



OLIMPIADE SAINS NASIONAL 2017

Tingkat Nasional



Bidang Kimia

SOAL

Ujian Teori

Waktu: 180 menit

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENGAH ATAS**

2017



di Download di Folder OSN

Petunjuk:

1. Isilah biodata anda dengan lengkap (di Lembar Jawaban). Tulis dengan huruf cetak dan jangan disingkat.
2. Ujian Teori ini terdiri **tujuh (7) soal essay** dengan **poin total = 160**.
3. Berkas soal ujian ini terdiri dari **10 halaman**.
4. Tidak ada ralat soal.
5. Waktu yang disediakan adalah **180 menit**.
6. Semua jawaban harus ditulis di lembar jawaban yang tersedia.
7. Jawaban soal essay harus dikerjakan dalam kotak yang tersedia (jawaban tidak boleh tersebar).
8. Berbagai rumus dan tetapan serta data massa atom relatif unsur yang mungkin diperlukan diberikan pada halaman khusus.
9. Anda dapat menggunakan kalkulator selama mengerjakan soal ini.
10. Tidak diperbolehkan membawa *Hand Phone* (HP) atau peralatan komunikasi lainnya ke dalam ruangan ujian.
11. Anda dapat mulai bekerja bila sudah ada tanda mulai dari pengawas.
12. Anda harus segera berhenti bekerja bila ada tanda berhenti dari Pengawas.
13. Letakkan lembar jawaban anda di atas meja sebelah kanan dan segera tinggalkan ruangan.
14. Anda dapat membawa pulang soal ujian.

Tetapan dan Rumus

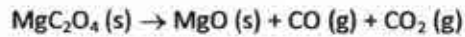
Bilangan Avogadro	$N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ partikel.mol}^{-1}$
Tetapan gas universal, R	$R = 0,08205 \text{ L.atm/mol.K} = 8,3145 \text{ L.kPa/mol.K}$ $= 8,3145 \times 10^7 \text{ erg/mol.K} = 8,3145 \text{ J/mol.K}$ $= 1,987 \text{ kal/mol.K} = 62,364 \text{ L.torr/mol.K}$
Tekanan gas	$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ torr} = 101,32 \text{ kPa}$ $= 101325 \text{ Pa} = 1,01325 \text{ bar}$ $1 \text{ torr} = 133,322 \text{ Pa}$ $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ kg/(m.s}^2)$
Massa	$1 \text{ sma} = 1,6605 \times 10^{-24} \text{ g}$
Energi	$1 \text{ kal} = 4,182 \text{ J} ; 1 \text{ J} = 1 \text{ L.kPa}$
Kecepatan cahaya	$c = 3 \times 10^8 \text{ m/detik}$
Tetapan Plank	$h = 6,62606896 \times 10^{-34} \text{ J.sec}$ $= 4,13566733 \times 10^{-15} \text{ eV.sec}$
Massa dan energi	$E = mc^2$
Persamaan gas Ideal	$PV = nRT$
Tekanan Osmosis pada larutan	$\pi = M RT$
Tetapan Kesetimbangan air (K_w) pada 25°C	$K_w = 1,0 \times 10^{-14}$
Tetapan kesetimbangan dan tekanan parsial gas	$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$
Persamaan van't Hoff: Temperatur dan Tetapan kesetimbangan	$\ln \frac{K_{T1}}{K_{T2}} = \frac{\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$
Energi Gibbs pada temperatur konstan	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
Isoterm reaksi kimia	$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$
Hubungan tetapan kesetimbangan dan energi Gibbs	$\Delta G^\circ = -RT \ln K$
Potensial sel dan energi Gibbs	$\Delta G^\circ = -nFE^\circ$
Tetapan Faraday	$F = 96500 \text{ C/mol elektron}$
Ampere (A) dan Coulomb (C)	$A = C/\text{det}$
Muatan elektron	$1,6022 \times 10^{-19} \text{ C}$
Massa elektron	$0,000549 \text{ sma} = 9,1100 \times 10^{-28} \text{ g}$
Massa proton	$1,007316 \text{ sma} = 1,6727 \times 10^{-24} \text{ g}$
Massa neutron	$1,008701 \text{ sma} = 1,6750 \times 10^{-24} \text{ g}$
Kecepatan cahaya	$3 \times 10^8 \text{ m/s}$
Reaksi orde pertama: $A \rightarrow B$	$-\frac{d[A]}{dt} = k[A]$ $[A]_t = [A]_0 e^{-kt}$
Reaksi orde kedua: $A \rightarrow B$	$\text{rate} = -\frac{d[A]}{dt} = k[A]^2$ $\frac{1}{[A]_t} = -kt + \frac{1}{[A]_0}$

Data Massa Atom Relatif Unsur

H = 1,008	; O = 16,00
C = 12,01	; N = 14,01
Ca = 40,08	; Ag = 107,9
Fe = 55,85	; S = 32,07
Mg = 24,31	; Cl = 35,45
B = 10,81	; Na = 22,99
K = 39,10	; Mn = 54,94
Cu = 63,55	; F = 19,00

Soal 1. Termogravimetri (23 poin)

Termogravimetri adalah suatu metode analisis untuk menentukan komposisi suatu zat padat yang dapat terurai bila dipanaskan. Selama proses pemanasan, perubahan massa zat diukur dan dapat memberikan informasi komposisi zat yang dianalisis. Anda mempunyai sampel padat campuran dari kalsium oksalat dan magnesium oksalat yang dipanaskan hingga 900 °C. Selama proses pemanasan ini, massa campuran diukur secara kontinyu. Pada temperatur sekitar 400°C kedua garam oksalat tersebut mengalami reaksi penguraian, yaitu:



Pada temperatur 700 °C, diamati adanya reaksi penguraian yang ketiga.

- a. Tuliskan persamaan setara reaksi penguraian yang ketiga. (2 poin).

Pada 500°C massa sampel tersebut adalah 3,06 g, dan pada temperatur 700 °C- 900 °C massanya menjadi 2,03 g.

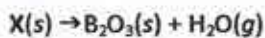
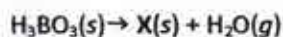
- b. Hitunglah persen massa CaC_2O_4 pada sampel tersebut sebelum dipanaskan. (9 poin)

Siswa kimia yang melakukan analisis pada bagian b) ingin memeriksa ketepatan pengukuran gravimetri yang dilakukannya. Dengan metode ini, ia berusaha menentukan massa molar atom karbon berdasarkan massa yang diamati, dan dibandingkan dengan nilai yang terdapat dalam literatur. Siswa tersebut memanaskan sebanyak 7,30 kalsium oksalat padat, dan memperoleh data eksperimen sebagai berikut.

temperatur (°C)	90	250	500	900
massa (g)	7,30	6,40	5,00	2,80

- c. Perkirakan proses yang menyebabkan berkurangnya massa sampel pada rentang temperatur 90-250 °C. (3 poin)
- d. Hitunglah massa molar atom karbon berdasarkan data di atas. (4 poin)

Adakalanya, metode gravimetri menghasilkan penemuan senyawa baru. Contohnya adalah termogravimetri asam borat, H_3BO_3 , yang menunjukkan adanya senyawa X. Hilangnya massa zat padat dari proses pemanasan H_3BO_3 berlangsung dalam dua tahap (*persamaan reaksi belum setara*) sebagai berikut:



Hasil eksperimen tersebut ditampilkan pada tabel berikut:

temperatur (°C)	40	100	250
massa (g)	6,2	4,4	3,5

- e. Berdasarkan data termogravimetri tersebut, perkirakan rumus empiris senyawa X. (5 poin)

Soal 2. Asam Oksalat (24 poin)

Asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) adalah suatu padatan tidak berwarna yang dapat larut dalam air. Asam oksalat merupakan asam berbasas dua dengan nilai tetapan ionisasi $K_{a1} = 5 \times 10^{-2}$ dan $K_{a2} = 5 \times 10^{-5}$. Ion oksalat dapat bereaksi dengan ion permanganat dalam suasana asam dan panas membentuk karbondioksida. Ion oksalat juga dapat bereaksi dengan ion besi(III) membentuk kompleks trisoksalatobesi(III).

- Tuliskan dua persamaan reaksi ionisasi asam oksalat. (4 poin)
- Hitung pH larutan asam oksalat 0,10 M. (4 poin)
- Hitung massa (g) NaOH yang ditambahkan ke dalam 200 mL larutan asam oksalat 0,10 M agar pH larutan menjadi = 5 (volume padatan NaOH yang ditambahkan dapat diabaikan) (5 poin)
- Jika 200 mL larutan asam oksalat 0,10 M dicampur dengan 200 mL asam klorida 0,05 M, hitunglah $[\text{H}^+]$ dalam campuran tersebut. (3 poin)
- Tuliskan persamaan reaksi ion oksalat dengan ion permanganat dalam suasana asam. Kemudian hitung volume (mL) larutan kalium permanganat 0,01 M yang bereaksi sempurna dengan 25,00 mL larutan asam oksalat 0,05 M. (4 poin)
- Sebanyak 75 mL larutan asam oksalat 0,10 M ditambahkan 0,55 g padatan besi(III) klorida heksahidrat dan 1,5 g padatan kalium oksalat. Campuran ini menghasilkan kompleks kalium trisoksalatobesi(II). Tuliskan persamaan reaksi ion pembentukan kompleks tersebut, dan hitung massa (g) kompleks yang terbentuk. (4 poin)

Soal 3. Kompleks Oktahedral (28 poin)

Garam M(II) tetrafluoroborat (M adalah logam transisi periode-4) larut dalam air membentuk ion kompleks A yang mengandung enam molekul air sebagai ligan. Ion kompleks A bereaksi dengan ligan L membentuk ion kompleks B yang mengandung satu ligan L. Ligan L adalah ligan bidentat yang mengandung dua atom donor nitrogen. Selanjutnya ion kompleks B bereaksi dengan ligan L membentuk ion kompleks C yang mengandung dua ligan L. Jika ion kompleks A bereaksi dengan ligan L berlebih, terbentuk kompleks D yang mengandung tiga ligan L.

- Tuliskan persamaan reaksi pelarutan M(II) tetrafluoroborat dalam air membentuk kompleks A. (2 poin)
- Tuliskan persamaan reaksi pembentukan kompleks B, C dan D. (6 poin)
- Gambarkan struktur kompleks B, C dan D beserta isomer-isomernya. (12 poin)
- Jika M adalah Fe dan analisis unsur terhadap kompleks D menunjukkan persen massa karbon = 51,60%, hidrogen = 3,44% dan nitrogen = 12,04%, tentukan rumus kimia ligan L dan rumus kimia kompleks yang sesungguhnya. (5 poin)
- Ion kompleks A ternyata bersifat paramagnetik, tentukan sifat magnetik ion kompleks B, C dan D, untuk $\text{M} = \text{Fe}$. (3 poin)

Soal 4 Bilangan Kuantum Elektron dan Tabel Periodik Unsur (17 poin)

Andaikan kita hidup di alam semesta lain dengan hukum fisika yang berbeda. Pada alam semesta ini, elektron dijelaskan dengan empat bilangan kuantum yaitu p , q , r dan s , masing-masing dengan makna yang sama seperti bilangan kuantum n , l , m_l dan s . Aturan untuk ke-4 bilangan kuantum ini adalah sebagai berikut:

$$p = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$

$$q = \text{bilangan bulat ganjil positif dan } q \leq p.$$

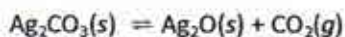
$$r = \text{bilangan bulat dan genap dari } -q \text{ sampai } +q, 0 \text{ dianggap bilangan genap.}$$

$$s = +\frac{1}{2} \text{ dan } -\frac{1}{2}.$$

- Tentukan jumlah elektron maksimum yang dapat memiliki bilangan kuantum $p = 4$ dan $q = 3$. (3 poin)
- Tentukan jumlah unsur yang berada pada periode ke-2. (4 poin)
- Berdasarkan aturan di atas, gambarkan Tabel Periodik Unsur untuk 4 periode pertama. (5 poin)
- Tentukan nomor atom dari 4 unsur pertama yang paling *inert* pada Tabel Periodik tersebut. (2 poin)
- Tentukan nomor atom unsur X dan unsur Y yang dapat membentuk senyawa ion dengan rumus XY_2 . (3 poin)

Soal-5 Kristal Perak Karbonat (17 poin)

Kristal perak karbonat (Ag_2CO_3) basah dapat dikeringkan dengan mengalirkan udara panas melalui kristal tersebut. Udara yang digunakan harus mengandung gas CO_2 agar perak karbonat tidak terurai sesuai persamaan reaksi berikut:



Entalpi standar (ΔH°) reaksi tersebut adalah 81 kJ/mol pada rentang temperatur 25 °C sampai 125 °C. Dalam ruang tertutup diketahui bahwa tekanan parsial gas CO_2 yang berada dalam kesetimbangan dengan padatan Ag_2CO_3 adalah $6,23 \times 10^{-3}$ torr pada 25 °C.

- Tuliskan pernyataan tetapan kesetimbangan (K_p) untuk penguraian $\text{Ag}_2\text{CO}_3(s)$. (2 poin)
- Hitung tekanan parsial gas CO_2 minimum dalam udara (dalam satuan torr) yang digunakan untuk mengeringkan kristal Ag_2CO_3 pada 110 °C agar Ag_2CO_3 tidak terurai. (6 poin)

Pada temperatur yang lebih tinggi Ag_2O terurai menjadi logam Ag dan gas oksigen.

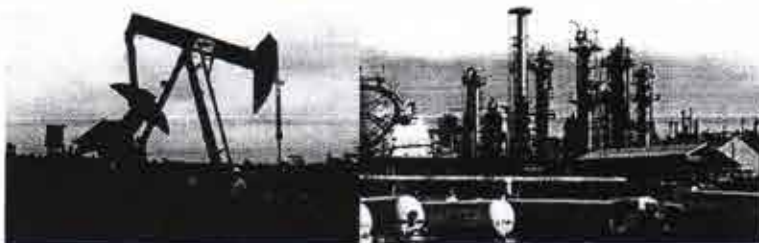
- Tuliskan persamaan reaksi setara untuk penguraian Ag_2CO_3 menjadi logam Ag. (2 poin)
- Pada minimum temperatur berapa (dalam °C) $\text{Ag}_2\text{CO}_3(s)$ harus dipanaskan agar terurai menjadi logam Ag. (4 poin)

	ΔH_f° (kJ/mol)	S° (J mol ⁻¹ K ⁻¹)
$\text{Ag}_2\text{CO}_3(s)$	-506 kJ/mol	168 J/mol·K
$\text{Ag}_2\text{O}(s)$	-31 kJ/mol	122 J/mol·K
$\text{CO}_2(g)$	-394	214 J/(mol K)
$\text{Ag}(s)$		43
$\text{O}_2(g)$		205

- Hasil kali kelarutan (K_{sp}) perak(I) karbonat, Ag_2CO_3 , dalam air adalah $1,31 \times 10^{-4}$ pada 25 °C. Hitung tekanan osmosis larutan jenuh Ag_2CO_3 pada 25 °C. (3 poin)

Soal 6. Minyak Bumi (22 poin)

Riau merupakan salah satu Provinsi di Indonesia yang kaya dengan minyak bumi (*crude oil*), yang merupakan campuran dari berbagai hidrokarbon dengan berbagai ukuran. Hidrokarbon dalam minyak bumi adalah alkana, sikloalkana, aromatik dan aspal. Melalui proses fisika dan kimia, dari *crude oil* tersebut dapat dihasilkan berbagai jenis bahan bakar minyak (BBM).



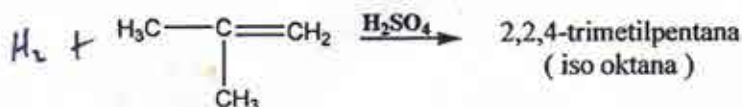
Salah satu metode yang banyak digunakan untuk menghasilkan BBM adalah melalui teknik perengkahan (*cracking*), yaitu proses pengolahan fraksi hidrokarbon berat molekul besar menjadi hidrokarbon dengan berat molekul ringan yang daya gunanya lebih banyak dengan nilai ekonomis yang lebih tinggi. Reaksi perengkahan umumnya berlangsung pada temperatur $455^{\circ}\text{C} - 730^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1000 psi. Pada kondisi ini dapat terjadi pemutusan ikatan tunggal C-C, dehidrogenasi, isomerisasi dan polimerisasi. Reaksi katalitik perengkahan umumnya terjadi melalui pembentukan karbokation.

Reaksi hidrokraking (perengkahan hidrogenasi) merupakan kombinasi antara perengkahan (katalis SiO_2 atau Al_2O_3) dan hidrogenasi untuk menghasilkan senyawa hidrokarbon jenuh. Mekanisme reaksi ini, biasanya melalui intermediet (senyawa antara) karbokation.

- Gambarkan struktur produk yang akan dihasilkan jika senyawa 5-undekena, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{-CH=CH-}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$ direaksikan:
 - secara hidrokraking. (4 poin)
 - dengan asam peroksiasetat ($\text{CH}_3\text{COO-OH}$) (2 poin)
- Gambarkan mekanisme reaksi 5-undekena dengan asam peroksiasetat. (4 poin)
- Gambarkan mekanisme reaksi dan struktur produk yang dihasilkan jika produk a.ii) dihidrolisis dalam suasana asam. (4 poin)

Selain reaksi perengkahan, juga dapat dilakukan reaksi penggabungan, yaitu mengubah molekul kecil menjadi molekul lebih besar, misalnya penggabungan 2 molekul isobutena, yang merupakan komponen hidrokarbon minyak bumi. Penggabungan 2 molekul isobutena ini menghasilkan senyawa 2,2,4-trimetil pentana (disebut juga iso-oktana), yang merupakan salah satu fraksi bensin berkualitas tinggi.

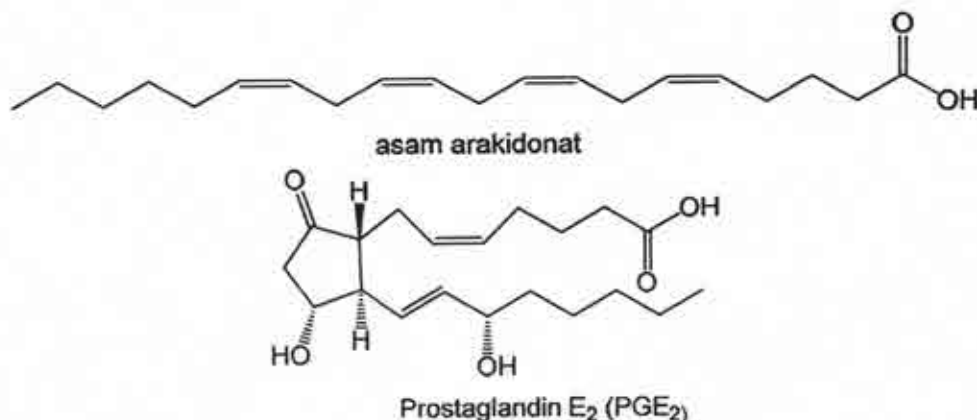
- Gambarkan mekanisme reaksi isobutena menjadi iso-oktana dalam suasana asam di bawah ini. (4 poin)



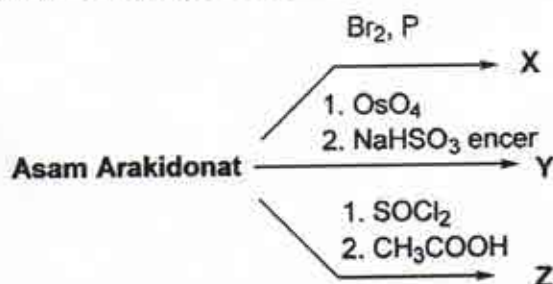
- Gambarkan struktur trimer dari 3 senyawa isobutena. (2 poin)
 - Jika senyawa trimer tersebut (soal e.i)) direaksikan dengan Br_2 – sinar UV, gambarkan struktur produk yang dihasilkan. (2 poin)

Soal 7. Senyawa dari Ikan Selais (*Kryptopterus lais*) (29 poin)

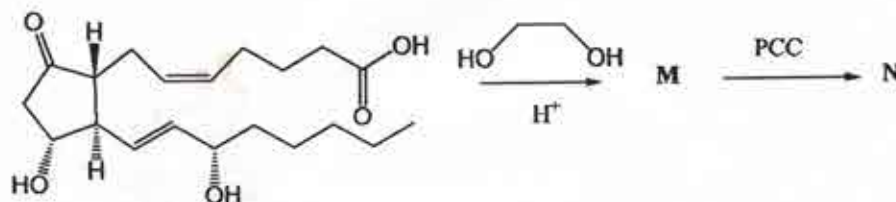
Kryptopterus lais atau biasa dikenal dengan nama Ikan Selais adalah salah satu fauna khas atau spesies ikan endemik Provinsi Riau. Ikan Selais bahkan dijadikan sebagai *icon* Provinsi Riau. Ikan khas Riau ini biasa hidup di perairan tawar, seperti Sungai Kampar, Sungai Kuantan, Sungai Rokan, Sungai Inderagiri, dan Sungai Segati. Tidak hanya di sungai, Ikan Selais juga mampu bertahan hidup di danau. Salah satu senyawa penting yang terkandung dalam Ikan Selais adalah asam arakidonat. Salah satu reaksi penting dari asam arakidonat dalam tubuh adalah pembentukan prostaglandin. Berikut adalah struktur asam arakidonat dan salah satu jenis prostaglandin, yaitu prostaglandin E_2 (PGE_2).



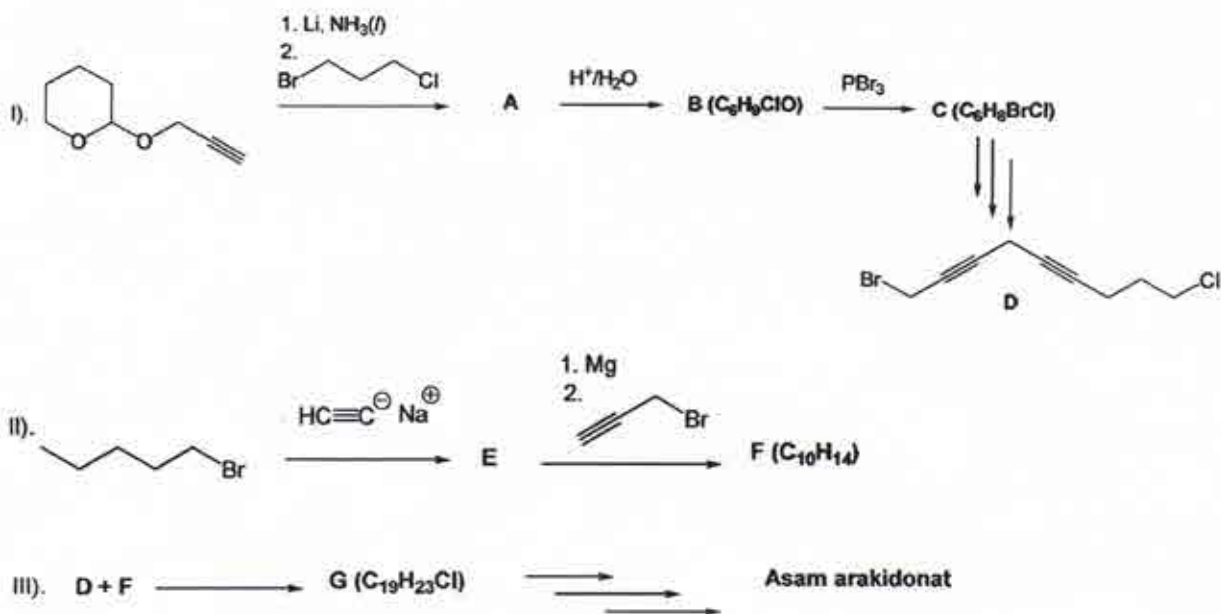
- a. Gambarkan produk-produk reaksi transformasi asam arakidonat berikut. (6 poin)



- b. Gambarkan mekanisme reaksi pembentukan produk Z dalam skema reaksi soal a). (4 poin)
- c. Gambarkan struktur molekul senyawa M dan N yang dihasilkan pada reaksi transformasi prostaglandin E_2 (PGE_2) berikut. (4 poin)



- d. Gambarkan mekanisme reaksi pembentukan produk **M** pada reaksi di atas. (3 poin)
- e. Berikut adalah skema reaksi sintesis asam arakidonat yang dilaporkan oleh Rachlin, dkk. (*J. Org. Chem.*, 1961, 26 (8), pp 2688–2693). Gambarkan struktur molekul senyawa **A** – **C** dan **E** – **G** dalam skema reaksi tersebut. (12 poin)



◆◆◆Selamat Berlomba◆◆◆