



KOLEJ UNIVERSITI TEKNOLOGI  
TUN HUSSEIN ONN

PEPERIKSAAN AKHIR  
SEMESTER 1

**SESI 2006/2007**

MATAPELAJARAN : KEJURUTERAAN KESELAMATAN

KOD MATAPELAJARAN : BKM 4333

KURSUS : 4 BKM

TARIKH PEPERIKSAAN : NOVEMBER 2006

JANGKA MASA : 2 ½ JAM

ARAHAN :

1. JAWAB **SEMUA** SOALAN PADA **BAHAGIAN A DAN B**
2. SIMBOL YANG DIGUNAKAN MEMPUYAI TAKRIFAN YANG LAZIM KECUALI JIKA DINYATAKAN SEBALIKNYA.
3. NYATAKAN ANDAIAN YANG DIBUAT BAGI SETIAP SOALAN.

KERTAS SOALAN INI MENGANDUNGI 10 MUKA SURAT BERCETAK

**PART A: Select the best answer (20 Marks)**

**+2 Marks(M) are given for each Correct answer, 0M for No Answer, and -2M for Incorrect answer**

**S1** Which event is not included in the steps of most accidents ?

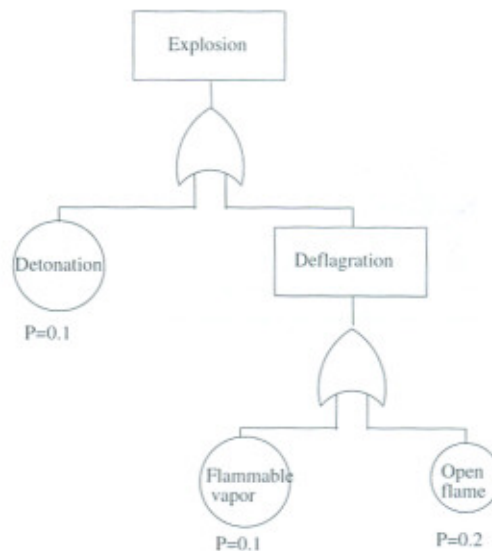
- (A) Initiation (B) Propagation  
(C) Mitigation (D) Termination

**S2** As a professional in safety engineering, you will conduct an industrial hygiene project for a certain plant. What is the first step you are going to do ?

- (A) Identifying the potential hazard (B) Measuring the magnitude of the exposure  
(C) Controlling the exposure (D) Investigating the employees

**S3** What is the expected reliability ( $R$ ) of the entire system shown in **Rajah S3** with one year period of operation?

- (A) 65 % (B) 35%  
(C) 55 % (D) All answers are false



**Rajah S3**

**S4** Ventilation is the most common method for environmental control airborne toxic materials in industries. What is the main reason for using it?

- (A) It can quickly reduce dangerous the concentration of materials  
(B) Its installation is easy and chief  
(C) It doesn't need an extra space since its high location  
(D) Ventilation is equipted with good blower and ducting lines for air distribution

- S5** During gas monitoring in an plant, you as a safety officier find out that the concentration of a toxic chemical has been exceeding the TLV-C. Which action should you do properly?
- (A) I let continue the plant operation and all the employees must wear the personal protective equipments
  - (B) I instruct the top management to immediately stop the plant operation
  - (C) I recommend that all employees shall undertake medical check up
  - (D) I continue monitoring the gas concentration and investigate the employees for symptoms of their conditions.
- S6** Design engineers recognize spark as an electrostatical hazard and can install special features to prevent from its realization. Which technique is common in use?
- (A) Bonding and grounding
  - (B) Inerting
  - (C) Relaxation
  - (D) All answers are correct
- S7** Which ignition source has caused the major fires in plants?
- (A) Smoking
  - (B) Electrical
  - (C) Spark
  - (D) Overheated materials
- S8** What is the major distinction between explosion and fire?:
- (A) The rate of energy release
  - (B) The rate of the material release
  - (C) The severity of the risk
  - (D) Source model
- S9** A coal mining industry has planned to get the FAR = 1.5. There are 2000 employees, and every employee works five days weekly, 8 hours per working day, and 50 weeks per year. When is the fatality expected to come?
- (A) Every 1.7 year
  - (B) Every 16.7 years
  - (C) Every 167 years
  - (D) Every 5 years
- S10** Which is true according to a liquid substance that is flammable?
- (A) Its flash point is below 100 °F
  - (B) Its flash point is below 100 °C
  - (C) Its flash point is above 100 °F
  - (D) Its flash point is above 100 °C

**PART B: Subjective questions (80 Marks)**

**S11** An incident of a toluene ( $C_7H_8$ ) spill has been occurred in a process plant which is the plant layout schematically shown in **Rajah S11**. This spill is caused by a leakage of several drums for the chemical storage resulting an area of  $100\text{ m}^2$  is covered by the toluene. As the incident event occurred, the temperature was  $25\text{ }^\circ\text{C}$ , the ambient pressure  $1.013\text{ bar}$ , and the ventilation rate  $\dot{V} = 100\text{ m}^3/\text{min}$ .

Based on the scenario mentioned above, you shall investigate whether the process plant was satisfactory designed for handling relatively large spills of flammable materials with the following steps:

- What is the saturated pressure of the toluene at that event?
- Calculate the evaporation rate of the spilled toluene.
- Calculate the concentration of the volatile in the process area?
- Calculate the amount of the ventilation rate required to reduce the worst-case concentration to LFL level?
- State your recommendations after solving the items (b),(c) and (d) to ensure that the process plant has the features of the inherent safety system for handling a such incident?

(30 Marks)

**S12** The water to a heat exchanger is controlled by the system shown in **Rajah S12**. The flow is measured by a flow meter device, the controller decides on an approximate control strategy, and the control valve manipulates the flow of coolant. With a sufficient flow rate of the coolant is ensured that the heat exchanger runs in safe operation.

The entire system will fail if one of the system components fail and the operator also fails to control the control valve manually.

- Construct the fault tree diagram with a top event **Low mass flow rate**
- Calculate the system failure rate,  $\mu_s$  and the MTBF (Mean Time Between Failures) with the operation period 1 year if the failure rate of each component is given in **Jadual S12**.
- What are your suggestions to improve the performance of the system based on the answers in items above?

(30 Marks)

**S13** To avoid fire and explosion in industrial plant, the characteristics of flammable substance must be well identified. Flammability diagram is a means to tracking the flammable composition of the substance with the ambient air. This method may be implemented for loading and unloading to/from a storage vessel.

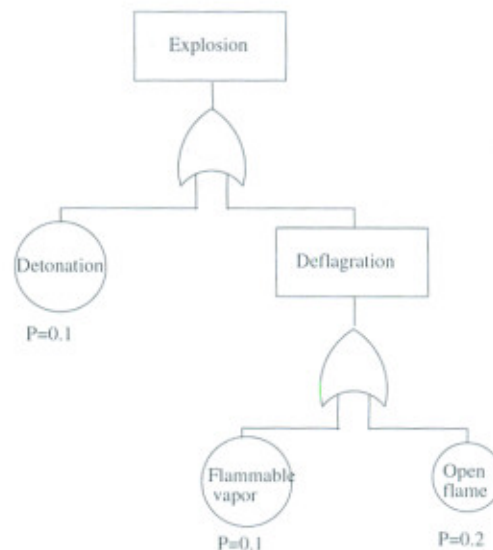
- Draw a flammability diagram for Ethane ( $C_2H_6$ ) completely.
- Calculate the value of the LOC.
- For loading operation into a  $3785\text{ m}^3$  vessel with a pressure purging technique, how much kilogram of pure nitrogen ( $N_2$ ) is minimum required to inert the system at a temperature  $30\text{ }^\circ\text{C}$  and the purging pressure  $80\text{ psig}$ .

(20 Marks)

**BAHAGIAN A: Pilih jawapan paling tepat (20 Markah)**

+2 Markah(M) diberikan bagi jawapan yang betul, 0M tiada jawapan, dan -2M untuk jawapan yang salah

- S1** Kejadian manakah tidak termasuk di dalam langkah-langkah kejadian bagi berlakunya kebanyakan kemalangan? ?
- (A) Permulaan (B) Perambatan  
(C) Penanggulangan (D) Tamat
- S2** Sebagai seorang profesional bidang kejuruteraan keselamatan, anda akan melakukan satu projek *industrial hygiene* pada sesebuah loji. Apakah langkah pertama yang akan anda jalankan?
- (A) Mengenal pasti keupayaan *hazard* (B) Melakukan pengukuran magnitud dedahan  
(C) Mengawal dedahan (D) Melakukan soal selidik kepada pegawai loji
- S3** Berapakah nilai jangkaan keboleharapan ( $R$ ) bagi sistem yang ditunjukkan di dalam **Rajah S3** dengan selang operasi satu tahun
- (A) 65 % (B) 35%  
(C) 55 % (D) Kesemua jawapan salah



**Rajah S3**

- S4** Gantian udara merupakan kaedah yang secara am kerap digunakan di industri bagi mengawal bahan kimia beracun yang terbawa udara luar. Apakah alasan utama penggunaannya?
- (A) Is boleh mengurangkan kadar kepekatan bahan kimia dengan cepat  
(B) Pemasangan mudah dan murah  
(C) Ia tidak memerlukan tempat khas kerana ditempat pada lokasi tinggi  
(D) Gantian udara dilengkapi dengan *blower* dan sistem saluran pengagihan yang baik

- S5 Selama melakukan pemantauan gas di dalam sesuatu loji, anda sebagai pegawai Jabatan Keselamatan mendapati bahawa kepekatan sesuatu bahan kimia beracun telah melebihi paras TLV-C. Apa tindakan yang sepatutnya akan anda lakukan?
- (A) Saya tetap membenarkan operasi loji namun mengarahkan kepada semua pekerja memakai pakaian keselamatan.
  - (B) Saya mengarahkan kepada pihak pengurusan supaya menghentikan operasi loji dengan kadar segera.
  - (C) Saya mengemukakan supaya kesemua pekerja menjalani uji kesihatan.
  - (D) Saya terus menjalankan pengamatan kepekatan gas tersebut dan melakukan soal selidik kepada pekerja ke atas gejala-gejala yang mempengaruhi kesihatan.
- S6 Jurutera rekabentuk sistem mengenalpasti *spark* sebagai *electrostatic hazard* dan memasang peralatan khas bagi mengelak timbulnya *hazard* tersebut. Kaedah yang manakah sering diterapkan?
- (A) *Bonding* dan *grounding*
  - (B) Pelengaian
  - (C) *Relaxation*
  - (D) Kesemua jawapan betul
- S7 Sumber pencucuh yang mana satu telah mengakibatkan kebakaran pada kebanyakan loji?
- (A) Merokok
  - (B) Elektrik
  - (C) *Spark*
  - (D) Bahan terlalu panas
- S8 Apa perbezaan utama diantara letupan dan kebakaran?:
- (A) Kadar pembebasan tenaga
  - (B) Kadar pembebasa jisim
  - (C) Magnitud risiko
  - (D) Model sumber
- S9 Satu industri perlombongan berencana untuk mencapai nilai FAR = 1.5. Industri ini mempunyai 2000 pekerja. Setiap pekerja bekerja 5 hari, 8 jam per hari, dan 50 minggu per tahun. Bilakah nilai jangkaan bagi berlakunya satu kematian?
- (A) Setiap 1.7 tahun
  - (B) Setiap 16.7 tahun
  - (C) Setiap 167 tahun
  - (D) Setiap 5 tahun
- S10 Kenyataan manakah yang padan berkenaan dengan bahan cecair boleh terbakar?
- (A) Ia mempunyai *flash point* kurang daripada 100 °F
  - (B) Ia mempunyai *flash point* kurang daripada 100 °C
  - (C) Ia mempunyai *flash point* di atas 100 °F
  - (D) Ia mempunyai *flash point* di atas 100 °C

## BAHAGIAN B: Soalan subjektif (80 Markah)

**S1** Satu insiden limpahan ( $C_7H_8$ ) telah terjadi di dalam suatu loji kimia seperti yang ditunjukkan di dalam **Rajah S11**. Limpahan ini berpunca dari satu kebocoran beberapa tangki penyimpanan bahan kimia sehingga kawasan loji dengan luas  $100 \text{ m}^2$  tergenang oleh bahan kimia ini. Semasa insiden berlaku, suhu di tempat kejadian  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , tekanan persekitaran  $1.013 \text{ bar}$ , dan kadar gantian udara  $\dot{V} = 100 \text{ m}^3/\text{min}$ .

Berdasarkan kepada senario di atas, anda dikehendaki melakukan kajian adakah loji kimia tersebut telah direka secara baik bagi menghadapi kes insiden limpahan bahan mudah terbakar dengan melakukan langkah-langkah yang berikut:

- Berapa tekanan tepu bagi toluene semasa insiden berlaku?
- Kira kadar penguapan toluene yang melimpah.
- Kira kepekatan wap di dalam kawasan loji.
- Bagi menghadapi kes paling buruk, berapa kadar gantian udara yang diperlukan bagi mengurangkan kepekatan sehingga paras LFL?
- Nyatakan cadangan anda selepas menyelesaikan item (b),(c) dan (d) bagi memastikan loji kimia telah dilengkapi dengan sistem keselamatan menyeluruh terhadap insiden serupa sekiranya berlaku semula?

(30 Markah)

**S2** Air pendingin keperluan penukar haba dikawal oleh sistem seperti digambarkan dalam **Rajah S12**. Aliran diukur dengan menggunakan meter aliran, pengawal bekerja berasaskan kaedah kawalan yang ditetapkan, dan injap kawalan bergerak untuk mengalirkan air pendingin pada kadar yang diperlukan bagi memastikan penukar haba beroperasi dalam keadaan selamat.

Sistem pendingin tersebut akan gagal secara keseluruhan jika salah satu komponen sistem gagal berfungsi dengan baik dan operator juga gagal bertindak untuk mengawal injap kawalan secara manual.

- Bina satu rajah kegagalan dengan *top event* **Kadar aliran rendah**
- Kira kadar kegagalan sistem,  $\mu_s$  dan masa diantara dua kegagalan (MTBF) dengan tempoh operasi 1 tahun. Rujuk **Jadual S12** nilai  $\mu$  bagi komponen sistem
- Apa cadangan anda bagi mempertingkatkan kecekapan sistem berpandukan jawapan di atas?

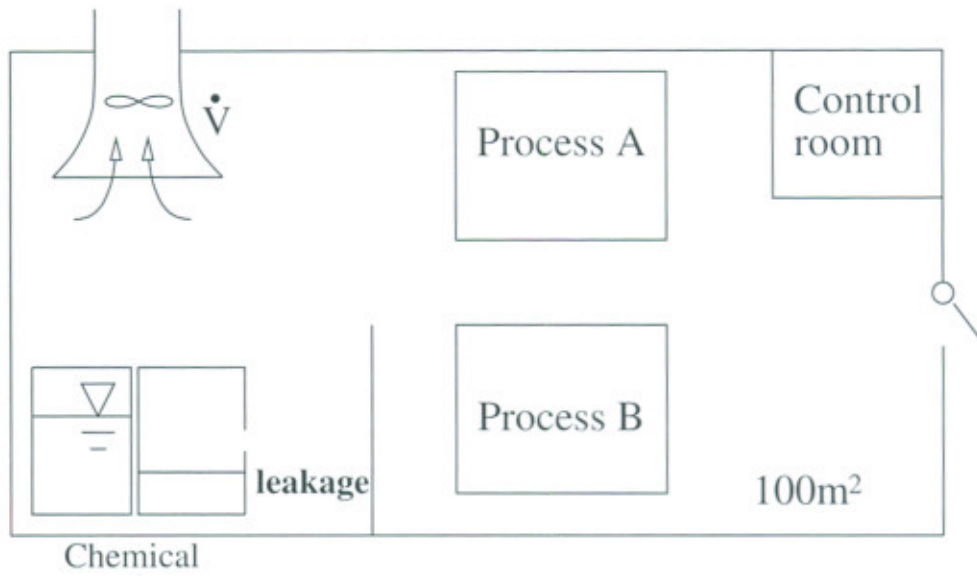
(30 Markah)

**S3** Untuk mengelak letupan di dalam loji industri, sifat-sifat bahan mudah terbakar mesti dikenalpasi dengan baik. Rajah kebolehbakaran merupakan satu alat untuk mengetahui komposisi boleh terbakar bahan tersebut dengan udara persekitaran. Kaedah ini boleh diterapkan semasa pengisian atau pengosongan bahan kimia ke/dari tangki penyimpanan.

- Lukis dengan lengkap satu rajah kebolehbakaran bagi ethane ( $C_2H_6$ ).
- Berapa nilai LOC bagi bahan ini?
- Untuk operasi pengisian ke dalam tangki dengan isipadu  $3785 \text{ m}^3$  menggunakan *pressure purging*, berapa kilogram nitrogen tulen ( $N_2$ ) paling sedikit diperlukan untuk melengai sistem pada suhu  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  dan tekanan pengisian  $80 \text{ psig}$ .

(20 Markah)

**Figures and table for Part B**

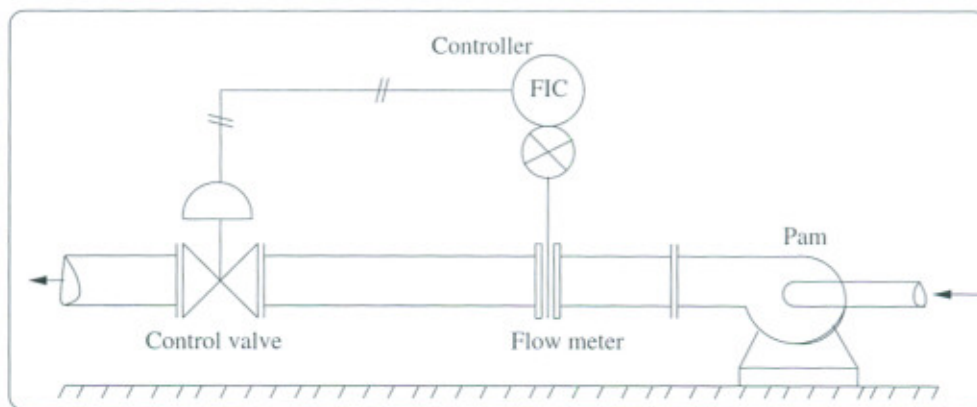


**Rajah S11**

1

**Jadual S12: Failure rates of the components**

Component	Failure rate, $\mu$ [fault/year]
Control valve	0.80
Controller	0.30
Flow meter	1.50
Operator	0.25



**Rajah S12**



## APPENDIX

### Konsentrasi wap di dalam ruang tertutup

$$C_{\text{ppm}} = \frac{V_v}{V_t} * 10^6 = \frac{\dot{m}_s}{k\dot{V}} * \left( \frac{R_g T}{pM} \right) * 10^6 \quad (1)$$

$\dot{m}_s$ : Kadar evolusi (penjanaan) pengwapan bahan [jisim/masa]

$\dot{V}$ : Kadar aliran isipadu gantian udara [Isipadu/masa]

$k$ : Pekali percampuran tidak unggul,  $0.1 \leq k \leq 0.5$ , ( $k = 1$ : percampuran sempurna)

$R_g = 8.314 \text{ J/(mol K)}$ : Pekali gas universal;  $R = R_g/M$

$T$ : Suhu mutlak persekitaran ;  $p$ : tekanan mutlak;  $M$ : Berat molekul

### Jangkaan bagi kadar pengwapan bahan cecair

- Kadar pembentukan wap daripada bahan cecair (evaporation):

$$\dot{m}_s = \frac{MKA p^{\text{sat}}}{R_g T_L} \quad (2)$$

$K$ : Pekali pemindahan jisim [panjang/masa] pada area  $A$ .  $K = K_0 \left( \frac{M_0}{M} \right)^{1/3}$  ;  $K_0 = 0.83 \text{ cm/s}$ ,  
dan  $M_0 = 18 \text{ g/mol}$

$T_L$ : Suhu cecair ;  $p^{\text{sat}}$ : Tekanan tepu

### Persamaan Antoine bagi hydrocarbon

$$\log(p^{\text{sat}}) = A - \frac{B}{C + t} \quad (3)$$

$p^{\text{sat}}$  dalam [hPa], dan  $t$  dalam [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Bahan kimia	A	B	C
Methane	6.82051	405.42	267.777
Benzene	7.03055	1211.033	220.790
Toluene	7.07954	1344.800	219.482
Air (90-100 $^{\circ}\text{C}$ )	8.073299	1656.390	226.86

### Inerting menggunakan *pressure purging*

$$y_0 = 0.21 \left[ \frac{p_0}{p_H} \right] \quad (4)$$

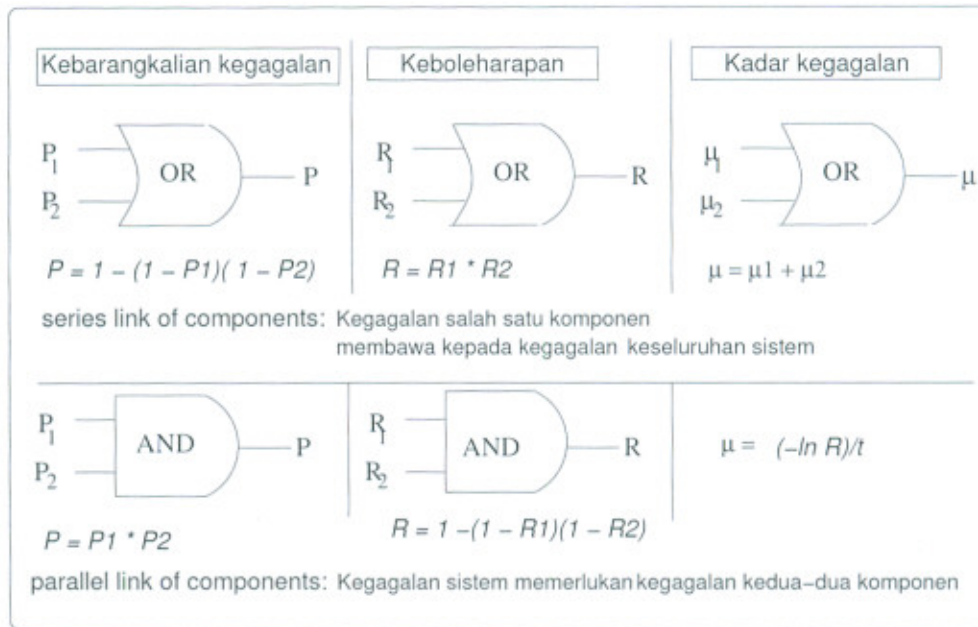
Bilangan litar pengisian  $j$ :

$$y_j = y_0 \left( \frac{n_L}{n_H} \right)^j = y_0 \left( \frac{p_L}{p_H} \right)^j \quad (5)$$

Jumlah nitrogen yang diperlukan:

$$\Delta n_{N_2} = j(p_H - p_L) \frac{V}{RT} \quad (6)$$

Get logik



flammability Data for certain hydrocarbons

Material	Formula	Tenaga letupan (kJ/mol)	Haba pembakaran (kJ/mol)	Flammability limit (vol.% in air)		Flash point temperature (°C)	AIT (°C)
				Lower	Upper		
Methane	CH <sub>4</sub>	-818.7	-890.3	5.3	15.0	-222.5	632
Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-1468.7	-1599.8	3.0	12.5	-130.0	472
Propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-2110.3	-2219.9	2.2	9.5	-104.4	493
Pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-3389.8	-3536.6	1.5	7.8	< 40.0	579
Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	-3835.1	-3947.9	1.4	6.7	4.4	810

LFL dan UFL

Component	Flammability in pure O <sub>2</sub>	
	LFL	UFL
Ethane	3.0	66
Methane	5.1	61

Molecular mass

Atom	Molecular mass	Atom	Molecular mass
C	12	N	14
O	16	H	1

## Flammability diagram

