

**SKRIPSI**  
**PENENTUAN PARAMETER**  
**FISIKA-KIMIA HASIL ASETILASI SENYAWA**  
**KURKUMINOID EKSTRAK RIMPANG TEMULAWAK**  
**(*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.)**

**DETERMINATION OF PHYSICO-CHEMICAL**  
**PROPERTIES OF ACETYLATED CURCUMINOIDS**  
**FROM *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. RHIZOME**  
**EXTRACT**

Disusun dan diajukan oleh

**HASRIANI**

**N011 17 1019**



**PROGRAM STUDI FARMASI**  
**FAKULTAS FARMASI**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
**MAKASSAR**  
**2021**

**PENENTUAN PARAMETER FISIKA-KIMIA HASIL ASETILASI SENYAWA  
KURKUMINOID EKSTRAK RIMPANG TEMULAWAK  
(*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.)**

**DETERMINATION OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF  
ACETYLATED CURCUMINOIDS FROM *Curcuma xanthorrhiza* Roxb.  
RHIZOME EXTRACT**

SKRIPSI

untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi  
syarat-syarat untuk mencapai gelar sarjana

**HASRIANI**

**N011 17 1019**

**PROGRAM STUDI FARMASI  
FAKULTAS FARMASI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

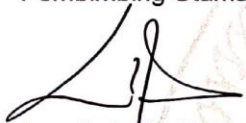
**PENENTUAN PARAMETER FISIKA-KIMIA HASIL ASETILASI SENYAWA  
KURKUMINOID EKSTRAK RIMPANG TEMULAWAK  
(*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.)**

**HASRIANI**

**N011 17 1019**

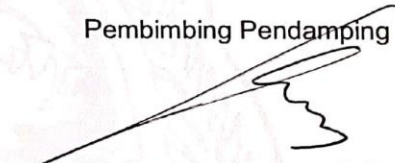
Disetujui oleh :

Pembimbing Utama



Ismail, S.Si., M.Si., Apt.  
NIP. 19850805 201404 1 001

Pembimbing Pendamping



Muhammad Raihan, S.Si., M.Sc., Apt.  
NIP. 19900528 201504 1 001

Pada Tanggal, 7 Juni 2021

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**PENENTUAN PARAMETER FISIKA-KIMIA HASIL ASETILASI SENYAWA  
KURKUMINOID EKSTRAK RIMPANG TEMULAWAK  
(*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.)**

**Disusun dan diajukan oleh**

**HASRIANI  
N011 17 1019**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Farmasi  
Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 7 Juni 2021  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Ismail, S.Si., M.Si., Apt  
NIP. 19850805 201404 1 001

Pembimbing Pendamping



Muhammad Raihan, S.Si., M.Sc.Stud., Apt.  
NIP. 19900528 201504 1 001

Pt. Ketua Program Studi S1 Farmasi,  
Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin



Fitza Nainu, S.Si., M.Biomed.Sc., Ph.D., Apt  
NIP. 19820610 200801 1 012

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Hasriani  
Nim : N011 17 1019  
Program Studi : Farmasi  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Penentuan Parameter Fisika-Kimia Hasil Asetilasi Senyawa Kurkuminoid  
Ekstrak Rimpang Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 7 Juni 2021

Yang menyatakan,



Hasriani

## UCAPAN TERIMA KASIH

Bismillahirrahmanirrahim, alhamdulillah robil alamin atas segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhana Wa Ta'ala atas segala berkat, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar S1 pada program studi di Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin.

Penulis juga menyadari bahwa pada penyusunan skripsi ini, banyak masalah dan kendala yang dihadapi, namun dengan adanya doa dan dukungan dari berbagai pihak maka skripsi tidak akan dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, perkenankan penulis menyampaikan dengan tulus dan penuh rasa hormat untuk menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Ismail, S.Si., M.Si., Apt. selaku pembimbing utama dan Bapak Muhammad Raihan S.Si., M.sc. Stud., Apt. selaku pembimbing pendamping yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan arahan dan saran kepada penulis mulai dari rencana penelitian, penulisan skripsi hingga sampai penulis menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Risfah Yulianty, S.Si., M.Si., Apt, Bapak Achmad Himawan, S.Si., M.Si., Apt. dan Ibu Nurhasni Hasan, S.Si., M.Pharm.Sc., Ph.D., Apt. selaku penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyelesaian skripsi penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

3. Bapak dan Ibu dosen Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu dan nasihat serta pengalaman kepada penulis selama menjalani perkuliahan dan juga untuk seluruh staf Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin yang telah membantu penulis dalam pengurusan administrasi selama perkuliahan hingga penulis menyelesaikan skripsi ini.
4. Sahabat-sahabat penulis, Desi Andriani Fais, Munawara, Olivia Pianto, Magfiratul Jannah, Fahmi Eryanti, Fatmiani Atmin, Sukma Dwiati, Ravika Wahyuni, Resky Nasriah, Rahmayanti, Besse Nurhayati, Siti Sakina, Besse Mutmainnah, Via Aulinnia, Riska Asmara Jaya, Wahida, Indo Ajeng dan Nur Asri Ramdani menjadi tempat berbagi cerita selama penulis menempuh pendidikan dan yang selalu memberikan semangat kepada penulis.
5. Teman-teman serumah, Ridha Meilyana, Andi Maipadiapati dan Indo Asmarani yang menjadi tempat berbagi keluh kesah selama menjalani pendidikan serta memberikan semangat kepada penulis.
6. Teman-teman tim penelitian *diacetylcurmumin*, Asma Aris dan Meilyani.
7. Teman-teman Korps Asisten Farmakognosi-Fitokimia yang senantiasa membantu penulis dalam penelitian ini, khususnya kak Satria Asrazaury Awal, kak Darwis, Kak Iswanto, Zilfrida Aura Bening Azizy, Zulfadly, Megawati Akram, Deli Cipta Lestari, Andarini Rusmana Putri dan Zainah Aura Hatifah, Laelatul Khusnah dan Fia Filantika Wardana.

8. Teman-teman angkatan "CLOSTRIDIUM" yang telah bersama-sama dengan penulis dari awal untuk mewujudkan cita-cita di Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin.

Terima kasih yang setulus-tulusnya kepada kedua orang tua penulis, yaitu Bapak Herman dan Ibu St.Rahman atas segala doa, kasih sayang dan dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Kakak dan adik penulis yang senantiasa mendukung, memberikan motivasi dan hiburan hingga selesainya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih terdapat banyak kesalahan yang tidak disadari oleh penulis. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan dan semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembangunan dan pengembangan ilmu pengetahuan khususnya dibidang Farmasi. Aamiin.

Makassar, 7 Juni 2021



Hasriani



## ABSTRAK

**HASRIANI.** Penentuan Parameter Fisika-Kimia Hasil Asetilasi Senyawa Kurkuminoid Ekstrak Rimpang Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.). (Dibimbing oleh Ismail dan Muhammad Raihan).

Hasil asetilasi senyawa kurkuminoid ekstrak rimpang temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) merupakan senyawa *diacetylcurcumin*. Penelitian ini bertujuan untuk menetapkan parameter fisika-kimia senyawa *diacetylcurcumin* yaitu parameter  $\lambda_{max}$ , kelarutan, titik lebur, log P dan PSA (*Polar Surface Area*). Proses penetapan  $\lambda_{max}$  dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Penetapan kelarutan dilakukan dengan menguji kelarutan senyawa *diacetylcurcumin* pada beberapa pelarut yaitu air, metanol, etanol, heksan, aseton, etil asetat dan kloroform. Penetapan nilai Log P dilakukan dengan metode *shake-flask* menggunakan air dan n-oktanol, dan penetapan nilai PSA dilakukan dengan metode tPSA yaitu dengan menjumlahkan masing-masing kontribusi nilai PSA gugus fungsi yang mengandung atom O,N,P dan S serta ditentukan secara komputasi dengan menggunakan *software ChemDraw® Version 12*. Hasil yang diperoleh yaitu  $\lambda_{max}$  *diacetylcurcumin* 396 nm. Kelarutannya yaitu praktis tidak larut pada air dan heksan, sukar larut pada metanol, agak sukar larut pada etanol, mudah larut pada etil asetat, aseton dan kloroform. Titik lebur *diacetylcurcumin* yaitu 165,2 °C dengan nilai log P 0,48, serta nilai tPSA masing-masing 105,56 dan 105,2 Å<sup>2</sup>.

Kata kunci: *diacetylcurcumin*, kurkuminoid, kelarutan, Log P, tPSA.

## ABSTRACT

**HASRIANI.** Determination of Physico-Chemical Properties of Acelated Curcuminoids from *Curcuma xhantorrhiza* Roxb. Rhizome Extract. (Supervised by Ismail and Muhammad Raihan)

Acetylation of curcuminoids from *Curcuma xhantorrhiza* Roxb. rhizome extract yielded diacetylcurcumin as the main product. This study aimed to determine the physico-chemical parameters of diacetylcurcumin, specically the  $\lambda_{\max}$ , solubility, melting point, log P and PSA (Polar Surface Area) parameters. The process of determining  $\lambda_{\max}$  was carried out using a UV-Vis spectrophotometer. Determination of the solubility was carried out by solubility tests for diacetylcurcumin compounds in several solvents, such us water, metanol, ethanol, hexane, acetone, ethyl acetate and chloroform. Determination of the Log P value was carried out by using water and n-octanol, and the determination of the PSA value was carried out by the tPSA method by calculating each contribution of the functional group PSA value containing O, N, P and S atoms and computationally determined using the ChemDraw® Version 12 software. The results indicated that  $\lambda_{\max}$  of diacetylcurcumin was 396 nm. The solubility was found to be practically insoluble in water and hexane, slightly soluble in methanol, sparingly soluble in ethanol, freely soluble in ethyl acetate, acetone and chloroform. The melting point of diacetylcurcumin was 165,2 °C with a log P value of 0,48, and the tPSA values were 105.56 and 105,2 Å<sup>2</sup>.

Key words: curcuminoids, diacetylcurcumin, Log P, solubility, tPSA.

## DAFTAR ISI

	Halaman
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	4
I.3 Tujuan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Temulawak ( <i>Curcuma xanthorrhiza</i> Roxb.)	5
II.1.1 Klasifikasi Temulawak	5
II.1.2 Morfologi Temulawak	5
II.1.3 Kandungan Senyawa Temulawak	6
II.1.4 Manfaat Temulawak	6
II.2 Kurkuminoid	7
II.3 Sifat Fisika Kimia	9
II.3.1 $\lambda$ maks (Panjang Gelombang Maksimal)	10

II.3.2 Kelarutan	11
II.3.3 Titik Lebur	13
II.3.4 Hidrofobisitas atau log P (Log Koefisien Partisi)	14
II.3.5 PSA ( <i>Polar Surface Area</i> )	15
II.4 Melting Point Apparatus	17
II. 5 Spektrofotometri UV-Vis	18
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	<b>23</b>
III.1 Alat dan Bahan	23
III.2. Penentuan Parameter Fisika Kimia	23
III.2.1 Penentuan $\lambda_{max}$	23
III.2.2 Kelarutan	24
III.2.3 Titik Lebur	24
III.2.4 Hidrofobisitas atau Log P	25
III.2.5 PSA ( <i>Polar Surface Area</i> )	24
III.3 Pengumpulan dan Analisis Data	25
III.4 Pembahasan dan Kesimpulan	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>Er</b>

**ror! Bookmark not defined.**

IV.1 Panjang Gelombang Maksimal ( $\lambda_{max}$ )	Er
<b>ror! Bookmark not defined.</b>	
IV.2 Kelarutan	Er
<b>ror! Bookmark not defined.</b>	
IV.3 Titik Lebur	Er
<b>ror! Bookmark not defined.</b>	
IV.4 Hidrofobisitas atau Log P	Er
<b>ror! Bookmark not defined.</b>	
IV.5 Polar Surface Area (PSA)	Er
<b>ror! Bookmark not defined.</b>	
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	35
V.1 Kesimpulan	35
V.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	Er
<b>ror! Bookmark not defined.</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kelarutan	11
2. Hasil pengukuran $\lambda_{max}$	29
3. Kelarutan <i>diacetylcurcumin</i>	29
4. Titik lebur kurkumin dan <i>diacetylcurcumin</i>	30
5. Log P <i>diacetylcurcumin</i>	31
6. Nilai tPSA <i>diacetylcurcumin</i>	32
7. Nilai Rf hasil KLT	41
8. Hasil pengukuran FT-IR	43
9. Hasil pengukuran $^1\text{H-NMR}$ kurkumin	44

10.	Hasil pengukuran $^1\text{H-NMR}$ <i>diacetylcurcumin</i> dari kurkumin	45
11.	Hasil pengukuran $^1\text{H-NMR}$ <i>diacetylcurcumin</i> dari ekstrak rimpang temulawak	46
12.	Hasil pengukuran $^{13}\text{C-NMR}$ kurkumin	47
13.	Hasil pengukuran $^{13}\text{C-NMR}$ <i>diacetylcurcumin</i>	49
14.	Data perhitngan nilai $\epsilon_{max}$	50
15.	Hasil pengukuran absorbansi <i>diacetylcurcumin</i>	52
16.	Nilai PSA gugus fungsi pada <i>diacetylcurcumin</i>	54
17.	Nilai PSA	55
18.	Absorbansi kurva standar senyawa <i>diacetylcurcumin</i> untuk uji kelarutan	55
19.	Absorbansi kurva standar senyawa <i>diacetylcurcumin</i> untuk uji Log P	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar

	Halaman	
1.	Struktur golongan kurkuminoid	8
2.	Struktur <i>diacetylcurcumin</i>	9
3.	Perbedaan pengukuran absorbansi pada panjang gelombang	11
4.	Spektrum elektromagnetik	18
5.	Skema alat spektrofometer konvensional	20
6.	Skema alat spektrofometer dioda array	21
7.	Spektra serapan UV Vis senyawa kurkumin, <i>diacetylcurcumin</i> kurkumin dan <i>diacetylcurcumin</i>	27

8.	Kurva standar diacetylcurkumin untuk uji kelarutan	28
9.	Kurva standar diacetylcurkumin untuk uji kelarutan	31
10.	Data tPSA dan Log P <i>diacetylcurcumin</i> berdasarkan <i>software Chamdraw® version 12</i>	32
11.	penampakan noda pada lempeng KLT	41
12.	Spektrum FT-IR Kurkumin	41
13.	Spektrum FT-IR <i>diacetylcurcumin</i> dari kurkumin	42
14.	Spektrum FT-IR <i>diacetylcurcumin</i> dari ekstrak rimpang temulawak	42
15.	Struktur Kurkumin	44
16.	Spektrum <sup>1</sup> H-NMR Kurkumin	44
17.	Struktur <i>diacetylcurcumin</i>	45
18.	Spektrum <i>diacetylcurcumin</i> dari kurkumin	45
19.	Struktur <i>diacetylcurcumin</i>	46
20.	Spektrum <i>diacetylcurcumin</i> dari ekstrak rimpang temulawak	46
21.	Struktur Kurkumin	46
22.	Spektrum <sup>13</sup> C-NMR kurkumin	47
23.	Struktur <i>diacetylcurcumin</i>	48
24.	Spektrum <sup>13</sup> C-NMR <i>diacetylcurcumin</i> dari kurkumin	49
25.	Spektrum <sup>13</sup> C-NMR <i>diacetylcurcumin</i> dari ekstrak rimpang temulawak	49
26.	<i>Diacetylcurcumin</i>	56
27.	Pengukuran λ <sub>max</sub> dengan Spektrofotometer Uv-Vis	56



28. Seri pengenceran pembuatan kurva standar untuk pengukuran absorbansi kelarutan	56
29. Seri pengenceran pembuatan kurva standar untuk pengukuran absorbansi Log P	56
30. Proses <i>stirer</i> untuk pengujian kelarutan	56
31. Proses uji Log P dengan metode <i>flask-shake</i>	57
32. Hasil pengenceran larutan <i>diacetylcurcumin</i> pada beberapa pelarut	57
33. Fase air awal ( $A_0$ ) dan akhir ( $A_1$ ) <i>diacetylcurcumin</i>	57
34. Pengukuran absorbansi kelarutan dan Log P dengan Spektrofotometer UV-Vis	57
35. Pengukuran titik lebur	57
36. Data fisika-kimia (TPSA dan Log P) <i>diacetylcurmin</i>	57

## DAFTAR SINGKATAN

abs	= absorbansi
bpj	= bagian per juta
C	= <i>Carbon</i>
FT-IR	= <i>Fourier Transform-Infra Red</i>
H	= Hidrogen
Log P	= Logaritma koefisien partisi
KLT	= Kromatografi Lapis Tipis
max	= maksimal
N	= Nitrogen
nm	= nanometer
NMR	= <i>Nuclear Magnetic Resonance</i>
O	= Oksigen

P = Fosfor  
PSA = *Polar Surface Area*  
R<sup>2</sup> = Koefisien determinasi  
R<sub>f</sub> = *Reterdation factor*  
S = Sulfur  
tPSA = *topological Polar Survace Area*  
UV = Ultra Violet  
Vis = *Visible*

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

	Halaman
1. Skema kerja	38
2. Karakterisasi <i>diacetylcurcumin</i>	41
3. Perhitungan	50
4. Tabel	55
5. Dokumentasi penelitian	56



# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) merupakan tanaman yang banyak ditemukan di Indonesia. Ekstrak rimpang temulawak mengandung senyawa kurkuminoid 8,70-11,50%. Senyawa kurkuminoid yang terkandung dalam ekstrak temulawak terdiri atas tiga komponen yaitu *curcumin* yang merupakan komponen utama dan juga sebagai senyawa penanda sebanyak 68-76%, *demethoxycurcumin* dan *bisdemethoxycurcumin* masing-masing 23-29% dan 1-3% (Cahyono *et al.*, 2019).

Kurkumin dilaporkan memiliki berbagai aktivitas farmakologi seperti sebagai antikanker, antidislipidemia, antioksidan, antiinflamasi, antiviral, antifungal, dan antibakteri (Aldizal *et al.*, 2019; Allegra *et al.*, 2017). Salah satu turunan kurkumin yang juga memiliki aktivitas farmakologi adalah *diacetylcurcumin* yaitu kurkumin yang mengalami modifikasi struktur pada gugus hidroksil melalui reaksi asetilasi (Amalraj *et al.*, 2017).

Penerapan hasil reaksi asetilasi dapat dilihat pada dendramer antikanker yaitu berupa asetilasi permukaan serta dilakukan penataan pada *Interior-functionalized* dengan *1,3-Propane Sultone* secara efektif meningkatkan dosis toleransi maksimum antikanker sehingga tidak bersifat toksik dan lebih unggul dalam menghantarkan obat antikanker dibandingkan dendramer kationik (Jingjing Hu *et al.*, 2011) . Pada senyawa antibakteri, reaksi asetilasi yang berupa asetilasi parsial pada gugus *oligorhamnoside* dari

*Cleisthopis* paten, beberapa senyawa turunan yang dihasilkan memiliki aktivitas antibakteri yang signifikan terhadap bakteri gram positif yaitu bakteri *methicillin-resistant S. aureus* ATCC 33591 dan *S. aureus* 78-13607A yang merupakan bakteri yang telah resisten terhadap beberapa antibakteri seperti penisilin dan amoksisilin (Jin-feng Hu et al., 2006). Selain itu reaksi asetilasi digunakan sebagai metode pemurnian senyawa sintesis fenolik alam, karena hasil sintesis fenolik alam memiliki profil KLT berupa noda yang berekor sedangkan hasil sintesis senyawa fenolik alam dalam bentuk terasetilasi menunjukkan noda tanpa ekor sehingga proses pemisahan senyawa fenolik dalam bentuk terasetilasi lebih mudah untuk dilakukan sehingga metode ini dapat mempermudah proses sintesis (Balaydin, 2012).

Pada senyawa kurkumin, hasil reaksi asetilasinya yang berupa senyawa *diacetylcurcumin* mengalami peningkatan aktivitas antitumor dan peningkatan aktivitas antibakteri pada bakteri gram positif yaitu pada bakteri *S. aureus* dan pada gram negatif yaitu *E. coli* (Fadhlurrahma et al., 2020; Priyadarsini, 2013). *Diacetylcurcumin* memiliki aktivitas antibakteri yang lebih baik dibanding kurkumin yaitu pada bakteri gram positif *B. subtilis* dan bakteri gram negatif yaitu pada bakteri *E. coli* dikarenakan senyawa *diacetylcurcumin* lebih lipofilik dibanding kurkumin sehingga *diacetylcurcumin* lebih mudah untuk berinteraksi dengan membran posfolipid dan berdifusi pasif ke dalam sel bakteri (Musyarrofah et al., 2020). Selain itu, *diacetylcurcumin* yang dibuat dalam bentuk *liposome nanoparticles* yang digunakan sebagai antikanker memiliki waktu pelepasan yang lebih panjang dibanding *liposome nanoparticles*

kurkumin, hal ini dikarenakan senyawa *diacetylcurcumin* mampu berikatan secara elektrostatis dengan polimer dari liposome sedangkan kurkumin memiliki kemungkinan untuk membentuk ikatan hidrogen dengan bagian hidrofobik dari liposome sehingga pelepasannya lebih cepat (Seshadri et al., 2019).

*Diacetylcurcumin* berpotensi untuk diformulasi menjadi berbagai jenis sediaan farmasi, namun pengembangan *diacetylcurcumin* terbatas karena parameter fisika kimianya belum dilaporkan. Aspek fisika kimia merupakan salah satu aspek penting dalam studi preformulasi karena sifat fisika kimia kandidat obat baru menunjang dalam proses pengembangan bentuk sediaan. Parameter fisika kimia yang penting dalam studi preformulasi beberapa diantaranya yaitu kelarutan dalam berbagai pelarut, titik lebur, panjang gelombang maksimum ( $\lambda_{max}$ ), hidrofobisitas atau log P (log koefisien partisi) dan PSA (*Polar Surface Area*). Salah satu tujuan penting dalam proses preformulasi adalah untuk merancang metode untuk membuat zat aktif dalam bentuk larutan, sehingga parameter kelarutan dalam berbagai pelarut sangat dibutuhkan. Log P merupakan parameter yang menggambarkan perbandingan konsentrasi senyawa yang tak terion dalam fase air dan fase organik, sehingga parameter ini dapat digunakan untuk melihat lipofilisitas senyawa dan parameter PSA (*Polar Surface Area*) dapat digunakan untuk memprediksi sifat transpor suatu obat (Chaurasia, 2016; Kumar et al., 2015; Shityakov, 2013) .

Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan penentuan beberapa parameter fisika kimia pada hasil asetilasi senyawa kurkuminoid ekstrak rimpang temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) yaitu kelarutan dalam beberapa pelarut, titik lebur,  $\lambda_{\max}$ , log P dan PSA .

### **I.2 Rumusan Masalah**

Bagaimana hasil parameter fisika kimia yaitu  $\lambda_{\max}$ , kelarutan, titik lebur, log P dan PSA pada hasil asetilasi senyawa kurkuminoid ekstrak rimpang temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.)?

### **I.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil parameter fisika kimia yaitu  $\lambda_{\max}$ , kelarutan, titik lebur, log P dan PSA pada hasil asetilasi senyawa kurkuminoid ekstrak rimpang temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.)

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.)**

##### **II.1.1 Klasifikasi Temulawak**

- Kingdom : plantae
- Divisi : spermatophyta
- Sub divisi : angiospermae
- Kelas : monocotyledonae
- Ordo : zingiberales
- Famili : zingiberaceae
- Genus : curcuma
- Spesies : *Curcuma xanthorrhiza* Roxb.

##### **II.1.2 Morfologi Temulawak**

Temulawak merupakan terna tahunan yang tumbuh merumpung dengan batang semu yang tumbuh dari rimpangnya. Batang semu berasal dari pelepah-pelepah daun yang saling menutup membentuk batang. Tinggi tanaman ini dapat mencapai 2 m. Tiap tanaman berdaun 2-9 helai, berbentuk bulat memanjang atau lanset, panjang 31-84 cm, lebar 10-18 cm, berwarna hijau, pada sisi kanan dan kiri ibu tulang daun terdapat semacam pita memanjang berwarna merah keunguan. Perbungaan termasuk tipe exantha, yaitu jenis temu yang bunganya langsung keluar dari rimpang yang panjangnya mencapai 40-60 cm. Bunganya majemuk berbentuk bulir, bulat memanjang, panjang 9-23 cm, lebar 4-6 cm. Bunga muncul secara bergiliran



dari kantong-kantong daun pelindung yang besar dan beraneka ragam dalam warna dan ukurannya. Mahkota bunga berwarna merah. Bunga mekar pada pagi hari dan berangsur-angsur layu pada sore hari. Rimpang dibedakan atas rimpang induk (*empu*) dan rimpang cabang. Rimpang induk bentuknya jorong atau gelondong, berwarna kuning tua atau coklat kemerahan, bagian dalamnya berwarna jingga kecokelatan. Rimpang cabang keluar dari rimpang induk, ukurannya lebih kecil, tumbuhnya kearah samping, bentuknya bermacam-macam dan warnanya lebih muda. Akar-akar diujung membengkak membentuk umbi yang kecil (Dalimartha, 2006).

#### II.1.3 Kandungan Senyawa Temulawak

Rimpang temulawak terdiri dari fraksi pati, kurkuminoid, dan minyak atsiri. Fraksi pati merupakan kandungan terbesar yaitu 45-54% tergantung dari ketinggian tempat tumbuh yaitu semakin tinggi tempat tumbuhnya kadar patinya semakin rendah. Pati temulawak terdiri dari abu, protein, lemak, kalium, natrium, kalsium, magnesium, besi, mangan dan kadmium. Fraksi Kurkuminoid terdiri atas kurkumin yang memiliki aktivitas farmakologi dan desmetoksikurkumin. Fraksi minyak atsiri sekitar 2-12% yang berupa cairan kuning atau kuning jingga berbau aromatik tajam. Komposisinya tergantung pada umur rimpang, tempat tumbuh, teknik isolasi, perbedaan varitas dan sebagainya (Dalimartha, 2006).

#### II.1.4 Manfaat Temulawak

Temulawak dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbohidrat, obat, bahan penyedap rasa dan pewarna alami. Temulawak dapat digunakan

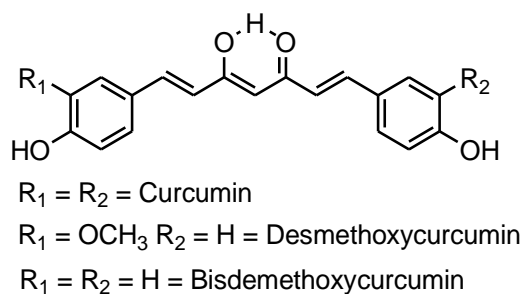
sebagai bahan makanan karena temulawak mengandung pati yang mudah dicerna sehingga biasa digunakan sebagai makanan bayi atau makanan orang yang baru sembuh dari suatu penyakit, selain itu biasa digunakan sebagai campuran pada makanan yang berfungsi sebagai sumber karbohidrat. Temulawak digunakan sebagai obat karena temulawak memiliki khasiat untuk pengobatan gangguan fungsi hati, baik pada hepatitis maupun perlemakan hati. Sebagai obat gangguan fungsi hati, temulawak bekerja sebagai kolagoga, yaitu meningkatkan produksi dan sekresi empedu, menurunkan kadar kolesterol hati, dan mengaktifkan enzim pemecah lemak di hati (Said, 2007).

Temulawak dapat digunakan sebagai obat anti inflamasi atau antiradang. Melalui aktivitas anti inflamasinya, temulawak efektif digunakan untuk mengobati peradangan pada sendi. Temulawak juga memiliki aktivitas fungistatik terhadap beberapa jamur golongan *dermatophyta*, selain itu juga memiliki aktivitas bakteriostatik pada mikroba *staphylococcus* dan *salmonella* (Said, 2007).

## **II.2 Kurkuminoid**

Senyawa kurkuminoid yang terkandung dalam ekstrak temulawak terdiri atas tiga komponen yaitu *curcumin* yang merupakan komponen utama dan juga sebagai senyawa penanda sebanyak 68-76%, *demethoxycurcumin* dan *bisdemethoxycurcumin* masing-masing 23-29% dan 1-3%. Kurkumin terbentuk melalui jalur asam shikimat dan asam malonat dari prekursor karbohidrat sederhana fosfoenol piruvat dan eritrosit 4 fosfat menjadi asam

amino aromatik. Proses selanjutnya menghasilkan *p* kumaroil CoA, yang merupakan *trans*-sinamat dan berproses lebih lanjut menjadi bisdemetoksikurkumin, desmetoksikurkumin, dan kurkumin. Kurkumin terbentuk dari reaksi antara *p* kumaroil CoA dan malonil yang dikatalis oleh enzim poliketida sintase atau reaksi *p* kumaroil CoA dan feruloil CoA dengan malonil CoA (Cahyono et al., 2019; Nihayati, 2016)



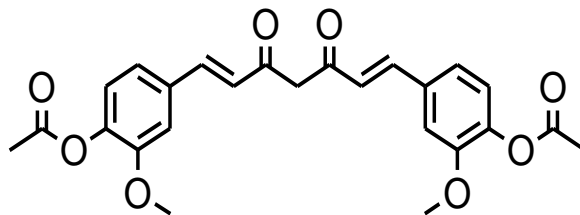
**Gambar 1. Struktur golongan kurkuminoid (Nihayati, 2016)**

Pembentukan kerangka kurkumin dapat melalui salah satu dari dua jalur. Jalur pertama yaitu melibatkan siklisasi rantai poliketida yang terdiri dari unit-unit fenilpropanoid dan lima unit C yang berasal dari asam malonat atau melalui malonil CoA untuk menghasilkan cincin aromatik kedua. Jalur yang kedua melibatkan kondensasi dua fenilpropanoid pada karbon pusat yang diberikan oleh molekul asam malonat (Nihayati, 2016).

Kurkumin merupakan senyawa fitofarmaka yang mempunyai beberapa aktivitas farmakologis. Adapun efek farmakologisnya yaitu efek antidislipidemia, antioksidan, antiinflamasi, antiviral, antifungal, menghambat pembentukan plak aterosklerosis, mencegah kanker, serta dapat melindungi hati. Selain itu, kurkumin juga memiliki aktivitas antibakteri yaitu dapat

menghambat pertumbuhan bakteri *Helicobacter pylori*, (Mahendra, et al., 2019).

*Diacetylcurcumin* merupakan senyawa turunan kurkumin yang disintesis dari senyawa kurkumin melalui reaksi asetilasi. *Diacetylcurcumin* merupakan senyawa aktif yang memiliki aktivitas neuroprotektif, aktivitas antibakteri yang lebih baik dibanding kurkumin yaitu pada bakteri gram positif yaitu *B. subtilis* and gram negatif yaitu *E. coli*, serta *acetylcurcumin* yang dibuat dalam bentuk sediaan *liposome nanoparticles* memiliki aktivitas antikanker (Allegra et al., 2017; Musyarrofah et al., 2020; Seshadri et al., 2019).



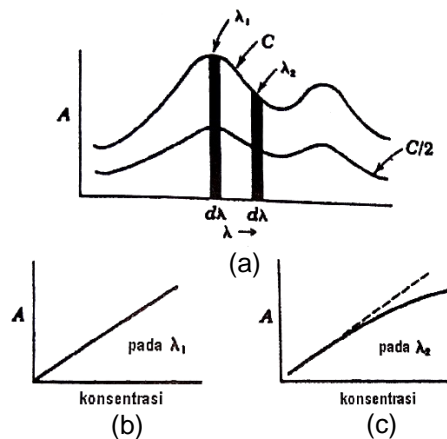
Gambar 2. Struktur *diacetylcurcumin* (Seshadri et al., 2019)

### II.3 Sifat Fisika Kimia

Sifat fisika kimia merupakan aspek yang penting dalam studi praformulasi, karena setiap zat atau senyawa memiliki sifat fisika kimia yang berbeda-beda. Sifat fisika kimia dari suatu zat memberikan informasi penting sebelum dilakukan pengembangan formulasi. Sifat ini memberikan kerangka kerja untuk kombinasi obat dengan bahan farmasi dalam pembuatan bentuk sediaan (Chaurasia, 2016).

### II.3.1 Panjang Gelombang Maksimal ( $\lambda_{maks}$ )

Panjang gelombang yang digunakan untuk analisis kuantitatif adalah panjang gelombang yang mempunyai absorbansi maksimal. Untuk memilih panjang gelombang maksimal, dilakukan dengan membuat kurva hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang dari suatu larutan baku pada konsentrasi tertentu. Gambar 2 merupakan gambaran perbedaan pengukuran suatu absorbansi yang dilakukan pada panjang gelombang maksimum ( $\lambda_{maks}$ ) dan tidak pada  $\lambda_{maks}$  (Gandjar, 2007).



**Gambar 3. (a) perbedaan pengukuran absorbansi pada panjang gelombang pada  $\lambda_{maks}$  dan tidak pada  $\lambda_{maks}$ , (b) pengukuran pada  $\lambda_{maks}$  akan memberikan garis linier, (c) pengukuran tidak pada  $\lambda_{maks}$  memberikan garis yang tidak linier. (Gandjar, 2007)**

Absorbansi diukur pada  $\lambda_{maks}$  karena beberapa alasan, yaitu (Gandjar, 2007):

- Pada panjang gelombang maksimal, kepekaannya juga maksimal karena pada panjang gelombang maksimal tersebut, perubahan absorbansi untuk setiap satuan konsentrasi adalah yang paling besar
- Disekitar panjang gelombang maksimal, bentuk kurva absorbansi datar dan pada kondisi tersebut hukum *Lambert-Beer* akan terpenuhi

- c. Jika dilakukan pengukuran ulang maka kesalahan yang disebabkan oleh pemasangan ulang panjang gelombang akan kecil sekali, ketika digunakan panjang gelombang maksimal.

Kadang-kadang dijumpai keadaan yang mana pemakaian panjang gelombang maksimal yang kurang baik. Hal ini dikarenakan, selain zat yang akan dianalisis, juga terdapat zat lain yang mempunyai absorbansi pada panjang gelombang gelombang tersebut. Ada beberapa variabel yang dapat mempengaruhi absorbansi yaitu, jenis pelarut, pH larutan, suhu, konsentrasi tinggi dan zat-zat pengganggu (Gandjar, 2007).

### II.3.2 Kelarutan

Kelarutan didefinisikan sebagai jumlah zat yang masuk ke dalam larutan untuk mencapai larutan jenuh pada suhu dan tekanan konstan. Kelarutan dinyatakan dalam volume atau massa maksimum zat terlarut yang larut dalam volume atau massa pelarut tertentu. Farmakope memberikan kelarutan dalam hal jumlah bagian volume pelarut yang dibutuhkan untuk melarutkan satu bagian berat zat padat, atau satu bagian volume zat cair (Larsson, 2009).

**Tabel 1. Kelarutan (Anonim, 1995)**

<b>Istilah kelarutan</b>	<b>Jumlah bagian pelarut yang diperlukan untuk melarutkan 1 bagian zat</b>
Sangat mudah larut	Kurang dari 1
Mudah larut	1 sampai 10
Larut	10 sampai 30
Agar sukar larut	30 sampai 100
Sukar larut	100 sampai 1.000
Sangat sukar larut	1.000 sampai 10.000
Praktis tidak larut	Lebih dari 10.000

Dalam praktik farmasi, salah satu aspek parameter penting adalah mengukur kelarutan zat padat dalam cairan. Adapun syarat saat melakukan uji kelarutan, yaitu (Larsson, 2009):

- a. Pelarut dan zat terlarut harus murni
- b. Sampel dianalisis setelah mengalami kejenuhan
- c. Pemisahan sampel dari larutan jenuh dengan zat terlarut yang tidak terlarut harus dapat dilakukan dengan baik
- d. Metode yang digunakan untuk menganalisis kelarutan harus andal dan dapat dilakukan kembali
- e. Suhu harus dikontrol dengan baik.

Uji kelarutan dapat dilakukan dengan menambahkan zat atau senyawa secara perlahan ke media tertentu dan dikocok pada waktu yang ditentukan sebelumnya, biasanya 24 jam atau lebih lama. Kejenuhan dikonfirmasi dengan pengamatan keberadaan bahan tidak terlarut. Kejenuhan juga dapat dicapai jika pelarut dan kelebihan zat terlarut dipanaskan kemudian dibiarkan dingin hingga suhu tertentu. Beberapa larutan dapat menampung sejumlah kelebihan zat terlarut dalam pelarut, biasanya disebut larutan jenuh. Ini sering terjadi jika larutan jenuhnya didinginkan secara perlahan (Larsson, 2009) .

Setelah dilakukan penyaringan pada larutan jenuh, sampel diambil untuk analisis. Filtrasi dan analisis harus dilakukan di bawah suhu yang sama dengan penentuan kelarutan dan dalam kondisi untuk meminimalkan hilangnya komponen yang mudah menguap. Sampel dapat diencerkan untuk mencegah kristalisasi. Jumlah zat terlarut yang terkandung dalam sampel

ditentukan dengan metode yang sesuai yang dipengaruhi oleh sifat zat terlarut / pelarut dan oleh konsentrasinya. Metode yang biasa digunakan adalah spektroskopi UV-Vis, metode kromatografi, gravimetri/volumetrik (Larsson, 2009).

### II.3.3 Titik Lebur

Molekul dalam kristal tersusun dalam pola yang teratur. Pencairan terjadi ketika susunan molekul dalam padatan kristal mengalami penataan ulang secara acak dan bergerak bebas sehingga berubah ke keadaan cair. Transisi dari padat ke cair membutuhkan energi dalam bentuk panas untuk memecah kisi kristal. Suhu di mana transisi ini terjadi adalah titik lebur padatan. Titik lebur merupakan sifat fisik yang penting pada senyawa padat, yaitu digunakan untuk menetapkan identitas dan sebagai kriteria kemurnian suatu senyawa sampai munculnya kromatografi modern dan spektroskopi. Titik lebur merupakan indeks utama kemurnian untuk padatan organik yang masih digunakan sebagai indikasi kemurnian awal pada senyawa (Mohrig et al., 1918).

Titik lebur atau jarak lebur dari kristal senyawa organik ditentukan oleh kekuatan gaya antar seluler antara molekulnya yaitu ikatan hidrogen, interaksi dipol-dipol, dan interaksi *Van der Waals*. Hal inilah yang menyebabkan sehingga molekul senyawa tetap bersama dalam susunan kristal yang teratur dan hal ini harus diatasi agar molekul bisa menjadi kurang teratur dan memasuki fase cair. Polaritas, luas permukaan molekul yang besar, dan



simetri molekul yang tinggi berhubungan dengan gaya antarmolekul yang lebih besar dan titik leleh yang lebih tinggi (Mohrig et al., 1918).

Titik lebur umumnya dapat digunakan untuk melihat kemurnian suatu senyawa. Senyawa yang relatif murni biasanya memiliki jarak lebur yang sempit yaitu 0,5–1,5 °C, sedangkan zat yang tidak murni memiliki kisaran jarak lebur yang jauh lebih besar. Keberadaan pengotor dalam jumlah kecil dapat menekan titik lebur beberapa derajat dan menyebabkan peleburan terjadi pada kisaran suhu yang relatif luas. Kehadiran pengotor dengan jumlah yang lebih besar umumnya menyebabkan efek yang lebih besar pada jarak lebur (Mohrig et al., 1918).

#### II.3.4 Hidrofobisitas atau log P (Log Koefisien Partisi)

Lipofilisitas senyawa organik biasanya dijelaskan dalam istilah koefisien partisi atau log P, yang dapat didefinisikan sebagai rasio konsentrasi senyawa yang tak terion pada kesetimbangan antara fasa organik dan air:

$$\text{Log P} = \frac{\text{Senyawa tak terion (organik)}}{\text{Senyawa tak terion (air)}}$$

Rasio ini dikenal sebagai koefisien partisi dan pada dasarnya tidak bergantung pada konsentrasi larutan dari zat terlarut tertentu.  $\text{logP} = 0$  berarti senyawa tersebut sama-sama dapat larut dalam air dan dalam pelarut organik. Jika senyawa memiliki  $\text{log P} = 5$ , maka senyawa tersebut 100.000 kali lebih larut dalam pelarut organik.  $\text{Log P} = -2$  berarti senyawa tersebut 100 kali lebih mudah larut dalam air, artinya senyawa ini cukup hidrofilik. Obat yang memiliki nilai P jauh lebih besar dari 1 diklasifikasikan sebagai senyawa lipofilik,

sedangkan obat dengan koefisien partisi jauh lebih kecil dari 1 menunjukkan senyawa tersebut bersifat hidrofilik (Kumar et al., 2015).

Penentuan koefisien partisi dapat dilakukan dengan menggunakan metode *shake flask*, yaitu zat dilarutkan dalam satu pelarut kemudian dikocok dengan pelarut partisi lainnya selama 30 menit. Campuran didiamkan selama 5 menit. Larutan berair kemudian disentrifugasi dan diuji kandungan zatnya. Penentuan koefisien partisi memiliki sejumlah aplikasi seperti (Chaurasia, 2016):

- a. digunakan dalam penentuan kelarutan baik dalam pelarut berair dan campuran.
- b. diterapkan pada seri obat homolog untuk hubungan aktivitas struktur yang menyebabkan absorpsi obat in-vivo.
- c. kromatografi partisi dapat membantu untuk pemilihan kolom dan fase diam (HPLC), pemilihan pelat untuk KLT dan pemilihan fase gerak (eluen).
- d. dapat digunakan secara efektif dalam ekstraksi obat-obatan mentah.
- e. perolehan kembali antibiotik dari kaldu fermentasi dan perolehan kembali derivat obat bioteknologi dari kultur bakteri
- f. ekstraksi obat dari cairan biologis untuk pemantauan obat terapeutik.
- g. penyerapan obat dari bentuk sediaan (salep, suppositoria).

#### II.3.5 PSA (*Polar Surface Area*)

*Polar Surface Area* (PSA), yaitu nilai pada permukaan yang dimiliki oleh atom polar. Nilai PSA terbukti berkorelasi baik dengan transpor molekul pasif

melalui membran, sehingga memungkinkan digunakan untuk memprediksi sifat transportasi obat (Ertl et al., 2000).

Perhitungan nilai PSA memakan waktu yang cukup lama karena membutuhkan waktu untuk membentuk geometri molekul 3D dan perhitungan PSA itu sendiri. Pendekatan baru untuk penghitungan PSA dapat dihitung berdasarkan penjumlahan kontribusi permukaan fragmen, metode ini disebut *topological* PSA (tPSA). tPSA memberikan hasil yang praktis identik dengan PSA 3D. Selain itu, perhitungan nilai tPSA juga dapat dilakukan secara komputasi dengan kecepatan perhitungannya 2-3 kali lebih cepat (Ertl et al., 2000).

Pada perhitungan nilai tPSA, hanya heteroatom yang dapat memberikan kontribusi kepolaran pada suatu molekul. Jadi hanya atom nitrogen, oksigen dan yang kedua adalah sulfur dan fosfor disatu sisi dan yang lainnya adalah atom hidrogen yang terikat pada atom tersebut yang dihitung nilai kontribusi kepolarannya untuk mendapatkan nilai tPSA (Barret, 2018).

Nilai tPSA yang sangat rendah yaitu  $<75 \text{ \AA}^2$  kemungkinan dapat meningkatkan resiko toksik dan terutama jika lipofilisitasnya tinggi yaitu dengan nilai  $\log P >4$ . Disatu sisi, jika nilai tPSA tinggi menandakan jika senyawa tersebut baik digunakan untuk sediaan oral, berdasarkan pernyataan Hughe yaitu dengan nilai tPSA  $140 \text{ \AA}^2$  dan terutama jika senyawa tersebut memiliki ikatan yang kemungkinan dapat berotasi. Untuk senyawa yang dapat melewati membran sawar darah otak atau *Blood Brain Barrier* (BBB) memiliki nilai tPSA sekitar  $80 \text{ \AA}^2$  (Barret, 2018)

#### II.4 Melting Point Apparatus

Metode yang paling umum yang digunakan untuk mengukur titik lebur adalah dengan memanaskan sejumlah kecil zat padat dalam tabung kapiler. Pengukuran titik lebur dapat dilakukan dengan menggunakan metode analog namun sebagian besar alat pengukur titik lebur yang tersedia secara komersial sekarang menggunakan metode digital. Kedua metode tersebut memiliki kesamaan yaitu memiliki blok pemanas logam, yang biasanya memiliki ruang untuk tiga tabung yang memungkinkan penentuan lebih dari satu titik lebur secara bersamaan (Mohrig et al., 1918).

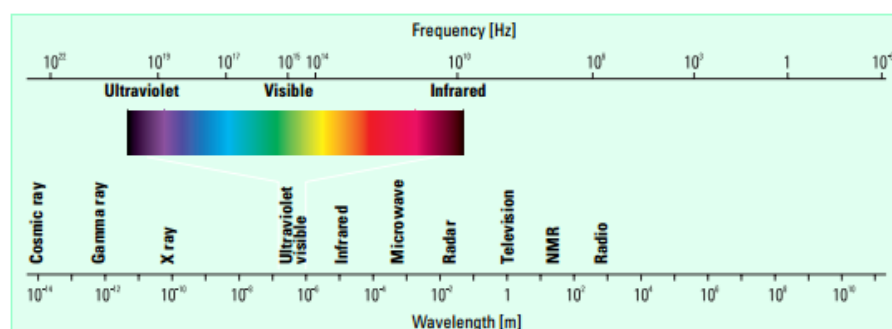
Keuntungan paling signifikan dari peralatan titik lebur digital (*Digital Melting Point Apparatus*) yaitu laju peningkatan suhu blok pemanas dapat diatur. Suhu diukur dengan sensor resistansi platina dan direkam pada LCD digital. Misalnya, suhu awal dapat diatur ke 10 °C di bawah titik lebur yang diharapkan dan suhu pengukuran diatur pada 1 °C /menit atau bahkan 0,5 °C / menit, dengan suhu berhenti diatur pada 5 °C di atas titik peleburan yang diharapkan. Jadi, program suhu yang ditentukan dan memungkinkan titik lebur dapat ditentukan dengan mudah. Untuk mengukur titik lebur yang akurat, penting untuk dapat mengontrol kenaikan suhu di dekat titik leleh. Jika suhu naik terlalu cepat, rentang leleh akan lebih besar dan kemungkinan besar akan terlalu tinggi karena sampel padat perlu waktu yang terbatas untuk mencair (Mohrig et al., 1918).

*Analog melting point apparatus* atau alat yang digunakan untuk menentukan titik lebur secara tradisional juga merupakan alat yang

menggunakan pemanas listrik, tetapi yang mengontrol laju pemanasan adalah *rheostat control*. Semakin tinggi pengaturan *rheostat control*, semakin cepat laju pemanasannya. Namun, laju pemanasan pada pengaturan tertentu meningkat lebih cepat di awal dan kemudian melambat seiring kenaikan suhu. Laju pemanasan yang menurun pada temperatur yang lebih tinggi memungkinkan pemanasan yang lebih lambat yang diperlukan saat mendekati titik lebur. Suhu diukur dengan termometer tradisional yaitu termometer yang berisi cairan. Perpindahan panas ke cairan termometer relatif lambat, dengan demikian waktu respon lebih lambat dibandingkan dengan termometer digital yang tertanam di blok pemanas logam. Penyesuaian laju pemanasan dengan *Analog melting point apparatus* lebih sulit dan biasanya titik lebur yang paling baik memiliki kisaran  $1\text{ }^{\circ}\text{C} - 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Mohrig et al., 1918).

## II. 5 Spektrofotometri UV-Vis

Ultraviolet (UV) dan sinar tampak merupakan bagian kecil dari spektrum elektromagnetik, yang mencakup bentuk radiasi lain seperti radio, inframerah (IR), kosmik, dan sinar X (Gambar 4).



**Gambar 4. Spektrum elektromagnetik  
(Sumber: Owen, 1996)**

Radiasi elektromagnetik merupakan interaksi antara medan listrik dengan medan magnet yang merambat melalui ruang dalam bentuk

gelombang. Karena radiasi bekerja sebagai gelombang, sehingga radiasi dapat diklasifikasikan menurut panjang gelombang atau frekuensinya, yang dihubungkan dengan persamaan:  $v = c / \lambda$ , dimana  $v$  adalah frekuensi (dalam detik),  $c$  adalah kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ ), dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang (dalam meter). Pada spektroskopi UV-Vis, panjang gelombang biasanya dinyatakan dalam nanometer ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ). Berdasarkan persamaan tersebut, radiasi dengan panjang gelombang yang lebih pendek memiliki energi yang lebih tinggi (Owen, 1996).

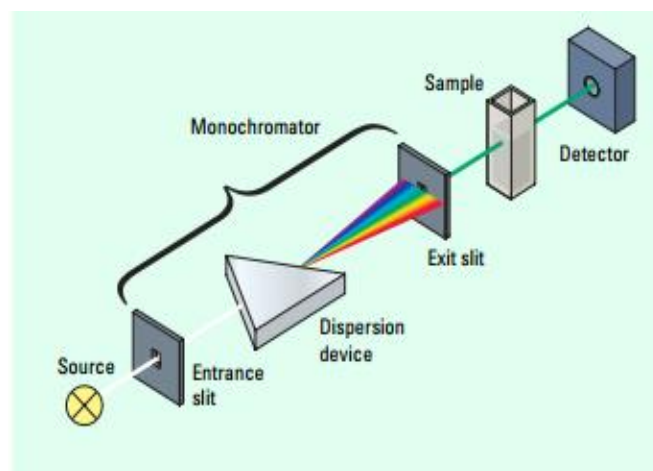
Ketika radiasi berinteraksi dengan materi, sejumlah proses dapat terjadi, termasuk refleksi, hamburan, absorpsi, fluoresensi / pendar (absorpsi dan reemisi), dan reaksi fotokimia (absorpsi dan pemutusan ikatan). Secara umum, yang diinginkan saat mengukur spektrum spektroskopi UV-Vis adalah absorpsi. Karena cahaya adalah suatu bentuk energi, maka cahaya akan diserap oleh materi yang menyebabkan kandungan energi dari molekul atau atom meningkat (Owen, 1996).

Spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur transmisi atau absorpsi sampel sebagai fungsi dari panjang gelombang radiasi elektromagnetik. Adapun jenis-jenis spektrofotometer, yaitu (Owen, 1996) :

a. *Conventional spectrophotometer*

Skema alat spektrofotometer konvensional *single-beam* ditunjukkan pada Gambar 5. Cahaya polikromatik difokuskan pada celah dari monokromator, yang secara selektif mentransmisikan pita cahaya yang sempit. Cahaya ini kemudian melewati area sampel ke detektor. Absorpsi

sampel ditentukan dengan mengukur intensitas cahaya yang mencapai detektor tanpa sampel (kosong) dan membandingkannya dengan intensitas cahaya yang mencapai detektor setelah melewati sampel. Secara umum, spektrofotometer berisi dua sumber lampu, yaitu lampu deuterium dan lampu tungsten, serta menggunakan tabung *photomultiplier* atau fotodiode sebagai detektor.



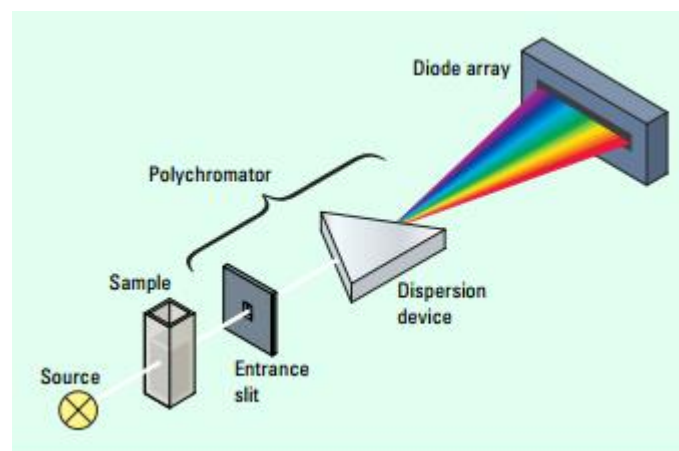
**Gambar 5. Skema alat spektrofotometer konvensional**  
(Sumber: (Owen, 1996))

Desain ini sangat cocok untuk mengukur absorbansi di satu titik dalam spektrum. Alat ini kurang baik digunakan untuk mengukur senyawa yang berbeda pada panjang gelombang yang berbeda. Untuk mengukur sampel yang berbeda pada panjang gelombang yang berbeda, maka bagian dari monokromator harus diputar, dimana hal ini dapat mengakibatkan kesalahan dalam pembacaan hasil pengukuran, selain itu proses datanya juga lambat.

b. *Diode array spectrophotometer*

Skema dari *diode array spectrophotometer* ditunjukkan pada gambar 6. Cahaya polikromatik yang bersal dari sumber cahaya melewati area sampel

dan berfokus pada celah masuk dari polikromator. Polikromator menyebarkan cahaya ke array dioda, di mana masing-masing dioda mengukur spektrum pita yang sempit. Kapasitas cahaya yang dideteksi oleh dioda berhubungan dengan ukuran berkas celah polikromator dan dengan ukuran dioda. Setiap dioda menjalankan fungsi yang sama seperti pintu keluar celah dari monokromator.



**Gambar 6. Skema alat spektrofometer dioda array**  
(Sumber: (Owen, 1996))

Polikromator (celah masuk ditambah perangkat dispersi) dan array dioda terkandung dalam unit yang dikenal sebagai spektograf. Karena posisi sampel dan pendispersi dibalik dari posisi pada instrumen konvensional, konfigurasi ini sering kali disebut sebagai optik terbalik. Untuk meminimalkan kemungkinan reaksi fotokimia, digunakan penutup untuk memblokir cahaya dari sumber cahaya hingga pengukuran selesai. Saat pengukuran dimulai, penutup terbuka secara otomatis dan cahaya masuk melewati sampel hingga dioda array. Pengukuran spektrofotometer dioda array pada dasarnya sangat cepat karena mampu mengakuisisi data secara paralel dan mampu melakukan



pemindaian secara elektronik, serta reproduktifitas panjang gelombang yang sangat baik.

Spektrofotometer konvensional dan dioda adalah spektrofotometer *single-beam* yang masing-masing memiliki kekurangan dan kelebihan. Instrumen *single-beam* merupakan instrumen yang dapat digunakan dengan biaya rendah dengan sistem optik sederhana yang menawarkan hasil yang baik karena memiliki sensitivitas yang tinggi (Owen, 1996).