

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 1991/92

Mac/April 1992

EBB 218/3 - Proses-Proses Pengangkutan

Masa : (3 jam)

ARAHAN KEPADA CALON

Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi SEPULUH (10) mukasurat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Sila jawab LIMA (5) soalan sahaja.

Kertas soalan ini mengandungi TUJUH (7) soalan semuanya.

Semua soalan MESTILAH dijawab di dalam Bahasa Malaysia.

Semua jawapan mesti dimulakan pada mukasurat baru.

1. [a] Bermula daripada asas-asas, buktikan bahawa faktor geseran 'f' untuk aliran terbangun sepenuhnya dalam paip adalah diberikan oleh persamaan Hagen-Poiseville.

$$f = \frac{16}{Re_D} \text{ di mana } f = \frac{\Delta P}{4(L/D) \left(\frac{1}{2} \rho V^2 \right)}$$

(8 markah)

- [b] Kirakan kejatuhan tekanan bagi suatu paip rata dengan panjang 5m dan diameter dalaman 2cm melalui air yang mengalir pada purata 0.2 m/s dan pada 27° C.

Pertimbangkan bahawa aliran adalah terbangun sepenuhnya.

(12 markah)

2. [a] Terbitkan perhubungan $\frac{\delta}{x} = \frac{4.64}{\sqrt{Re_x}}$ dengan kaedah kamilan untuk

lapisan sempadan bagi aliran atas plat rata.

(10 markah)

- [b] Dengan menggunakan lakaran yang baik, tunjukkan perubahan struktur lapisan sempadan sepanjang plat rata dengan pinggir depan tajam.

(2 markah)

- [c] Udara pada 30°C mengalir selari di atas plat rata panjang, 3m dengan halaju 5m/s. Plat mempunyai pinggir depan tajam. Tentukan ketebalan maksimum bagi lapisan sempadan laminar sebelum aliran bantukan kepada keadaan gelora.

$$Re_c = 3 \times 10^5$$

(8 markah)

3. [a] Dengan bantuan jadual yang teratur, tunjukkan "keserupaan" dalam proses-proses pengangkutan, pemindahan momentum, haba dan pemindahan jisim.

(8 markah)

[b] Menggunakan kaedah analisis dimensional, tunjukkan bahawa nombor Nusselt adalah suatu fungsi bagi nombor Prandtl dan nombor Reynolds.

(12 markah)

4. [a] Terangkan istilah "Lapisan Sempadan Termal".

(5 markah)

[b] Udara pada tekanan atmosferik dan 60° C mengalir selari di atas suatu plat rata (20 x 20 cm) dengan halaju 15 m/s. Sekiranya plat tersebut disenggarakan pada suhu 20° C, kirakan kadar pemindahan haba kepada plat dan seretan tersebut. Kira dan bandingkan nilai-nilai yang sama bagi kuantiti-kuantiti sekiranya pinggir depan adalah dikasarkan.

$$C_f = 1.328 \text{ Re}_L^{-0.5}$$

$$\text{dan } Nu_L = 0.664 \text{ Pr}^{1/3} \text{ Re}_L^{1/2}$$

} untuk aliran laminar

$$C_f = 0.074 \text{ Re}_L^{-0.2}$$

$$\text{dan } Nu_L = 0.0366 \text{ Pr}^{1/3} \text{ Re}_L^{0.8}$$

} untuk aliran gelora

(15 markah)

5. [a] Terbitan persamaan untuk pemindahan haba melalui selinder komposit seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5(a).

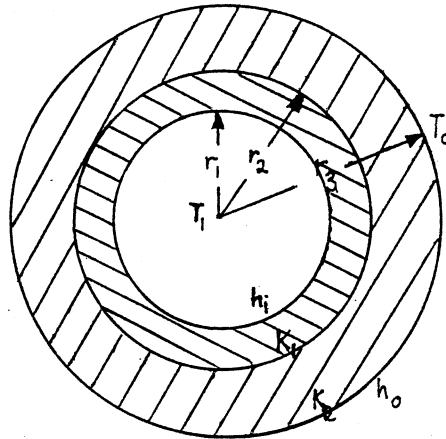
$$q = \frac{T_i - T_o}{\frac{1}{2\pi L h_i} + \frac{\ln r_2/r_1}{2\pi K_1 L} + \frac{\ln r_3/r_2}{2\pi K_2 L} + \frac{1}{2\pi r_3 L h_o}}$$

di mana L adalah panjang tiub.

(5 markah)

Lukiskan analog elektrik.

(2 markah)

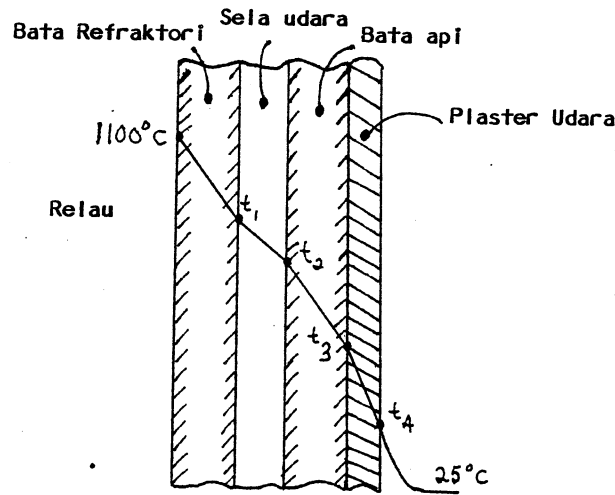


Rajah 5 (a)

- [b] Suatu dinding relau mempunyai bata refraktori dengan lebar 125mm dan bata-api penebat dengan lebar 125mm yang dipisahkan oleh sela udara. Dinding bahagian luar ditutupi dengan plaster setebal 12mm. Permukaan bahagian dalam dinding adalah pada suhu 1100°C dan suhu bilik adalah 25°C . Pekali pemindahan haba daripada permukaan luar dinding ke udara dalam bilik adalah $17\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, dan kerintangan kepada aliran haba bagi sela udara adalah 0.16 k/w .

Pengaliran termal bagi bata refraktori, bata-api penebat dan plaster adalah 1.6 , 0.3 dan $0.14\text{ W/m}\cdot\text{K}$ masing-masing.

Kirakan kadar kehilangan haba per m² bagi permukaan dinding bagi setiap suhu antaramuka, dan suhu bagi permukaan luar dinding tersebut. Dinding tersebut ditunjukkan dalam Rajah 5(b).



Rajah 5(b)

6. [a] Terbitkan persamaan berikut dalam koordinat Cartesian untuk daya perolakan bagi keadaan aliran 2 dimensi.

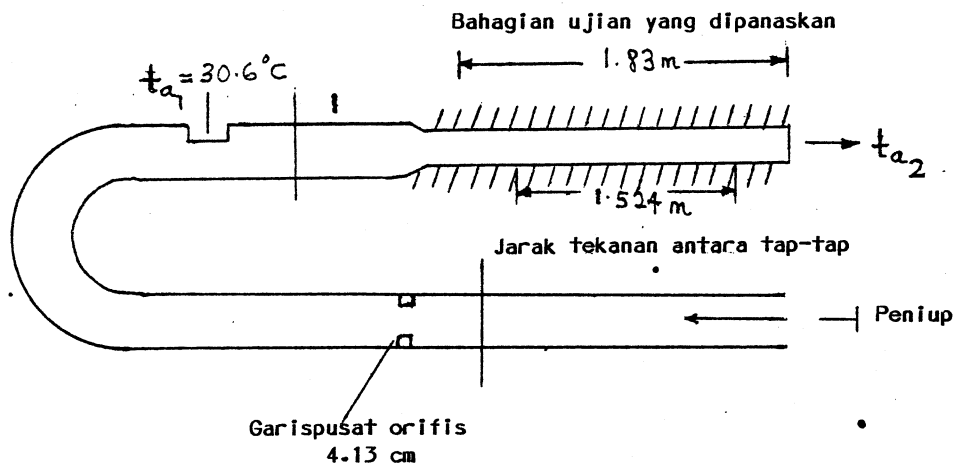
$$K \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right] = \rho C_p \left[v_x \frac{\partial T}{\partial x} + v_y \frac{\partial T}{\partial y} \right] \quad (6 \text{ markah})$$

- [b] Dalam suatu daya perolakan "rig", pemindahan haba untuk udara adalah seperti ditunjukkan dalam Rajah 6(b). Udara atmosfera dibekalkan oleh satu penghembus pada tekanan 55.7 cm tolok air (H₂O). Suatu orifis bergarispusat 4.13 cm dipasang untuk mengukur aliran. Kejatuhan tekanan melalui orifis adalah 12.5 cm H₂O. Udara yang memasuki bahagian ujian adalah pada 30.6° C. Bahagian ujian, 3.17 cm diameter dalaman, dan 1.83 m panjang dipanaskan oleh tiub yang dikelilingi oleh wayar perintang.

Voltan dan arus adalah 244V dan 3.15 Ampier.

Bahagian ujian yang panas ditebatkan. Walau bagaimanapun, satu bagi 2% boleh diberikan untuk kebocoran haba melalui penebat dan arah paksian. Suhu min pada dinding tiub diukur adalah 71.7°C . Dua tekanan mengtap "tapping" diletakkan pada satu jarak 1.524 m dan kejatuhan tekanan yang diukur adalah 14.2 cm H_2O .

- i) Kirakan nilai-nilai pekali pemindahan haba dan faktor geseran.
- ii) Kirakan samaan korelasi emperikal untuk daya perolakan.



Rajah Q6(b): "Pengendali" daya perolakan

(14 markah)

7. [a] Nyatakan hukum Fick bagi peresapan dan bandingkan dengan hukum Fourier bagi pengaliran haba dan hukum Newton bagi kelikatan. (6 markah)

[b] Suatu rod keluli berkarbon rendah dikenakan pengerasan selongsang (case hardening). Ianya mempunyai 0.2 peratus karbon. Ia seterusnya dipra-panaskan kepada 950°C dan dipadatkan dalam campuran pengkarbonan pada suhu yang sama. Campuran pengkarbonan disenggarakan pada 1.4 peratus.

Kirakan masa yang diperlukan untuk peratusan karbon mencapai lebih kurang 0.8 peratus pada kedalaman 1mm. Kemereseapan karbon dalam keluli pada suhu 950°C adalah $5.9 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$.

(14 markah)

Appendix I

Navier-Stokes equations in cylindrical coordinates for a steady, constant density constant viscosity, three-dimensional flow are

$$\rho \left(V_r \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{V_\theta}{r} \frac{\partial V_r}{\partial \theta} - \frac{V_\theta^2}{r} + V_z \frac{\partial V_r}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial r} + \mu \left(\frac{\partial^2 V_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_r}{\partial r} - \frac{V_r}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_r}{\partial \theta^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial V_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 V_r}{\partial z^2} \right)$$

$$\rho \left(V_r \frac{\partial V_\theta}{\partial r} + \frac{V_\theta}{r} \frac{\partial V_\theta}{\partial \theta} + \frac{V_r V_\theta}{r} + V_z \frac{\partial V_\theta}{\partial z} \right) = - \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial \theta} + \mu \left(\frac{\partial^2 V_\theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_\theta}{\partial r} - \frac{V_\theta}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial V_r}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 V_\theta}{\partial z^2} \right)$$

$$\rho \left(V_r \frac{\partial V_z}{\partial r} + \frac{V_\theta}{r} \frac{\partial V_z}{\partial \theta} + V_z \frac{\partial V_z}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 V_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_z}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 V_z}{\partial z^2} \right)$$

The continuity equation is

$$\frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{V_r}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0$$

Appendix II

Properties of Saturated Water

T	ρ	ρ	C_p	$\mu \times 10^6$	k	Pr	$\beta \times 10^4$	$\nu \times 10^6$	$\sigma \times 10^4$	λ
°C	kN/m ³	kg/m ³	kJ/kg-K	N-s/m ²	W/m-K		K ⁻¹	m ² /s	N/m	kJ/kg
0	0.61	999.9	4.212	1787.8	0.551	13.67	-0.63	1.789	756	2502
10	1.23	999.7	4.191	1305.3	0.575	9.52	+0.70	1.306	742	2477
20	2.34	998.2	4.183	1004.2	0.599	7.02	1.82	1.006	727	2453
30	4.25	995.7	4.174	801.2	0.618	5.42	3.21	0.805	712	2430
40	7.38	992.2	4.174	653.1	0.634	4.31	3.87	0.659	696	2406
50	12.35	988.1	4.174	549.2	0.648	3.54	4.49	0.556	679	2382
60	19.94	983.2	4.179	469.8	0.659	2.98	5.11	0.478	662	2358
70	31.19	977.8	4.187	406.0	0.668	2.55	5.70	0.415	644	2334
80	47.39	971.8	4.195	355.0	0.675	2.21	6.32	0.365	626	2309
90	70.14	965.3	4.208	314.8	0.680	1.95	6.95	0.326	608	2283
100	101.33	958.4	4.220	282.4	0.683	1.75	7.52	0.295	589	2257
110	143	951.0	4.233	258.9	0.685	1.60	8.08	0.272	569	2230
120	199	943.1	4.250	237.3	0.686	1.47	8.64	0.252	549	2203
130	270	934.8	4.267	217.7	0.686	1.36	9.19	0.233	528	2174
140	360	926.1	4.287	201.0	0.685	1.26	9.72	0.217	507	2144
150	476	917.0	4.313	186.3	0.684	1.17	10.3	0.203	485	2113
160	618	907.4	4.346	173.6	0.683	1.10	10.7	0.191	463	2081
170	792	897.3	4.380	162.8	0.679	1.05	11.3	0.181	441	2048
180	1002	886.9	4.417	153.0	0.675	1.00	11.9	0.173	420	2013
190	1256	876.0	4.459	144.2	0.670	0.96	12.6	0.165	398	1977
200	1553	863.0	4.505	136.3	0.663	0.93	13.3	0.158	376	1939

Appendix III

Appendix III Thermophysical Properties of Air at Atmospheric Pressure*

The values of μ , k , c_p and Pr are not strongly pressure-dependent and may be used over a fairly wide range of pressures.

T	ρ	c_p	μ	ν	k	α	Pr
K	kg/m^3	$KJ/kg K$	$kg/ms \times 10^5$	$m^2/s \times 10^6$	$W/m^2 K$	$m^2/s \times 10^4$	
100	3.010	1.0266	0.6924	1.923	0.009246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.1099	1.0283	4.343	0.013735	0.05715	0.753
200	1.7687	1.0061	1.3289	7.490	0.01809	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.488	9.49	0.02227	0.13161	0.722
300	1.1774	1.0057	1.913	15.68	0.02624	0.22160	0.708
350	0.9980	1.0090	2.075	20.76	0.03003	0.2983	0.697
400	0.826	1.0140	2.286	25.90	0.03365	0.3760	0.689
450	0.7833	1.0207	2.484	28.86	0.03707	0.4222	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	37.90	0.04038	0.5564	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	44.34	0.04360	0.6532	0.680
600	0.5879	1.0551	3.018	51.34	0.04659	0.7512	0.680
650	0.5430	1.0635	3.177	58.51	0.04953	0.8578	0.682
700	0.5030	1.0752	3.332	66.25	0.05230	0.9672	0.684
750	0.4709	1.0856	3.481	73.91	0.05509	1.0774	0.686
800	0.4405	1.0978	3.625	82.29	0.05779	1.1951	0.689
850	0.4149	1.1095	3.765	90.75	0.06028	1.3097	0.692
900	0.3925	1.1212	3.899	99.3	0.06279	1.4271	0.696
950	0.3716	1.1321	4.023	108.2	0.06525	1.5010	0.699
1000	0.3524	1.1417	4.152	117.8	0.06752	1.6779	0.702
1100	0.3204	1.160	4.44	138.6	0.0732	1.969	0.704
1200	0.2947	1.179	4.69	159.1	0.0782	2.251	0.707
1300	0.2707	1.197	4.93	182.1	0.0837	2.583	0.705
1400	0.2515	1.214	5.17	205.5	0.0891	2.920	0.705
1500	0.2355	1.230	5.40	229.1	0.0946	3.262	0.705
1600	0.2211	1.248	5.63	254.5	0.100	3.609	0.705
1700	0.2082	1.267	5.85	280.5	0.105	3.977	0.705
1800	0.1970	1.287	6.07	308.1	0.111	4.379	0.704
1900	0.1856	1.309	6.29	338.5	0.117	4.811	0.704
2000	0.1762	1.338	6.50	369.0	0.124	5.260	0.702
2100	0.1682	1.372	6.72	399.6	0.131	5.715	0.700
2200	0.1602	1.419	6.93	432.6	0.139	6.120	0.707
2300	0.1538	1.482	7.14	464.0	0.149	6.540	0.710
2400	0.1458	1.574	7.35	504.0	0.161	7.070	0.718
2500	0.1394	1.688	7.57	543.5	0.157	7.441	0.730

* From Natl. Bur. Stand. (U.S.) Circ. 564, 1955.

Appendix IV

Appendix IV The Error Function*

η	$erf \eta$	η	$erf \eta$	η	$erf \eta$
0.00	0.00000	0.76	0.71754	1.52	0.96841
0.02	0.02256	0.71	0.73001	1.54	0.97059
0.04	0.04511	0.80	0.74210	1.56	0.97263
0.06	0.06762	0.82	0.75381	1.58	0.97455
0.08	0.09008	0.84	0.76514	1.60	0.97635
0.10	0.11246	0.86	0.77610	1.62	0.97804
0.12	0.13476	0.88	0.78609	1.64	0.97962
0.14	0.15695	0.90	0.79691	1.66	0.98110
0.16	0.17901	0.92	0.80677	1.68	0.98249
0.18	0.20094	0.94	0.81627	1.70	0.98379
0.20	0.22270	0.96	0.82542	1.72	0.98900
0.22	0.24430	0.98	0.83423	1.74	0.98613
0.24	0.26570	1.00	0.84270	1.76	0.98719
0.26	0.28690	1.02	0.85084	1.78	0.98807
0.28	0.30788	1.04	0.85865	1.80	0.98909
0.30	0.32863	1.06	0.86614	1.82	0.98994
0.32	0.34913	1.08	0.87333	1.84	0.99074
0.34	0.36936	1.10	0.88020	1.86	0.99147
0.36	0.38933	1.12	0.88079	1.88	0.99216
0.38	0.40901	1.14	0.89308	1.90	0.99279
0.40	0.42809	1.16	0.89910	1.92	0.99338
0.42	0.44749	1.18	0.90484	1.94	0.99392
0.44	0.46622	1.20	0.91031	1.96	0.99443
0.46	0.48466	1.22	0.91553	1.98	0.99489
0.48	0.50272	1.24	0.92050	2.00	0.995322
0.50	0.52050	1.26	0.92524	2.10	0.997020
0.52	0.53790	1.28	0.92973	2.20	0.998137
0.54	0.55494	1.30	0.93401	2.30	0.998857
0.56	0.57162	1.32	0.93806	2.40	0.999311
0.58	0.58792	1.34	0.94191	2.50	0.999593
0.60	0.60386	1.36	0.94056	2.60	0.999764
0.62	0.61941	1.38	0.94902	2.70	0.999866
0.64	0.63459	1.40	0.95228	2.80	0.999925
0.66	0.64938	1.42	0.95038	2.90	0.999959
0.68	0.66278	1.44	0.95830	3.00	0.999978
0.70	0.67780	1.46	0.96105	3.20	0.999994
0.72	0.69143	1.48	0.96365	3.40	0.999998
0.74	0.70468	1.50	0.96610	3.60	1.000000

*Boelter L.M.K., V.H. Cherry, H.A. Johnson, and R.C. Martinelli, "Heat Transfer Notes, University of California Press, Berkeley, Calif, 1948.

Appendix V

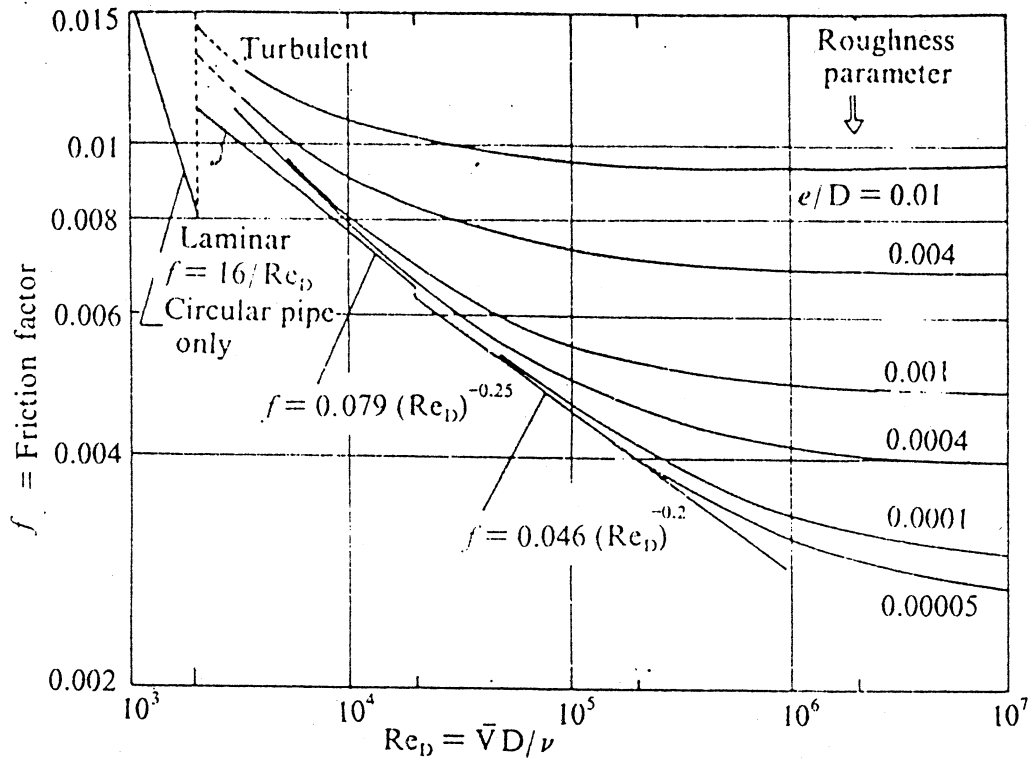


Fig. 4.9 Friction factor for fully-developed laminar and turbulent flows through circular pipes

—○○○○○○—