

Kimia  
Organik  
Fisik

ugmpress.uam.ac.id

[ugmpress.ugm.ac.id](http://ugmpress.ugm.ac.id)

# Kimia Organik Fisik

Harno Dwi Pranowo

[ugmpress.ugm.ac.id](http://ugmpress.ugm.ac.id)



GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS

## **KIMIA ORGANIK FISIK**

**Penulis:**

Harno Dwi Pranowo

**Penyunting bahasa:**

Wahyu

**Proofreader:**

Siti

**Desain sampul:**

Pram's

**Tata letak isi:**

Zendi

**Penerbit:**

Gajah Mada University Press  
Anggota IKAPI

**Ukuran:** 15,5 X 23 cm; xiv + 268 hlm

**ISBN:** 978-602-386-332-7

1902052-B5E

**Redaksi:**

Jl. Grafika No. 1, Bulaksumur  
Yogyakarta, 55281

Telp./Fax.: (0274) 561037

ugmpress.ugm.ac.id | gmupress@ugm.ac.id

**Cetakan pertama:** Maret 2019

2805.046.03.19

**Hak Penerbitan ©2019 Gajah Mada University Press**

*Dilarang mengutip dan memperbanyak tanpa izin tertulis dari penerbit, sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apa pun, baik cetak, photoprint, microfilm, dan sebagainya.*

# PRAKATA

Pemahaman tentang reaksi kimia dapat digunakan untuk melakukan rekayasa dan modifikasi dari suatu reaksi untuk menghasilkan produk sesuai dengan yang diinginkan. Kimia Organik Fisik (KOF) membahas tentang berjalannya suatu reaksi, mekanisme reaksi, keadaan transisi, dan zat antara yang terlibat dalam suatu reaksi. Untuk dapat mendesain suatu produk reaksi yang memiliki kemanfaatan tinggi maka mahasiswa harus memiliki pengetahuan tentang kaitan antara struktur dan reaktivitas senyawa, baik dengan menggunakan pendekatan teoritis maupun eksperimental. Ruang lingkup bahasan itulah yang mendasari penyusunan materi ajar yang terdapat pada buku KOF.

Materi yang dibahas pada buku ini dimulai dengan: (1) Ruang Lingkup Kimia Organik Fisik, (2) Struktur dan Reaktivitas, (3) Energi, Kinetika, dan Mekanisme Reaksi, (4) Reaksi Substitusi dan Eliminasi, (5) Karbokation, (6) Karbanion, (7) Radikal Bebas, (8) Zat Antara Tetrahedral, (9) Hubungan Energi Bebas Linier, dan (10) Reaksi Perisiklis. Agar dapat dengan mudah digunakan untuk mengukur capaian dan kompetensi mahasiswa, di setiap bab disediakan contoh soal.

Buku ini juga dilengkapi dengan praktikum pemodelan molekul di setiap bab untuk dapat memberikan pengalaman bagi mahasiswa dalam mendapatkan informasi yang lebih lengkap tentang KOF dengan menjalankan perhitungan kimia komputasi. Perangkat lunak yang direkomendasikan adalah HyperChem, Avogadro, atau perangkat lunak kimia komputasi yang lain yang bersifat *freeware*.

Selamat belajar, semoga kesuksesan selalu dapat teraih.

Yogyakarta, Februari 2018

**Harno D Pranowo**

Departemen Kimia FMIPA UGM

[harnodp@ugm.ac.id](mailto:harnodp@ugm.ac.id)

[ugmpress.ugm.ac.id](http://ugmpress.ugm.ac.id)

# DAFTAR ISI

PRAKATA.....	v	
DAFTAR ISI.....	vii	
DAFTAR TABEL.....	xi	
DAFTAR GAMBAR.....	xiii	
<b>BAB I</b>	<b>RUANG LINGKUP KIMIA ORGANIK FISIK.....</b>	<b>1</b>
1.1	Definisi Kimia Organik Fisik.....	2
1.2	Kimia Organik Fisik Abad Ke-21.....	5
1.3	Kimia Komputasi dan Teori Kerapatan Medan.....	8
1.4	Femtokimia.....	11
	Pemodelan Molekul.....	17
	Lembar Kerja.....	19
	Soal untuk Dipelajari.....	20
<b>BAB II</b>	<b>STRUKTUR DAN REAKTIVITAS.....</b>	<b>21</b>
2.1	Tinjauan Ulang Ikatan Antaratom.....	22
2.2	Bentuk Molekul Zat Antara.....	27
2.3	Bentuk Molekul dan Reaktivitas.....	29
2.4	Sistem Terkonjugasi dan Aromatisitas.....	29
2.5	Faktor-Faktor yang Memengaruhi Kerapatan Elektron dari Suatu Senyawa.....	33
2.6	Kimia Supramolekul.....	35
	Pemodelan Molekul.....	36
	Lembar Kerja.....	41
	Laporan Praktikum.....	44
	Soal untuk Dipelajari.....	45
<b>BAB III</b>	<b>ENERGI, KINETIKA, DAN MEKANISME REAKSI.....</b>	<b>46</b>
3.1	Entalpi ( $\Delta H$ ) dan Entropi ( $\Delta S$ ).....	46
3.2	Laju Reaksi dan Energi Bebas Pengaktifan.....	47
3.3	Kinetika dan Tahap Penentu Laju Reaksi.....	48

3.4	Kendali Kinetika dan Termodinamika .....	51
3.5	Telaah Mekanisme Reaksi .....	55
	Pemodelan Molekul.....	64
	Lembar Kerja.....	66
	Soal untuk Dipelajari.....	67
<b>BAB IV</b>	<b>REAKSI SUBSTITUSI DAN ELIMINASI .....</b>	<b>69</b>
4.1	Kajian Kinetika Suatu Reaksi .....	69
4.2	Substitusi Nukleofilik Bimolekuler ( $S_N2$ ) .....	70
4.3	Reaksi Substitusi Nukleofilik Unimolekuler ( $S_N1$ ) .....	74
4.4	Reaksi E2 (Eliminasi Bimolekuler) .....	80
4.5	Eliminasi Unimolekuler (E1) .....	85
4.6	Eliminasi pada Senyawa Siklis .....	88
4.7	Persaingan antara Substitusi dan Eliminasi .....	90
4.8	Katalisator .....	92
	Pemodelan Molekul.....	96
	Lembar Kerja.....	97
	Soal untuk Dipelajari.....	98
<b>BAB V</b>	<b>KARBOKATION .....</b>	<b>102</b>
5.1	Struktur Karbokation.....	102
5.2	Reaksi Karbokation.....	108
5.3	Reaksi Penataan Ulang Karbokation.....	109
	Pemodelan Molekul.....	116
	Lembar Kerja .....	119
	Stabilitas dan Struktur Benzyl dan Alil Karbokation .....	120
	Lembar Kerja.....	123
	Soal untuk Dipelajari.....	124
<b>BAB VI</b>	<b>KARBANION .....</b>	<b>127</b>
6.1	Pembentukan Karbanion .....	127
6.2	Kestabilan Karbanion.....	129
6.3	Konfigurasi Karbanion.....	130
6.4	Karbanion dan Tautomeri.....	132
6.5	Keseimbangan Keto-Enol .....	134
6.6	Reaksi Karbanion.....	136
6.7	Reaksi Penataan Ulang Karbanion.....	142



	Pemodelan Molekul.....	147
	Lembar Kerja.....	149
	Soal untuk Dipelajari.....	150
<b>BAB VII</b>	<b>RADIKAL BEBAS .....</b>	<b>152</b>
	7.1 Penemuan Radikal.....	152
	7.2 Pembentukan Radikal .....	153
	7.3 Deteksi Radikal .....	156
	7.4 Kestabilan Radikal Bebas .....	157
	7.5 Reaksi Radikal .....	159
	Pemodelan Molekul.....	172
	Untuk Dikerjakan di Rumah.....	175
	Lembar Kerja .....	175
	Soal untuk Dipelajari.....	176
<b>BAB VIII</b>	<b>ZAT ANTARA TETRAHEDRAL.....</b>	<b>180</b>
	8.1 Reaktivitas Gugus Karbonil.....	180
	8.2 Stereokimia Reaksi Adisi Nukleofilik Terhadap Karbonil .....	187
	8.3 Keasaman H- $\alpha$ .....	188
	8.4 Tautomerisasi Keto-Enol.....	189
	8.5 Adisi Aldol .....	191
	8.6 Reaksi Kondensasi Claisen .....	193
	Pemodelan Molekul.....	195
	Lembar Kerja.....	197
	Soal untuk Dipelajari.....	200
<b>BAB IX</b>	<b>HUBUNGAN ENERGI BEBAS LINIER .....</b>	<b>202</b>
	9.1 Pengertian Hubungan Energi Bebas Linear .....	202
	9.2 Persamaan Hammet.....	205
	9.3 Konjugasi-Lewatan ( <i>Through Conjugation</i> ).....	212
	9.4 Penggunaan Persamaan Hammet .....	216
	9.5 Kimia Komputasi dan Desain Obat .....	224
	Soal untuk Dipelajari.....	231
<b>BAB X</b>	<b>REAKSI PERISIKLIS.....</b>	<b>233</b>
	10.1 Pengertian Reaksi Perisiklis.....	233
	10.2 Reaksi Elektrosiklis.....	236

10.3	Reaksi Sikloadisi.....	240
10.4	Penyusunan Ulang Sigmatropik.....	243
10.5	Geseran Karbon.....	245
	Soal untuk Dipelajari.....	248
DAFTAR PUSTAKA.....		250
GLOSARIUM.....		254
INDEKS.....		264
TENTANG PENULIS.....		267

ugmpress.ugm.ac.id