

# OLIMPIADE SAINS NASIONAL 2011

**Manado**  
**11-16 September 2011**



OLIMPIADE SAINS NASIONAL  
KIMIA

## **JAWABAN**

**(DOKUMEN NEGARA)**

**Ujian Teori**

**Bidang Kimia**

**Waktu 210 menit**

**Kementerian Pendidikan Nasional**  
**Direktorat Jenderal**  
**Managemen Pendidikan Dasar dan Menengah**  
**Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas**

**2011**



### **Petunjuk :**

1. Isilah Biodata anda dengan lengkap (di lembar Jawaban)  
Tulis dengan huruf cetak dan jangan disingkat !
2. Soal Teori berjumlah 8 soal essay

**TOTAL Poin = 160**

3. Waktu yang disediakan: 210 menit.
4. Semua jawaban harus ditulis di lembar jawaban yang tersedia
5. Tuliskan nama, nomor peserta dan asal SMA anda pada setiap halaman lembar jawab
6. Diperkenankan menggunakan kalkulator.
7. Tabel Periodik Unsur sudah disediakan.
8. Anda dapat mulai bekerja bila sudah ada tanda mulai dari pengawas.
9. Anda harus segera berhenti bekerja bila ada tanda berhenti dari Pengawas.
10. Letakkan jawaban anda di meja sebelah kanan dan segera meninggalkan ruangan.
11. **Anda dapat membawa pulang soal ujian !!**

## Tetapan dan Rumus

Bilangan Avogadro:  $N_A = 6,0221 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Tetapan Gas:  $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 $0,08205 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Tetapan Faraday:  $F = 96485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$

Tetapan Planck:  $h = 6,6261 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Kecepatan cahaya:  $c = 3,000 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Skala Nol Celsius: 273,15 K

$1 \text{ N} = 1 \text{ kg m s}^{-2}$        $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

$1 \text{ atm} = 760 \text{ torr} = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$

Hukum laju terintegrasi orde ke-nol:

Hukum laju terintegrasi orde pertama:

Persamaan gas Ideal:  $PV = nRT$

Energi foton:  $E = \frac{hc}{\lambda}$

Energi bebas Gibbs:  $G = H - TS$

$\Delta_r G^\circ = -RT \ln K = -nFE_{cell}^\circ$

$\Delta H = \Delta E + \Delta nRT$

Persamaan Faraday:  $Q = it$

Persamaan Arrhenius:  $k = Ae^{-E_a/RT}$

$K_w = 1.0 \times 10^{-14}$  at 25 °C

$[A] = [A]_0 - kt$

$\ln [A] = \ln [A]_0 - kt$

## Tabel Periodik Unsur dengan Massa Atom Relatif

1																	18														
1 H 1.008																	2 He 4.003														
3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18														
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95														
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80														
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.96	43 Tc [98]	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29														
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97															
87 Fr (223)	88 Ra 226.0	89 Ac (227)	104 Rf (261)	105 Ha (262)													74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)		
																		58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
																		90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (257)	101 Md (256)	102 No (254)	103 Lr (257)

### Soal 1 Paduan Logam (18 poin)

Suatu paduan logam terdiri dari aluminium sebanyak 93,7% (berat/berat) dan tembaga 6,3% (berat/berat). Densitas paduan logam tersebut sebesar 2,85 g/mL. Jika sepotong paduan logam tersebut dengan volume 0,691 mL, bereaksi dengan larutan asam klorida secara sempurna menghasilkan gas hidrogen, jawablah pertanyaan berikut:

- a. Tuliskan reaksi kimia paduan logam tersebut dengan asam klorida. (4 poin)



- b. Berapa massa (g) paduan logam dengan volume 0,691 mL tersebut? (3 poin)

Jawab: massa paduan logam =  $(0,691 \text{ mL}) \times 2,85\text{g/mL} = 1,97 \text{ g}$  (3 poin)

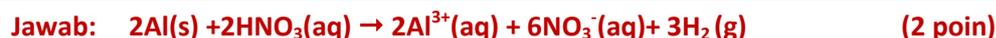
- c. Berapa massa (g) aluminium yang terdapat dalam paduan logam tersebut? (3 poin)

Jawab: massa aluminium =  $0,937 \times 1,97\text{g} = 1,85 \text{ g}$  (3 poin)

- d. Berapa volume (L) gas hidrogen yang terbentuk jika diukur pada keadaan STP? (3 poin)

Jawab: volume gas hidrogen =  $(3/2) \times (1,85/26,98) \times 22,4 \text{ L} = 2,30 \text{ L}$  (3 poin)

- e. Jika paduan logam tersebut bereaksi dengan asam nitrat encer, tuliskan reaksi yang terjadi. (5 poin)



## Soal 2. Kimia Air Laut (15 poin)

Menado terkenal dengan lautnya yang indah. Kandungan kimia air laut bergantung pada lokasi diambilnya sampel air laut itu, namun rata-rata air laut mengandung 3,5 % (berat/berat) senyawa ion dalam air. Pada suhu rata-rata air laut, massa jenis air laut adalah 1,0 g/mL.

- a. Dengan menganggap senyawa ion yang terlarut dalam air laut adalah NaCl, tentukan konsentrasi NaCl dalam air laut dalam satuan molar, tunjukkan bahwa pernyataan: “dalam tiap liter air laut terkandung sekitar 1 mol ion” dapat dianggap benar. **(3 poin)**

**Jawab:**

**Dalam 1L (1000g) air larut terdapat 35 g garam, karena semua dianggap NaCl maka jumlah mol NaCl =  $(35/58,5)\text{mol} = 0,6\text{mol}$ . Jumlah ion sekitar 1,2 mol/ L larutan (asumsi di atas “sekitar 1 mol” benar)**

- b. Dengan tetap menggunakan asumsi yang sama seperti di atas, tentukan konsentrasi NaCl dalam air laut yang tepat dalam satuan molar. **(3 poin)**

**Jawab:**

**Dengan asumsi tersebut, 1000g air laut mengandung 35 g NaCl dan 965 g air, maka konsentrasinya =  $(35/58,5)\text{mol}/0,965 \text{ kg} = 0,62 \text{ m}$**

- c. Air laut dapat diubah menjadi air tawar melalui proses desalinasi, salah satu proses tsb menggunakan osmosis balik yakni memberikan tekanan luar minimal sebesar tekanan osmosis larutan tersebut. Dari jawaban (a) di atas, perkirakan tekanan yang diperlukan untuk mendapatkan air murni dari air laut pada suhu 298K.

**(3 poin)**

**Jawab:**

**Tekanan =  $cRT = 1 \times 0.082 \times 298 \text{ atm} = 24,4 \text{ atm}$**

- d. Perkirakan titik didih air laut pada tekanan 1 atmosfer ( $K_b = 0,51^\circ\text{C}/\text{molal}$ ) **(2 poin)**

**Jawab:**

**Titik didih =  $100 + (0,5) = 100,5^\circ\text{C}$**

Pada Tabel berikut dirangkum konsentrasi gas nitrogen, oksigen dan karbondioksida di atmosfer dan di air laut:

gas	% di atmosfer	mg/kg (ppm) di air laut
Nitrogen, N <sub>2</sub>	78%	12.5
Oksigen, O <sub>2</sub>	21%	7
Karbon dioksida, CO <sub>2</sub>	0,03%	90

Bila suatu gas tidak bereaksi dengan air, maka kelarutan gas tersebut dalam air berbanding lurus dengan tekanan gas tersebut.

- e. Jelaskan dengan kalimat singkat mengapa konsentrasi gas oksigen lebih rendah daripada konsentrasi gas nitrogen di dalam air laut. **(2 poin)**

**Jawab: Karena di atmosfer  $p_{N_2} \gg p_{O_2}$  maka:  $[O_2] = k_{O_2} p_{O_2}$  akan lebih kecil dari  $[N_2] = k_{N_2} p_{N_2}$ ,  $k_{O_2}$  dan  $k_{N_2}$  berdekatan nilainya karena keduanya non-polar.**

- f. Apakah data di atas menunjukkan bahwa karbondioksida bereaksi dengan air? Jelaskan **(2 poin)**

**Jawab: Ya karena  $[CO_2] \gg [N_2]$  padahal  $p_{CO_2} \ll p_{N_2}$**

### Soal 3. Respirasi Aerobik dan Anaerobik pada Mikroorganisme (20 poin)

Dalam respirasi (pernafasan) anaerobik (tanpa udara), mikroorganisme menggunakan anion **A** dari asam kuat **B** sebagai akseptor elektron, dan bukan menggunakan oksigen. Dalam **A** dan **B**, keduanya mengandung unsur **X** dengan tingkat oksidasi paling tinggi. Dalam proses respirasi ini terjadi reduksi **A** secara sistematis. Pertama, tingkat oksidasi **X** turun 2 satuan menghasilkan anion **C** dari asam lemah **D**. Kemudian **C** direduksi menjadi gas tak berwarna **F** yang berbau tajam, yang membentuk kation **E** dalam larutan air (*aqueous*). Bakteri lain dapat mereduksi **C** secara bertahap, menjadi oksida **G** yang berupa gas tak berwarna, yang selanjutnya dapat diubah menjadi oksida **I** berwujud gas, dan akhirnya menjadi molekul **K** sederhana yang berupa gas inert.

Pada saat yang sama, unsur **X** digunakan sebagai sumber energi dalam respirasi aerobik (menggunakan oksigen). Bakteri tertentu dapat mengoksidasi **F** menjadi **C**, bakteri lainnya dapat mengoksidasi **C** menghasilkan **A** yang masuk ke dalam tanah. Asam **B** dapat menguraikan mineral dalam tanah dan dapat mempercepat terjadinya korosi (karat) pada bahan bangunan. Hingga kini, diperkirakan bahwa **X** hanya terlibat dalam nutrisi untuk organisme aerobik. Tetapi, *Brocadia anammoxidans* menggunakan **F** sebagai sumber energi dan **C** untuk respirasi. Sebagai hasil pada akhir proses terbentuk **K**.

- a. Tuliskan rumus kimia yang sebenarnya untuk **A, B, C, D, E, F, G, I, K**, dan **X**; serta tuliskan namanya masing-masing. **(10 poin)**

**A** –  $\text{NO}_3^-$ , ion nitrat  
**B** –  $\text{HNO}_3$ , asam nitrat  
**C** –  $\text{NO}_2^-$ , ion nitrit  
**D** –  $\text{HNO}_2$ , asam nitrit  
**E** –  $\text{NH}_4^+$ , kation ammonium  
**F** –  $\text{NH}_3$ , ammonia  
**G** –  $\text{NO}$ , nitrogen monoksida  
**I** –  $\text{N}_2\text{O}$ , dinitrogen monoksida  
**K** –  $\text{N}_2$ , nitrogen  
**X** –  $\text{N}$ , atom nitrogen

- b. Tuliskan persamaan reaksi rumus kimia yang sebenarnya pada reaksi berikut: (tambahkan air bila diperlukan): **(8 poin)**

- i)  $\text{A} + \text{e}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{C}$ ,  
ii)  $\text{C} + \text{e}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{F}$ ,  
iii)  $\text{C} + \text{e}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{G}$ ,  
iv)  $\text{G} + \text{e}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{I}$ ,  
v)  $\text{I} + \text{e}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{K}$ ,  
vi)  $\text{E} + \text{C} \rightarrow \text{K}$ ,  
vii)  $\text{F} + \text{O}_2 \rightarrow \text{C} + \text{H}^+$  dan  
viii)  $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{A}$ .

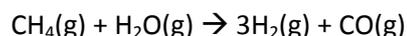
- b) i)  $\text{NO}_3^- + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$   
ii)  $\text{NO}_2^- + 6\text{e}^- + 7\text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$   
iii)  $\text{NO}_2^- + \text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$   
iv)  $2\text{NO} + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$   
v)  $\text{N}_2\text{O} + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
vi)  $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$   
vii)  $2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$   
viii)  $2\text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_3^-$

- c. Identifikasi satu spesi kimia apa yang berfungsi sebagai donor elektron dan satu spesi kimia apa yang berfungsi sebagai akseptor elektron dalam proses yang melibatkan *Brocadia anammoxidans* tersebut. **(2 poin)**

**Dalam *Brocadia anammoxidans*, ion nitrit (C) adalah akseptor elektron , sedangkan ammonia (F) adalah donor elektron.**

#### Soal 4. Industri Pembuatan Gas Hidrogen (24 poin)

Hidrogen dapat dibuat dalam suatu proses industri dengan pemanasan campuran hidrokarbon dan uap air, sesuai reaksi:



Pada soal-soal berikut, semua gas-gas dianggap ideal dan nilai  $\Delta H$  dan  $\Delta S$  tidak bergantung pada temperatur. Diketahui pada 298,15 K tetapan kesetimbangan  $K_p = 1,450 \cdot 10^{-25}$ , dan pada 1580 K, nilai  $K_p = 26640$ .

- a. Berdasarkan nilai  $K_p$  tersebut, tentukan apakah reaksi pembuatan gas hidrogen tersebut merupakan reaksi eksoterm atau endoterm. Jelaskan (2 poin)

**Nilai  $K_p$  bertambah besar dengan naiknya temperatur, sehingga reaksi ini adalah reaksi endoterm.**

- b. Hitung  $\Delta H$ ,  $\Delta S$  juga  $\Delta G$  dan  $K_p$  untuk reaksi ini pada 1000 K. Gunakan angka berarti yang sesuai pada hasil perhitungan berdasarkan data di atas. (10 poin)

$$\begin{aligned} \ln(K_{p1}/K_{p2}) &= -\Delta H^\circ/R \cdot (T_1^{-1} - T_2^{-1}) \quad (1) \Rightarrow \\ \Delta H^\circ &= -8,314 \cdot \ln(1,450 \cdot 10^{-25} / 26640) \cdot (298,15^{-1} - 1580^{-1})^{-1} \text{J} \\ \Delta H^\circ &= \mathbf{205,9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}} \\ \Delta G^\circ &= -R \cdot T \cdot \ln K_p \qquad \qquad \qquad \Rightarrow \Delta G^\circ_{1580\text{K}} = -8,314 \text{ J/mol} \cdot 1580 \cdot \ln 26640 \\ \Delta G^\circ_{1580\text{K}} &= \mathbf{-133,9 \text{ kJ/mol}} \\ \Delta G^\circ &= \Delta H^\circ - T \cdot \Delta S^\circ \qquad \qquad \qquad \Rightarrow \Delta S^\circ = (205,9 + 133,9) \text{ kJ/mol} / 1580 \text{ K} \\ \Delta S^\circ &= \mathbf{215,1 \text{ K} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}} \\ \Delta G^\circ_{1000\text{K}} &= 205,9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 1000 \text{ K} \cdot 215,1 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \\ \Delta G^\circ_{1000\text{K}} &= \mathbf{-9200 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}} \\ \ln K_{p,1000\text{K}} &= -9200 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} / (-8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 1000 \text{ K}) ; \ln K_{p,1000\text{K}} = 1,107 \\ K_{p,1000\text{K}} &= \mathbf{3,025} \end{aligned}$$

Dalam suatu wadah tertutup dengan volume konstan pada 400 K terdapat campuran 1,000 mol  $\text{CH}_4$  dan 1,000 mol  $\text{H}_2\text{O}$  dengan tekanan total adalah 1,600 bar. Wadah tersebut dipanaskan sampai temperatur 1100 K. Pada temperatur ini nilai tetapan kesetimbangan adalah 28,50.

- c. Hitunglah tekanan dalam wadah ini pada saat tercapai kesetimbangan. Tentukan persen metana yang berubah menjadi gas  $\text{H}_2$ . (4 poin)

Pada volume konstan  $p_1/T_1 = p_2/T_2 \Rightarrow p_2 = T_2 \cdot p_1/T_1$

	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub>	CO
Awal pada 400 K	0,800 bar	0,800 bar	0 bar	0 bar
Awal pada 1100 K	2,200 bar	2,200 bar	0 bar	0 bar
Kesetimb pada 1100 K	(2,200-x) bar	(2,200 - x)bar	3.x bar	X bar

$$K_p = \frac{x \cdot (3x)^3}{(2,200 - x)^2} \Rightarrow \frac{\sqrt{27} \cdot x^2}{(2,200 - x)^2} = \sqrt{28,50/27}$$

$$x^2 + \sqrt{28,50/27} \cdot x - 2,200 \cdot \sqrt{28,50/27} = 0 \quad x_1 = 1,075 \quad (x_2 = 2,102)$$

Tekanan total dalam kesetimbangan = (4,400 + 2.x) bar **P<sub>total,1100 K</sub> = 6,550 bar**  
 Rasio dari jumlah = rasio tekanan parsial  $\Rightarrow$   
 Konversi (metana) = x / 2,200.100% **konversi (metana) = 49 %**

Reaksi yang berlangsung dengan jumlah pereaksi yang sama pada 100 K dalam wadah dengan tekanan konstan 1,600 bar ternyata menghasilkan jumlah konversi metana yang berbeda dari reaksi sebelumnya.

- d. Jelaskan apakah jumlah konversi metana pada reaksi tersebut lebih rendah atau lebih tinggi daripada reaksi sebelumnya? **(2 poin)**

**Konversi akan lebih tinggi, karena tekanan berubah dari 6,550 bar menjadi lebih rendah (1,6 bar) maka sistem tersebut mengarah pada jumlah mol yang besar (produk).**

Pada suatu reaksi dengan kondisi ini, volume akan berubah dari  $V_{awal}$  ke  $V_{ksetimb} = 1.750 x V_{awal}$ .

- e. Tentukan persen jumlah konversi metana pada kondisi ini. **(4 poin)**

	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub>	CO	$\Sigma$
Awal pada 1100 K	1 mol	1 mol	0	0	2 mol
Kstimb pada 1100 K	(1-a) mol	(1-a) mol	3.a mol	a mol	2.(1+a) mol

Jumlah dan volume sebanding pada tekanan dan suhu yang sama  $\Rightarrow 2.(1+a) \quad a = 0,750$   
 Konversi (metana) = a/1.100%; **Konversi (metana) = 75 %**

- f. Bagaimana cara memisahkan gas CO dari suatu campuran yang mengandung gas H<sub>2</sub> dan CO? **(2 poin)**

**Konversi dari CO ke CO<sub>2</sub> dengan penambahan uap air:  $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$**   
**Pada tekanan tinggi CO<sub>2</sub> dapat dipisahkan dengan mudah dengan air atau ia diabsorpsi oleh methanol atau dengan basa (seperti K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> atau amina organik):**  
 **$CO_2 + H_2O + K_2CO_3 \rightarrow 2 KHCO_3$ .**

### Soal 5. Buffer Fosfat Darah (20 poin)

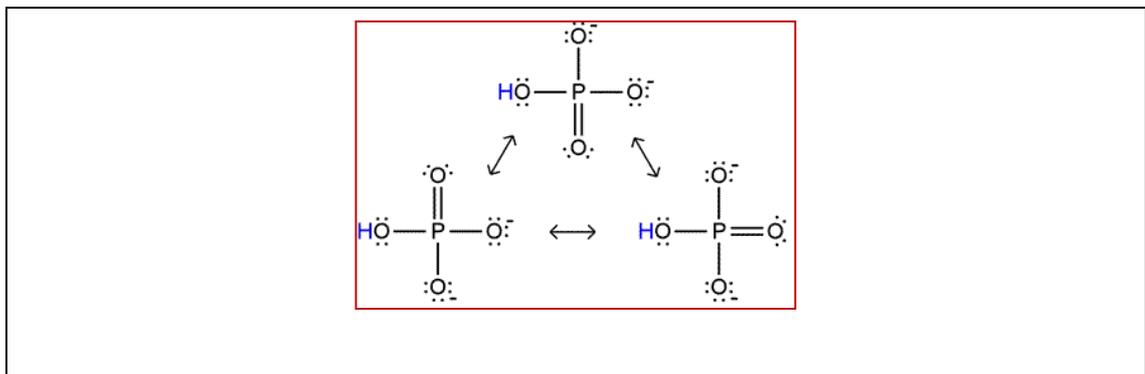
Asam Fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) adalah suatu asam lemah triprotik dengan tiga tetapan ionisasi  $K_a$ , yaitu  $K_{a1} = 7 \times 10^{-3}$ ,  $K_{a2} = 6 \times 10^{-8}$  dan  $K_{a3} = 4 \times 10^{-13}$  yang dapat membentuk sistem buffer yang bervariasi.

- a. Di dalam larutan asam fosfat 0,1M, tentukan spesi kimia asam fosfat yang konsentrasinya paling tinggi selain air. (2 poin)

**Jawab:**  
karena asam lemah dan  $K_a$  sangat kecil, maka sebagian besar molekul asam fosfat tidak mengion. Spesi yang konsentrasinya paling tinggi adalah  $\text{H}_3\text{PO}_4$

Salah satu sistem buffer yang mengatur pH darah ( $\approx 7,4$ ) adalah buffer fosfat, yaitu sistem buffer yang terdiri dari ion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{HPO}_4^{2-}$ .

- b. Gambarkan struktur Lewis ion  $\text{HPO}_4^{2-}$  termasuk struktur resonansinya. (3 poin)



Di dalam darah, ion-ion yang berasal dari asam fosfat ini merupakan sistem buffer yang dapat mempertahankan pH darah terhadap penambahan sedikit asam atau basa.

- c. Tuliskan persamaan reaksi kesetimbangan ion fosfat dengan air yang sesuai dengan pH darah = 7,40. (2 poin)

**Jawab:**  
Pada pH 7,4 yang dekat dengan nilai  $pK_{a2}$ , kesetimbangan yang terjadi adalah

$$\text{H}_2\text{PO}_4^- (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-} (\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq})$$

Nilai pH dari larutan buffer fosfat dapat dihitung dari persamaan Henderson–Hasselbach:

$$\text{pH} = \text{p}K_a - \log \left( \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{HPO}_4^{2-}]} \right), \text{ dimana } \text{p}K_a = 6,86.$$

Kemampuan untuk menjaga pH yang konstan didefinisikan sebagai kapasitas buffer,  $\beta$ . Kapasitas buffer ini setara dengan jumlah ion  $\text{H}^+$  ( $\beta_{\text{H}^+}$ ) atau  $\text{OH}^-$  ( $\beta_{\text{OH}^-}$ ) yang ditambahkan ke dalam satu liter larutan yang dapat mengubah pH sebesar satu satuan.

d. Hitung:

i) jumlah relatif (dalam %)  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{HPO}_4^{2-}$ . **(4 poin)**

$$7,4 = 6,86 - \log \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{HPO}_4^{2-}]} \quad \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{HPO}_4^{2-}]} = 0,288$$

$$\%(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = \frac{0,288}{1 + 0,288} \cdot 100 = 22,4 \approx \mathbf{22}$$

$$\%(\text{HPO}_4^{2-}) = \frac{1}{1 + 0,288} \cdot 100 = 77,6 \approx \mathbf{78}$$

ii) konsentrasi (mmol/L)  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{HPO}_4^{2-}$  yang tersedia dalam darah dimana keseluruhan konsentrasi fosfat adalah 1,2 mmol/L. **(3 poin)**

$$[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 0,224 \cdot 1,2 \text{ mmol/L} = 0,269 \text{ mmol/L} \approx \mathbf{0,27 \text{ mmol/L}}$$

$$[\text{HPO}_4^{2-}] = 0,776 \cdot 1,2 \text{ mmol/L} = 0,931 \text{ mmol/L} \approx \mathbf{0,93 \text{ mmol/L}}$$

e. Hitung kapasitas buffer dari buffer fosfat darah,  $\beta_{\text{H}^+}$  dan  $\beta_{\text{OH}^-}$ . **(4 poin)**

$$6,4 = 6,86 - \log \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-] + \beta_{\text{H}^+}}{[\text{HPO}_4^{2-}] - \beta_{\text{H}^+}} \quad \frac{0,269 + \beta_{\text{H}^+}}{0,931 - \beta_{\text{H}^+}} = 2,88$$

$$\beta_{\text{H}^+} = \mathbf{0,65 \text{ mmol/L}}$$

$$8,4 = 6,86 - \log \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-] - \beta_{\text{OH}^-}}{[\text{HPO}_4^{2-}] + \beta_{\text{OH}^-}} \quad \frac{0,269 - \beta_{\text{OH}^-}}{0,931 + \beta_{\text{OH}^-}} = 0,0288$$

$$\beta_{\text{OH}^-} = \mathbf{0,24 \text{ mmol/L}}$$

f. Jelaskan manakah buffer darah yang baik, ion asam laktat ( $\text{pK}_a = 3,9$ ) atau ion karbonat ( $\text{pK}_a = 10,2$ )? **(2 poin)**

**Asam laktat karena kapasitas buffer untuk buffer fosfat lebih besar untuk asam ( $\beta_{\text{H}^+} > \beta_{\text{OH}^-}$ )**

### Soal 6. Ekstraksi Bijih Emas (20 poin)

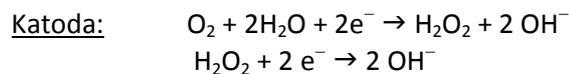
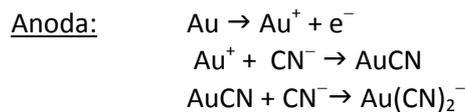
Sulawesi Utara adalah salah satu wilayah Indonesia yang kaya deposit bijih emas. Emas merupakan logam inert dan salah satu logam tertua yang banyak dimanfaatkan manusia, dan penambangan emas sudah dilakukan sejak 3500 SM.

- a. Tuliskan konfigurasi elektron logam emas. **(1 poin)**

**Konfigurasi elektron Au:  $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6 d^{10} 4s^2 p^6 d^{10} f^{14} 5s^2 p^6 d^{10} 6s^1$   
Atau  $([Xe] 4f^{14} 5d^{10} 6s^1)$ .**

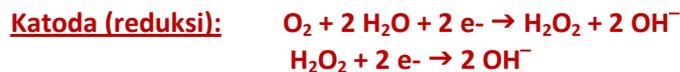
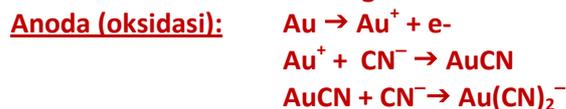
Kandungan emas dalam bijih emas umumnya sangat rendah (<10 mg/kg bijih). Hingga kini, metode yang paling umum digunakan dalam ekstraksi emas dengan skala besar menggunakan larutan natrium sianida, suatu zat kimia yang sangat beracun. Walaupun proses ini tidak bersahabat terhadap lingkungan, sebagian besar penambangan emas tetap menggunakannya, sehingga menghasilkan limbah beracun yang sangat besar.

Ekstraksi emas dengan menggunakan larutan sianida melibatkan reaksi kimia yang sangat rumit dan perlu dipelajari secara mendalam. Larutan yang digunakan untuk melarutkan emas mengandung  $CN^-$  dan  $O_2$  terlarut, dengan pH 10,2 agar larutan mengandung ion  $CN^-$  yang cukup besar (99%). Bila kondisi pH kurang dari 10,2, larutan ion  $CN^-$  akan membentuk asam sianida (HCN) yang bersifat racun. Menurut mekanisme yang diusulkan, selama proses pelarutan, pada permukaan partikel emas terbentuk suatu sel Volta mikro dengan mekanisme berikut:



- b. Tuliskan reaksi total pada Anoda, reaksi total pada Katoda dan reaksi sel Total pada sel Volta mikro pelarutan emas tersebut. **(6 poin)**

**Larutan emas dalam larutan garam sianida:**

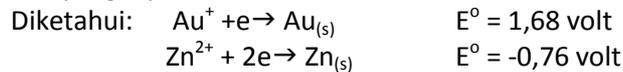


Untuk memperoleh logam emas, ke dalam larutan sianida yang diperoleh dari proses pelarutan emas dilakukan proses de-aerasi (tanpa oksigen), kemudian ditambahkan sejumlah serbuk logam Zn. Pada proses ini terbentuk endapan emas dan ion kompleks  $Zn(CN)_4^{2-}$  yang larut.

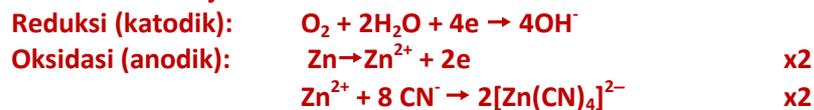
- c. Tuliskan reaksi penambahan serbuk Zn pada larutan emas sianida tanpa oksigen tersebut. **(2 poin)**



- d. Bila dalam larutan emas sianida terdapat oksigen terlarut, maka jumlah endapan emas yang diperoleh ternyata semakin sedikit dan pH larutan meningkat. Jelaskan mengapa emas yang diperoleh semakin sedikit. **(3 poin)**



**Karena oksigen dapat mengoksidasi Zn, sedangkan yang diharapkan kompleks  $\text{Au}(\text{CN})_2^-$  tereduksi menjadi Au.**

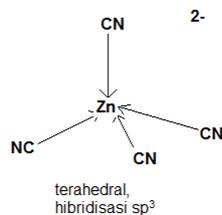


**Larutan emas sianida harus di de-oksigenasi terlebih dahulu untuk mencegah terjadinya oksidasi Zn oleh oksigen.**

- e. Gambarkan struktur geometri ion  $\text{Au}(\text{CN})_2^-$  dan  $\text{Zn}(\text{CN})_4^{2-}$  dan tuliskan hibridisasinya. **(4 poin)**



linear,  
hibridisasi sp



Tetapan pembentukan kompleks  $K_f$ , untuk  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  adalah  $= 2 \times 10^{38}$ . Dalam larutan kompleks emas sianida, konsentrasi  $\text{CN}^- = 0,100 \text{ M}$  dan konsentrasi total spesi spesi Au(I)  $= 5,10 \times 10^{-3} \text{ M}$  pada kesetimbangan.

- f. Tuliskan reaksi kesetimbangan pembentukan kompleks tersebut dan hitung persentase ion Au(I) yang ada dalam bentuk ion kompleks sianida. **(4 poin)**



Misalkan  $[\text{Au}^+] = a$

$$\text{Maka: } 2 \times 10^{38} = \frac{(5,10 \times 10^{-3} - a)}{a(0,100)^2}$$

$$2 \times 10^{38} (a)(0,100)^2 = 5,10 \times 10^{-3} - a$$

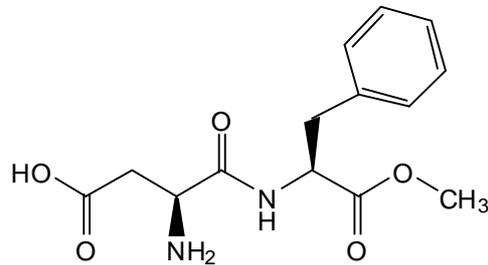
$$2 \times 10^{34} a = 5,10 \cdot 10^{-3} - a \rightarrow 2 \times 10^{34} a \approx 5,10 \cdot 10^{-3}$$

$$a = \text{Au}^+ = \frac{5,10 \cdot 10^{-3}}{(2 \times 10^{34})} = 2,55 \times 10^{-37} \text{ M (sangat kecil sekali).}$$

Maka  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  dalam larutan  $\approx 100\%$  (3 poin)

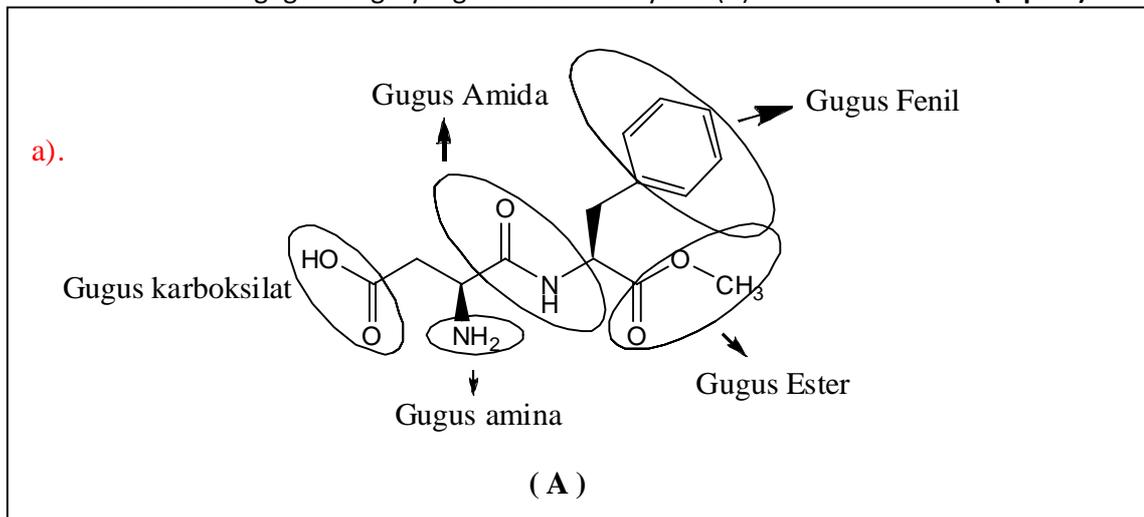
**Soal 7. Senyawa Prekursor untuk Obat Sakit Maag (20 poin)**

James M. Schlatter adalah seorang ahli kimia dari Amerika yang berhasil mensintesis senyawa prekursor untuk obat sakit maag (A).

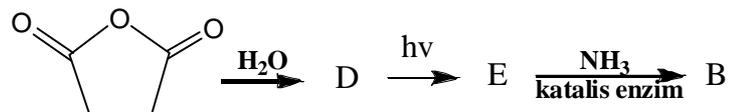


(A)

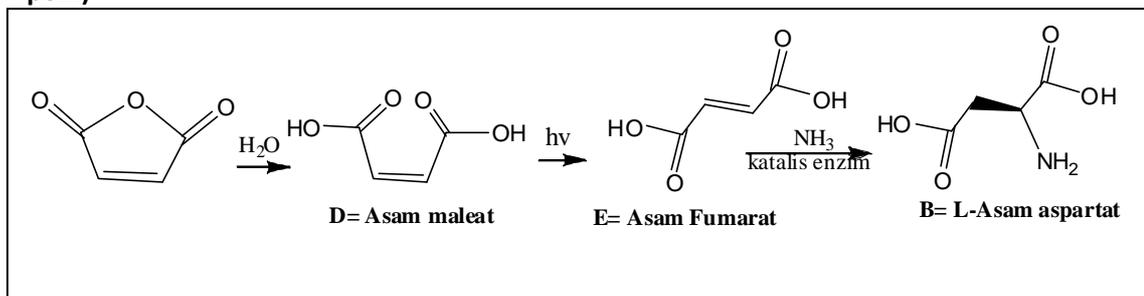
- a. Tuliskan semua gugus fungsi yang ada dalam senyawa (A). (2 poin)



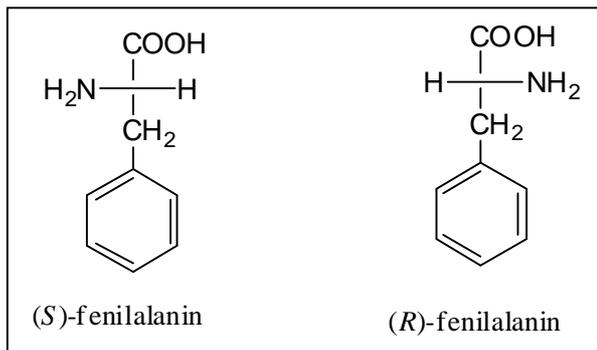
- b. Senyawa A berasal dari dipeptida yang dibentuk dari dua asam amino fenilalanin dan asam amino(B). Asam amino (B) dalam industri dibuat dari reaksi berikut:



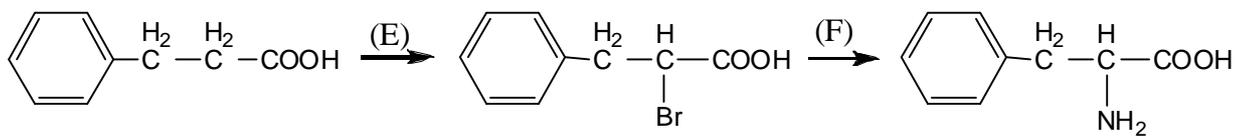
- Gambarkan struktur molekul B, D dan E dan berikan nama trivialnya. (10 poin)



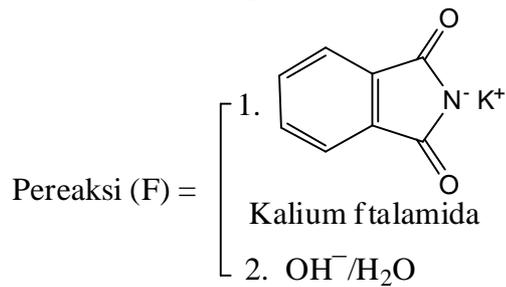
- c. Gambarkan struktur (R)-fenilalanin dan (S)-fenilalanin dalam proyeksi Fisher. (4 poin)



- d. Asam amino fenilalanin dapat disintesis melalui metode Gabriel. Tentukan pereaksi yang digunakan (E dan F) dalam sintesis fenilalanin melalui metode Gabriel sesuai skema reaksi berikut. **(4 poin)**

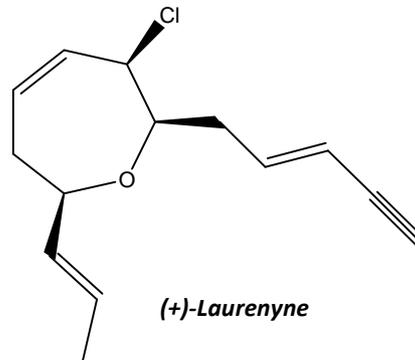


Pereaksi (E) = 1. Br<sub>2</sub>, PBr<sub>3</sub>  
2. H<sub>2</sub>O



**Soal 8. Eter Siklik dari Alga Merah (23 poin)**

Salah satu sumber daya hayati bahari yang dapat ditemukan dan dibudidayakan di Sulawesi Utara adalah alga merah genus *Laurencia*. Apabila alga merah ini dipelajari lebih lanjut, maka di dalamnya terkandung senyawa (+)-*Laurenyne*. Senyawa (+)-*Laurenyne* diisolasi pertama kali dari alga merah oleh Thomson dan rekannya pada tahun 1980, yang ternyata memiliki toksisitas terhadap bakteri (bersifat antibakteria dan antimikrobia). Berikut adalah pertanyaan seputar senyawa (+)-*Laurenyne*.



Berdasarkan struktur (+)-*Laurenyne*, tentukan:

- a. Jumlah karbon kiral yang terdapat dalam struktur senyawa ini! **(2 poin)**

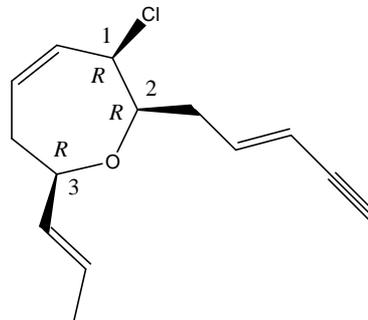
**Jumlah karbon kiral (2 poin) : 3 (tiga)**

- b. Jumlah stereoisomer maksimum yang dimiliki senyawa ini! **(2 poin)**

**Jumlah stereoisomer maksimum (2 poin) :  $2^3 = 8$  (maksimum 8 stereoisomer)**

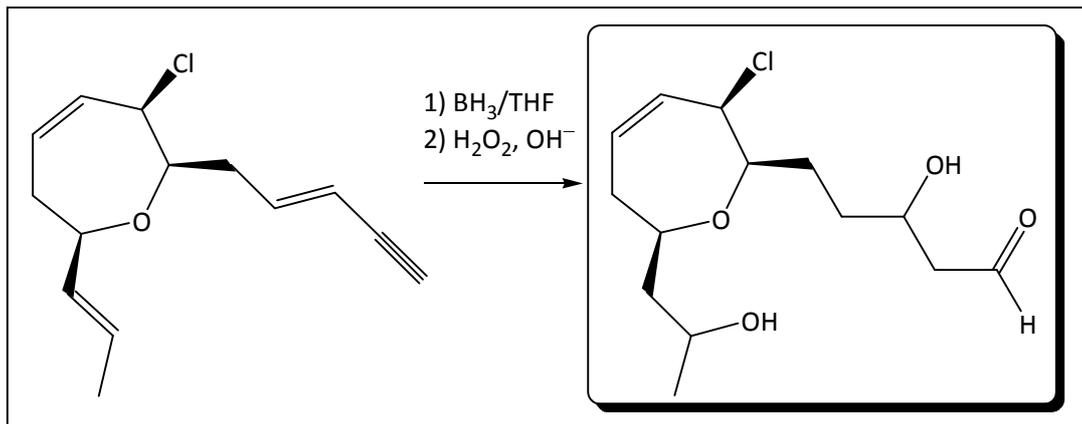
- c. Konfigurasi absolut pada masing-masing karbon kiral pada struktur senyawa (+)-*Laurenyne* (silakan beri nomor pada masing-masing karbon kiral untuk membedakan masing-masing atom kiral tersebut)! **(3 poin)**

**Konfigurasi absolut (3 poin= @ konfigurasi yang benar 1 poin):**

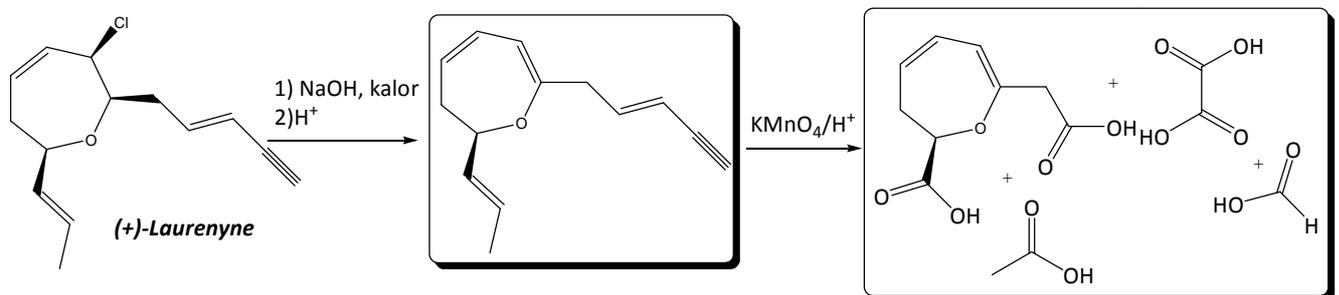


Jika senyawa (+)-*Laurenyne* direaksikan dengan  $\text{BH}_3$  dalam THF, kemudian direaksikan dengan  $\text{OH}^-$  dalam  $\text{H}_2\text{O}_2$  maka:

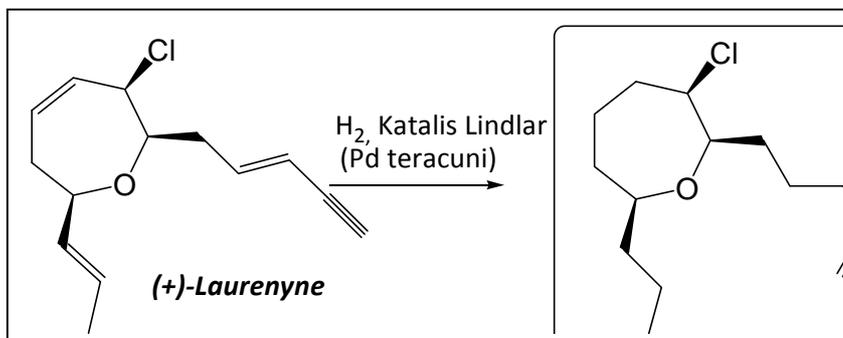
- d. Gambarkan struktur produk yang terbentuk! **(3 poin)**



e. Gambarkan struktur produk yang terbentuk dari tahapan reaksi berikut pada kotak yang tersedia berikut. (nilai @ kotak = 2 poin)

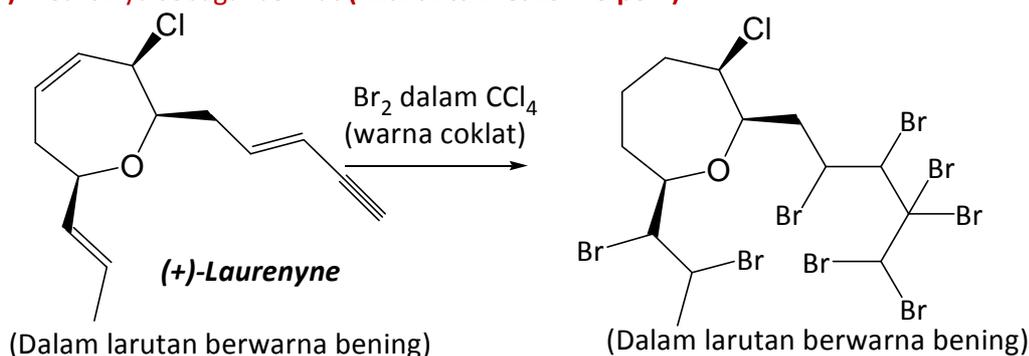


f. Gambarkan struktur produk yang terbentuk jika senyawa *(+)-Laurenyne*. direaksikan dengan gas hidrogen dalam katalis Lindlar (katalis Pd yang teracuni). (3 poin)

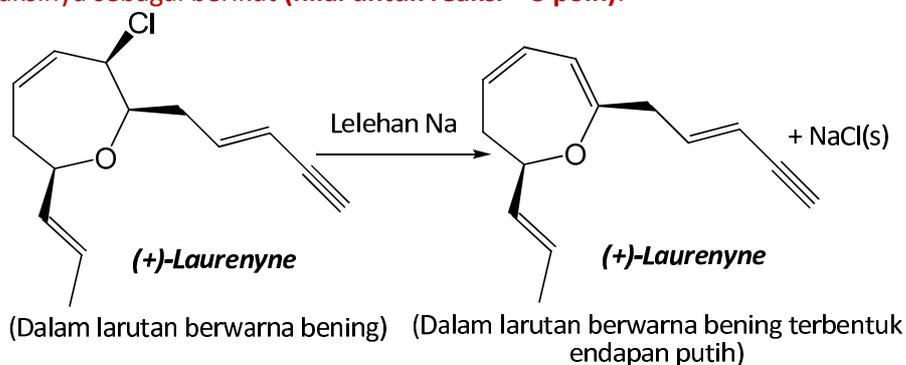


- g. Tuliskan dan jelaskan reagen apa saja yang dapat mengidentifikasi keberadaan gugus-gugus fungsi pada senyawa (+)-Laurenyne secara uji kualitatif dan tuliskan reaksi yang terjadi! (6 poin)

Reagen untuk identifikasi gugus fungsi ikatan rangkap pada senyawa (+)-Laurenyne yaitu dengan mereaksikan senyawa (+)-Laurenyne dengan  $\text{Br}_2$  dalam pelarut  $\text{CCl}_4$  yang akan mengadisi ikatan rangkap. Sehingga indikasinya adalah warna larutan brom yang berwarna coklat ketika ditambahkan ke dalam larutan yang mengandung senyawa (+)-Laurenyne akan berubah menjadi tidak berwarna. (nilai untuk reagen yang benar = 1 poin; penjelasan = 2 poin). Reaksinya sebagai berikut (nilai untuk reaksi = 3 poin):



Reagen lainnya adalah lelehan natrium untuk identifikasi gugus alkil halida pada senyawa (+)-Laurenyne yaitu dengan mereaksikan senyawa (+)-Laurenyne dengan lelehan natrium yang merupakan reduktor kuat dan kemudian akan membentuk garam natrium halida pada akhir reaksinya. Sehingga indikasinya adalah terbentuknya endapan garam natrium halida berwarna putih pada akhir reaksi. (nilai untuk reagen yang benar = 1 poin; penjelasan = 2 poin). Reaksinya sebagai berikut (nilai untuk reaksi = 3 poin):



◆◆SEMOGA BERHASIL◆◆

