

Hidraulik

Penulis:

Mohd Adib Mohammad Razi

Tan Lai Wai

Zarina Md Ali

e-mel:

adib@uthm.edu.my

laiwai@uthm.edu.my

zarinaa@uthm.edu.my

Abstrak:

Air merupakan satu anugerah yang tidak ternilai dari Allah s.w.t. kepada semua kehidupan di bumi ini. Manusia dikurniakan akal fikiran bagi menguruskan sumber semulajadi yang terhad ini dengan sebaik-baiknya tanpa memudaratkan semua hidupan di bumi ini. Sejak kebelakangan ini, projek-projek sumber air dan kerja-kerja kejuruteraan hidraulik berkembang dengan pesat seiring dengan pembangunan negara. Pakar-pakar dalam bidang hidraulik, hidrologi dan alam sekitar diperlukan di dalam menguruskan sumber air ini dengan sempurna tanpa memusnahkan alam sekitar dan bagi mengisi kekurangan pakar di dalam bidang ini, ilmu berkaitan hidraulik dan hidrologi perlulah diperkukuhkan demi memantapkan kepakaran ini.

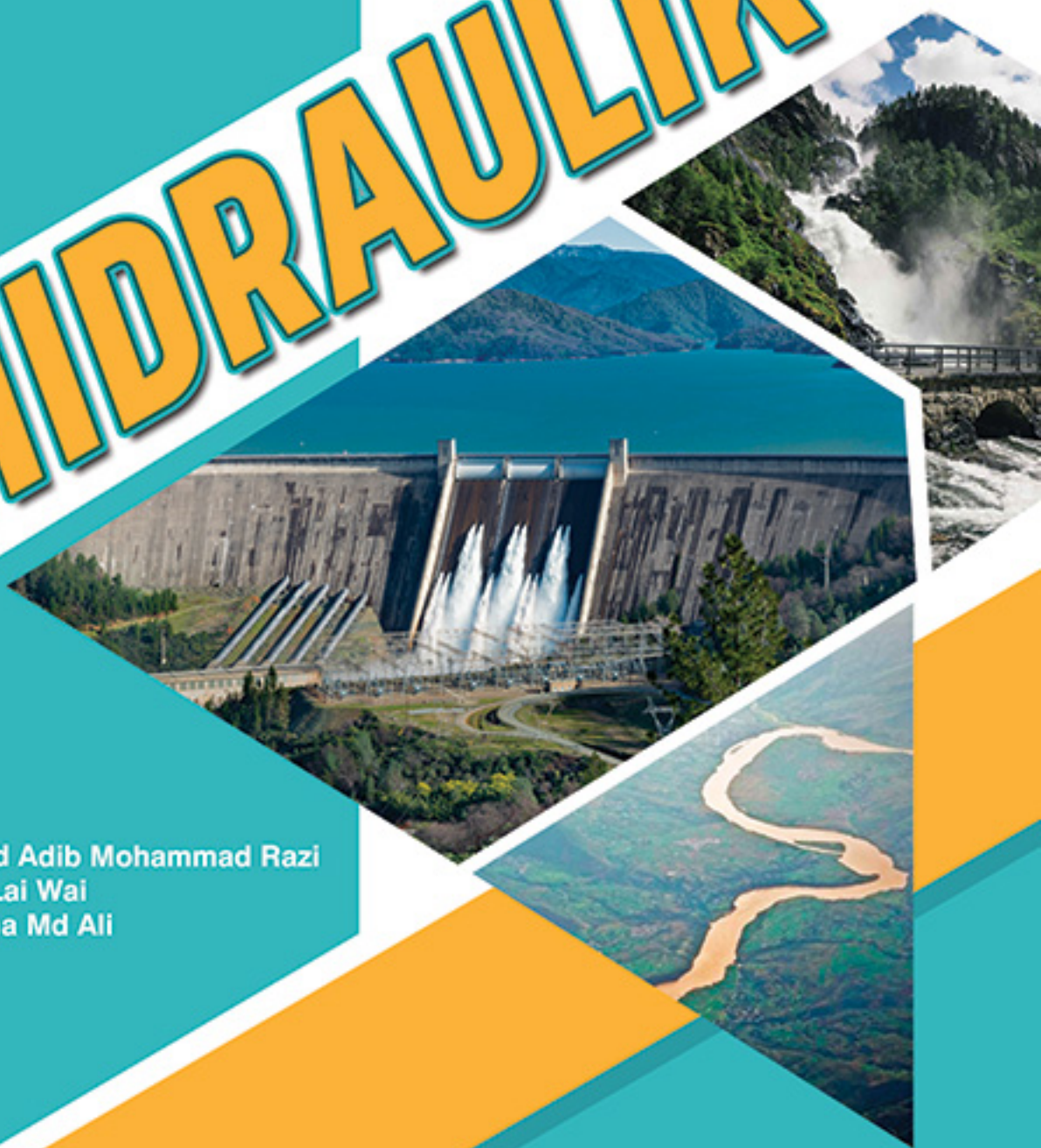
Kepada pelajar dan jurutera yang akan terlibat secara langsung atau tidak langsung di dalam proses pembangunan ini, teori dan kajian perlu dilaksanakan dengan berbantuan bahan pengajaran yang tepat dan sesuai. Oleh itu, tidak hairanlah semakin banyak buku dan bahan pengajaran di pasaran yang berkaitan dengan bidang hidraulik.

Dengan terbitnya Buku Hidraulik ini, diharap ia dapat membantu menarik minat pelajar dan jurutera untuk mendalami ilmu ini dan ia merangkumi kehendak pembangunan pada masa kini. Buku ini ditulis untuk mencapai kefahaman para pembaca khususnya pelajar-pelajar dan jurutera-jurutera yang terlibat dapat memahami dengan jelas konsep-konsep asas hidraulik melalui buku yang ditulis dalam Bahasa Malaysia dan menggunakan bahasa yang mudah difahami.

Nota-nota dan teori asas dikaji ketulenannya bagi diisi di dalam buku ini supaya para pembaca tidak keliru dengan bahan-bahan rujukan yang lain. Setiap perkara penting sentiasa diingatkan di dalam setiap bab bagi memudahkan para pembaca tidak lupa teori yang telah dipelajari di dalam bab sebelumnya atau yang berkaitan dengannya. Contoh-contoh pengiraan juga dimuatkan di dalam setiap bab mengikut masalah hidraulik yang biasa ditemui di dalam bidang tersebut bagi memudahkan para pembaca memahami dengan lebih mendalam dan berkesan mengikut konsep asas hidraulik. Soalan-soalan latihan dimuatkan di akhir setiap bab bertujuan menilai kefahaman pembaca seterusnya memantapkan teori yang telah dipelajari dengan memberi latihan-latihan yang berkaitan dengan masalah-masalah hidraulik menggunakan kaedah yang telah dipelajari sebelum ini.

Kata Kunci : Aliran Genting, Formula Bazin, hukum permodelan Reynolds, Manning, Nombor Froude, teorem Buckingham

HIDRAULIK



Mohd Adib Mohammad Razi
Tan Lai Wai
Zarina Md Ali

HIDRAULIK



**Mohd Adib Mohammad Razi
Tan Lai Wai
Zarina Md Ali**



© Penerbit UTHM
Cetakan Pertama 2024
Cetakan Pertama 2025

Hak cipta terpelihara. Menghasilkan semula mana-mana artikel, ilustrasi dan kandungan buku ini dalam apa jua bentuk elektronik, mekanikal fotokopi, rakaman atau apa-apa bentuk tanpa kebenaran bertulis terlebih dahulu daripada Pejabat Penerbit Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Batu Pahat, Johor adalah dilarang. Mana-mana rundingan tertakluk kepada pengiraan royalti dan honorarium.

Penulis: Mohd Adib Mohammad Razi, Tan Lai Wai, Zarina Md Ali
ISBN: 978-629-7566-83-2

Diterbit oleh:
Penerbit UTHM
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia
86400 Parit Raja,
Batu Pahat, Johor
No. Tel: 07-453 8698 / 8529
No. Faks: 07-453 6145

Dicetak oleh:
FIRDAUS PRESS SDN BHD,
28, Jalan PBS 14/4,
Tmn Perindustrian Bukit Serdang,
43300 Seri Kembangan, Selangor
Tel: 03-8940 5595

Laman web: <http://penerbit.uthm.edu.my>
e-mel: pemasaran.uthm@gmail.com
<http://e-bookstore.uthm.edu.my>

Penerbit UTHM adalah anggota
Majlis Penerbitan Ilmiah Malaysia
(MAPIM)



Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan

Perpustakaan Negara Malaysia

Rekod katalog untuk buku ini boleh didapati
dari Perpustakaan Negara Malaysia

ISBN 978-629-7566-83-2

KANDUNGAN

Prakata

ix

BAB 1 PRINSIP ALIRAN SALURAN TERBUKA

1.0	Pengenalan	1
1.1	Sifat-sifat Bendalir	2
1.2	Statik Bendalir	3
1.3	Aliran Saluran Terbuka	4
1.4	Jenis-jenis Aliran	5
1.5	Keadaan Aliran	8
1.5.1	Pengaruh Kelikatan	8
1.5.2	Pengaruh Daya Graviti	9
1.6	Regim Aliran	9
1.7	Jenis-jenis Saluran Terbuka	10
1.8	Unsur-unsur Geometri Saluran	13
	<i>Latihan</i>	17

BAB 2 ALIRAN SERAGAM DALAM SALURAN TERBUKA

2.0	Pengenalan	19
2.1	Formula-formula Rintangan	20
2.1.1	Formula Chezy	20
2.1.2	Formula Ganguillet & Kutter	23
2.1.3	Formula Bazin	25
2.1.4	Formula Manning	26
2.2	Pengiraan Ukuran dalam Normal	29
2.2.1	Faktor Hantaran & Faktor Keratan	29
2.2.2	Kaedah Penentuan Ukur Dalam Normal	30
2.2.2.1	Kaedah Cuba Jaya	30
2.2.2.2	Kaedah Graf	31
2.2.2.3	Kaedah Carta	33
2.3	Reka Bentuk Saluran	35
2.3.1	Keratan Paling Berkesan	35

2.3.1.1	Keratan Hidraulik Paling Berkesan untuk Segi Empat Tepat	35
2.3.1.2	Keratan Hidraulik Paling Berkesan untuk Segi Tiga	38
2.3.1.3	Keratan Hidraulik Paling Berkesan untuk Trapezoid	40
	<i>Latihan</i>	46
BAB 3 ALIRAN TAK SERAGAM DALAM SALURAN TERBUKA		
3.0	Persamaan Tenaga	49
3.1	Tenaga Tentu	51
3.1.1	Ukur Dalam Jodoh/Konjugat dan Ukur Dalam Genting	53
3.1.2	Tenaga Tentu bagi Aliran Dalam Keratan Segi Empat	54
3.2	Aliran Genting	58
3.2.1	Aliran Genting Dalam Sebarang Bentuk Saluran	58
3.2.2	Aliran Genting Dalam Saluran Segi Empat Tepat	59
3.3	Faktor Keratan untuk Aliran Genting (Z)	63
3.4	Keratan Kawalan	71
3.5	Peninggian Dasar Saluran	72
3.5.1	Tinggi minimum empang, $H_{\min}$	73
3.5.1.1	Langkah-langkah menganalisis aliran di atas empang dasar lebar	76
3.6	Perubahan Lebar Saluran	87
	<i>Latihan</i>	94
BAB 4 ALIRAN BERUBAH CEPAT DALAM SALURAN TERBUKA		
4.0	Pengenalan	97
4.1	Lompatan Hidraulik	97
4.2	Kegunaan Lompatan Hidraulik	99
4.3	Jenis Lompatan Hidraulik	99
4.4	Persamaan Lompatan Hidraulik	100
4.5	Lompatan Hidraulik Dalam Satu Saluran Segi Empat	104
4.6	Lompatan Hidraulik Dalam Satu Saluran Segi Tiga	105
4.7	Lompatan Hidraulik Dalam Satu Saluran Trapezoid	106
4.8	Kedudukan Lompatan Hidraulik	107
4.9	Langkah-langkah Pengiraan Kedudukan Lompatan Hidraulik	108
	<i>Latihan</i>	113

BAB 5 ALIRAN BERUBAH BERANSUR DALAM SALURAN TERBUKA

5.0	Pengenalan	117
5.1	Persamaan Aliran Berubah Beransur	118
5.2	Persamaan Pembezaan Asas Dalam Bentuk Lain	121
5.3	Ciri-ciri dan Pengkelasan Profil Aliran	123
5.4	Kaedah Pengiraan untuk Aliran Berubah Beransur	132
5.4.1	Kamiran Terus (<i>Direct Integration</i>)	132
5.4.2	Kamiran Bernilai (<i>Numerial Integration</i>)	136
5.4.3	Kiraan Berperingkat (<i>Direct Step Method</i>)	140
	<i>Latihan</i>	144

BAB 6 ANALISIS DIMENSI DAN PENYERUPAAN HIDRAULIK

6.0	Pengenalan	149
6.1	Analisis Dimensi	149
6.2	Penyerupaan Hidraulik	152
6.2.1	Penyerupaan Geometrik	159
6.2.2	Penyerupaan Kinematik	153
6.2.3	Penyerupaan Dinamik	154
6.3	Penyelesaian Penyerupaan Hidraulik	154
6.3.1	Kaedah Analisis Dimensi	154
6.3.2	Kaedah Formula Pindah	159
6.4	Analisis Model	163
6.4.1	Model Tak Terherot (<i>Undistorted Model</i>)	164
6.4.2	Model Terherot (<i>Distorted Model</i>)	167
6.5	Pemalar Tanpa Dimensi	172
	<i>Latihan</i>	177

BAB 7 MESIN HIDRAULIK

7.0	Pengenalan	179
7.1	Pam	179
7.2	Pam Anjakan Positif	180
7.3	Pam Rotodinamik	180
7.3.1	Pam Empar	180
7.3.2	Ciri-ciri Lengkung	180
7.4	Ciri-ciri Umum Pam	182
7.5	Kelajuan Tentu, N_s	186
7.6	Keserupaan Pam	186

7.7	Pam Selari	188
7.8	Pam Bersiri	189
7.9	Turbin	190
7.10	Turbin Tindak Balas	190
	7.10.1 Turbin Francis	190
	7.10.2 Turbin Kaplan atau Turbin Pemutar	191
7.11	Turbin Dedenyut	192
	7.11.1 Turbin Dedenyut Pelton	192
7.12	Ciri – Ciri Umum	193
7.13	Huraian Persamaan Timba Turbin Pelton	195
7.14	Keserupaan Turbin	198
7.15	Kuantiti Unit	198
7.16	Perbandingan Kecekapan Turbin	200
7.17	Peronggaan Dalam Mesin Hidraulik	201
	<i>Latihan</i>	202
Appendix I		205
Bibliografi		217
Biografi		221
Indeks		223

PRAKATA

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam. Kepada-Nya kami sembah dan kepada-Nya juga kami memohon pertolongan. Selawat dan salam buat Nabi junjungan, keluarga baginda serta para sahabat yang setia.

Air merupakan satu anugerah yang tidak ternilai dari Allah SWT kepada semua kehidupan di bumi ini. Manusia dikurniakan akal fikiran bagi menguruskan sumber semula jadi yang terhad ini dengan sebaik-baiknya tanpa memudaratkan semua hidupan di bumi ini. Sejak kebelakangan ini, projek-projek sumber air dan kerja-kerja kejuruteraan hidraulik berkembang dengan pesat seiring dengan pembangunan negara. Pakar-pakar dalam bidang hidraulik, hidrologi dan alam sekitar diperlukan di dalam menguruskan sumber air ini dengan sempurna tanpa memusnahkan alam sekitar dan bagi mengisi kekurangan pakar di dalam bidang ini, ilmu berkaitan hidraulik dan hidrologi perlulah diperkukuhkan demi memantapkan kepakaran ini.

Kepada pelajar dan jurutera yang akan terlibat secara langsung atau tidak langsung di dalam proses pembangunan ini, teori dan kajian perlu dilaksanakan dengan berbantuan bahan pengajaran yang tepat dan sesuai. Oleh itu, tidak hairanlah semakin banyak buku dan bahan pengajaran di pasaran yang berkaitan dengan bidang hidraulik.

Dengan terbitnya Buku Hidraulik ini, diharap ia dapat membantu menarik minat pelajar dan jurutera untuk mendalami ilmu ini dan ia merangkumi kehendak pembangunan pada masa kini. Buku ini ditulis untuk mencapai kefahaman para pembaca khususnya pelajar-pelajar dan jurutera-jurutera yang terlibat dapat memahami dengan jelas konsep-konsep asas hidraulik melalui buku yang ditulis dalam Bahasa Malaysia dan menggunakan bahasa yang mudah difahami.

Nota-nota dan teori asas dikaji ketulenannya bagi diisi di dalam buku ini supaya para pembaca tidak keliru dengan bahan-bahan rujukan yang lain. Setiap perkara penting sentiasa diingatkan di dalam setiap bab bagi memudahkan para pembaca tidak lupa teori yang telah dipelajari di dalam bab sebelumnya atau yang berkaitan dengannya. Contoh-contoh pengiraan juga dimuatkan di dalam setiap bab mengikut masalah hidraulik yang biasa ditemui di dalam bidang tersebut bagi memudahkan para pembaca memahami dengan lebih mendalam dan berkesan mengikut konsep asas hidraulik. Soalan-soalan latihan dimuatkan di akhir setiap bab bertujuan menilai kefahaman pembaca seterusnya memantapkan teori yang telah dipelajari

dengan memberi latihan-latihan yang berkaitan dengan masalah-masalah hidraulik menggunakan kaedah yang telah dipelajari sebelum ini.

Akhir kata, penulis-penulis ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak langsung sehingga terbitnya buku ini khususnya ahli-ahli Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Bina, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia.

FKAAB, UTHM

BAB 1

PRINSIP ASAS ALIRAN SALURAN TERBUKA

1.0 PENGENALAN

Istilah hidraulik adalah berkaitan dengan penggunaan prinsip mekanik bendalir bagi struktur kejuruteraan air, kemudahan kejuruteraan awam dan alam sekitar terutamanya struktur hidraulik seperti saluran, parit, sungai, empangan dan loji rawatan air dan air sisa. Di dalam buku ini, saluran terbuka mengambil kira pengaliran cecair contohnya air dengan permukaan bebas. Contoh saluran terbuka ialah sungai dan saluran semula jadi. Saluran buatan manusia adalah termasuk saluran pengairan, parit, pembedung dan terusan.

Faktor utama yang perlu diambil kira apabila menganalisis saluran terbuka ialah kedudukan permukaan bebas yang tidak diketahui. Peningkatan dan penurunan permukaan bebas akan memberi kesan serta mengganggu aliran terutamanya apabila melibatkan perubahan kecerunan dan lebar sesuatu saluran. Parameter hidraulik utama bagi geometri saluran terdiri daripada lebar, kecerunan dan kekasaran, sifat-sifat pengaliran cecair seperti ketumpatan dan kepekatan manakala parameter aliran terdiri daripada halaju dan kedalaman aliran.

1.1 SIFAT-SIFAT BENDALIR

Ketumpatan ρ sesuatu bendalir ialah jisim per unit isi padunya. Dalam keadaan sebenar, bendalir menghalang daya yang cenderung untuk menjadikan satu lapisan bergerak ke arah kedudukan yang lain. Namun begitu, rintangan ini hanya terhasil apabila pergerakan bendalir wujud. Rintangan terhadap pergerakan suatu lapisan bendalir adalah merujuk kepada kelikatan bendalir.

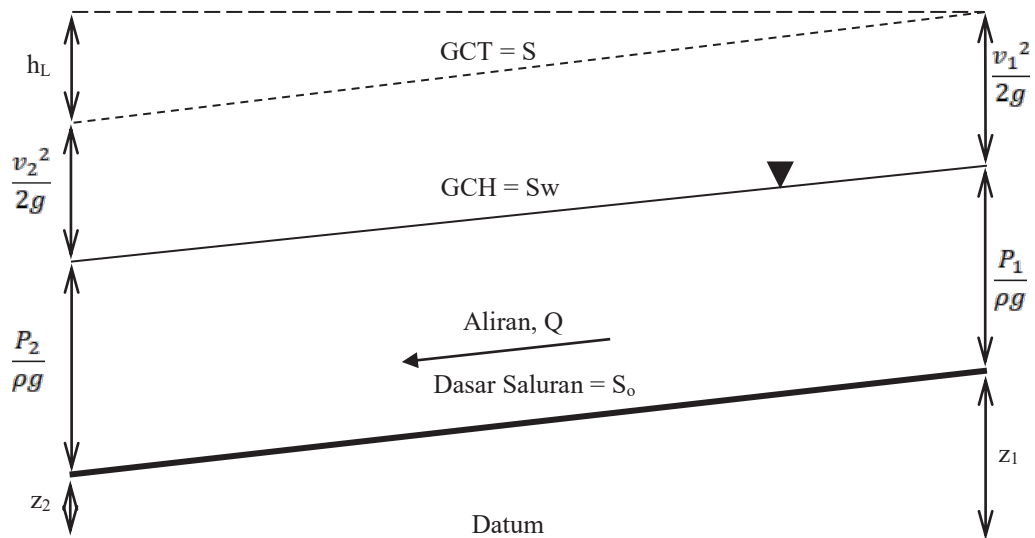
Kelikatan sesuatu bendalir merupakan pengukuran rintangannya kepada tegasan yang berlaku secara berserenjang dengan arah daya atau dikenali sebagai ricih. Ini timbul akibat fenomena yang saling bertindak antara kejelekitan molekul-molekul bendalir. Semua bendalir mempunyai kelikatan walaupun pada darjah yang

BAB 2

ALIRAN SERAGAM DALAM SALURAN TERBUKA

2.0 PENGENALAN

Aliran seragam boleh berlaku dalam saluran yang panjang jika cerun dan bentuk keratannya tidak berubah sepanjang saluran. Ukur dalam, luas dan halaju aliran pada setiap keratannya adalah sama sepanjang saluran. Dasar saluran S_o , permukaan air S_w dan garis tenaga S , adalah selari jika kecerunannya adalah sama iaitu $S_o = S_w = S$. Keadaan ini berlaku apabila pertemuan arah daya aliran diseimbangkan oleh daya rintangan semasa aliran bergerak ke hilir. Namun begitu, keadaan ini jarang sekali berlaku. Ukur dalam aliran untuk aliran seragam disebut sebagai ukur dalam normal, y_o .



Rajah 2.1: Aliran seragam dalam saluran terbuka

BAB 3

ALIRAN TAK SERAGAM DALAM SALURAN TERBUKA

3.0 PERSAMAAN TENAGA

Persamaan Bernoulli digunakan untuk menganalisis aliran tetap (*steady*) bagi saluran terbuka. Berdasarkan persamaan ini jumlah tenaga H , di hulu adalah berbeza dengan jumlah tenaga di hilir kerana kehilangan tenaga yang berlaku.

Perbezaan bagi aliran seragam dan tidak seragam ditunjukkan dalam Rajah 3.1. Aliran tidak seragam berlaku apabila garisan permukaan air S_w , garisan tenaga i dan dasar saluran S_o adalah tidak selari. Merujuk kepada Rajah 3.1(b), jumlah tenaga tentu pada keratan (1) ialah

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \alpha \frac{V^2}{2g} \quad (3.1)$$

Dimana

H	= jumlah tenaga (m)
z	= turus upaya (m)
	= paras permukaan air dari suatu datum
$\alpha \frac{V^2}{2g}$	= turus halaju (m)
$\frac{p}{\gamma}$	= turus tekanan
	= $y \cos \theta$

BAB 4

ALIRAN BERUBAH CEPAT DALAM SALURAN TERBUKA

4.0 PENGENALAN

Masalah hidraulik seringkali berlaku apabila pembinaan struktur-struktur hidraulik seperti empangan dimajukan. Air yang ditahan di belakang empangan selalunya menghasilkan tekanan yang sangat tinggi pada asas binaan tersebut. Cara yang sesuai untuk mengurangkan tekanan hidrostatik ini, dengan penyaluran keluar melalui alurlimpah atau struktur keluaran lain. Aliran deras di hilir binaan ini mengakibatkan hakisan dan kerosakan yang boleh membahayakan dasar saluran. Oleh itu, untuk mengelakkan keadaan tersebut, keadaan di hilir perlu dikawal supaya aliran deras ini boleh diubah menjadi perlahan dengan serta merta supaya hakisan tidak berlaku secara berlanjutan.

Struktur yang membolehkan perubahan halaju aliran dinamakan *pelepas tenaga* kerana ia berkemampuan untuk mengurangkan tenaga yang tinggi hasil dari aliran deras kepada tenaga yang rendah dan aliran yang perlahan. Lompatan hidraulik di hilir binaan merupakan satu cara yang berkesan untuk melepaskan tenaga. Aliran yang berlaku dalam satu jarak yang pendek dan berubah secara pantas ini, lebih dikenali sebagai aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*).

4.1 LOMPATAN HIDRAULIK

Lompatan hidraulik berlaku apabila terdapat pergelisiran antara kawalan di hulu dan di hilir dalam suatu jangkauan saluran yang sama. Misalnya, jika kawalan di hulu menyebabkan aliran deras di hilir dan pada masa dan jangkauan yang sama, kawalan dihilir menghasilkan aliran tenang di hulunya, sudah tentu pada suatu tempat antara kedua kawalan ini terdapat pertembungan dua aliran berubah dari deras menjadi tenang secara mengejut. Fenomena ini dinamakan *lompatan hidraulik*.

BAB 5

ALIRAN BERUBAH BERANSUR DALAM SALURAN TERBUKA

5.0 PENGENALAN



Aliran berubah beransur ditakrifkan sebagai aliran dimana ukur dalam alirannya berubah secara beransur-ansur sepanjang satu jarak dalam saluran itu. Perubahan ukur dalam ini tidak berubah mengikut masa iaitu ukur dalam air pada setiap keratan sentiasa sama sepanjang masa.

Untuk menerbitkan persamaan asas untuk aliran berubah secara beransur, beberapa andaian telah dibuat dan diantaranya ialah:

- Kehilangan turus untuk satu keratan saluran itu adalah sama dengan kehilangan turus untuk aliran seragam yang mempunyai jejari hidraulik dan halaju purata yang sama. Dari formula Manning, kehilangan turus untuk keratan itu ialah:

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S_o^{\frac{1}{2}} \\ S_o^{\frac{1}{2}} &= \frac{Vn}{R^{\frac{2}{3}}} \\ S_o &= \frac{V^2 n^2}{R^{\frac{4}{3}}} \end{aligned} \quad (5.1)$$

BAB 6

ANALISIS DIMENSI DAN PENYERUPAAN HIDRAULIK

6.0 PENGENALAN

Topik analisis dimensi dalam kursus hidraulik ini adalah lanjutan daripada topik analisis dimensi dalam kursus mekanik bendalir. Oleh itu terdapat beberapa kata kunci yang perlu diingat semula:

- Apakah itu dimensi?
- Apakah kegunaannya?
- Apakah itu analisis dimensi?
- Apakah itu kesamaan dimensi?
- Apakah itu Teorem Buckingham π ?

Seperti yang telah diterangkan dalam kursus mekanik bendalir, kepentingan analisis dimensi ini adalah untuk mengurangkan jumlah pembolehubah tak bersandar di dalam permasalahan aliran saluran terbuka atau sebarang permasalahan dalam hidraulik dan mekanik bendalir, iaitu dengan mengubah pembolehubah bersandar dan beberapa pembolehubah tak bersandar sehingga membentuk suatu hubungan fungsi, menjadi suatu jumlah kecil kumpulan tak berdimensi.

Jumlah parameter tak bersandar dan tak berdimensi menggambarkan $(n - m)$ proses fizikal dengan n merupakan jumlah pembolehubah fizikal yang terlibat, dan m ialah jumlah dimensi asas yang terkandung dalam pembolehubah tersebut. Dalam kebanyakan permasalahan kejuruteraan hidraulik, dimensi asas yang biasanya terlibat adalah M, L, T (jisim, panjang, masa).

6.1 ANALISIS DIMENSI

Analisis dimensi merupakan kaedah yang dapat mengurangkan permasalahan fizikal yang kompleks kepada bentuk yang paling mudah dalam memperoleh jawapan secara kuantitatif. Bridgeman (1969) menyatakan bahawa “Prinsip

BAB 7

MESIN HIDRAULIK

7.0 PENGENALAN

Mesin hidrolik menggunakan tenaga bendalir untuk melakukan kerja. Bendalir dikawal secara automatik oleh injap kawalan dan diedarkan melalui hos, tiub dan paip. Proses ini menukarkan tenaga mekanikal kepada tenaga hidrolik atau air atau sebaliknya.

Mesin hidrolik boleh dikenalpasti berdasarkan kepada dua kategori iaitu:

- (a) mesin yang meningkatkan tekanan bendalir atau turus air dengan menggunakan kuasa mekanikal seperti pam dan pemampat.
- (b) mesin yang menghasilkan tenaga atau kuasa dengan bantuan tenaga bendalir seperti turbin dan gas.



Pam digunakan dalam operasi sistem bekalan melalui talian paip dari kawasan rendah ke tanah tinggi. Manakala turbin pula membantu dalam operasi penjanaan hidroelektrik.

7.1 PAM

Pam ialah mesin hidrolik yang membekalkan tenaga kepada bendalir dalam operasi tertentu, contohnya dalam sistem pengagihan/bekalan air. Pam boleh digunakan secara bersiri atau selari mengikut kesesuaian sesuatu operasi. Pam boleh dikelaskan kepada dua jenis iaitu pam anjakan positif dan pam rotodinamik.

BIBLIOGRAFI

- Amat S.D .Hidraulik Saluran Terbuka dengan Penggunaan Komputer, Penerbit UTM,1997.
- Amer Nordin Derus, Dinamik Aliran Bendalir suatu Penyelesaian, Dewan\Bahasa dan Pustaka, 1994.
- Bridgman. P. W. (1969) 'Dimensional Analysis', in Encyclopaedia Britannica (Wm. Haley, Editor-in-Chief), Vol. 7, pp. 439-449: Encyclopaedia Britannica, Chicago.
- Chanson, H. The Hydraulics Of Open Channel Flow : An Introduction, Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.
- Chaudhry, M.H. Open Channel Flow, London: Prentice Hall, 1993.
- Chow, V.T. Open Channel Hydraulics, New York: McGraw Hill, 1959.
- Chow, V.T. Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill, International Edition, 1973.
- Chow, V.T. Applied Hydrology, McGraw-Hill. Singapore, 1988.
- David A. Chin, Water Resources Engineering, Prentice Hall, 2000.
- David C.V, Sorensen K.E. Handbook of Applied Hydraulics, McGraw-Hill 3rd Edition, 1969.
- Douglas J.F, Gasiorek J.M and Swaffield J.A. Mekanik Bendalir ,(Penterjemah Wan Ali Wan Mat), Dewan Bahasa Dan Pustaka.1995.
- E.M.Wilson, Hidrologi Kejuruteraan, Penerbit Universiti Teknologi Malaysia, 1992.
- Featherstone ,R.E. and Nalluri , C. Civil Engineering Hydraulics- Essential Theory with Worked Examples ,Granada Publishing ,London,1982.
- French, R.H. Open-Channel Hydraulics, New York: McGraw Hill, 1985.
- French, R.H. Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill, International Edition, Singapore, 1987.

- Gupta, S.C. (2006) Fluid Mechanics and Hydraulic Machines. Dorling Kindersley (India) Pvt Ltd.
- Hadibah, I , Fatimah M.N and Azmahani A.Hidraulik Saluran Terbuka, Penerbit UTM,1996.
- Henderson,F.M. Open Channel Flow, McMillan,New York ,1977.
- J.F.Douglas, Penyelesaian Masalah dalam Mekanik Bendalir, Dewan Bahasa dan Pustaka, 1988.
- Mat Nawi Wan Hassan, Kajidaya Bendalir, Penerbit Universiti Teknologi Malaysia, 1994.
- N.B. Webber, Mekanik Bendalir Untuk Jurutera Awam, Penerbit Universiti Teknologi Malaysia, 1995.
- R.S. Khurmi ‘A Text-Book of Hydraulics, Fluid Mechanics and Hydraulic Machines’.
- R.V.Giles, J.B.Evett, C.Liu, Fluid Mechanics and Hydraulics 3rd Edition, McGraw-Hill, International Edition, 1995.
- Ranald V. Giles. Theory and Problems of Fluid Mechanics and Hydraulics, McGraw-Hill, Singapore, 1985.
- Ranald V.Giles. Teori dan Masalah Mekanik Bendalir dan Hidraulik, (Penterjemah Jamaludin M.Sheriff) Dewan Bahasa dan Pustaka, 1992.
- Raju, K.G. Flow Through Open Channel, Tata McGraw-Hill, New Delhi, 1981.
- Roberson & Crowe (1985) ‘Engineering Fluid Mechanics’. Houghton Mifflin, Ch8.
- Roberson, J.A., Cassidy, J.J. & Chaudry, M.H. (1998) ‘Hydraulic Engineering’. (2nd ed) Wiley.
- Subramanya, K. (1993) Theory Application Fluid Mechanics. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Sturm, T.W. Open Channel Hydraulics, New York: McGraw Hill, 2001.
- UND Library reference: Isaacson, E de St Q (1975) ‘Dimensional methods in engineering and physics: reference sets and the possibilities of their extension’. London: Arnold, 1975 <http://www.und.ac.za/und/library/lib/libhome.htm>.
- Victor L.Streeter, E.Benjamin Wylie, Keith W.Bedford, Fluid Mechanics 9th Edition, McGraw-Hill, International Edition, 1998.

Warren Viessman, Jr., Gary L.Lewis, Introduction to Hydrology, Prentice Hall,
2003.

BIOGRAFI PENULIS



Mohd Adib bin Mohammad Razi adalah Professor Madya dalam bidang Hidraulik, Hidrolologi, Mekanik Bendalir, dan Kejuruteraan Sumber Air di Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Bina, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Batu Pahat, Johor sejak 2003. Beliau memperoleh ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Awam dengan Kepujian dan Sarjana Kejuruteraan (Awam - Hidraul dan Hidrologi) dari Universiti Teknologi Malaysia dan Doktor Falsafah Kejuruteraan Awam dari Universiti Teknologi MARA, Malaysia. Beliau merupakan seorang Jurutera Professional berdaftar dibawah Lembaga Jurutera Malaysia di dalam bidang kejuruteraan awam dan memegang jawatan sebagai Ketua Pusat EcoHytech di Universiti Tun Hussein Onn Malaysia.



Tan Lai Wai adalah Profesor Madya dalam bidang Mekanik Bendalir, Hidraulik dan Kejuruteraan Sumber Air di Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Bina, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Batu Pahat, Johor sejak 2002. Beliau memperoleh ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Awam dengan Kepujian dan Sarjana Kejuruteraan (Awam - Hidraul dan Hidrologi) dari Universiti Teknologi Malaysia dan Doktor Falsafah Kejuruteraan Awam dari McGill University Canada. Beliau merupakan seorang Jurutera Professional berdaftar dibawah Lembaga Jurutera Malaysia di dalam bidang kejuruteraan awam dan Teknologis berdaftar dibawah Malaysia board of Technologist.



Zarina Md Ali bertugas sebagai pensyarah dalam bidang Mekanik Bendalir, Hidraulik dan Kejuruteraan Sumber Air di Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Bina, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Batu Pahat, Johor. Beliau memperoleh Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan (Pertanian) dengan Kepujian dan Sarjana Sains (Kejuruteraan Sumber Air) dari Universiti Putra Malaysia.

INDEKS

A

aliran berubah beransur 6, 7, 123, 124,
125, 126, 129, 138, 144, 147
aliran berubah cepat 6, 7, 101
aliran genting 58, 57, 60, 61, 63, 68,
71, 72, 73, 76, 77, 80, 81, 82, 83,
85, 93, 98, 100, 102, 103, 112,
127, 130, 131, 134
aliran seragam 5, 19, 20, 21, 30, 31,
36, 47, 51, 52, 117, 123, 124, 131,
150
aliran tak tetap 5, 7
aliran tetap 5, 7
aliran tidak seragam 5, 6, 51, 53

B

bendalir 1, 2, 3, 4, 8, 22, 30, 155, 156,
158, 161, 164, 165, 181, 186, 187,
188, 189, 190, 191, 192, 195, 199,
200, 201, 202, 203, 212
bendalir Newtonian 2

C

cerun curam 60, 112, 113, 117, 118,
130, 131, 132, 134, 135, 151
cerun genting 58, 60, 63, 64, 65, 66,
67, 68
cerun landai 60, 112, 117, 118, 119,
130, 131, 132, 135, 137, 151
Cerun melawan 131, 132, 136
Cerun mendatar 131, 132

D

dimensi 20, 34, 155, 156, 157, 158,
159, 160, 161, 162, 163, 164, 165,
173, 175, 181, 182, 186
dinamik 2, 18, 138, 158, 160, 161, 165,
171, 172, 181, 183, 184, 186, 195,
196, 208

F

Formula Bazin 25
Formula Chezy 20, 21, 25, 27, 128
Formula Ganguillet & Kutter 23
Formula Manning 27, 30, 36, 38, 41,
46, 67, 114, 123, 128

G

genting 9, 54, 55, 57, 58, 60, 61, 62, 63,
64, 65, 66, 67, 68, 71, 73, 75, 76,
77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 87,
88, 92, 93, 98, 100, 102, 103, 104,
109, 112, 118, 121, 122, 127, 130,
131, 132, 133, 134, 140, 144, 147

H

halaju air 102, 122, 150, 171, 172, 183,
213
hidraulik 1, 4, 6, 8, 9, 10, 13, 15, 16,
17, 20, 23, 25, 36, 37, 38, 39, 40,
41, 42, 47, 50, 82, 86, 101, 102,
103, 104, 105, 106, 108, 110, 112,
114, 115, 116, 117, 118, 120, 121,
122
hukum permodelan Reynolds 168

J

jejari hidraulik 8, 13, 15, 16, 17, 20, 23, 25, 36, 38, 40, 42, 47, 86, 114, 123, 148

K

kaedah analisis dimensi 156, 157, 161, 164

kaedah carta 34, 48, 49, 72, 73

kaedah carta reka bentuk 72, 73

kaedah cuba jaya 30, 31, 32, 48, 49, 66, 69, 72, 89, 91, 117, 118

kaedah formula pindah 167

kaedah graf 32, 48, 49, 70, 72

Kamiran Berangka 138

Kamiran Berperingkat 138

Kamiran Terus 138

kecerunan garis tenaga 148

kehilangan tenaga 51, 53, 83, 115, 121, 122, 148, 152

Kehilangan tenaga

kelikatan 1, 2, 5, 8, 9, 18, 22, 158, 165, 181, 182, 186

kinematik 160, 161, 163, 171, 172, 186, 195, 196, 208

L

lompatan hidraulik 6, 82, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 110, 112, 115, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 150, 151, 152, 153

M

Manning 27, 29, 30, 36, 38, 40, 41, 46, 47, 48, 49, 50, 63, 64, 65, 67, 85, 87, 99, 114, 117, 121, 123, 128, 137, 143, 150, 151, 152, 168, 169

mesin hidraulik 170, 187, 192, 199, 212

model tak terherot 171, 172

model terherot 171, 175

N

Newton-Raphson 80, 82

Nombor Froude 9, 15, 16, 61, 67, 103, 104, 112, 121, 122, 167, 182, 183, 184

P

pam anjakan positif 187, 188

pam bersiri 199

pam campuran 188

pam empar 186, 188, 189, 190, 193, 212, 213

pam paksi 188

pam rotodinamik 187, 188, 195, 200

pam selari 198, 197

persamaan Bernoulli 51, 53

pintu sluis 6, 121, 133, 135, 151, 152, 161, 165, 186

S

saluran terbuka 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 22, 27, 47, 51, 53, 78, 101, 120, 123, 155, 159, 160

subgenting 9, 16, 55, 57, 58, 67, 76, 78, 79, 81, 82, 100, 102, 103, 104, 109, 130, 131

susuk aliran 131, 132, 133, 134, 135, 136, 138, 140, 144, 145, 147, 148, 149, 152

T

tenaga kinetik 148, 202

tenaga tentu 51, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 62, 67, 69, 70, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 88, 92, 95, 98, 122, 124, 148, 150

teorem Buckingham 155, 162, 186

turbin 156, 176, 177, 178, 187, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 209, 210, 211, 212, 214

turbin dedenyut 201, 202, 206
turbin Francis 200, 211, 214
turbin Kaplan 200, 201, 211, 214
turbin Pelton 202, 205, 208, 211, 214
turbin tindak balas 200

U

ukur dalam air 15, 54, 56, 59, 78, 80,
81, 82, 84, 85, 99, 100, 112, 122,
123, 124, 130, 138, 148, 150, 151,
152, 153

HIDRAULIK

Air merupakan satu anugerah yang tidak ternilai dari Allah s.w.t. kepada semua kehidupan di bumi ini. Manusia dikurniakan akal fikiran bagi menguruskan sumber semulajadi yang terhad ini dengan sebaik-baiknya tanpa memudaratkan semua hidupan di bumi ini. Sejak kebelakangan ini, projek-projek sumber air dan kerja-kerja kejuruteraan hidraulik berkembang dengan pesat seiring dengan pembangunan negara. Pakar-pakar dalam bidang hidraulik, hidrologi dan alam sekitar diperlukan di dalam menguruskan sumber air ini dengan sempurna tanpa memusnahkan alam sekitar dan bagi mengisi kekurangan pakar di dalam bidang ini, ilmu berkaitan hidraulik dan hidrologi perlulah diperkukuhkan demi memantapkan kepakaran ini.

Kepada pelajar dan jurutera yang akan terlibat secara langsung atau tidak langsung di dalam proses pembangunan ini, teori dan kajian perlu dilaksanakan dengan berbantuan bahan pengajaran yang tepat dan sesuai. Oleh itu, tidak hairanlah semakin banyak buku dan bahan pengajaran di pasaran yang berkaitan dengan bidang hidraulik.

Dengan terbitnya Buku Hidraulik ini, diharap ia dapat membantu menarik minat pelajar dan jurutera untuk mendalami ilmu ini dan ia merangkumi kehendak pembangunan pada masa kini. Buku ini ditulis untuk mencapai kefahaman para pembaca khususnya pelajar-pelajar dan jurutera-jurutera yang terlibat dapat memahami dengan jelas konsep-konsep asas hidraulik melalui buku yang ditulis dalam Bahasa Malaysia dan menggunakan bahasa yang mudah difahami.

Nota-nota dan teori asas dikaji ketulenannya bagi diisi di dalam buku ini supaya para pembaca tidak keliru dengan bahan-bahan rujukan yang lain. Setiap perkara penting sentiasa diingatkan di dalam setiap bab bagi memudahkan para pembaca tidak lupa teori yang telah dipelajari di dalam bab sebelumnya atau yang berkaitan dengannya. Contoh-contoh pengiraan juga dimuatkan di dalam setiap bab mengikut masalah hidraulik yang biasa ditemui di dalam bidang tersebut bagi memudahkan para pembaca memahami dengan lebih mendalam dan berkesan mengikut konsep asas hidraulik. Soalan-soalan latihan dimuatkan di akhir setiap bab bertujuan menilai kefahaman pembaca seterusnya memantapkan teori yang telah dipelajari dengan memberi latihan-latihan yang berkaitan dengan masalah-masalah hidraulik menggunakan kaedah yang telah dipelajari sebelum ini.



ISBN 978-629-7566-83-2



Sila imbas kod untuk maklumat lanjut

