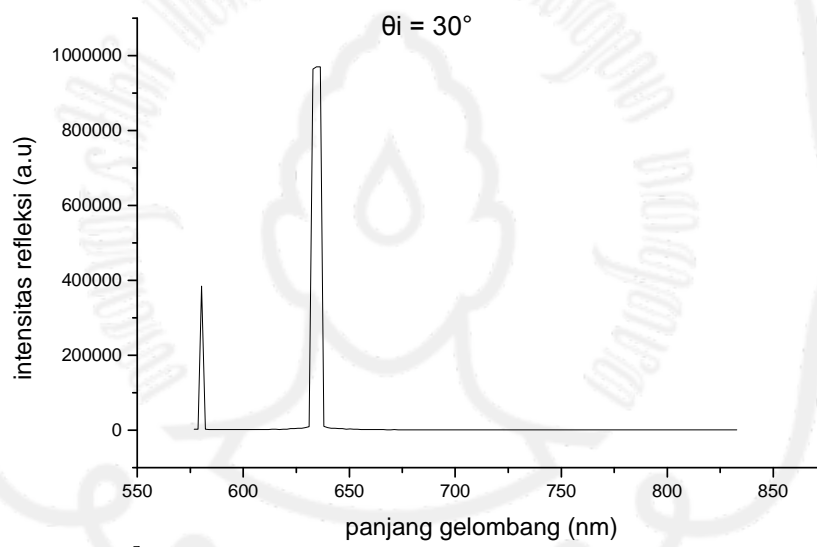
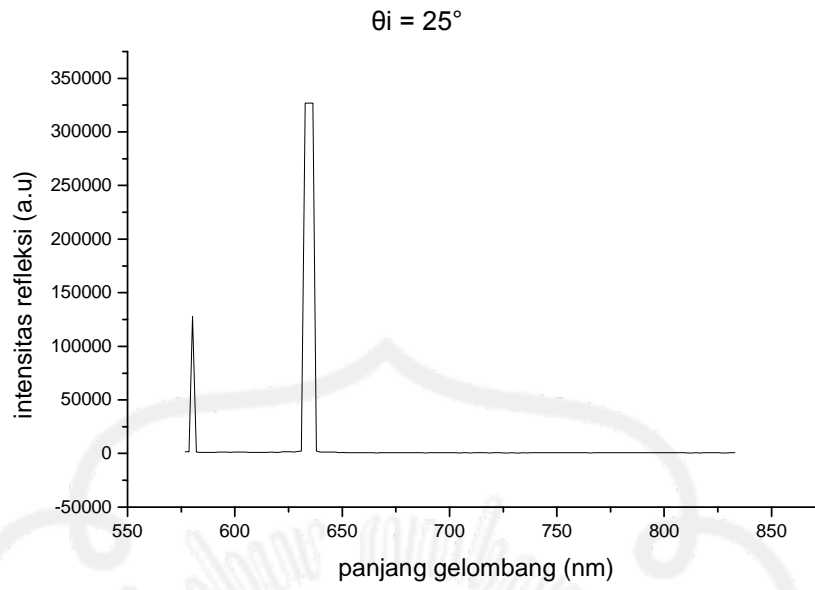
HASIL SPEKTRUM LASER He-Ne Sebenarnya**DARI SUDUT DATANG 5° – 50°****1.3 Substrat Glass plate**

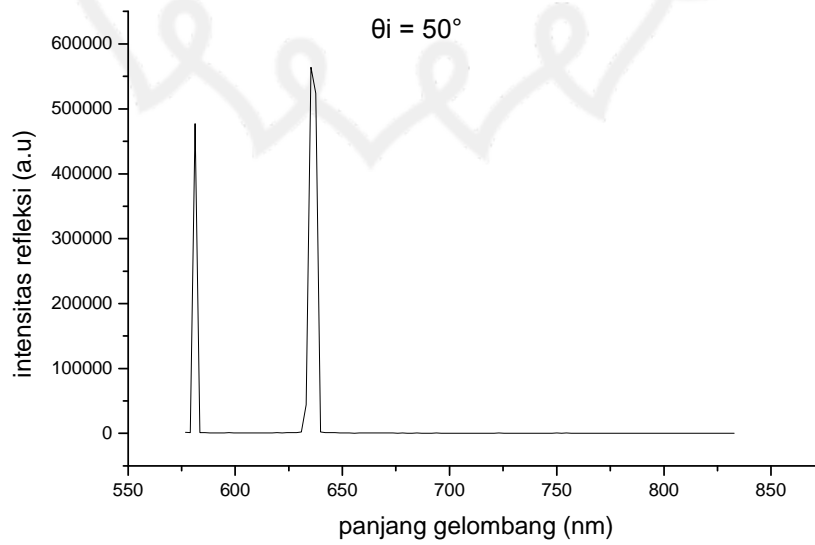
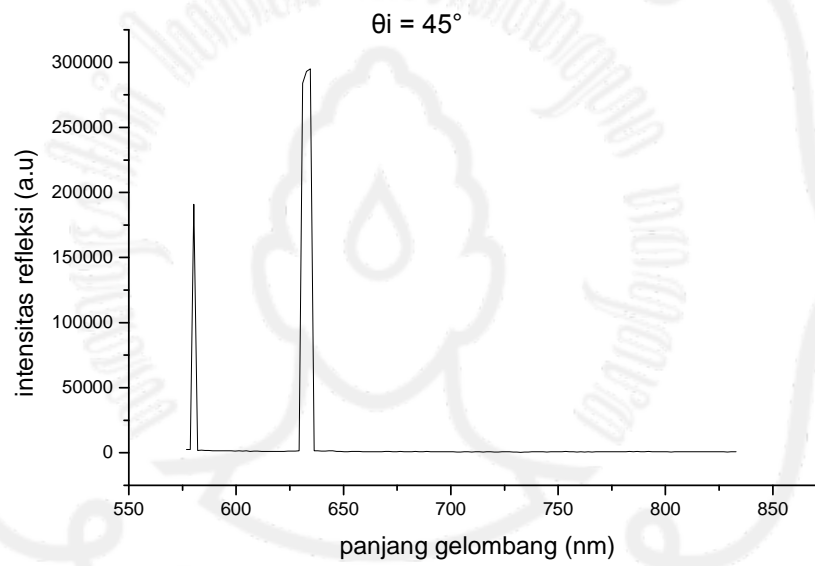
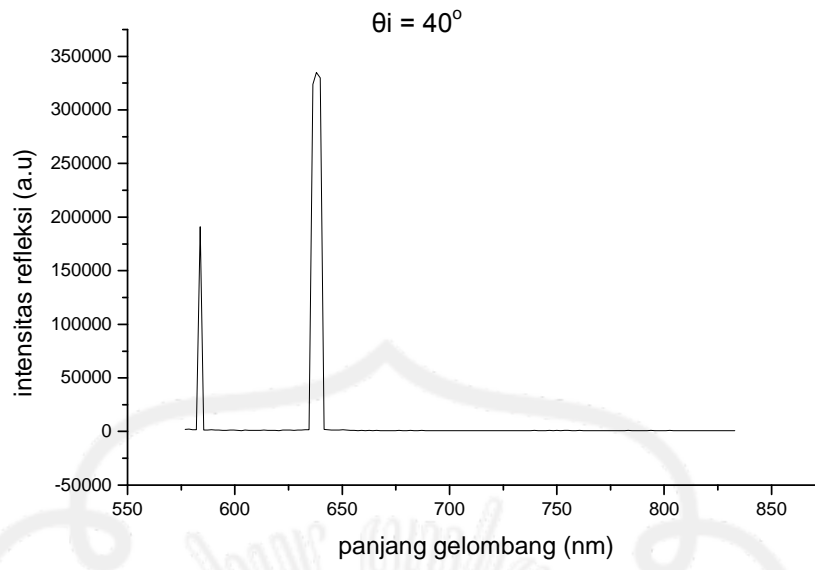
<i>Gate time</i>	= 50 ms
<i>Speed scan</i>	= 5 nm/s
<i>Voltase PMT</i>	= -1500 V
<i>Shutter entrance</i>	= 0,3 mm
<i>Shutter exit</i>	= 0,3 mm
$\lambda_{awal} - \lambda_{akhir}$	= 500 nm – 756 nm
pergeseran λ	= 76,8 nm
Delay	= 0 CH
L. Style	= LINE
Int	= 1
Beep SW	= ON
D. Range	= 1.00×10^1

$$\theta_i = 5^\circ$$



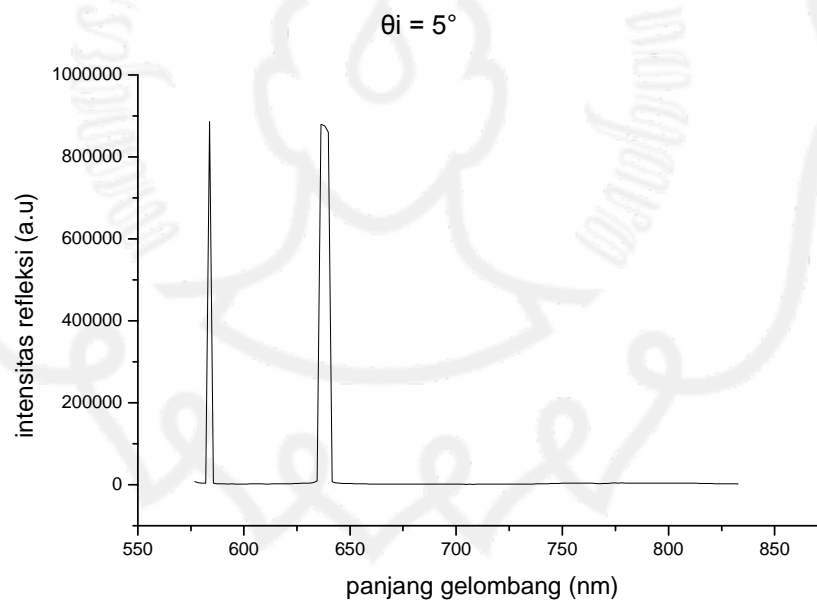


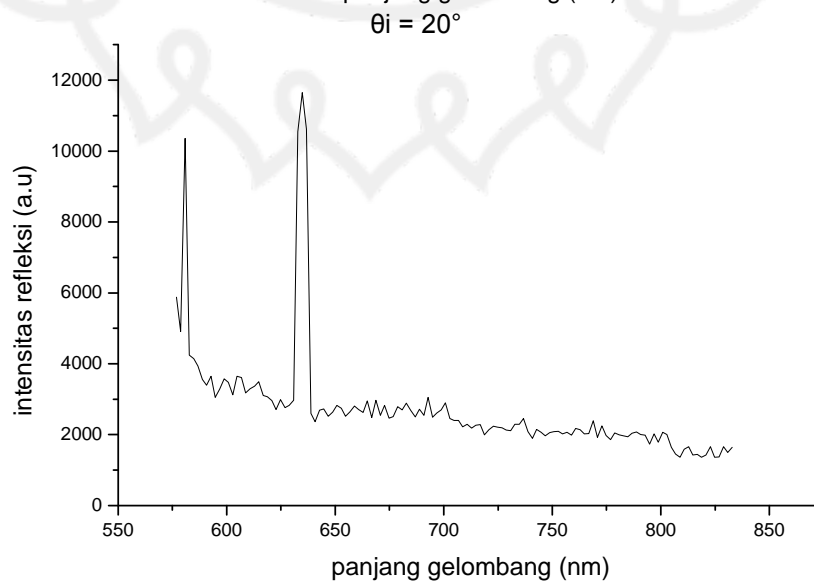
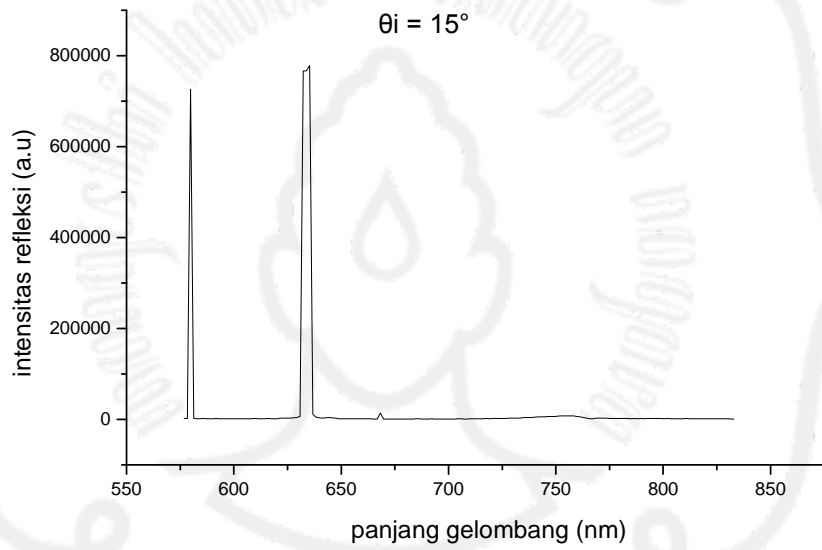
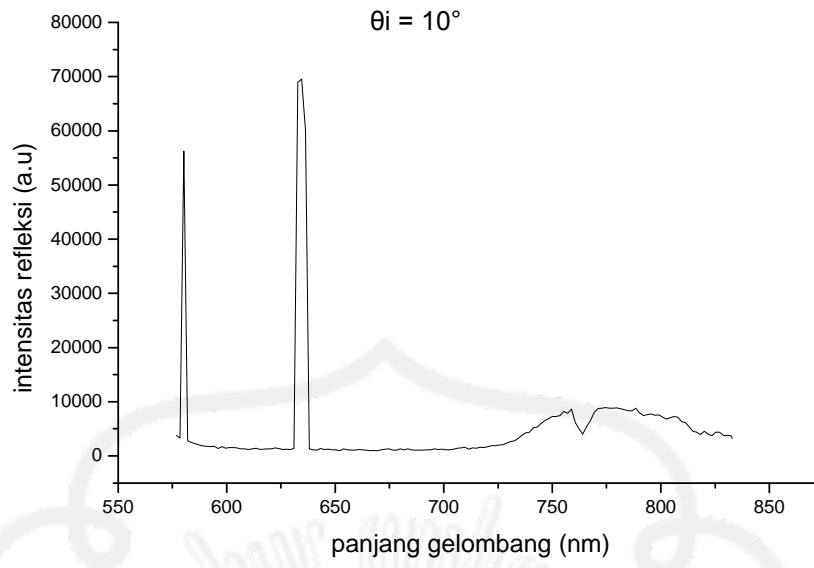


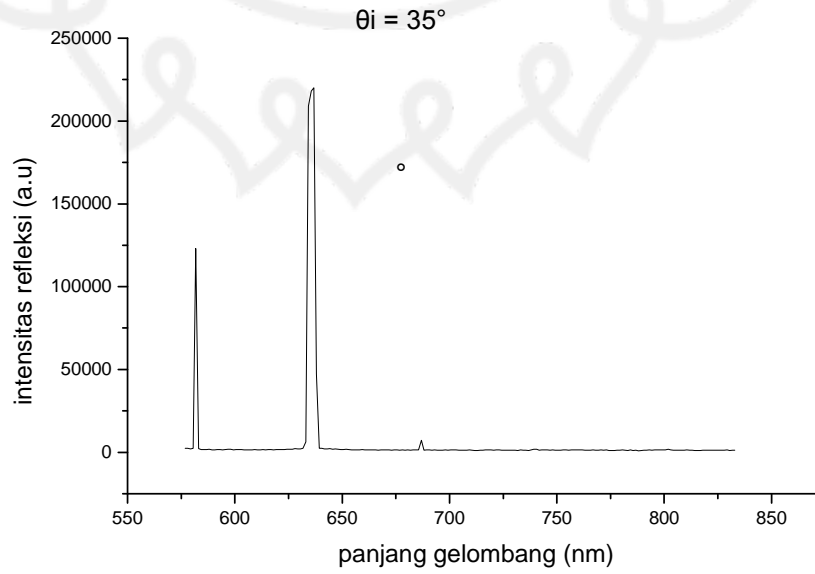
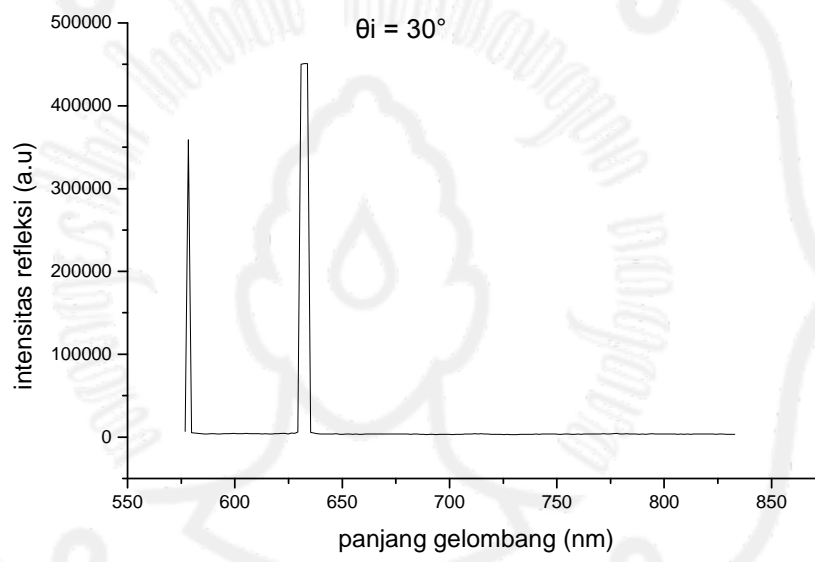
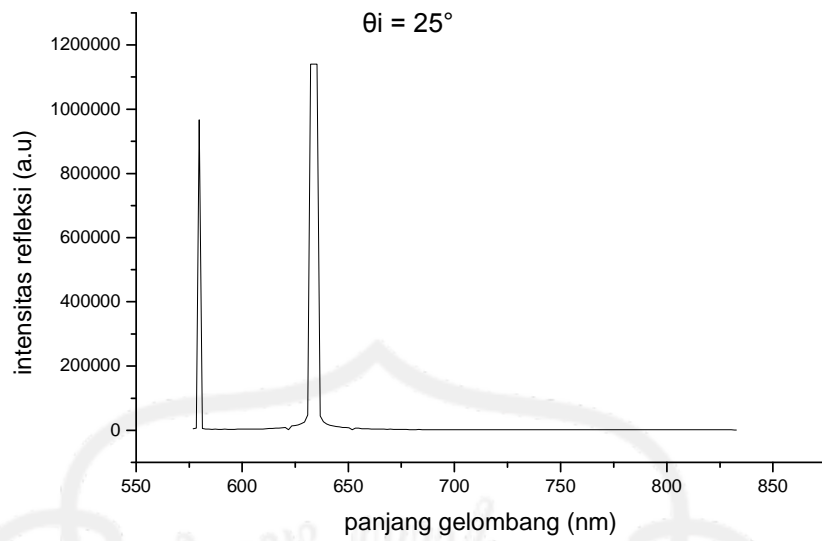


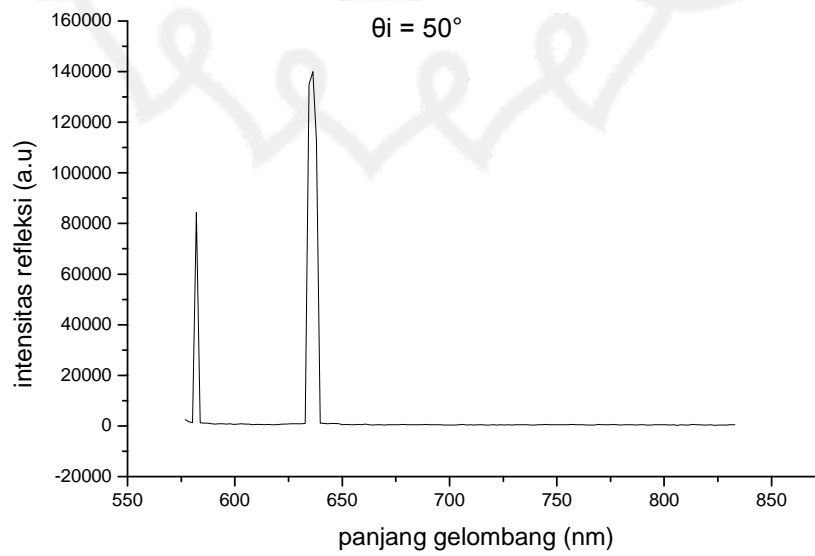
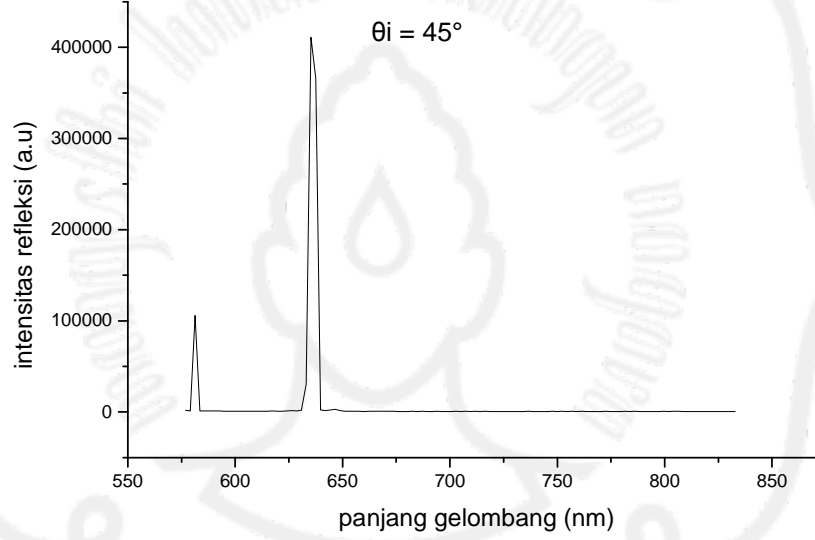
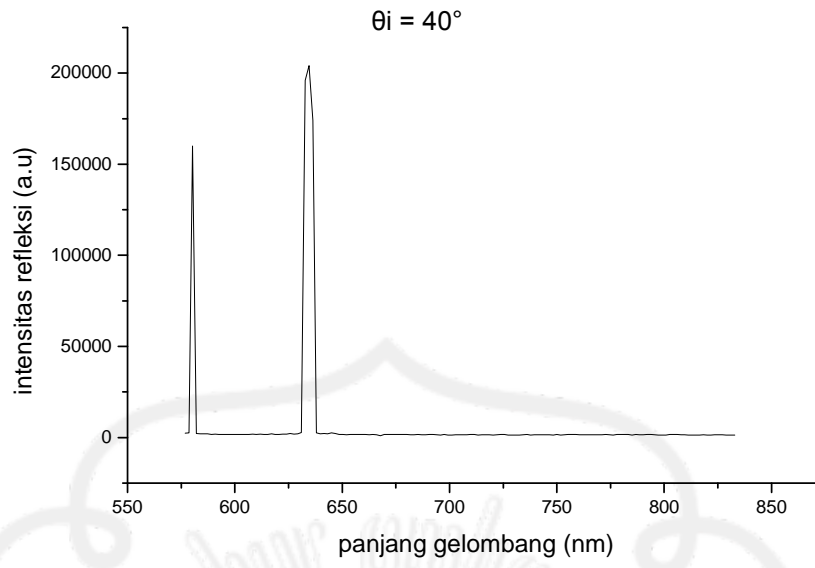
1.4 Sampel Spectrum 20%

<i>Gate time</i>	= 50 ms
<i>Speed scan</i>	= 5 nm/s
<i>Voltase PMT</i>	= -1500 V
<i>Shutter entrance</i>	= 0,3 mm
<i>Shutter exit</i>	= 0,3 mm
$\lambda_{awal} - \lambda_{akhir}$	= 500 nm – 756 nm
pergeseran λ	= 76,8 nm
Delay	= 0 CH
L. Style	= LINE
Int	= 1
Beep SW	= ON
D. Range	= 1.00×10^1



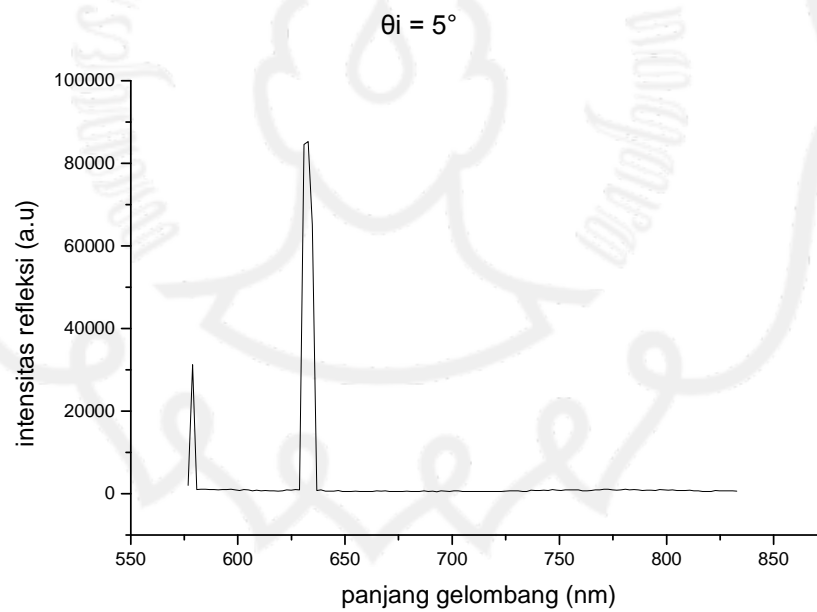


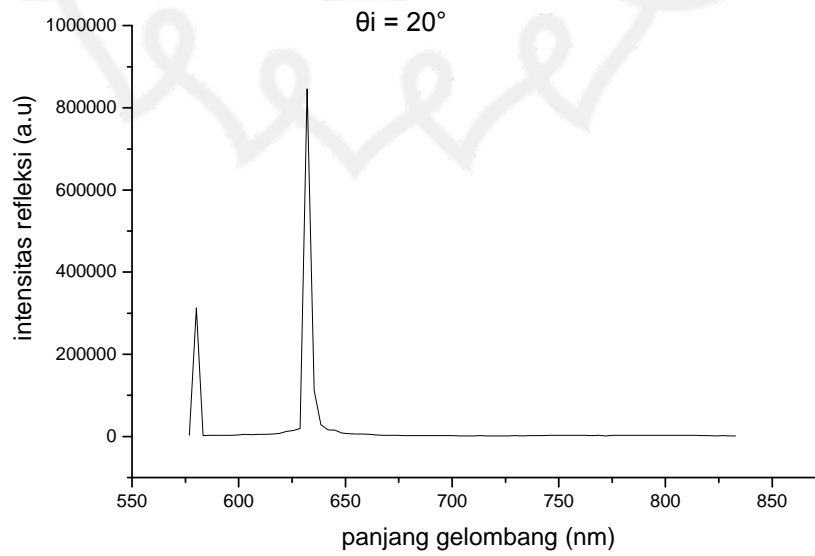
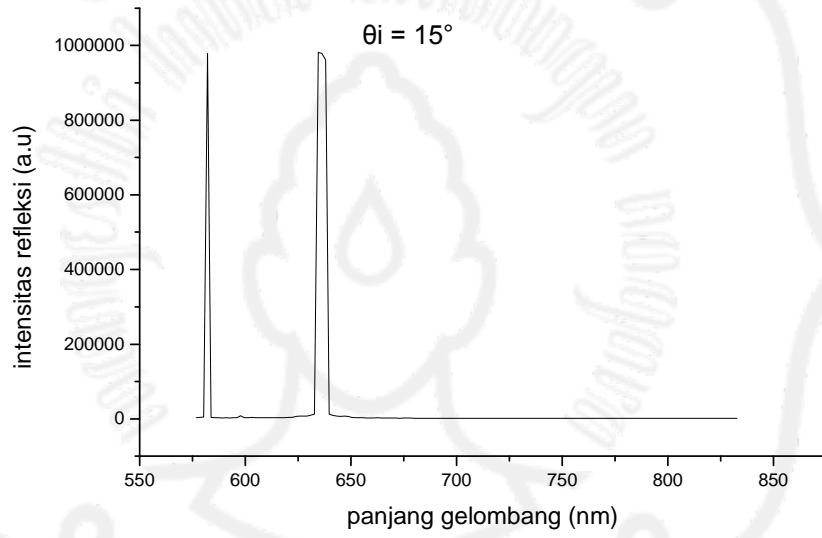
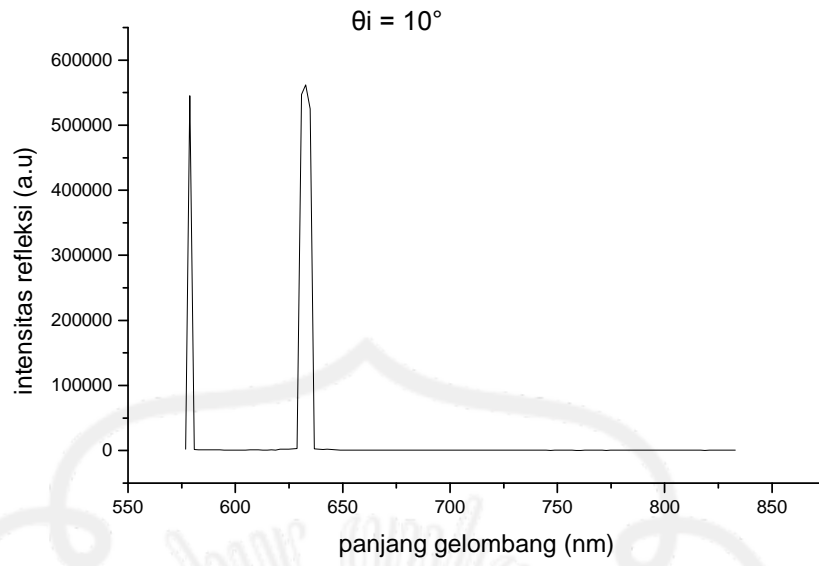


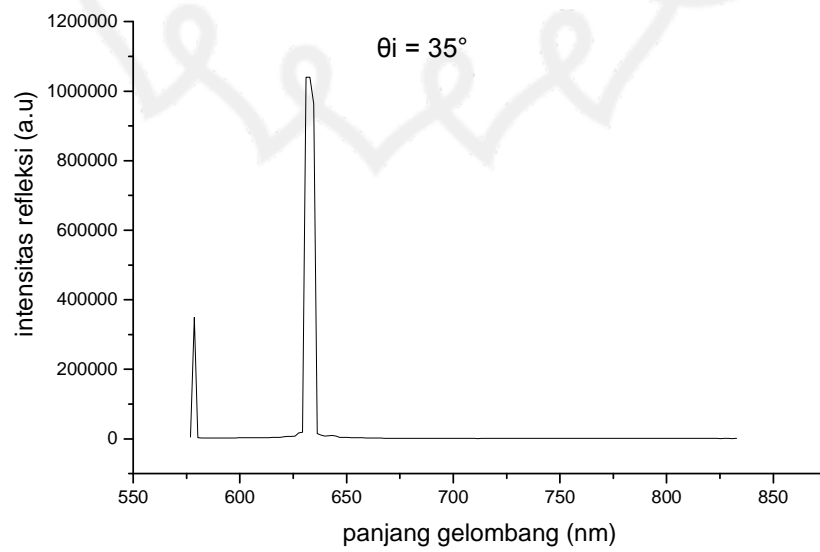
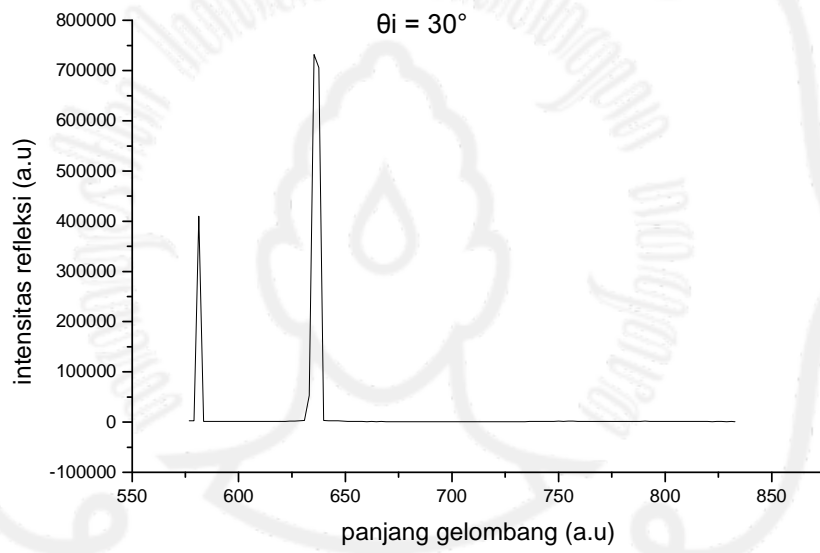
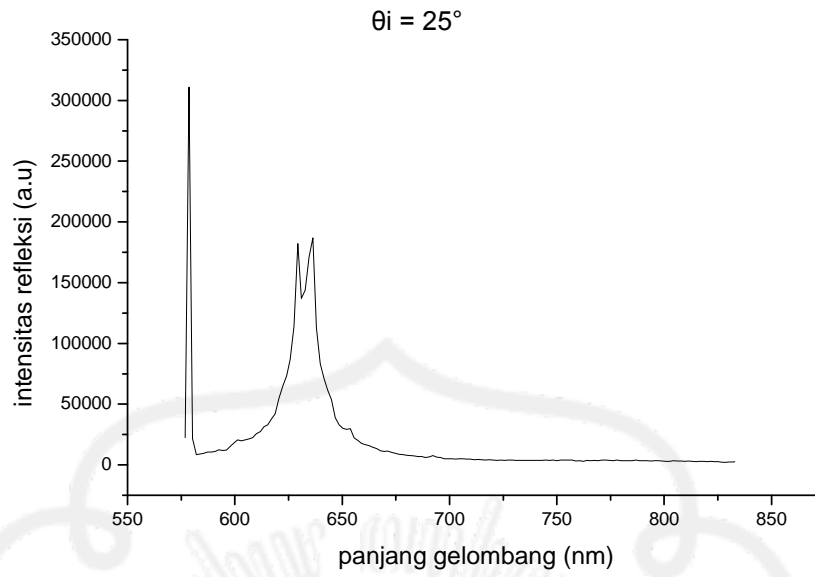


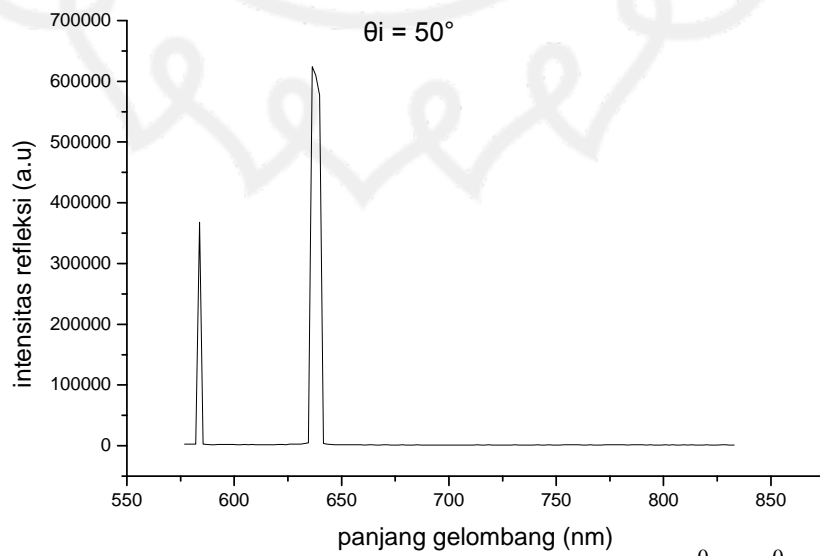
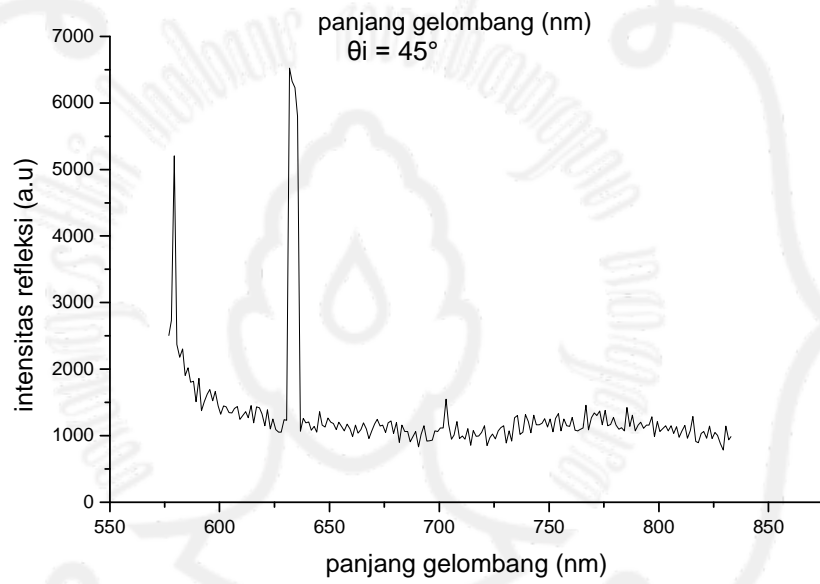
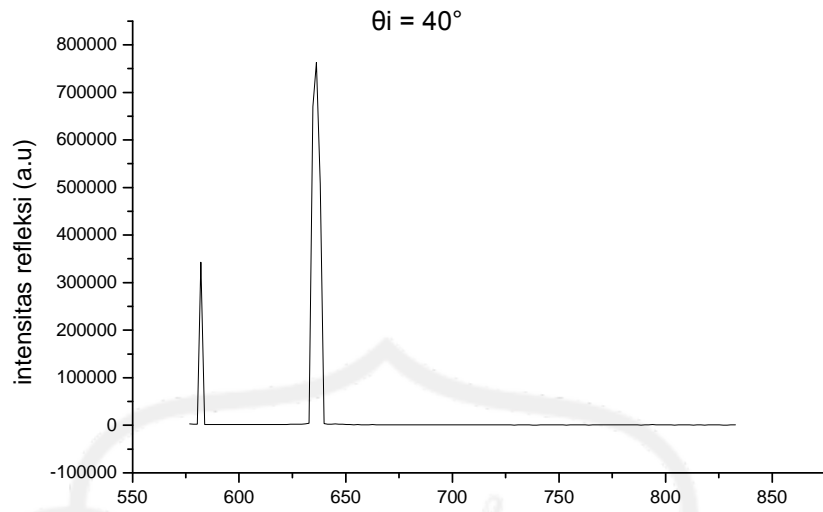
1.5 Untuk Sampel Solar Quard 60%

<i>Gate time</i>	= 50 ms
<i>Speed scan</i>	= 5 nm/s
<i>Voltase PMT</i>	= -1500 V
<i>Shutter entrance</i>	= 0,3 mm
<i>Shutter exit</i>	= 0,3 mm
$\lambda_{awal} - \lambda_{akhir}$	= 500 nm – 756 nm
pergeseran λ	= 76,8 nm
Delay	= 0 CH
L. Style	= LINE
Int	= 1
Beep SW	= ON
D. Range	= 1.00×10^1









Tabel 1. hasil scanning $\lambda_{\text{pergeseran}}$ dari sudut datang $5^\circ - 50^\circ$

Substrat kaca (*Glass plate*)

θ_i (°)	$\lambda_{0scanning}$	$\lambda_{0sebenarnya}$	$\lambda_{1scanning}$	$\lambda_{1sebenarnya}$
5	558,5	635,3	503,25	580,05
10	557,75	634,55	505,5	582,3
15	561,25	638,05	505,25	582,05
20	557,75	634,55	505,25	582,05
25	557,75	634,55	503,5	580,3
30	557,75	634,55	503,5	580,3
35	557,5	634,3	505	581,8
40	561,25	638,05	507	583,8
45	557,75	634,55	503,5	580,3
50	558,5	635,3	504,5	581,3

Lapisan kaca film *spectrum* 20%

θ_i (°)	$\lambda_{0scanning}$	$\lambda_{0sebenarnya}$	$\lambda_{1scanning}$	$\lambda_{1sebenarnya}$
5	559,5	636,3	507	583,8
10	557,75	634,55	503,5	580,3
15	558,5	635,3	503	579,8
20	558	634,8	504	580,8
25	555,5	632,3	503	579,8
30	555,5	632,3	501,5	578,3
35	560	636,8	505	581,8
40	557,75	634,55	503,5	580,3
45	558,5	635,3	504,5	581,3
50	559,5	636,3	505,75	582,55

Tabel 2. hasil scanning $\lambda_{pergeseran}$ dari sudut datang $5^0 - 50^0$ Lapisan kaca film *solar quard* 60%

θ_i (°)	$\lambda_{0scanning}$	$\lambda_{0sebenarnya}$	$\lambda_{1scanning}$	$\lambda_{1sebenarnya}$
5	556	632,8	502	578,8
10	556	632,8	502	578,8
15	557,75	634,55	505,25	582,05
20	555,25	632,05	503,25	580,05
25	552,5	629,3	501,75	578,55
30	558,5	635,3	504,5	581,3
35	554,25	631,05	501,75	578,55
40	559,5	636,3	505,25	582,05
45	555	631,8	502,5	579,3
50	559,5	636,3	507	583,8

LAMPIRAN 2

※ Perhitungan dan Grafik Hasil

Perhitungan nilai reflektansi dengan menggunakan hubungan dari persamaan (2.50), persamaan (2.31) dan persamaan (2.13). Misalnya dari tabel hasil *scanning* $\lambda_{pergeseran}$ untuk lapisan kaca *spectrum* 20% :

$$\bar{\lambda}_{0pergeseran} = \frac{636,3+634,55+635,5+634,8+632,3+632,3+636,8+634,55+635,5+636,3}{5} = 634,85 \text{ nm}$$

Jika indeks bias kaca film $n_1 = 1,76$ dan ketebalannya $t = 0,047 \text{ mm}$, maka dengan memasukkan ke dalam rumusan (2.50) diperoleh hasil sebagai berikut :

$\theta_i (^{\circ})$	λ_0 sebenarnya	$\sin\theta_i$	$\sin\theta_t$	θ_t	$\cos\theta_t$	R (%)
5	636,3	0,08715	0,051	0,0513	0,99869	9,71802
10	634,55	0,17364	0,099	0,0994	0,99507	8,86265
15	635,3	0,2588	0,148	0,1484	0,989	5,57407
20	634,8	0,342	0,195	0,1967	0,98072	4,26368
25	632,3	0,42259	0,241	0,2439	0,97041	9,41965
30	632,3	0,49997	0,286	0,2897	0,95832	6,62434
35	636,8	0,57354	0,328	0,3339	0,94477	9,39011
40	634,55	0,64275	0,367	0,3761	0,93011	5,2162
45	635,3	0,70707	0,404	0,4159	0,91474	4,92015
50	636,3	0,766	0,438	0,4531	0,89911	5,68032

Dengan : $R = \frac{n_1^2(n_0 - n_s)^2 \cos^2\delta + (n_0 n_s - n_1^2)^2 \sin^2\delta}{n_1^2(n_0 + n_s)^2 \cos^2\delta + (n_0 n_s + n_1^2)^2 \sin^2\delta}$ (2.50)

$$\delta = k_0 \Delta = \left(\frac{2\pi}{\lambda_0}\right) n_1 t \cos\theta_{t1}$$
(2.31)

$$n_0 \sin\theta_i = n_1 \sin\theta_t$$
(2.13)

dari persamaan (2.13) diperoleh ;

$$\theta_t = \arcsin\left(\frac{n_0 \sin \theta_i}{n_1}\right), \text{ dimana } \theta_t = \theta_{t1}$$

sehingga persamaan (2.31) dapat dituliskan menjadi :

$$\delta = k_0 \Delta = \left(\frac{2\pi}{\lambda_0}\right) n_1 t \cos\left(\arcsin\left(\frac{n_0 \sin \theta_i}{n_1}\right)\right) \dots\dots\dots(1)$$

jadi persamaan (2.50) menjadi :

$$R = \frac{n_1^2(n_0 - n_s)^2 \cos^2\left(\frac{2\pi}{\lambda_0} n_1 t \cos\left(\arcsin\left(\frac{n_0 \sin \theta_i}{n_1}\right)\right)\right) + (n_0 n_s - n_1^2)^2 \sin^2\left(\frac{2\pi}{\lambda_0} n_1 t \cos\left(\arcsin\left(\frac{n_0 \sin \theta_i}{n_1}\right)\right)\right)}{n_1^2(n_0 + n_s)^2 \cos^2\left(\frac{2\pi}{\lambda_0} n_1 t \cos\left(\arcsin\left(\frac{n_0 \sin \theta_i}{n_1}\right)\right)\right) + (n_0 n_s + n_1^2)^2 \sin^2\left(\frac{2\pi}{\lambda_0} n_1 t \cos\left(\arcsin\left(\frac{n_0 \sin \theta_i}{n_1}\right)\right)\right)} \dots\dots\dots(2)$$

Reflektansi substrat kaca diperoleh dengan menurunkan persamaan (2.50) untuk

$$n_1 = n_0$$

dimana $t = \frac{\lambda_0}{4n_1}$ yang mengakibatkan persamaan (2.31) menjadi $\delta = \frac{2\pi n_0 t}{\lambda_0} = \frac{\pi}{2} \cos \theta_{t1}$.

Jika $\cos \theta_{t1} = \cos \theta_t$, maka menurut persamaan (2.13) besarnya $\theta_t = \theta_i$. Sehingga

pada kasus ini persamaan (2.50) dapat dituliskan menjadi :

$$R = \frac{n_0^2(n_0 - n_s)^2 \cos^2\left(\frac{\pi}{2} \cos \theta_t\right) + (n_0 n_s - n_0^2)^2 \sin^2\left(\frac{\pi}{2} \cos \theta_t\right)}{n_0^2(n_0 + n_s)^2 \cos^2\left(\frac{\pi}{2} \cos \theta_t\right) + (n_0 n_s + n_0^2)^2 \sin^2\left(\frac{\pi}{2} \cos \theta_t\right)} \dots\dots\dots(3)$$

Tabel 3. reflektansi untuk setiap variasi sudut datang

Substrat kaca (*Glass plate*)

θ_i ($^{\circ}$)	R (%)
5	4,26
10	4,26
15	4,26
20	4,26
25	4,26
30	4,26
35	4,26
40	4,26
45	4,26
50	4,26

Lapisan kaca film *spectrum* 20%

θ_i ($^{\circ}$)	R (%)
5	9,72
10	8,86
15	5,57
20	4,26
25	9,4
30	6,6
35	9,4
40	5,2
45	4,9
50	5,7

Lapisan kaca film *solar guard* 60%

θ_i ($^{\circ}$)	R (%)
5	29,34
10	26,03
15	31,46
20	20,01
25	27,05
30	6,03
35	12,18
40	7,414
45	10,44
50	30,58

Tabel 4. λ puncak sebenarnya dan intensitas refleksi laser He-Ne
 untuk setiap variasi sudut datang
 Sampel *spectrum* 20%

θ_i ($^{\circ}$)	$\lambda_{0\text{sebenarnya}}$ (nm)	$\lambda_{1\text{sebenarnya}}$ (nm)	I_{r_0}	I_{r_1}
5	636,3	583,8	80000	886000
10	634,55	580,3	69559	56270
15	635,3	579,8	778000	726000
20	634,8	580,8	11651	10355
25	632,3	579,8	1140000	967000
30	632,3	578,3	451000	359000
35	636,8	581,8	220000	123000
40	634,55	580,3	204000	160000
45	635,3	581,3	411000	106000
50	636,3	582,55	140000	84329

Sampel *solar quard* 60%

θ_i ($^{\circ}$)	$\lambda_{0\text{sebenarnya}}$ (nm)	$\lambda_{1\text{sebenarnya}}$ (nm)	I_{r_0}	I_{r_1}
5	632,8	578,8	85325	31236
10	632,8	578,8	562000	545000
15	634,55	582,05	981000	978000
20	632,05	580,05	846000	313000
25	629,3	578,55	187000	311000
30	635,3	581,3	732000	410000
35	631,05	578,55	1040000	300000
40	636,3	582,05	763000	343000
45	631,8	579,3	6522	5203
50	636,3	583,8	624000	368000

LAMPIRAN 3**Spesifikasi Monokromator 270M**

Panjang fokus	: 0,27
Rasio celah masuk	: f/4
Perbesaran bayangan pada keluaran	: 1,23
<i>Range scanning</i> dengan kisi 1200 g/mm	: 0 – 1100 nm
<i>Range multichannel</i> dengan kisi 1200 g/mm	: 77 nm, lebar array diatas 25 nm
Daerah medan datar dalam bidang fokus	: lebar 25 nm x tinggi 12 nm
Dispersi spektral dengan kisi 1200 g/mm	: 3,1 nm / mm
Resolusi spektral sebagai monokromator scanning dengan kisi 1200 g/mm	: 0,1 nm pada 546 nm
Kualitas bayangan vertikal	: resolve 25 fiber, masing-masing 200 μ m dalam 0,5"
Ketelitian posisi panjang gelombang	: +/- 0,5 nm
Repeatabilitas panjang gelombang	: +/- 0,05 nm
Scan max/ <i>slew rate</i>	: 70 nm/s
Ukuran step jalan panjang gelombang Untuk kisi 1200 g/mm	: 0,03125 nm/step
Ukuran step jalannya lebar slit	: 6,25 μ m/step nominal
Panjang keseluruhan	: 16,25 inchi (41,3 cm)
Lebar keseluruhan	: 15,5 inchi (39,4)
Tinggi keseluruhan	: 7,5 inchi (19,0 cm)
Berat keseluruhan	: 34 pound (15,5 kg)

Parameter Set Up Monokromator 270M

Model	: 270M
Base grating	: 1200
Steps / base unit	: 32 / nm
Batas minimum	: 0
Batas maximum	: 1100
Frekuensi minimum	: 2560 Hz
Frekuensi maximum	: 2560 Hz
Ramp Time	: 1000 ms
Backlash Steps	: 3200
Panjang fokus spektrograf masuk/keluar	: 227,3 / 267,84 nm
Included Angle	: 18''
Incline	: 11''
Trig Cal 1	: 0
Trig Cal 2	: -1

HAND SCAN / KEYLINK KEYPAD*** Tombol yang bekerja langsung**

Tombol	Kegunaan
[RUN]	Mulai scanning, sistem akan bergerak ke posisi awal kemudian melakukan trigger jika diperlukan. Pertama kali scan dijalankan hanya tombol [PAUSE] dan [HALT] yang dapat merespon.
[HALT]	Menghentikan semua gerakan untuk kemudian dijalankan kembali atau istirahat (pause).
[PAUSE]	Menghentikan sementara.
[CONT]	Melanjutkan setelah [PAUSE]
[STAT]	Menunjukkan versi <i>firmware</i> untuk program di dalam pengontrol atau interface yang merupakan tempat penghubung sambungan.
[SHTR]	Memberikan status posisi shutter pada tekanan pertama dan merubah gerakan pada tekanan-tekanan berikutnya.
[CAL]	Mengkalibrasi nilai pada saat itu.
[TRIG]	Mulai scan yang mengikuti set up yang ditunjukkan setelah menekan [RUN]. Mode trigger harus diprogram dari SCAN MENU / MONO A SCAN atau MONO B SCAN untuk dapat aktif.
[<] atau [>]	Menggerakkan dengan kenaikan kecil, tanpa koreksi balik.
[<<] atau [>>]	Menggerakkan dengan kenaikan 10, tanpa koreksi balik.

*** Tombol Go to**

[GO TO]	Menampilkan posisi atau nilai dari drive/peralatan yang baru dipilih. Bagian kanan atas menampilkan subsistem monokromator. Untuk memilih slit atau alat yang lain dalam monokromator, tekan tombol [^] atau [v]. Alat yang dipilih akan ditampilkan di bagian kiri atas, dan posisinya tertera di bawahnya. Untuk merubah alat-alat seperti
----------------	--

shutter, turret dan cermin sisi, gunakan [NEXT] dan [BACK] kemudian [ENTER].

*** tombol Akses menu**

[SCAN MENU]	Menyediakan akses scan menu untuk dipilih dan mengeksekusi secara otomatis dengan tombol [RUN].
[FUNC MENU]	Menyediakan akses untuk merubah konfigurasi dan kegunaan.
[NEXT] & [BACK]	Untuk menggerakkan secara horisontal melalui submenu pada SCAN dan FUNCTION Menu.
[^] & [v]	Untuk menggerakkan secara vertikal dalam submenu tanpa memvalidasi perubahan.
[ENTER]	Untuk memvalidasi pilihan atau memasukkan data dan berguna juga untuk menunjukkan medan dalam submenu.
[A], [B], [C]	Untuk memilih mono A, mono B atau submenu sistem pengontrol photometer, kemudian gunakan [GO TO]. Dapat juga digunakan untuk memilih submenu CONFIG DEV atau DEVICE LIST.

*** tombol untuk mengedit**

[1], [2],... etc	untuk memasukkan nilai
[BACKSPACE]	Menghapus tampilan terakhir.
[CLEAR]	Menghapus semua masukkan yang ditampilkan.
[.]	Menyisipkan titik desimal dalam sejumlah angka.
[+/-]	Untuk memasukkan angka negatif dengan menekan tombol ini sebelum memasukkan nilai numerik.

