

SPEKTROSKOPI MOLEKULER UNTUK ANALISIS FARMASI

**Ibnu Gholib Gandjar
Abdul Rohman**

GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	v
BAB I RADIASI ELEKTROMAGNETIK DAN SPEKTROSKOPI	1
A. Pendahuluan Spektroskopi.....	1
B. Radiasi Elektromagnetik (REM)	2
C. Interaksi Radiasi Elektromagnetik dengan Sampel	4
D. Pembagian Spektroskopi.....	6
SOAL LATIHAN.....	10
BAB II SPEKTROFOTOMETRI ULTRAVIOLET-TAMPAK	11
A. Pendahuluan.....	11
B. Eksitasi Elektronik Dalam Molekul.....	12
1. Penyerapan Sinar UV-Vis oleh Molekul Organik...	13
2. Penyerapan Sinar UV-Vis oleh Senyawa Anorganik	23
C. Pengaruh Pelarut Dalam Serapan UV-Vis	26
D. Spektra UV Dan Struktur Molekul-Molekul Organik ...	29
1. Sistem-Sistem <i>Diena</i> Terkonjugasi.....	30
2. Sistem Keton Terkonjugasi	35
3. Cincin Benzena Tersubstitusi.....	39
E. Jenis Spektra UV Beberapa Molekul Obat.....	42
1. Enon Steroid.....	42
2. Efedrin: Suatu Kromofor Tipe Benzoid (Mengandung Inti <i>Benzen</i>).....	44
3. Ketoprofen: Kromofor <i>Benzen</i> yang Diperpanjang	44
4. Prokain: Auksokrom Gugus Amino	45
5. Fenileprin: Auksokrom Gugus Hidroksil.....	46
SOAL LATIHAN.....	47
BAB III INSTRUMENTASI DAN VERIFIKASI	
SPEKTROFOTOMETER ULTRAVIOLET-TAMPAK	49
A. Pendahuluan.....	49
B. Sistem Instrumentasi Spektrofotometer Uv-Vis	49
1. Sumber Sinar.....	51
2. Monokromator	52
3. Kuvet.....	57

4.	Detektor	59
C.	Verifikasi Spektrofotometer UV-Vis	61
1.	Verifikasi Skala Absorbansi	62
2.	Verifikasi Skala Panjang Gelombang.....	63
3.	Penentuan Resolusi atau Daya Pisah Spektrofotometer.....	65
4.	Penentuan Adanya Sesatan Sinar (<i>Stray Radiation</i>)	66
5.	Verifikasi Derau (<i>Noise</i>).....	69
6.	Verifikasi Kedataran (<i>Baseline</i>)	70
7.	Verifikasi Stabilitas Instrumen	70
	SOAL LATIHAN.....	71
BAB IV	ANALISIS KUANTITATIF SECARA SPEKTOFOTOMETRI UV-VIS.....	72
A.	Pendahuluan.....	72
B.	Hukum Lambert-Beer	73
C.	Metode Kalibrasi.....	78
1.	Metode Baku Eksternal.....	79
2.	Metode Baku Internal	82
3.	Metode Standar Adisi.....	83
D.	Analisis Kuantitatif	84
1.	Analisis Senyawa Tunggal.....	84
2.	Analisis Multikomponen.....	92
E.	Penyimpangan Hukum Lambert-Beer	97
F.	Hal-Hal Yang Harus Diperhatikan dalam Analisis Kuantitatif Secara Spektrofotometri UV-Vis	101
1.	Pembentukan Molekul yang Dapat Menyerap Sinar UV-vis	101
2.	Waktu Operasional (<i>Operating Time</i>).....	104
3.	Pemilihan Panjang Gelombang.....	105
4.	Pembuatan Kurva Baku	106
5.	Pembacaan Absorbansi Sampel atau Cuplikan	107
	SOAL LATIHAN	107
BAB V	APLIKASI SPEKTROSKOPI ULTRAVIOLET-TAMPAK ...	111
A.	Pendahuluan.....	111
B.	Manipulasi Spektra UV-Vis	111
1.	Spektra Derivatif (Turunan).....	112
2.	Spektra Perbedaan (<i>Difference Spectra</i>).....	120
C.	Penggunaan Spektroskopi UV-Vis	123
1.	Titration Spektrofotometri	123
2.	Penentuan Nilai pKa	126

3.	Penggunaan Spektroskopi UV-vis dalam Formulasi dan Praformulasi Sediaan Farmasi.....	127
4.	Penggunaan Spektroskopi UV-vis dalam Analisis Senyawa Obat	128
BAB VI ANALISIS MULTIKOMPONEN DENGAN SPEKTROSKOPI UV-VIS DAN KALIBRASI MULTIVARIAT		
	A. Pendahuluan.....	131
	B. Kalibrasi Multivariat.....	131
1.	Metode Kuadrat Terkecil Klasik (<i>Classical Least Square</i>)	133
2.	Regresi Linier Ganda Bertahap (<i>Stepwise Multiple Linear Regression, SMLR</i>)	133
3.	Regresi Komponen Utama (<i>Principle Component Regression, PCR</i>)	134
4.	Regresi Kuadrat Terkecil Sebagian (<i>Partial Least Square, PLS</i>).....	134
	C. Aplikasi Spektroskopi Uv-Vis Dan Kalibrasi Multivariat Untuk Analisis Farmasi.....	135
1.	Set Kalibrasi Nomor 1	137
2.	Set Kalibrasi Nomor 2	138
BAB VII SPEKTROSKOPI EMISI MOLEKULER		
	A. Pendahuluan.....	140
	B. Fluoresensi dan Fosforesensi.....	141
	C. Hubungan Antara Intensitas Fluoresensi dan Konsentrasi	142
	D. Molekul-Molekul yang Mampu Berfluoresensi.....	146
	E. Sistem Instrumentasi.....	148
1.	Alat Pemilih Panjang Gelombang.....	149
2.	Sumber Radiasi	150
3.	Detektor.....	151
4.	Tempat Sampel.....	152
	F. Aplikasi Spektroskopi Emisi dalam Bidang Farmasi	152
1.	Analisis Obat.....	152
2.	Penentuan Kecepatan Disolusi Tablet Digoksin	164
3.	Penentuan Aluminium dalam Air untuk Injeksi sebagai Kompleks Fluoresensi.....	164
	SOAL LATIHAN.....	165
	DAFTAR PUSTAKA.....	167
	INDEKS	171
	BIODATA PENULIS	174

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Jenis-jenis transisi dalam tiap daerah spektrum elektromagnetik yang dipelajari dengan spektroskopi	6
Tabel 1.2	Spektroskopi yang melibatkan perubahan energi	7
Tabel 2.1	Karakteristik berbagai macam kromofor yang terdapat dalam molekul organik	19
Tabel 2.2	Karakteristik serapan UV beberapa kromofor berdasarkan pada cincin benzena	21
Tabel 2.3	Jenis pelarut serta panjang gelombang minimal pelarut tidak menyerap sinar ultraviolet	27
Tabel 2.4	Aturan-aturan empirik untuk menghitung nilai panjang gelombang <i>diena</i> terkonjugasi	31
Tabel 2.5	Aturan-aturan untuk serapan keton dan aldehid tidak jenuh α,β	36
Tabel 2.6	Serapan maksimal untuk cincin-cincin benzena tersubstitusi (Ph-R)	39
Tabel 2.7	Aturan-aturan empirik <i>derivat benzoil</i>	41
Tabel 2.8	Serapan maksimal beberapa kortikosteroid	43
Tabel 3.1	Sumber-sumber radiasi yang digunakan dalam spektroskopi analitik, termasuk spektroskopi UV-vis	52
Tabel 3.2	Detektor-detektor umum yang digunakan dalam spektrofotometri absorpsi	60
Tabel 3.3	Hubungan antara panjang gelombang kalium bikromat dengan kisaran nilai $E_{1\text{cm}}^{1\%}$	63
Tabel 3.4	Perbandingan standar-standar untuk uji akurasi panjang gelombang	64
Tabel 3.5	Perkiraan sesatan sinar pada transmitan 1%	67
Tabel 3.6	Larutan dan kisaran spektral yang digunakan pada pengukuran sesatan sinar	68
Tabel 4.1	Data kalibrasi untuk penentuan kandungan parasetamol dengan spektroskopi UV-vis	80
Tabel 4.2	Data absorpsi ultraviolet <i>teofilin</i> dalam air pada panjang gelombang maksimal 272 nm.	84
Tabel 6.1	Komposisi analisis sirup teofilin dengan metode spektroskopi-kalibrasi multivariat PLS-1	138

Tabel 7.1	Nilai efisiensi kuantum (Φ) berbagai senyawa yang berfluoresensi	143
Tabel 7.2	Kondisi eksperimental untuk penentuan sulfonamid.....	162

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Radiasi elektromagnetik (REM) yang menunjukkan medan magnet, medan listrik, dan arah perambatan	2
Gambar 1.2	Panjang gelombang (λ) dan amplitudo (A_e) radiasi elektromagnetik	3
Gambar 1.3	Kisaran panjang gelombang, frekuensi, dan spektrum elektromagnetiknya	5
Gambar 1.4	Diagram level energi yang menunjukkan absorpsi foton, yang disederhanakan	7
Gambar 1.5	Contoh spektrum serapan <i>parametason</i> (suatu <i>kortikosteroid</i>), yang menyatakan <i>plot</i> (rajab antara panjang gelombang dengan absorbansinya).....	8
Gambar 1.6	Diagram aras energi yang telah disederhanakan	9
Gambar 1.7	Struktur kimia (atas) dan spektrum emisi <i>etinilestradiol 20</i> ppm pada panjang gelombang emisi 310 nm	9
Gambar 2.1	Eksitasi elektron dari keadaan dasar (E_0) ke keadaan elektronik tereksitasi (E_1 , E_2 , E_3 , dan seterusnya)	13
Gambar 2.2	Contoh molekul-molekul organik yang mengandung ikatan <i>phi</i> (π).	14
Gambar 2.3	Contoh molekul-molekul organik dengan elektron tidak berikatan (<i>nonbonding electron</i>)	14
Gambar 2.4	Diagram tingkat energi elektronik untuk elektron sigma (σ), elektron <i>phi</i> (π), dan <i>nonbonding electron</i> (n) yang dapat tereksitasi ke orbital <i>phi star</i> (π^*) dan sigma <i>star</i> (σ^*)	15
Gambar 2.5	Transisi elektronik yang terjadi pada suatu pita serapan UV-vis yang disebabkan oleh sublevel-sublevel vibrasional dan rotasional yang terkait dengan tiap keadaan elektronik.	17
Gambar 2.6	Spektrum serapan benzena dalam keadaan fase gas	18
Gambar 2.7	Spektrum serapan benzena dalam larutan. Pelarut yang digunakan adalah <i>sikloheksana</i>	18
Gambar 2.8	Perubahan-perubahan yang terjadi pada panjang gelombang maksimal (λ_{maks}) dan intensitas serapan (biasanya absorbansi) spektrum UV-vis	20

Gambar 2.9	Spektra UV <i>dimetilpolien</i> , $\text{CH}_3(\text{CH}=\text{CH})_n\text{CH}_3$; A, $n=3$; B, $n=4$; dan C, $n=5$	22
Gambar 2.10	Spektra serapan larutan logam-logam transisi dalam air	23
Gambar 2.11	Unsur-unsur golongan <i>lantanida</i> (atas) dan <i>aktinida</i> (bawah)	24
Gambar 2.12	Spektrum absorpsi UV-vis larutan praseodimium klorida; a = absorptivitas dalam liter. $\text{cm}^{-1}\text{g}^{-1}$	24
Gambar 2.13	Beberapa spektra kompleks logam-ligan. Gambar atas menunjukkan kompleks besi(III)- <i>tiosianat</i> , gambar tengah menunjukkan kompleks besi(II) dengan <i>fenantrolin</i> , dan gambar bawah menunjukkan kompleks <i>iodida-iodium</i> dengan <i>amilum</i>	26
Gambar 2.14	Struktur umum turunan asam barbiturat	28
Gambar 2.15	Reaksi ionisasi turunan asam barbiturat dalam larutan <i>dapar</i> pH 9,9 dan dalam natrium hidroksida 1 N.....	29
Gambar 2.16	Spektra asam barbiturat pada daerah ultraviolet: (A) dalam asam sulfat 0,1 N, bentuk tidak terionisasi; (B) dalam <i>dapar</i> pH 9,9, bentuk terionisasi satu; dan (C) dalam natrium hidroksida 1 N, bentuk terionisasi dua	30
Gambar 2.17	Struktur kimia dengan tiga ikatan rangkap eksosiklik. ...	33
Gambar 2.18	Spektrum ultraviolet betametason.....	43
Gambar 2.19	Spektrum ultraviolet efedrin, suatu spektrum <i>benzoid</i> sederhana.....	44
Gambar 2.20	Struktur kimia ketoprofen dan spektrum UV ketoprofen	45
Gambar 2.21	Spektrum UV prokain di bawah kondisi asam (HCl 0,1 M) dan basa (NaOH 0,1 M)	46
Gambar 2.22	Spektrum UV fenileprin dalam NaOH 0,1 M dan HCl 0,1 M.....	46
Gambar 3.1	Diagram skematis spektrofotometer UV-vis	50
Gambar 3.2	Diagram skematik spektrofotometer UV-vis. Gambar atas merupakan diagram skematik spektrofotometer UV-vis berkas tunggal, sedangkan gambar bawah merupakan diagram skematik spektrofotometer UV-vis berkas ganda.....	51
Gambar 3.3	Prisma Cornu.....	53
Gambar 3.4	Dispersi sinar tampak oleh prisma	54
Gambar 3.5	Suatu gambaran kisi difraksi.....	55
Gambar 3.6	Kisaran-kisaran panjang gelombang yang mana suatu bahan optik bersifat transparan. Gelas sederhana baik untuk daerah tampak dan cocok digunakan untuk kolorimetri, sementara kuarsa atau silika lebur diperlukan di daerah ultraviolet.....	58

Gambar 3.7	Berbagai jenis kuvet yang tersedia di pasaran	59
Gambar 3.8	Suatu diagram tabung pengganda foton	61
Gambar 3.9	Spektrum UV larutan kalium dikromat 0,0065% pada panjang gelombang antara 220–350 nm.....	62
Gambar 3.10	Absorbansi maksimal larutan holmium perklorat 5% pada panjang gelombang antara 200–400 nm	65
Gambar 3.11	Pengujian resolusi: spektrum larutan toluen dengan konsentrasi 0,02% dalam heksan	66
Gambar 3.12	Pengaruh sesatan sinar pada pengukuran absorbansi.....	67
Gambar 3.13	Spektra larutan KCl, NaI, dan NaNO ₂ dalam air yang digunakan untuk pengukuran sesatan sinar.....	68
Gambar 3.14	Pengukuran derau (<i>noise</i>) pada instrumen spektrofotometer UV-vis	69
Gambar 3.15	Gambaran defleksi atau pembelokan pada uji verifikasi kedataran <i>baseline</i> spektrofotometer UV-vis	70
Gambar 3.16	Gambaran defleksi atau pembelokan pada uji verifikasi stabilitas sistem spektrofotometer UV-vis.....	71
Gambar 4.1	Gambaran definisi-definisi I dan I ₀ . Intensitas sinar yang telah melalui blanko, dengan asumsi tidak ada peristiwa yang terkait dengan cahaya yang lain seperti pembiasan atau pemantulan, ditandai dengan I ₀ . Intensitas sinar yang telah melewati larutan analit yang mengandung gugus-gugus penyerap adalah lebih kecil dibandingkan dengan I ₀ dan ditandai dengan I	74
Gambar 4.2	Suatu radiasi dengan intensitas radiasi awal I ₀ dilewatkan ke suatu larutan (S) yang mengandung c molekul analit yang mampu menyerap dalam suatu wadah dengan ketebalan b cm.....	75
Gambar 4.3	Kurva baku untuk menghitung sampel dengan menggunakan baku eksternal	80
Gambar 4.4	Hubungan antara titik-titik konsentrasi parasetamol (sumbu -x) dengan absorbansi terkoreksinya (sumbu y).	81
Gambar 4.5	Garis korelasi kuadrat terkecil yang menyatakan hubungan antara konsentrasi (sumbu -x) dengan absorbansinya (sumbu -y) pada Tabel 4.1 yang digambarkan dengan persamaan garis lurus $y = 0,025x - 0,001$	82
Gambar 4.6	Spektra absorpsi empat larutan <i>teofilin</i> dalam air; b = 1 cm; konsentrasi diberikan dalam tabel 4.2. Garis yang paling bawah merupakan blanko yang hanya terdiri atas air saja	85
Gambar 4.7	Plot hukum Lambert-Beer untuk <i>teofilin</i> dalam larutan air (data sebagaimana dalam Tabel 4.2).	85

Gambar 4.8	Spektra dua buah senyawa, senyawa I (spektrum I) dan II (spektrum II) yang masing-masing diukur pada panjang gelombang 1 (λ_1) dan pada panjang gelombang 2 (λ_2), serta spektra gabungan ketika campuran senyawa I dan II diukur (spektrum I + II).....	93
Gambar 4.9	Penyimpangan kimiawi dari hukum Lambert-Beer untuk larutan-larutan indikator yang tidak dibufer. Data dapat dilihat pada Contoh 4.11 di atas. Perhatikan bahwa muncul penyimpangan positif pada panjang gelombang 430 nm dan penyimpangan negatif di 570 nm. Pada panjang gelombang 430 nm, absorbansi terutama disebabkan oleh bentuk indikator yang tidak terionisasi dan besarnya sebanding dengan fraksi yang terionisasi, yang bervariasi secara tidak linier dengan konsentrasi indikator. Pada panjang gelombang 570 nm, absorbansi disebabkan oleh asam yang tidak terdisosiasi (HIn) yang meningkat secara tidak linier dengan konsentrasi total.....	100
Gambar 4.10	Reaksi pembentukan sulfisoksazol yang semula tidak berwarna menjadi senyawa yang berwarna setelah didiazotasi dan dikopling dengan NED.....	101
Gambar 4.11	Reaksi antara asam amino dengan Ninhidrin.....	102
Gambar 4.12	Beberapa contoh reaksi pembentukan warna yang melibatkan dietilditiokarbamat untuk logam M misal tembaga, difeniltiokarbazon untuk analisis Pb, 1,10-fenantrolin untuk analisis Fe, dan dimetilglioksim untuk analisis Ni.....	103
Gambar 4.13	Salah satu bentuk kurva waktu operasional.	104
Gambar 4.14	Perbedaan pengukuran absorbansi pada panjang gelombang maksimal (λ_{maks}) dan tidak pada λ_{maks} (a). Pengukuran pada λ_{maks} akan memberikan garis linier (b). Pengukuran tidak pada λ_{maks} memberikan garis yang tidak linier (c).....	105
Gambar 4.16	Grafik hubungan antara transmitan/absorban dengan persen kesalahan relatif.....	106
Gambar 5.1	Penurunan spektra. Atas adalah spektrum UV-vis normal (orde nol). Bawah adalah spektrum derivat pertama (1 st), kedua (2 nd), ketiga (3 th), dan keempat (4 th).....	112
Gambar 5.2	Spektra serapan UV orde nol (spektra UV normal) dekstrometorfan HBr (24,0; 36,0; 48,0 dan 60,0 ppm) dan bromheksin HCl (12,0; 18,0; 24,0; dan 30,0 ppm) dalam 50% metanol dalam bufer fosfat (pH 6,0).....	114

Gambar 5.3	Spektra serapan UV turunan pertama dekstrometorfan HBr (24,0; 36,0; 48,0; dan 60,0 ppm) dan bromheksin HCl (12,0; 18,0; 24,0; dan 30,0 ppm) dalam 50% metanol dalam bufer fosfat (pH 6,0).....	115
Gambar 5.4	Spektra serapan UV turunan kedua dekstrometorfan HBr (24,0; 36,0; 48,0; dan 60,0 ppm) dan bromheksin HCl (12,0; 18,0; 24,0; dan 30,0 ppm) dalam 50% metanol dalam bufer fosfat (pH 6,0).....	115
Gambar 5.5	Spektra derivatif turunan pertama dekstrometorfan 50 ppm (A) dan guaifenesin 50 ppm dengan adanya 0–50 ppm dekstrometorfan (B) dalam akuades. Gambar diambil atas izin dan kebaikan dari Elsevier.....	116
Gambar 5.6	Spektra derivatif turunan kedua dekstrometorfan 50 ppm (A) dan guaifenesin 50 ppm dengan adanya 0–50 ppm dekstrometorfan (B) dalam akuades.....	116
Gambar 5.7	Spektra UV simvastatin dan asam askorbat	117
Gambar 5.8	Spektra UV normal dan spektrum UV derivatif kedua simvastatin.....	118
Gambar 5.9	Spektra absorpsi larutan sulfatiazol (1) dan sulfanilamid (2) dalam etanol-air (1:9) pada pH 4,5	119
Gambar 5.10	Spektra derivatif sulfatiazol, sulfanilamid, dan campuran sulfatiazol-sulfanilamid dalam etanol-air (1:9) pada pH 4,5. (---) = sulfatiazol; (.....) = sulfanilamid; (—) = campuran sulfatiazol-sulfanilamid	119
Gambar 5.11	Spektrum UV perbedaan yang digunakan untuk analisis kuantitatif aspirin dalam kapsul dekstroprofoksifen	121
Gambar 5.12	Jenis kurva titrasi spektrofotometrik. Nilai-nilai absorptivitas molar senyawa yang dititrasi (ϵ_s), absorptivitas produk (ϵ_p), dan absorptivitas titran (ϵ_t).....	124
Gambar 5.13	Kurva titrasi spektrofotometri 100 mL larutan yang mengandung $2,0 \times 10^{-3}$ M Bi^{3+} dan Cu^{2+}	125
Gambar 5.5	Pelepasan pseudoefedrin dari sediaan lepas lambat.....	128
Gambar 6.1	Spektra UV teofilin (18,7 $\mu\text{g/mL}$), guaifenesin (12 $\mu\text{g/mL}$), difenhidramin HCl (1,7 $\mu\text{g/mL}$), metilparaben (1,2 $\mu\text{g/mL}$), propilparaben (0,6 $\mu\text{g/mL}$), dan sodium benzoat (2 $\mu\text{g/mL}$) dalam HCl 0,1 M	136
Gambar 7.1	Keadaan elektron dalam kondisi dasar (kiri), tereksitasi singlet (tengah), dan tereksitasi triplet (kanan)	141
Gambar 7.2	Level-level energi molekuler terkait dengan peristiwa fluoresensi dan fosforesensi	142

Gambar 7.3	Ketergantungan fluoresensi pada konsentrasi molekul yang berfluoresensi.....	144
Gambar 7.4	Intensitas fluoresensi pada konsentrasi analit yang tinggi. Konsentrasi senyawa A dan B memberikan intensitas yang sama dan tidak dapat dibedakan dari pengukuran tunggal	145
Gambar 7.5	Struktur kimia adrenalin dan noradrenalin.....	146
Gambar 7.6	Struktur kimia kinin, yang menunjukkan fluoresensi yang kuat.....	147
Gambar 7.7	Struktur kimia estradiol (atas) dan spektrum fluoresensi etinilestradiol 20 ppm (bawah).....	147
Gambar 7.8	Komponen-komponen spektrofotometer.....	148
Gambar 7.9	Geometri fluoresensi muka depan untuk sampel-sampel padat.....	150
Gambar 7.10	Lampu xenon yang digunakan dalam fluorometer. Lampu kuarsa diisi dengan gas xenon.....	150
Gambar 7.11	Spektrum emisi lampu xenon.....	151
Gambar 7.12	Spektrum emisi lampu merkuri, yang digunakan dalam fluorometer.....	151
Gambar 7.13	Atas: hidrolisis parasetamol menghasilkan <i>p</i> -aminofenol. Bawah: reaksi antara <i>p</i> -aminofenol dengan iodat menghasilkan benzokuinonimina.....	154
Gambar 7.14	Reaksi antara benzokuinonimina dengan hasil oksidasi L-dopa menghasilkan senyawa berfluoresensi (kanan)...	155
Gambar 7.15	Struktur kimia Sefuroksim.....	155
Gambar 7.16	Spektra eksitasi dan emisi atorvastatin 2 µg/mL pada pH 9 menggunakan bufer fosfat (spektra 1,2), dan pada pH 3,4 menggunakan bufer asetat (spektra 3,4).....	158
Gambar 7.17	Spektra fluoresensi larutan natrium diklofenak dalam air pada berbagai pH. (A) = eksitasi, pH 2; (B) emisi, pH 2; (C) eksitasi pH 12; dan (D) emisi pH 12. Dalam semua kasus, konsentrasinya adalah 2,0 mg/L. Untuk pengukuran digunakan $\lambda_{\text{eksitasi}} = 278 \text{ nm}$ dan $\lambda_{\text{emisi}} = 362 \text{ nm}$	159
Gambar 7.18	Sistem <i>flow injection analysis</i> (FIA)-spektrofluorometri yang digunakan untuk analisis asam flufenamat dan asam mefenamat.....	160
Gambar 7.19	Mekanisme reaksi yang diusulkan antara 9,10-fenantrokuinon dengan streptomisin. R = O-streptosa-O, N-metilglukosamin.....	162
Gambar 7.20	Spektra fluoresensi produk reaksi antara streptomisin (0,25 µg/mL) dan 9,10-fenantrokuinon.....	162
Gambar 7.21	Reaksi pembentukan kompleks aluminium-kuinolon yang berfluoresensi.....	164