

Kelas A/2023

# TRANSISI ELEKTRON

**Mata Kuliah: Kuantum & Spektroskopi**

Dosen Pengampu: Dr. Soni Setiadjı S.Si., MT., M.Si



# Overview

**01**

**Sifat Umum Transisi Elektronik**

**02**

**Contoh dan Latihan 17.1**

**03**

**Struktur Vibrasi (Azas Franck–Condon)**

**04**

**Faktor Franck–Condon**

**05**

**Transisi Khusus**

**06**

**Pendar Fluor dan Fosfor**

**07**

**Latihan soal**

# Sifat Umum Transisi Elektronik

## Hukum Beer-Lambert

Hukum Beer-Lambert menjelaskan hubungan antara intensitas cahaya yang melewati suatu sampel dan sifat sampel tersebut, khususnya konsentrasi zat penyerap dan panjang lintasan cahaya. Ketika cahaya masuk ke dalam larutan yang mengandung molekul penyerap, sebagian intensitasnya diserap pada setiap lapisan kecil larutan. Penurunan intensitas cahaya ini sebanding dengan banyaknya molekul penyerap dan ketebalan lapisan yang dilewati, sehingga perubahan intensitas dapat dinyatakan secara matematis sebagai hubungan eksponensial. Setelah diintegrasikan, hubungan ini menghasilkan persamaan Beer-Lambert yaitu  $I' = I 10^{-\epsilon c l}$  yang menyatakan bahwa intensitas cahaya yang keluar dari sampel merupakan sebagian dari intensitas awal berdasarkan besarnya koefisien absorpsi molar ( $\epsilon$ ), konsentrasi larutan ( $c$ ), dan panjang lintasan cahaya ( $l$ ). Persamaan ini juga dapat ditulis dalam bentuk absorbans  $A = \epsilon c l$ , yang biasa digunakan dalam spektrofotometri untuk menentukan konsentrasi suatu zat dalam sampel.

# Hukum Beer-Lambert

Reduksi intensitas  $dI$  yang terjadi ketika sinar melewati suatu lapisan dengan tebal  $dx$ , yang mengandung spesies pengabsorpsi  $J$  pada konsentrasi molar  $[J]$ , sebanding dengan tebal lapisan, konsentrasi, dan intensitas datang.  $I$  (karena laju absorpsi terstimulasi sebanding dengan intensitas). Jadi kita dapat menuliskan:

$$dI = -k [J] I dx$$

Membagi kedua sisi dengan  $I$ :

$$\frac{dI}{I} = -k [J] dx$$

Dengan mengingat bahwa:

$$\frac{dI}{I} = d(\ln I)$$

Maka:

$$d(\ln I) = -k [J] dx$$

# Hukum Beer-Lambert

$$\int_{I_0}^{I'} d \ln I = -K \int_0^l [J] dx$$

$$[\ln I]_{I_0}^{I'} = -K[J][x]_0^l$$

$$\ln I' - \ln I_0 = -K[J](l - 0)$$

$$\ln\left(\frac{I'}{I_0}\right) = -K[J]l$$

- Jika  $\ln x = y$ , maka  $x = e^y$ , sehingga:

$$\frac{I'}{I_0} = e^{-K[J]l}$$

$$I' = I_0 e^{-K[J]l} \quad (1a)$$

- Hubungan K dan  $\varepsilon$

$$K = \varepsilon \ln 10 = 2,303\varepsilon$$

- Gunakan identitas  $e^{-\ln 10} = 10^{-1}$ , substitusi  $K = \varepsilon \ln 10$

$$I' = I_0 e^{-(\varepsilon \ln 10)[J]l}$$

$$I' = I_0 (e^{-\ln 10})^{\varepsilon [J]l}$$

$$I' = I_0 10^{-1 (\varepsilon [J]l)}$$

$$I' = I_0 10^{-\varepsilon [J]l} \quad (1b)$$

- Penurunan Pers. 1c

Menggunakan sifat logaritma konversi basis :  $\ln x = 2,303 \times \log x$

$$\ln\left(\frac{I'}{I_0}\right) = -K[J]l$$

$$2,303 \log\left(\frac{I'}{I_0}\right) = -K[J]l$$

$$\log\left(\frac{I'}{I_0}\right) = -\frac{K}{2,303} [J]l$$

$$\log\left(\frac{I'}{I_0}\right) = -\varepsilon [J]l \quad (1c)$$

# Sifat Umum Transisi Elektronik

- Simetri & Aturan Seleksi

Probabilitas transisi ditentukan oleh simetri orbital dan aturan seleksi (Laporte & spin). Transisi yang melanggar aturan ini umumnya berintensitas rendah.

- Kopling Vibronik:

Transisi elektronik hampir selalu disertai perubahan vibrasi, menghasilkan struktur vibronik, puncak 0-0, dan pola intensitas sesuai Prinsip Franck-Condon.

- Pengaruh Lingkungan:

Polaritas pelarut, ikatan hidrogen, serta agregasi molekul dapat menggeser posisi dan mengubah intensitas pita serapan. Pada kompleks logam, kekuatan medan ligan memengaruhi energi d-d dan charge-transfer.

- Intensitas Sebagai Ciri Transisi:

Transisi diizinkan seperti  $\pi \rightarrow \pi^*$  dan charge-transfer umumnya sangat intens ( $\epsilon$  tinggi), sedangkan transisi d-d cenderung lemah karena pembatasan simetri.



# Contoh 17.1

Sinar dengan panjang gelombang 256 nm melewati sel kuvet setebal 1,0 mm yang berisi larutan 0,050 M  $C_6H_6$ . Intensitas sinar yang keluar hanya 16% dari intensitas awal, hitunglah absorbansi dan koefisien absorpsi molar dari sampel, dan berapakah transmitansi yang melewati sel 2mm

Koefisien absorpsi molar

$$\epsilon = \frac{A}{[J]l} = \frac{0,80}{0,050 \times 0,10} = 160 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

$$\epsilon = \frac{-1}{[C_6H_6]l} \lg \frac{I'}{I} = \frac{-\lg 0,16}{0,050 \text{ M} \times 0,10 \text{ cm}} = 160 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

Absorbansinya Adalah:

$$A = \epsilon [C_6H_6]l = 160 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1} \times 0,050 \text{ M} \times 0,10 \text{ cm} = 0,80$$

Transmitans yang melewati sampel 2,0 mm dinyatakan oleh :

$$T = 10^{-\epsilon [C_6H_6]l} = 10^{160 \times 0,05 \times 0,10} \approx 0,025$$

Interpretasi: Sinar yang keluar hanya 2,5% dari intensitas awal.

Komentar:

Koefisien absorpsi molar sampel dapat dinyatakan sebesar  $160 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ , dan satu molekul benzena secara efektif bertindak sebagai penghalang terhadap sinar dengan panjang gelombang tersebut, dengan luas penampang sekitar  $0,27 \text{ pm}^2$ .

# Latihan 17.1

Transmitans larutan 0,10 M  $\text{CuSO}_4$  (aq) pada 600 nm dalam sel 5,0 mm adalah 0,30. Hitunglah koefisien absorpsi molar  $\text{Cu}^{2+}$  (aq) pada panjang gelombang itu, dan absorbans larutan tersebut. Berapa transmitans melewati sel 1,0 mm.

Jawaban:

- Koefisien absorpsi molar

$$\varepsilon = \frac{-1}{[\text{CuSO}_4] \cdot l} \log \frac{1}{T} = \frac{-\log T}{\text{Cu} \cdot l}$$

$$\varepsilon = \frac{-\log 0,30}{0,10 \text{ M} \times 0,50 \text{ cm}}$$

$$\varepsilon = \frac{0,523}{0,05}$$

$$\varepsilon = 10,46 \text{ m}^{-1} \text{ cm}^{-1} \approx 10 \text{ m}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

- A

$$A = \varepsilon [\text{Cu}] l$$

$$A = 10 \text{ m}^{-1} \text{ cm}^{-1} \times 0,10 \text{ M} \times 0,50 \text{ M}$$

$$A = 0,50$$

- Transmitansi yang melewati sel 1,0 mm

$$A = \varepsilon [\text{Cu}] l$$

$$A = 10 \text{ m}^{-1} \text{ cm}^{-1} \times 0,10 \text{ M} \times 0,10 \text{ cm}$$

$$A = 0,10$$

$$T = 10^{-A} = 10^{-0,10}$$

$$T = 0,79$$



# Struktur Vibrasi Azas Franck–Condon

## Fenomena vibronic dalam spektroskopi elektronik

- Transisi elektronik berlangsung sangat cepat sehingga inti atom tidak sempat bergerak.
- Perpindahan terjadi secara vertikal pada diagram energi potensial (posisi internuklir tetap).
- Setelah eksitasi, inti berada pada posisi yang bukan titik keseimbangan keadaan tereksitasi.
- Kondisi ini membuat molekul mulai bergetar pada tingkat vibrasi tertentu.
- Akibatnya, satu pita elektronik muncul sebagai deret garis vibrasi, bukan satu garis tunggal.
- Kombinasi perubahan elektronik + vibrasi inilah yang disebut transisi vibronik.

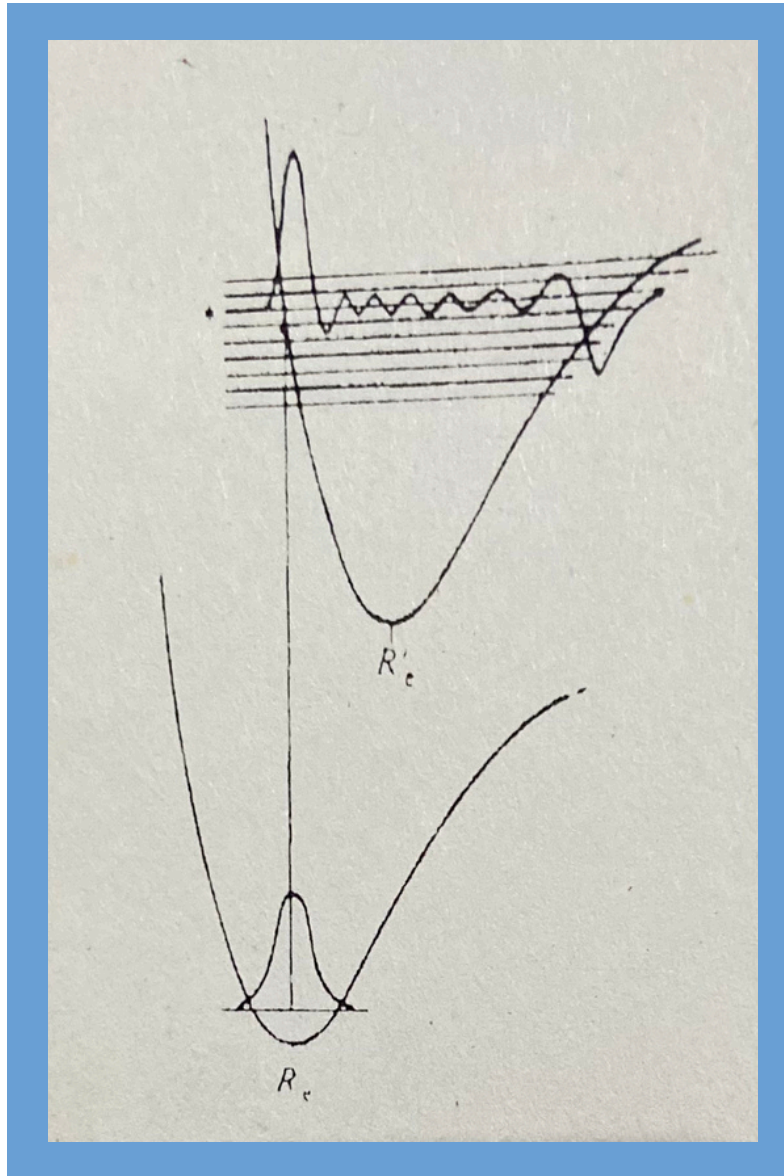
## Fenomena vibronic dalam spektroskopi elektronik

**Prinsip Franck–Condon** menyatakan:

**Bahwa transisi elektronik terjadi begitu cepat sehingga inti–inti atom tidak sempat bergerak selama proses eksitasi.**

Karena itu, perpindahan dari keadaan elektronik dasar ke keadaan tereksitasi berlangsung pada jarak internuklir yang sama, dan pada diagram energi potensial digambarkan sebagai transisi vertikal.

# Struktur Vibrasi Azas Franck-Condon



**Gambar 17.3**

Intensitas garis dalam spektrum elektronik ditentukan oleh besar tumpang tindih antara fungsi gelombang vibrasi awal dan akhir.

- Vibrasi dengan tumpang tindih terbesar menghasilkan garis paling intens.
- Tumpang tindih kecil menghasilkan garis lemah atau tidak tampak.
- Karena beberapa tingkat vibrasi dapat memiliki tumpang tindih berbeda, pita elektronik muncul sebagai serangkaian puncak dengan intensitas bervariasi.

## Mekanisme Transisi Elektronik dan Vibrasi Secara Simultan

### 1. Absorpsi cahaya (transisi elektronik)

Proses ini berlangsung sangat cepat sehingga inti tidak sempat bergerak, sehingga posisi internuklir dianggap tetap.

### 2. Terjadinya transisi vertikal

Pada diagram energi potensial (gambar 17.2 dan 17.3), perpindahan digambarkan sebagai transisi vertikal.

### 3. Timbulnya vibrasi pada keadaan tereksitasi

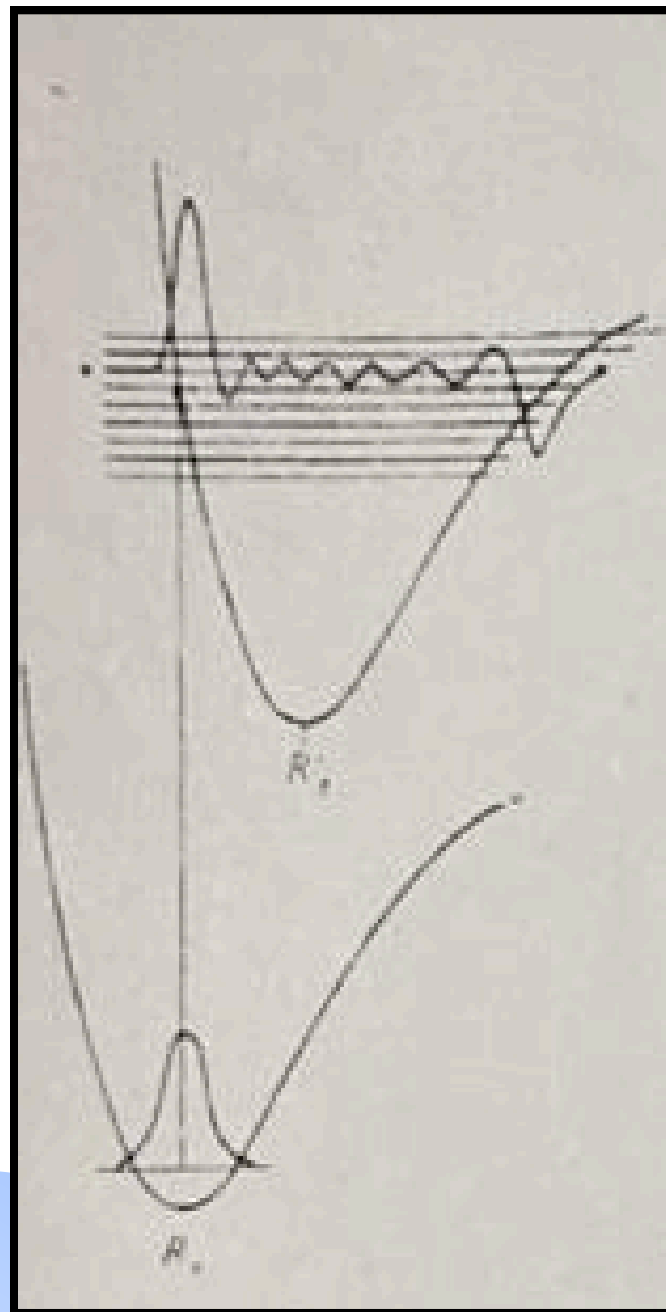
Karena inti berada pada posisi yang bukan titik keseimbangan di keadaan tereksitasi, molekul mulai bergetar dan menempati beberapa tingkat vibrasi  $v'$ .

Proses ini menghasilkan transisi vibronik

### 4. Terbentuknya spektrum vibronik

# Struktur Vibrasi Azas Franck-Condon

## Kurva Energi Potensial Molekul



Gambar 17.3

### Konsep Utama

- Kurva energi potensial menggambarkan perubahan energi terhadap jarak antar inti ( $R$ ).
- Model Morse menunjukkan kurva yang asimetris: menanjak curam pada jarak pendek dan mendatar pada jarak panjang.
- Keadaan dasar memiliki minimum pada  $R_e$ , sedangkan keadaan tereksitasi pada  $R_e'$

### Morse Curve

- Kurva potensial asimetris: curam saat inti mendekat, landai saat menjauh.
- Titik minimum energi menunjukkan jarak kesetimbangan ( $R_e$ ).
- Keadaan tereksitasi memiliki minimum baru ( $R_e'$ ) yang dapat bergeser dari  $R_e$ .
- Terdapat tingkat vibrasi diskrit ( $v = 0, 1, 2, \dots$ ) yang semakin rapat di energi tinggi.
- Transisi elektronik terjadi secara vertikal (Franck-Condon), memotong beberapa tingkat vibrasi.

# Struktur Vibrasi Azas Franck–Condon

## Mengapa spektrum elektronik memiliki struktur vibrasi?

### Penyebab Utama

- Transisi elektronik sangat cepat sehingga posisi inti tidak berubah (inti dianggap diam).
- Akibatnya, eksitasi tidak selalu menuju tingkat vibrasi dasar keadaan tereksitasi.

### Implikasi Franck–Condon

- Intensitas transisi ditentukan oleh tumpang tindih fungsi gelombang vibrasi.
- Lebih besar overlap → garis vibrasi lebih kuat.

### Hasil pada Spektrum

- Muncul serangkaian garis vibrasi (vibronic progression).
- Jumlah dan pola garis bergantung pada perbedaan  $R_e$  dan  $R_e'$ .

## Penentuan Sifat Ikatan dari Pergeseran Vibrasi

### Interpretasi Pergeseran

- Deret vibrasi bergeser ke energi lebih rendah →  $R_e' > R_e$  → ikatan melemah pada keadaan tereksitasi.
- Deret vibrasi bergeser ke energi lebih tinggi →  $R_e' < R_e$  → ikatan menguat.

### Informasi yang Diperoleh

- Besarnya perubahan panjang ikatan dari keadaan dasar ke tereksitasi.
- Jumlah garis vibrasi menunjukkan besar kecilnya pergeseran  $R_e \rightarrow R_e'$ .
- Data vibrasi dapat dipakai memperkirakan gaya pemulih (force constant) dan energi disosiasi (metode Birge–Sponer).



# Faktor Franck–Condon

Bentuk kuantitatif Franck–Condon diturunkan dari ungkapan untuk momen dipol transisi. Fungsi gelombang keadaan awal dan akhir merupakan hasil kali fungsi gelombang elektronik dan vibrasi yang bersangkutan. Jadi, fungsi gelombang total untuk keadaan elektronik  $\psi_e(\mathbf{r})$   $\psi_e(\mathbf{R})$  dimana  $\mathbf{r}$  menyatakan koordinat elektron dan  $\mathbf{R}$  menyatakan koordinat inti. Momen dipol transisi untuk eksitasi  $e', v' \leftarrow e, v$ :

$$\begin{aligned}\mu &= -e \int \psi_{\epsilon'}^*(\mathbf{r}) \psi_{v'}^*(\mathbf{R}) \psi_{\epsilon}(\mathbf{r}) \psi_v(\mathbf{R}) d\tau_{\text{elek}} d\tau_{\text{inti}} \\ &= -e \int \psi_{\epsilon'}^*(\mathbf{r}) \mathbf{r} \psi_{\epsilon}(\mathbf{r}) d\tau_{\text{elek}} \int \psi_{v'}^*(\mathbf{R}) \psi_v(\mathbf{R}) d\tau_{\text{inti}}\end{aligned}$$

Dalam hal ini, fokus perhatian beralih pada faktor kedua, yaitu bagian yang menggambarkan kontribusi vibrasi:

Di kenal integral tumpang-tindih antara fungsi gelombang keadaan vibrasi awal dan akhir.

$$S_{v', v} = \int \psi_{v'}^*(\mathbf{R}) \psi_v(\mathbf{R}) d\tau_{\text{inti}}$$

Intensitas transisi dari keadaan vibrasi  $v$  dari keadaan elektronik dasar ke keadaan vibrasi  $v'$  dari keadaan elektronik tereksitasi, sebanding dengan kuadrat momen dipol transisi. Jadi, intensitas itu sebanding dengan  $S^2_{v', v}$ .

Kuantitas ini dikenal sebagai **Faktor Franck–Condon** untuk transisi  $e', v' \leftarrow e, v$ . Dengan demikian, makin besar tumpang-tindih vibrasi, makin besar pula intensitas absorpsi dari transisi elektronik dan vibrasi yang bersamaan itu.

# Transisi Khusus Transisi d-d

## Konsep Dasar & Mekanisme

### Konsep Dasar

- Transisi d-d: perpindahan elektron antar orbital d yang terbelah energinya ( $t_{2g}$  &  $e_g$ ).
- Terjadi saat kompleks menyerap cahaya tampak → muncul warna.
- Energi yang diserap = selisih energi  $\Delta$  ( $\Delta_o/\Delta_t$ ).

### Mekanisme

- Kompleks oktahedral: elektron  $\rightarrow t_{2g} \rightarrow e_g$ .
- Besarnya  $\Delta$  dipengaruhi oleh: jenis logam, bilangan oksidasi, jenis ligan (seri spektrokimia), dan geometri kompleks.

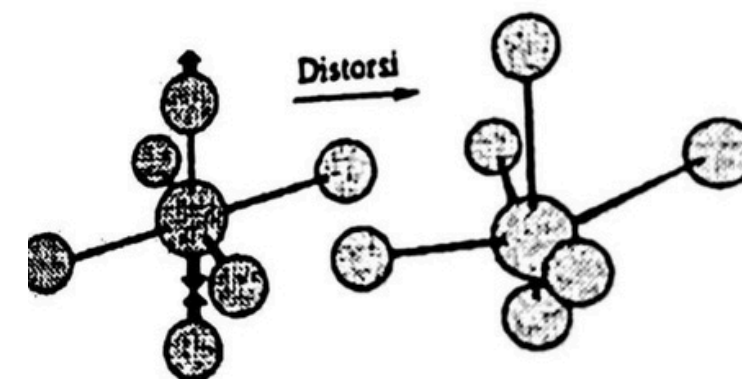
## Syarat & Implikasi

### Syarat Terjadinya Transisi d-d

- Harus ada elektron d yang dapat dieksitasi.
- Kompleks  $d^0$  dan  $d^{10} \rightarrow$  tidak menunjukkan transisi d-d.
- Intensitas lemah (aturan Laporte).

### Implikasi Spektroskopi

- Menentukan geometri (oktahedral vs tetrahedral).
- Menentukan bilangan oksidasi logam.
- Menghitung  $\Delta$  dari spektrum UV-Vis.





## Jenis-jenis ikatan :

Elektron dalam molekul menempati orbital molekul (MO):

orbital ikatan  $\rightarrow$  energi rendah ( $\sigma$ ,  $\pi$ )

orbital anti- katan  $\rightarrow$  energi tinggi ( $\sigma^*$ ,  $\pi^*$ )

orbital non-ikatan ( $n$ )  $\rightarrow$  pasangan elektron bebas, energi sedang

## Jenis-jenis orbital :

$\sigma \rightarrow$  ikatan tunggal

$\pi \rightarrow$  ikatan rangkap (C=C, C=O, aromatik)

$n \rightarrow$  lone pair pada atom elektronegatif (O, N, S)

$\pi^* \rightarrow$  anti ikatan rangkap

$\sigma^* \rightarrow$  antibonding ikatan tunggal

(Sara, ulayya)

## Transisi $\pi \leftarrow \pi^*$

### Terjadi pada :

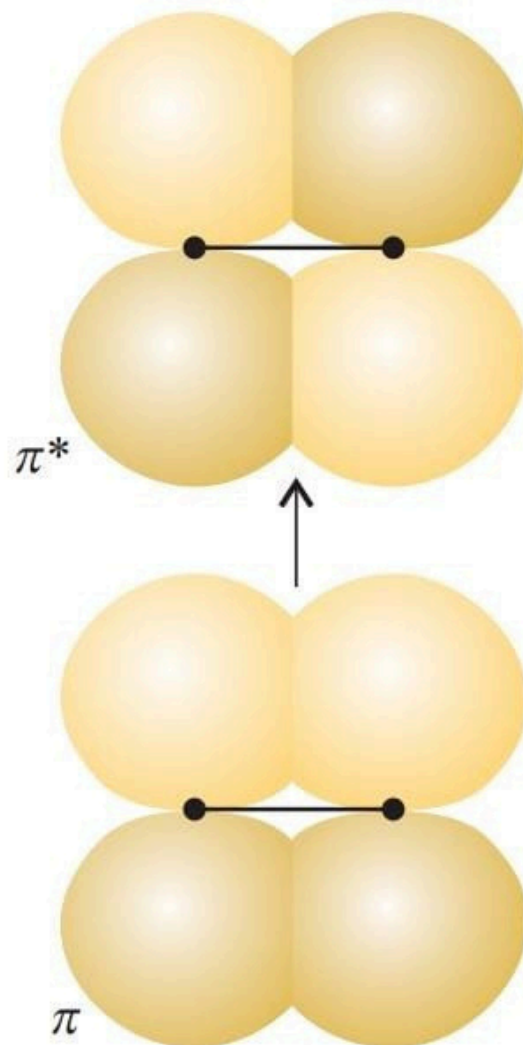
- Ikatan rangkap C=C
- Ikatan C=C
- Senyawa aromatik

### Mekanisme :

- Elektron di orbital  $\pi$  (ikatan rangkap) menyerap energi dan naik ke orbital antibonding  $\pi^*$  ( $\pi \rightarrow \pi^*$ ).

### Sifat-sifat :

- Energi tinggi
- Panjang gelombang pendek (UV ~180-200 nm)
- Intensitas sangat kuat
- Terjadi bila molekul menyerap cahaya dengan energi besar



### Terjadi pada:

- Gugus karbonil (C=O)
- Amina, amida, ester, nitro, dan senyawa dengan pasangan elektron bebas (lone pair)
- Senyawa heteroatom (O, N, S) yang memiliki orbital non-ikatan ( $n$ )
- Senyawa dengan orbital  $\pi$  antibonding ( $\pi^*$ )

### Mekanisme :

- Elektron dari orbital non-ikatan ( $n$ ) menyerap energi lalu naik ke orbital antibonding  $\pi^*$ . Transisi ini umum pada molekul poliatomik dengan heteroatom.

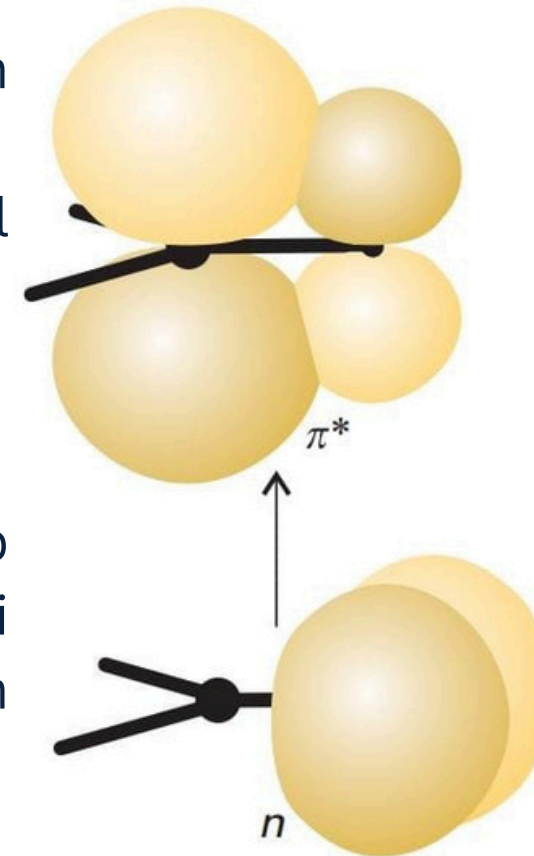
### Sifat-sifat :

- Energi lebih rendah daripada  $\pi \rightarrow \pi^*$ .
- Intensitas lemah (overlap orbital kecil).
- Dipengaruhi pelarut (sering bergeser ke  $\lambda$  lebih panjang).

### Aplikasi :

- Identifikasi gugus karbonil di UV-Vis (puncak lemah 250–300 nm).
- Analisis struktur dan interaksi molekul (pelarut, H-bonding).

## Transisi $\pi^* \leftarrow n$



# Pendar Fluor

## Pengertian Pendar Fluor

Pendar fluor adalah proses ketika molekul menyerap cahaya berenergi tinggi lalu memancarkan kembali cahaya dengan energi lebih rendah. Setelah tereksitasi, molekul kehilangan sebagian energinya melalui tumbukan, kemudian memancarkan sisa energinya sebagai cahaya dengan panjang gelombang lebih panjang.

## Proses Pendar Fluor

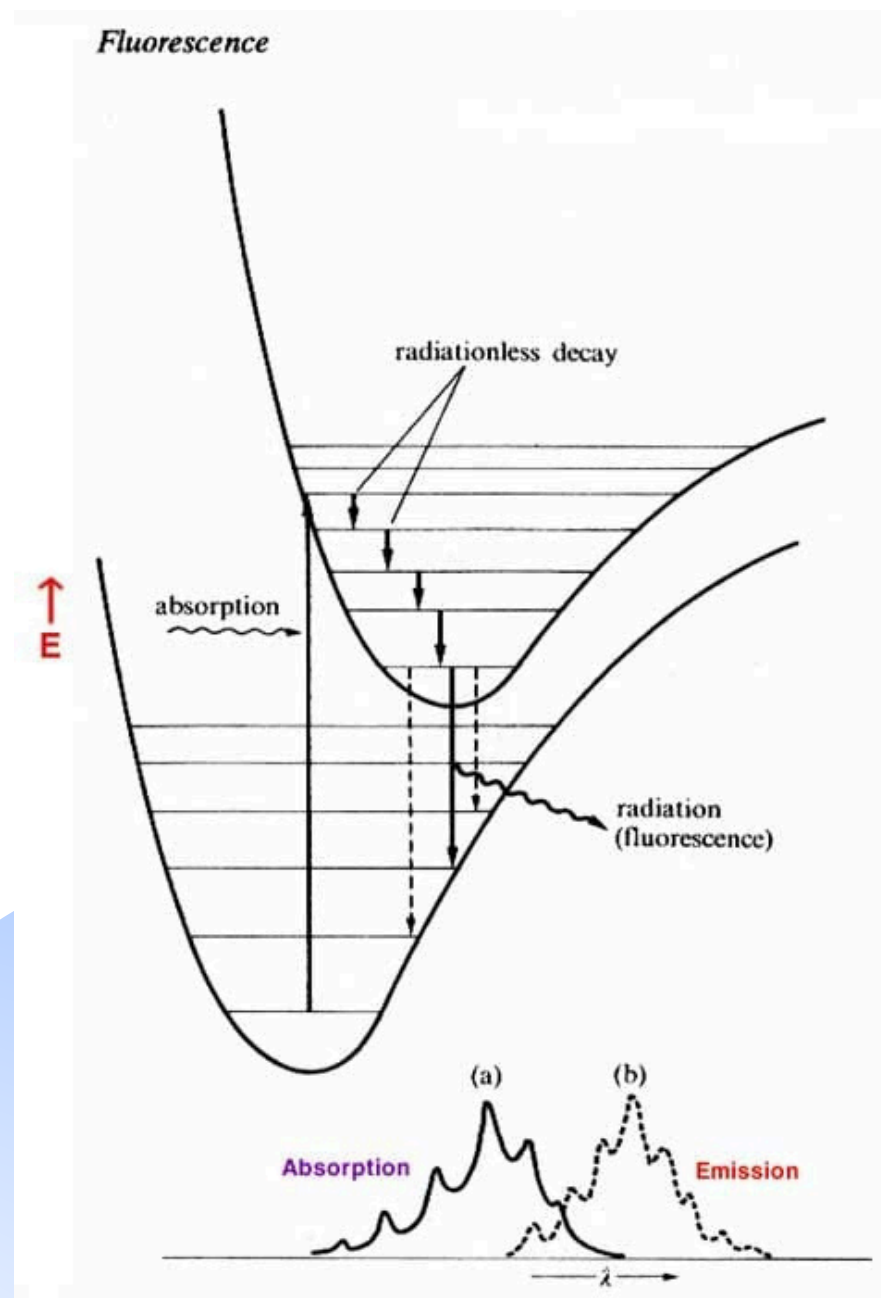
Absorpsi awal membawa molekul ke keadaan elektronik tereksitasi. Molekul yang tereksitasi bertumbukan dengan lingkungannya dan kehilangan energi vibrasi, turun ke tingkat vibrasi terendah dalam keadaan tereksitasi.

## Prinsip Franck-Condon

Transisi elektronik bersifat vertikal karena terjadi sangat cepat. Spektrum absorpsi dan emisi menunjukkan struktur vibrasi yang berbeda dari keadaan elektronik dasar dan tereksitasi.

## Karakteristik Emisi

Pendar fluor terjadi pada frekuensi lebih rendah daripada absorpsi karena sebagian energi vibrasi sudah dilepaskan. Pewarna fluor yang jingga dan hijau merupakan contoh nyata fenomena ini.



**Gambar A**

Urutan tahapan yang menghasilkan pendar-fluor

**Gambar B**

Spektrum absorpsi



**Pendar Fosfor**

# Definisi

fosforesensi adalah emisi cahaya tertunda yang muncul ketika elektron dalam molekul kembali dari keadaan triplet ( $T_1$ ) ke keadaan dasar singlet ( $S_0$ ).

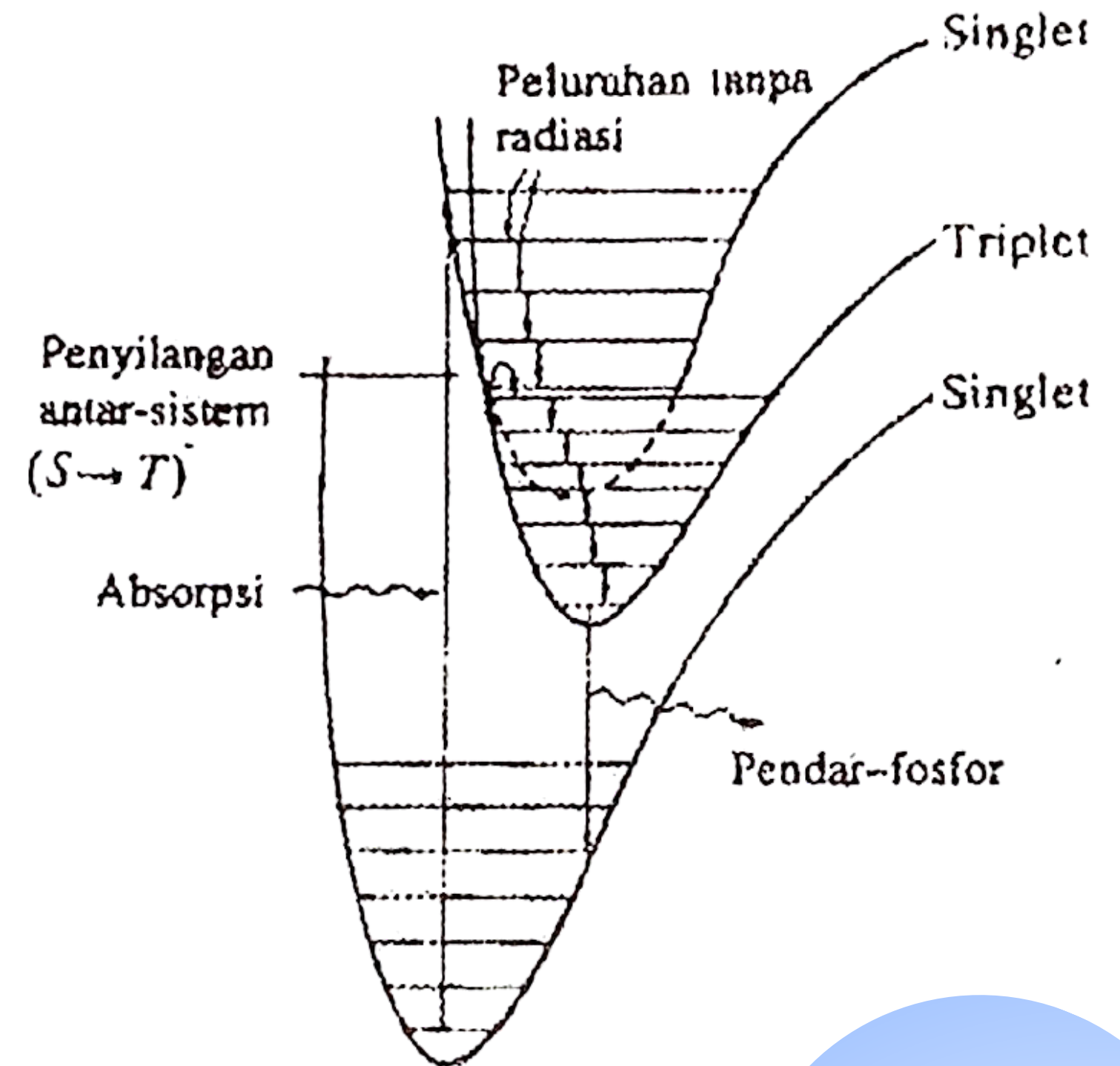
Transisi ini berlangsung lambat karena melibatkan perubahan spin, sehingga melanggar aturan seleksi spin.

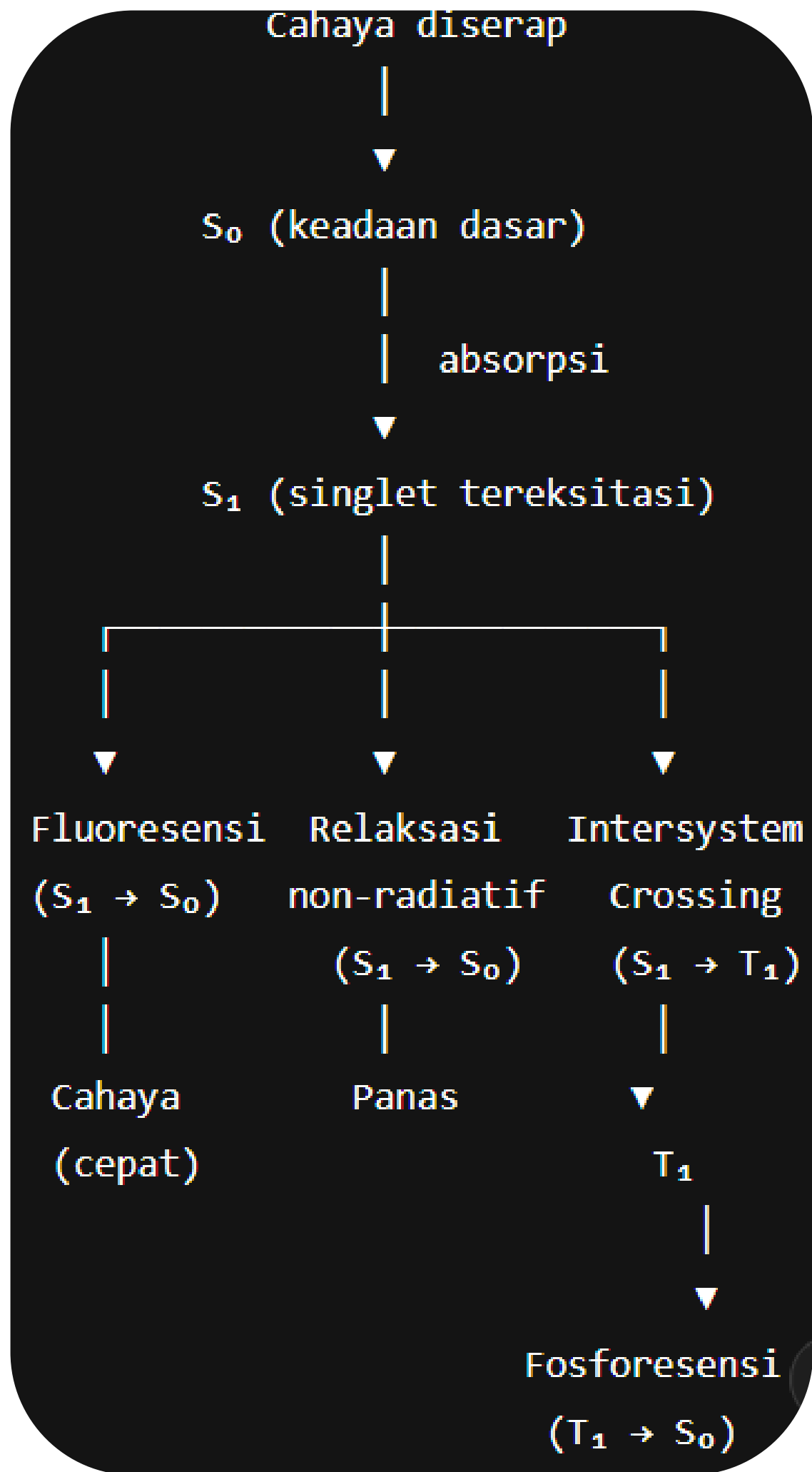
Molekul memiliki keadaan energi:

- $S_0$  = singlet dasar
- $S_1$  = singlet tereksitasi
- $T_1$  = triplet tereksitasi

Bedanya:

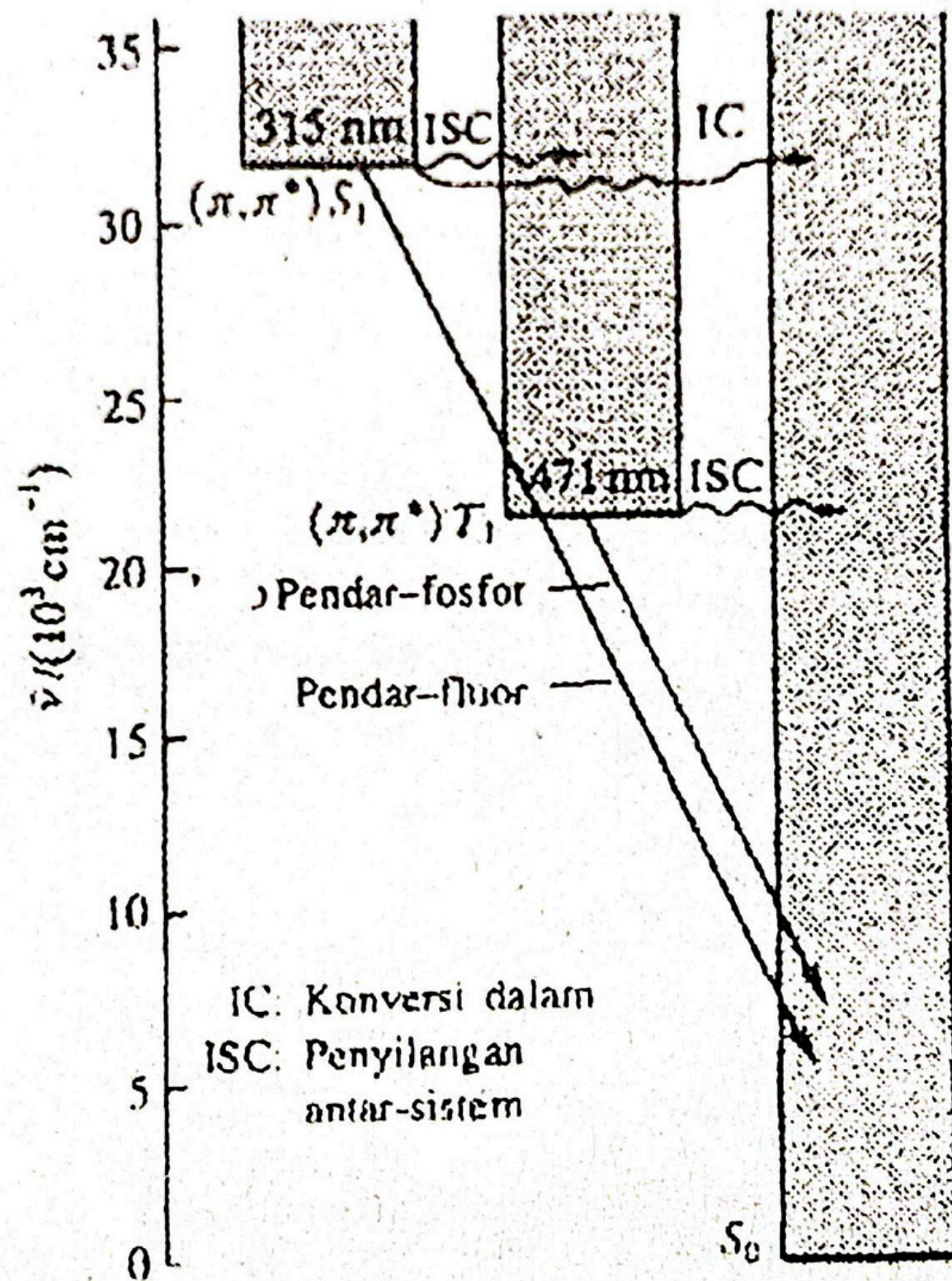
- Singlet  $\rightarrow$  spin berpasangan
- Triplet  $\rightarrow$  spin sejajar





1. Cahaya diserap  $\rightarrow$  elektron naik dari  $S_0$  ke  $S_1$ .  
( $S_1$  adalah keadaan energi tinggi dan tidak stabil)
2. Dari  $S_1$ , sebagian elektron berpindah ke  $T_1$  melalui intersystem crossing.  
(Proses ini tidak memancarkan cahaya dan melibatkan perubahan spin)
3. Elektron tertahan lama di  $T_1$  karena transisi  $T_1 \rightarrow S_0$  sulit terjadi.  
(Larangan spin membuat prosesnya sangat lambat)
4. Saat elektron akhirnya turun dari  $T_1$  ke  $S_0$ , cahaya dilepaskan secara lambat.  
(Inilah pendar fosfor / fosforesensi)





**Gambar 7.12**

Diagram Jablonski (untuk naftalena) merupakan gambaran yang disederhanakan tentang posisi relatif tingkat energi elektronik molekul. Tingkat keadaan vibrasi keadaan elektronik tertentu, tersusun satu di atas yang lain, tetapi lokasi horizontal relatif kolom-kolom itu tidak ada hubungannya dengan pemisahan inti dalam keadaan tersebut. Keadaan vibrasi dasar setiap keadaan elektronik, mempunyai lokasi vertikal yang sebenarnya, tetapi keadaan vibrasi lainnya hanya ditunjukkan secara skematis.



## Tingkat Keadaan Elektronik

Masing-masing terdiri dari serangkaian keadaan vibrasi.

### Vibrasi

Keadaan vibrasi dasar setiap keadaan elektronik memiliki lokasi vertikal yang sebenarnya, tetapi keadaan vibrasi lainnya hanya ditunjukkan secara skematis.

### Arah Energi

Sumbu vertikal menunjukkan energi (V dalam  $10^3 \text{ cm}^{-1}$ ). Energi meningkat ke atas.

## Transisi Radiatif dan Non-Radiatif

Penyilangan Antar-Sistem ( $S_1 \rightarrow T_1$ )

- Jika molekul tereksitasi menyilang menjadi keadaan triplet, molekul akan terus melepaskan energi ke sekitarnya dan menuju tangga vibrasi.
- Molekul menjadi terperangkap sementara di tingkat energi vibrasi triplet. Molekul terperangkap di pelarut, tidak dapat mengambil energi transisi elektronik terakhir ke kuantum besar, dan tidak dapat meradiasikan energinya untuk kembali ke keadaan dasar, terlarang oleh spinnya.
- Oleh karena itu, transisi radiatif ( $T_1 \rightarrow S_0$ ) tidak terlarang total, tetapi memerlukan perpasangan spin-orbit yang berperan dalam penyilangan antar-sistem dan juga melanggar aturan seleksi.
- Hasilnya adalah molekul memancarkan sinar yang lemah dan emisinya dapat berlangsung sampai lama setelah keadaan tereksitasi asalnya terbentuk—inilah pendar-fosfor.



# **SOAL LATIHAN**

# Latihan-latihan 17.1

Koefisien absorpsi molar suatu zat yang dilarutkan dalam heksana adalah  $855 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  pada  $270 \text{ nm}$ . Hitunglah persentasi reduksi intensitas, jika sinar dengan panjang gelombang  $270 \text{ nm}$  melewati  $2,5 \text{ mm}$  larutan yang konsentrasinya  $3,25 \times 10^{-3} \text{ M}$ .

Diketahui:

- Koefisien absorpsi molar pada  $270 \text{ nm}$ :  $\epsilon = 855 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$
- Panjang gelombang:  $\lambda = 270 \text{ nm}$
- Reduksi intensitas cahaya (jika sinar melewati larutan  $2,5 \text{ mm}$ )
- Konsentrasi:  $c = 3,25 \times 10^{-3} \text{ M}$

Jawab :

- Absorbansi

$$l = 2,5 \text{ mm} = 0,25 \text{ cm}$$

$$A = \epsilon \times l \times c$$

$$A = 855 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1} \times 0,25 \text{ cm} \times 3,25 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$A = 0,6946875$$

- Transmittasi

$$A = -\log_{10}(T)$$

$$T = 10^{-A}$$

$$T = 10^{-0,6946875}$$

$$T = 0,2019$$

- % Reduksi intensitas

$$\% = (1-T) \times 100\%$$

$$\% = (1-0,2019) \times 100\%$$

$$\% = 79,81\%$$

# Latihan Soal 17.2

## Diketahui:

- $\frac{I'}{I} = 0,655 \rightarrow \lg \left( \frac{I'}{I} \right) = -0,1837587$
- $[J] = 6,67 \times 10^{-4} \text{ M}$
- $l = 3,5 \text{ mm} = 0,35 \text{ cm}$

## Persamaan yang digunakan:

$$\lg \left( \frac{I'}{I} \right) = -\varepsilon [J] l$$

## Penyelesaian:

$$\lg \left( \frac{I'}{I} \right) = -\varepsilon [J] l$$

$$-0,1837587 = -\varepsilon [J] l$$

$$0,1837587 = \varepsilon [J] l$$

$$0,1837587 = \varepsilon (6,67 \times 10^{-4}) (0,35)$$

$$0,1837587 = \varepsilon (2,3345 \times 10^{-4})$$

$$\varepsilon = \frac{0,1837587}{2,3345 \times 10^{-4}}$$

$$\varepsilon = 7,87 \times 10^2 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

$$\varepsilon (\text{cm}^2 \text{ mol}^{-1}) = 7,9 \times 10^2 \times 1000$$

$$= 7,9 \times 10^2 \times 10^3$$

$$= 7,9 \times 10^5 \text{ cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

jika sinar dengan panjang gelombang 400nm melewati 3,5mm larutan zat pengabsorpsi yang konsentrasinya  $6,67 \times 10^{-4} \text{ M}$ , Transimisinya adalah 65,5 persen. Hirunglah koefisien absorpsi molar zat terlarut pada panjang gelombang ini dan nyatakanlah jawabannya dalam  $\text{cm}^2 \text{ mol}^{-1}$ !

- $I$  = intensitas cahaya awal (sebelum melewati larutan)
- $I'$  = intensitas cahaya setelah melewati larutan
- $[J]$  = konsentrasi spesies yang menyerap cahaya
- $l$  = panjang lintasan cahaya (path length)
- $\varepsilon$  = koefisien serapan molar (menggambarkan seberapa kuat suatu spesies menyerap cahaya)
- $\lg$  = logaritma basis 10

Hukum Lambert-Beer biasanya ditulis:

$$A = \varepsilon [J] l$$

dan absorban  $A$  didefinisikan sebagai:

$$A = \lg \left( \frac{I}{I'} \right)$$

Jika diubah:

$$\lg \left( \frac{I'}{I} \right) = -A = -\varepsilon [J] l$$

# Latihan-latihan 17.3

Koefisien absorpsi molar zat terlarut pada 540 nm adalah  $286 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ . Jika sinar dengan panjang gelombang 540 nm melewati 6,5 mm sel yang berisi larutan tersebut, 46,5 persen sinarnya diadsorpsi. Berapa konsentrasi larutan itu?

Dik:

$$\varepsilon = 286 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

$$l = 6,5 \text{ mm} = 0,65 \text{ cm}$$

$$46,5\% \text{ diserap} \rightarrow T = 1 - 0,465 = 0,535$$

Dit: Berapa konsentrasi larutan itu?

Penyelesain:

$$\log\left(\frac{I'}{I}\right) = -\varepsilon [J] l$$

$$\log(0,535) = -286 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1} \times [J] \times 0,65 \text{ cm}$$

$$-0,2716 = -185,9 \text{ M}^{-1} \times [J]$$

$$[J] = 0,001461 \text{ M} \approx 1,46 \times 10^{-3} \text{ M}$$

# Latihan 17.4

Absorpsi yang diasosiasikan dengan transisi tertentu, dimulai pada 230 nm, berpuncak tajam pada 260 nm, dan berakhir pada 290 nm . Nilai maksimum koefisien absorpsi molarnya adalah  $1,21 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ . Perkirakanlah kekuatan osilator dari transisi yang mengasumsikan bentuk garis segitiga.

Diketahui :

- Absorpsi dimulai:  $\lambda_1 = 230 \text{ nm}$
- Puncak tajam:  $\lambda_{\text{max}} = 260 \text{ nm}$
- Berakhir:  $\lambda_2 = 290 \text{ nm}$
- Koefisien absorpsi molar maksimum:  
 $\epsilon_{\text{max}} = 1,21 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$

Ditanya :

kekuatan osilator dari bentuk garis segitiga?

• Dijawab:

- Konversi panjang gelombang ke bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )

$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda} \quad (\text{dengan } \tilde{\nu} \text{ dalam } \text{cm}^{-1}, \lambda \text{ dalam cm})$$

$$\lambda_1 = 230 \text{ nm} = 2,30 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

$$\lambda_2 = 290 \text{ nm} = 2,90 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

$$\tilde{\nu}_1 = \frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{2,30 \times 10^{-5} \text{ cm}} = 43478,26 \text{ cm}^{-1}$$

$$\tilde{\nu}_2 = \frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{2,90 \times 10^{-5} \text{ cm}} = 34482,76 \text{ cm}^{-1}$$

$$\Delta\tilde{\nu} = \tilde{\nu}_1 - \tilde{\nu}_2 = 43478,26 - 34482,76 = 8995,50 \text{ cm}^{-1}$$

- Integral luas pita absorpsi berbentuk segitiga

$$\int \epsilon(\tilde{\nu}) d\tilde{\nu} = \frac{1}{2} \epsilon_{\text{max}} \Delta\tilde{\nu}$$

$$\int \epsilon(\tilde{\nu}) d\tilde{\nu} = \frac{1}{2} (1,21 \times 10^4) (8995,50)$$

$$\int \epsilon(\tilde{\nu}) d\tilde{\nu} = 5,4423 \times 10^7$$

- Kekuatan osilator

$$f = 4,32 \times 10^{-9} \int \epsilon(\tilde{\nu}) d\tilde{\nu}$$

$$f = 4,32 \times 10^{-9} \times (5,4423 \times 10^7)$$

$$f = 4,32 \times 5,4423 \times 10^{-9+7} = 23,515 \times 10^{-2} = 0,235$$



# Latihan 17.5

Momen transisi yang dihitung dari fungsi gelombang keadaan awal dan akhir dari transisi tertentu pada 35.000 cm<sup>-1</sup> adalah 2,65 x 10<sup>-30</sup> cm. Hitunglah kekuatan osilator transisi itu?

- **Diketahui:**

- Bilangan gelombang transisi:  
 $\tilde{\nu} = 35\,000\text{ cm}^{-1}$
- Momen transisi:  
 $\mu_{if} = 2,65 \times 10^{-30}\text{ cm}$

- **Ditanya:**

Kekuatan osilator  $f$ .

- **Dijawab:**

Rumus:

$$f = \frac{8\pi^2 m_e \nu}{3he^2} |\mu_{if}|^2$$

$$f = \frac{\nu |\mu_{if}|^2}{7.095 \times 10^{-43}\text{ s}^{-1}\text{ C}^{-2}}$$

Ubah bilangan gelombang menjadi frekuensi:

$$\nu = c\tilde{\nu}$$

$$\nu = (3.00 \times 10^{10}\text{ cm/s})(35\,000\text{ Cm}^{-1})$$

$$\nu = 1.05 \times 10^{15}\text{ Hz}$$

Substitusi ke dalam persamaan:

$$f = \frac{1.05 \times 10^{15}\text{ Hz} \times (2.65 \times 10^{-30}\text{ C m})^2}{7.095 \times 10^{-43}\text{ Hz (C m)}^2}$$

$$f = 0.0104$$

## Latihan Soal 17.11

Sel 2,0 mm dipenuhi larutan benzena dalam pelarut yang tak mengabsorpsi. Konsentrasi benzena adalah 0,010 M dan panjang gelombang radiasinya 256 nm (tempat terdapatnya maksimum dalam absorpsi itu). Hitunglah koefisien absorpsi molar benzena pada panjang gelombang ini, jika transmisinya 48 persen. Berapa transmitansnya dalam sel 4,0 mm pada panjang gelombang yang sama?

Diketahui:

- $l = 2 \text{ mm} = 0,2 \text{ cm}$
- $[C_6H_6] = 0,01 \text{ M}$
- $\lambda = 256 \text{ nm}$

Ditanyakan:

- Koefisien absorpsi molar pada transmisi 48%?
- Transmitans dalam 4 mm?

Rumus yang digunakan:

$$I' = I \times 10^{-\varepsilon[J]l}$$

$$\log \frac{I'}{I} = -\varepsilon[J]l$$

$$T = \frac{I'}{I}$$

a.  $T = 48\% = 0,48$

$$\log \frac{I'}{I} = -\varepsilon[C_6H_6]l$$

$$\log T = -\varepsilon[C_6H_6]l$$

$$\varepsilon = -\frac{\log T}{[C_6H_6]l}$$

$$\varepsilon = -\frac{\log 0,48}{[0,01 \text{ M}] \times 0,2 \text{ cm}}$$

$$\varepsilon = 159,3793 \approx 159,4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$$

b.  $l = 4 \text{ mm} = 0,4 \text{ cm}$

$$I' = I \times 10^{-\varepsilon[J]l}$$

$$\frac{I'}{I} = 10^{-\varepsilon[J]l}$$

$$T = 10^{-\varepsilon[J]l}$$

$$T = 10^{-\varepsilon[C_6H_6]l}$$

$$T = 10^{-159,4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1} \times 0,01 \text{ M} \times 0,4 \text{ cm}}$$

$$T = 0,2303 \approx 0,23 = 23\%$$

**TERIMA  
KASIH**

