

PENGGUNAAN BANGUNAN BAGI AMBANG LEBAR DENGAN PENAMBAHAN PIPA MELALUI UJI MODEL FISIK

Saluran irigasi merupakan bagian penting dari kegiatan pertanian, sehingga penting untuk diperhatikan efektivitas dan efisiensinya. Suatu sistem irigasi diharapkan mampu mengairi seluruh petak yang ada dalam suatu area pertanian. Buku ini menyajikan materi tentang pengembangan bangunan bagi ambang lebar dengan penambahan pipa melalui uji model fisik. Dengan kata lain, buku ini membahas salah satu solusi yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi sistem irigasi melalui penyederhanaan mekanisme pembagian debit di tingkat tersier, sub tersier, kuartier dan sekunder yang selama ini kurang handal peng-operasiannya. Penerapan metode pengembangan sistem irigasi diuji dalam skala lab untuk menentukan koefisien debit (C_d), koefisien gesekan (f) yang terjadi pada pipa, debit air pada pipa berdasarkan bukaan pintu, serta pola pembagian debit dengan adanya variasi debit dan bukaan pintu. Solusi yang ditawarkan dalam buku ini dapat diterapkan oleh siapapun yang ingin mengembangkan saluran irigasi pertanian di daerahnya masing-masing. Selain itu, buku ini dapat menjadi referensi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan rekomendasi untuk penelitian di bidang teknik sipil, konsen-trasi sumber daya air.



PENGGUNAAN BANGUNAN BAGI AMBANG LEBAR DENGAN PENAMBAHAN PIPA MELALUI UJI MODEL FISIK



**PENGUNAAN BANGUNAN BAGI AMBANG LEBAR
DENGAN PENAMBAHAN PIPA
MELALUI UJI MODEL FISIK**

Dr. Ir. Lies Kurniawati Wulandari, MT.



Dream Litera Buana
Malang 2020

Prakata

PENGGUNAAN BANGUNAN BAGI AMBANG LEBAR DENGAN PENAMBAHAN PIPA MELALUI UJI MODEL FISIK

Penulis:

Dr. Ir. Lies Kurniawati Wulandari, MT.

©Dream Litera Buana
Malang 2020
104 halaman, 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-623-7598-12-1

Diterbitkan oleh:

CV. Dream Litera Buana
Perum Griya Sampurna, Blok E7/5
Kepuharjo, Karangploso, Kabupaten Malang

Email: dream.litera@gmail.com
Website: www.dreamlitera.com
Anggota IKAPI No. 158/JTI/2015

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau
seluruh isi buku ini dengan cara apapun,
tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan pertama, Januari 2020

Distributor:
Dream Litera Buana

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penulisan buku ini yang "Penggunaan Bangunan Bagi Ambang Lebar dengan Penambahan Pipa Melalui Uji Model Fisik". Buku ini membahas tentang pola pembagian debit yang terjadi pada bangunan bagi tersier, sub tersier, kuartier dan sekunder secara proporsional terhadap diameter pipa kanan dan kiri dengan pendekatan uji model fisik yang dilaksanakan di Laboratorium Hidrolika terapan, Jurusan Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.

Penulis mengucapkan terima kasih dan apresiasi setinggi-tingginya kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini. Selain itu, penulis juga menyadari bahwa buku ini tentu tidak terlepas dari kekurangan, baik terkait isi maupun penulisannya. Atas hal tersebut, penulis mengucapkan permohonan maaf, sekaligus membuka pintu kritik dan saran

yang konstruktif dari pembaca. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, sekaligus bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang teknik sipil, khususnya terkait sumber daya air.

Malang, Januari 2020

Penulis

Daftar Isi

PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
PENDAHULUAN	1
BANGUNAN BOX BAGI	4
1. Model Bangunan	4
2. Kalibrasi Alat Ukur Debit.....	5
3. Alat Ukur Debit Rechbox	6
4. Alat Ukur Debit Thompson	8
5. Aliran Melalui Pelimpah Ambang Lebar	9
6. Aliran Dibawah Bukaan Pintu.....	10
7. Jenis Aliran.....	13
8. Proporsionalitas Debit	17
EKSPERIMEN	19
1. Pendahuluan.....	19

Daftar Tabel

2. Metode.....	20
a. Perencanaan Model Bangunan.....	20
b. Lokasi Percobaan.....	20
c. Pengujian Model.....	21
d. Macam Percobaan.....	23
3. Prosedur dan Percobaan.....	23
a. Kalibrasi Alat Ukur Debit.....	23
b. Pengoperasian Satu Saluran.....	26
c. Pengoperasian Tiga Saluran.....	28
4. Hasil Percobaan.....	30
a. Kalibrasi Alat Ukur Debit.....	30
b. Pengoperasian Satu saluran.....	33
1) Aliran Bebas Tanpa Pintu.....	33
2) Aliran Bebas Dengan Bukaannya Pintu 4 cm.....	35
3) Aliran Bebas Dengan Bukaannya Pintu 8 cm.....	37
c. Pengoperasian Tiga Saluran.....	39
1) Aliran Bebas Tanpa Pintu.....	39
2) Aliran Bebas Dengan Bukaannya Pintu 4 cm.....	42
3) Aliran Bebas Dengan Bukaannya Pintu 8 cm.....	44
d. Debit Rencana Pada Saluran.....	47
5. Kesimpulan Percobaan.....	54
6. Penutup.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57
BIODATA PENULIS.....	59
LAMPIRAN.....	61

Tabel 1. Hubungan antara a/H_1 dengan koefisien kontraksi (C_c).....	12
Tabel 2. Kekentalan pada air.....	15
Tabel 3. Pengoperasian satu saluran aliran bebas tanpa pintu.....	26
Tabel 4. Pengoperasian satu saluran aliran bebas dengan pintu ($a=4$ cm).....	27
Tabel 5. Pengoperasian satu saluran aliran bebas dengan pintu ($a=8$ cm).....	27
Tabel 6. Pengoperasian tiga saluran aliran bebas tanpa pintu.....	29
Tabel 7. Pengoperasian tiga saluran aliran bebas dengan pintu ($a=4$ cm).....	29
Tabel 8. Pengoperasian tiga saluran aliran bebas dengan pintu ($a=8$ cm).....	30
Tabel 9. Hubungan tinggi muka air dan debit takar pada kalibrasi.....	31
Tabel 10. Tinggi muka air dan debit pada saluran tunggal.....	34

Tabel 11. Kesalahan relatif pada saluran tunggal tanpa pintu.....	34
Tabel 12. Hubungan tinggi muka air dan debit dengan $a=4$ cm.....	35
Tabel 13. Kesalahan relatif pada saluran tunggal dengan $a=4$ cm.....	36
Tabel 14. Hubungan tinggi muka air dengan debit $a=8$ cm.....	37
Tabel 15. Kesalahan relatif pada saluran tunggal dengan $a=8$ cm.....	38
Tabel 16. Hubungan H dan Q pada saluran dua.....	40
Tabel 17. Kesalahan relatif pada saluran dua.....	40
Tabel 18. Tinggi muka air pada saluran satu.....	40
Tabel 19. Tinggi muka air pada saluran tiga.....	41
Tabel 20. Rekapitulasi tiga saluran tanpa pintu.....	41
Tabel 21. Tinggi muka air pada saluran dua dengan $a=4$ cm.....	43
Tabel 22. Tinggi muka air pada saluran satu.....	43
Tabel 23. Debit pada saluran tiga.....	43
Tabel 24. Rekapitulasi debit pada tiga saluran dengan $a=4$ cm.....	44
Tabel 25. Debit pada saluran 2 dengan $a=8$ cm.....	45
Tabel 26. Debit pada saluran satu.....	46
Tabel 27. Debit pada saluran tiga.....	46

Tabel 28. Rekapitulasi debit pada 3 saluran dengan $a = 8$ cm.....	48
Tabel 29. Variasi bukaan pintu dengan debit rencana saluran 2.....	49
Tabel 30. Variasi bukaan pintu dengan debit rencana saluran 1.....	49
Tabel 31. Variasi bukaan pintu dengan debit rencana saluran 3.....	50
Tabel 32. Rekapitulasi debit rencana pada pengoperasian 3 saluran dengan variasi bukaan pintu.....	52
Tabel 33. Debit rencana dengan variasi bukaan pintu pada saluran dua.....	53
Tabel 34. Debit rencana dengan variasi bukaan pintu pada saluran satu.....	53
Tabel 35. Debit rencana dengan variasi bukaan pintu pada saluran tiga.....	54
Tabel 36. Rekapitulasi Debit Rencana pada Peroperasian tiga saluran dengan variasi bukaan pintu.....	54

Daftar Gambar

Gambar 1. Pola pembagian debit pada bangunan bagi tersier	3
Gambar 2. Model bangunan bagi ambang lebar dengan penambahan pipa.....	5
Gambar 3. Alat ukur debit <i>rechbox</i>	6
Gambar 4. Alat ukur debit <i>thompson</i>	8
Gambar 5. Aliran diatas pelimpah ambang lebar	10
Gambar 6. Aliran dibawah pintu pengatur.....	11
Gambar 7. Model fisik bangunan bagi dengan menggunakan ambang lebar dan pipa	21
Gambar 8. Kalibrasi alat ukur <i>Rechbox – Thompson</i> pada saluran satu	31
Gambar 9. Kalibrasi alat ukur <i>Rechbox – Thompson</i> pada saluran dua.....	32
Gambar 10. Kalibrasi alat ukur <i>Rechbox – Thompson</i> pada saluran tiga.....	32
Gambar 11. Denah bangunan bagi.....	33

Gambar 12. Grafik hubungan h dan Q pada saluran tunggal tanpa pintu.....	34
Gambar 13. Grafik hubungan h dan Q pada saluran 2.....	36
Gambar 14. Grafik hubungan a/h_1 dan C_d pada saluran 2	36
Gambar 15. Grafik hubungan h dan Q pada saluran 2.....	38
Gambar 16. Grafik hubungan a/h_1 dan C_d pada saluran 2	38
Gambar 17. Grafik hubungan $h-Q$ pada saluran 1-3 dg pengoperasian tiga Saluran.....	41
Gambar 18. Grafik hubungan $h-Q$ pada saluran 1-3 dg pengoperasian tiga Saluran ($a = 4$ cm).....	44
Gambar 19. Grafik hubungan $h-Q$ pada saluran 1-3 dg pengoperasian tiga Saluran ($a = 8$ cm).....	47
Gambar 20. Grafik hubungan $h-C_d$ pada pipa 1	50
Gambar 21. Grafik hubungan $h-C_d$ pada pipa 3.....	51
Gambar 22. Grafik hubungan $a-h$ pada pipa 1 dan 3.....	51
Gambar 23. Grafik hubungan tinggi muka air dan debit pada pipa 1 dan 3	52

Daftar Lampiran

Lampiran 1. Perancangan Model Bangunan.....	60
Lampiran 2. Kalibrasi Alat Ukur Debit Rechbox – Thompson.....	66
Lampiran 3. Data dan Perhitungan Saluran Tunggal Tanpa Pintu.....	82
Lampiran 4. Data dan Perhitungan Saluran Tunggal dengan $a = 4$ cm.....	84
Lampiran 5. Data dan Perhitungan Saluran Tunggal dengan $a = 8$ cm.....	86
Lampiran 6. Data dan Perhitungan Saluran Utama dengan Aliran Modular.....	88

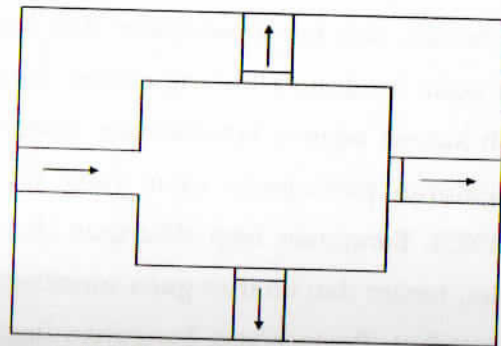
Pendahuluan

Dalam perkembangan teknologi pertanian saat ini, varietas tanaman semakin beraneka ragam dan menuntut pengelolaan pembagian air yang tepat guna, maka seluruh prasarana di daerah – daerah pertanian harus dikembangkan. Untuk pengembangan suatu daerah, maka diperlukan suatu jaringan-jaringan irigasi secara teknis. Jaringan irigasi teknis adalah jaringan irigasi, dimana semua bangunan dan pembagian air sampai pengambilan tersier dapat dikontrol oleh dinas PU Pengairan (Anonymous, 1975). Perencanaan jaringan irigasi dibuat sedemikian rupa sehingga pengelolaan air dapat dilaksanakan dengan baik, eksploitasi dan pemeliharaan jaringan dapat dengan mudah dilakukan oleh para petani pemakai air dengan biaya rendah.

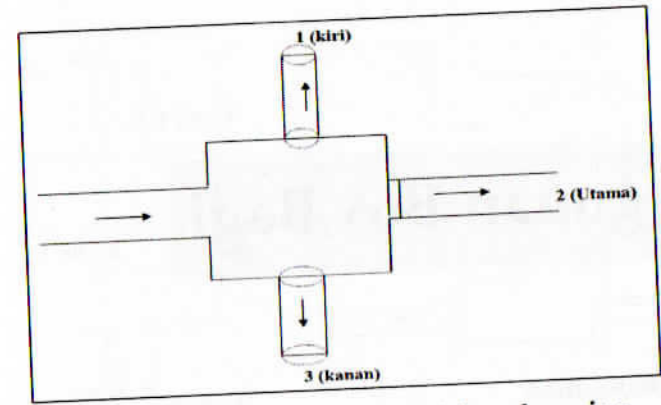
Umumnya, bangunan pengambilan dilengkapi dengan bangunan ukur atau pintu-pintu ukur. Pembagian debit pada bangunan bagi tersier, sub tersier, sekunder dan kuarter dengan memakai pintu pada umumnya kurang efisien. Kondisi tersebut disebabkan oleh karena adanya keterbatasan tenaga operasi dan prosedur pengaturan pintu-pintu ukur yang tidak sederhana (Anonymous, 1975). Bangunan bagi dibangun diantara saluran-saluran sekunder, tersier dan kuarter guna membagi air irigasi ke seluruh petak tersebut. Perencanaan bangunan bagi harus sesuai

dengan kebutuhan petani setempat dan memenuhi kebutuhan kegiatan eksploitasi di daerah yang bersangkutan pada saat ini maupun kemungkinan pengembangan di masa mendatang. Bangunan bagi berfungsi untuk membagi air secara terus-menerus (*proporsional*) atau secara rotasi. Pengelolaan irigasi yang ideal adalah pemanfaatana air sesuai dengan kebutuhan yang diminta secara tepat dalam hal waktu, kuantitas dan kualitas.

Distribusi air pertanian juga dipengaruhi oleh pembagian luas petak tersier, kuarter dan pola tanam. Untuk menyederhanakan pengelolaan air, dianjurkan pada perencanaan suatu jaringan irigasi baru, agar memperhitungkan pelaksanaan operasi pembagian air. Salah satu cara adalah dengan merencanakan pambagian luas petak tersier dan kuarter yang seragam serta pola tanam yang sama (Anonymous, 1986a : 176). Peningkatan efisiensi dapat dimulai dengan menyederhanakan mekanisme pembagian debit, misalnya mengganti pintu-pintu ukur pada bangunan bagi tersier, sub tersier, sekunder dan kuarter dengan bangunan bagi ambang lebar dan pipa pada saluran kanan dan saluran kiri sehingga mampu membagi debit yang tidak sama besar sesuai dengan kebutuhan (Gambar 1).



a. Box bagi dengan pintu ukur



b. Box bagi dengan ambang lebar dan pipa.

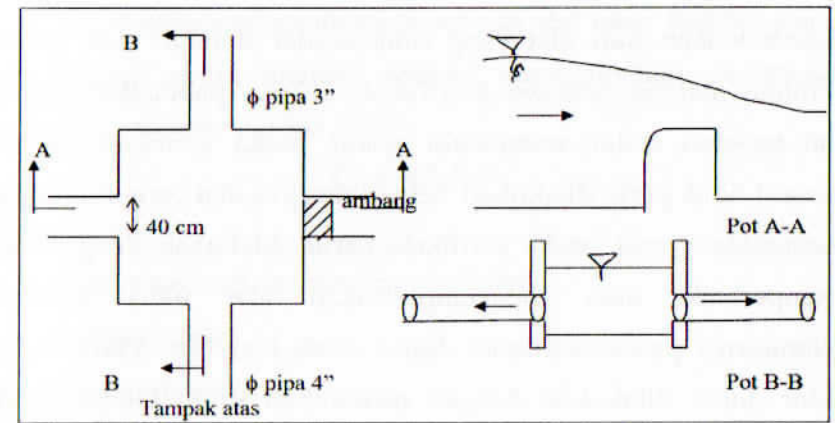
Gambar 1. Pola pembagian debit pada bangunan bagi tersier.

Aliran dalam saluran terbuka yang melewati pipa mempunyai beberapa kondisi, yaitu pengaliran bebas (*free flow*), pengaliran transisi (*Transition flow*), dan pengaliran tekan (*Pressure flow*). Pengaliran bebas terjadi jika seluruh panjang pipa belum terisi penuh dengan air atau ujung hulu pipa tidak tenggelam. Pengaliran transisi terjadi apabila permukaan air di Hulu sudah menyentuh ujung atas inlet, dimana kondisi ini akan bertahan sampai terjadi debit air maksimum dalam pipa dengan keadaan aliran seragam dan tidak bekerja dibawah tekanan. Aliran tekan terjadi apabila pada seluruh panjang pipa, penampang alirannya terisi penuh oleh air sehingga terjadi aliran tekan (Kim, 1981). Pengujian kebenaran dari pola pembagian debit yang tidak sama besar pada bangunan bagi yang memanfaatkan bangunan ukur ambang lebar dan pipa harus dikaji terlebih dahulu dalam uji model fisik.

Bangunan Box Bagi

1. Model Bangunan

Pola pembagian debit yang terjadi pada pipa adalah pengaliran debit yang berlangsung secara lateral, dimana pengaliran ini dalam kondisi tegak lurus arah aliran utama dengan penambahan volume konstan sepanjang lebar saluran utama. Apabila bagian dasar pipa tanpa kemiringan dan luas penampang lubang pengambilan adalah sama, pada kondisi permanen akan memberikan jaminan besarnya debit yang ditarik ke kanan dan ke kiri adalah sama. Menurut Chow (French, 1986: 255) proses itu berlangsung dalam kondisi enersi spesifik yang dianggap konstan, sehingga dapat dikaji sesuai kaidah dan prinsip hidrolika yang berlaku. Model bangunan dapat dilihat pada gambar 2. Dengan adanya debit diatas ambang pada saluran utama, maka debit bertambah sepanjang yang masuk dalam pipa dengan satuan penambahan konstan untuk tiap pias. Kondisi aliran demikian dapat dikatakan aliran berubah beraturan dengan penambahan debit (Chow, 1985:524).



Gambar 2.

Model bangunan bagi ambang lebar dengan penambahan pipa

2. Kalibrasi Alat Ukur Debit

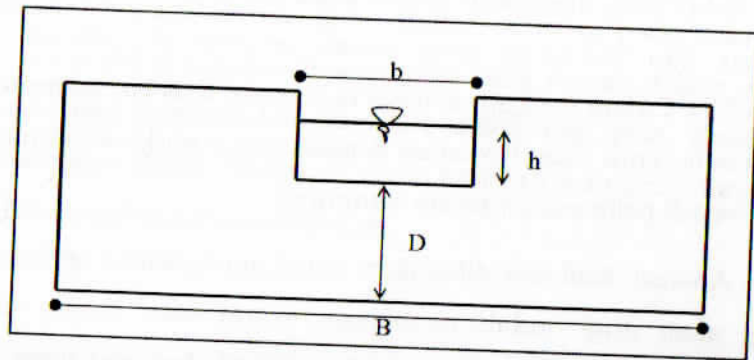
Kalibrasi mempunyai makna pengujian atau pencocokan. Secara umum dapat didefinisikan sebagai pengujian suatu alat yang dianggap belum akurat (tepat) dengan cara membandingkan hasil pengukuran berdasarkan alat yang akan diuji dengan hasil pengukuran alat yang dianggap tepat atau sesuai standar. Alat ukur debit yang dijelaskan dalam buku ini adalah alat ukur jenis *Rechbox* dan *Thompson* yang sudah tersedia di Laboratorium Hidrolika. Dalam penggunaannya kedua alat tersebut mempunyai batasan tertentu yang berkaitan dengan tinggi muka air minimum agar terjadi pelimpahan secara sempurna.

Analisis kalibrasi dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang akan diuji sudah memenuhi syarat atau belum, dapat dilakukan dengan melihat kesalahan relatif dari alat yang akan diuji. Kemudian dibandingkan dengan kesalahan relatif yang

diperbolehkan dari alat yang diuji sesuai standart dari pabrik pembuat alat (Sosrodarsono dan Takeda, 1978). Apabila dari analisis alat tersebut sudah memenuhi syarat, maka verifikasi (penyesuaian) tidak perlu dilakukan. Sebaliknya jika alat yang diuji tidak memenuhi syarat, maka verifikasi harus dilakukan dengan cara memperbaiki atau menyempurnakan alat ukur tersebut. Selanjutnya proses kalibrasi dapat dilakukan lagi. Penyesuaian akhir dapat dilakukan dengan menambah suatu tetapan pada hasil (debit aliran) alat ukur yang diuji.

3. Alat Ukur Debit Rechbox

Alat ukur jenis *Rechbox* adalah pelimpah ambang tipis yang berbentuk segi empat dengan garis arusnya diatas ambang melengkung, tidak ada satupun garis arus yang lurus diatas ambang, sehingga diagram tekanan tidak lagi hidrostatis karena adanya gaya sentrifugal (Anggrahini, 1983). Dimensi dan persyaratan yang telah ditentukan oleh Japan Industrial Standard (J.I.S) diberikan sebagai berikut:



Gambar 3. Alat ukur debit *Rechbox* (Sosrodarsono, 1983: 202)

Debit yang melimpah pada sebuah alat ukur *Rechbox* dapat kita hitung secara analitis dengan menggunakan persamaan berikut (Sosrodarsono, 1983 : 202) :

$$Q = k.b.h^{3/2}$$

Dimana :

Q = debit yang melalui *Rechbox* (m³/det)

k = koefisien debit

b = lebar ambang (m)

h = tinggi air diatas ambang (m)

Koefisien debit (k) dari alat ukur ini dihitung berdasarkan persamaan berikut (Sosrodarsono 1983 : 202) :

$$k = 1.785 + \frac{2.95 \cdot 10^{-3}}{h} + 0.23667 \frac{h}{D} - 0.42833 \sqrt{\frac{(B-b)h}{DB}} + 0.034 \sqrt{\frac{B}{D}}$$

Dimana :

k = koefisien debit

b = lebar ambang (m)

B = lebar saluran (m)

h = tinggi air diatas ambang (m)

D = tinggi mercu dari dasar saluran (m)

Interval yang diterapkan dalam persamaan diatas adalah :

B 0.5 m – 6.30 m

D 0.15 m – 5.5 m

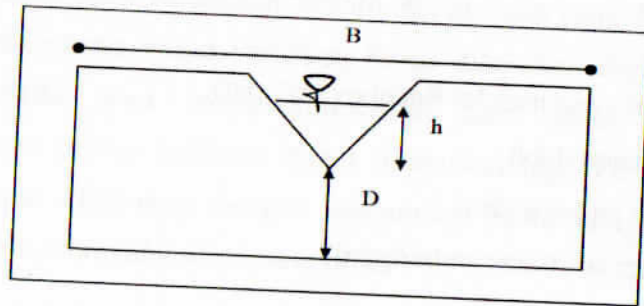
b 0.15 m – 5.00 m

h = 0.03 sampai 0.45 \sqrt{b}

Sedangkan kesalahan debit yang diperbolehkan sebesar 5 %.

4. Alat Ukur Debit Thompson

Dimensi dan persyaratan yang telah ditentukan adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Alat ukur debit Thompson (Sosrodarsono, 1983 : 201)

Debit yang melimpah diatas alat ukur Thompson dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Sosrodarsono, 1983 : 201) :

$$Q = k.h^{5/2}$$

Dimana :

Q = debit yang lewat Thompson (lt/ det).

h = tinggi air diatas mercu (cm)

k = koefisien debit

Koefisien debit (k) alat ukur Thompson dihitung dengan (Sosrodarsono,1983 : 201):

$$k = 1.35333 + \left[\frac{0.004}{h} + 0.01667 \left(8.4 + \frac{12}{\sqrt{D}} \right) \right] \left[\frac{h}{B} - 0.09 \right]^2$$

Dimana :

k = koefisien debit

h = tinggi air diatas mercu (m)

D = tinggi mercu dari dasar saluran (m)

B = lebar saluran (m)

Interval yang diterapkan dalam persamaan diatas adalah :

B 0.5 m sampai 1.20 m.

D 0.10 m sampai 0.75 m

h 0.07 sampai 0.26 m

5. Aliran Melalui Pelimpah Ambang Lebar

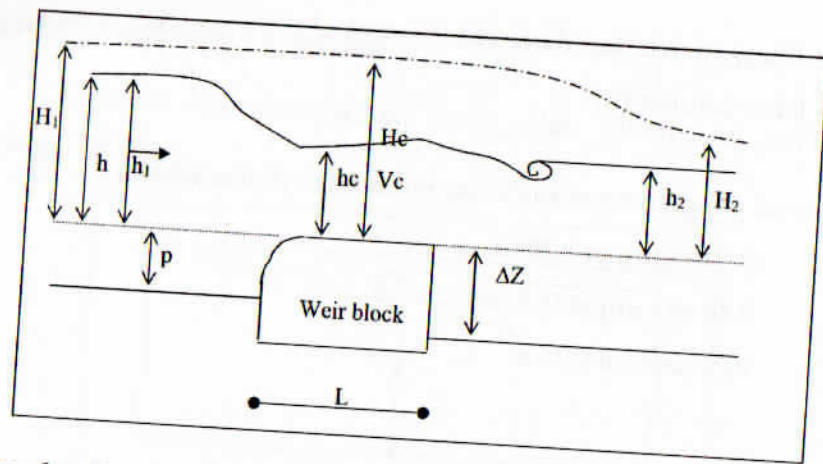
Pelimpah adalah suatu proses mengalirnya zat cair melalui bangunan pelimpah atau konstruksi yang lain dimana bagian atas dari aliran tersebut merupakan permukaan bebas, tetapi jika bagian atas aliran menyinggung suatu konstruksi maka disebut sebagai lubang (Orifice). Ambang lebar adalah mercu datar dalam suatu saluran yang dipasang tegak lurus arah aliran utama dengan mercu bidang horizontal dan sisi samping bidang vertikal. Secara ideal tekanan yang bekerja pada mercu adalah hidrostatis, maka dari itu harus dipenuhi ketentuan (Bos.M.G, 1976 : 15):

$$0.08 < H_1/L < 0.50.$$

Dimana :

H₁ = tinggi tekan di Hulu ambang (m)

L = panjang ambang (m)

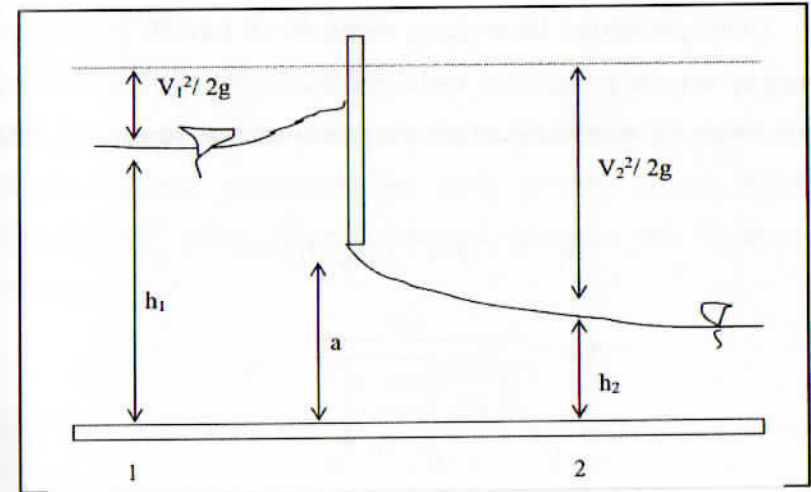


Gambar 5. Aliran diatas pelimpah ambang lebar (Bos, 1976 : 16).

Jika ukuran ambang memenuhi persamaan diatas, maka akan terjadi suatu aliran kritis diatas ambang pada sebarang titik. Jika H_1/L lebih kecil dari 0.08 maka kehilangan energi diatas mercu tak dapat diabaikan, sedangkan pada H_1/L lebih besar dari 0.50 maka garis aliran diatas mercu membentuk curvature yang menyebabkan tekanan tidak lagi melulu hidrostatis. Untuk membantu menciptakan aliran kritis umumnya dipilih ambang lebar dalam saluran persegi empat.

6. Aliran Dibawah Bukaannya Pintu

Untuk keperluan pemberian air secara giliran (rotasi), maka box bagi harus dilengkapi dengan pintu pengatur yang dapat menutup seluruh atau sebagian ambang secara bergantian. Tinggi bukaan pintu disesuaikan dengan debit yang akan dialirkan dan sesuai dengan kebutuhan tanaman.



Gambar 6.

Aliran dibawah pintu pengatur (Subramanya, 1982 : 251).

Dari gambar diatas menunjukkan keadaan aliran bebas dibawah pintu pengatur pada saluran mendatar berpenampang segi empat dengan tinggi bukaan pintu sebesar (a) dan lebar bukaan pintu (b). Debit yang mengalir di bawah pintu dapat dihitung dengan persamaan (Anonymous 1986b : 34) :

$$Q = Cd \cdot a \cdot b \cdot (2 \cdot g \cdot h_1)^{0.5}$$

Dimana :

Q = debit, (m³/det)

Cd = koefisien debit untuk bukaan di bawah permukaan air dengan kehilangan tinggi energi kecil, Cd = 0.8

a = tinggi bukaan pintu (m)

b = lebar pintu (m)

g = gaya gravitasi (9.81 m/det²).

h₁ = kedalaman air didepan pintu di atas ambang, (m)

Debit persatuan lebar yang mengalir di bawah pintu dapat dianggap seperti pengaliran melalui sebuah orifice yang besarnya dapat dihitung dengan persamaan menurut Subramanya (1982 : 252).

$$q = C_d \cdot a \cdot (2 \cdot g \cdot h_1)^{0.5}$$

$$C_d = \frac{C_c}{1 + \frac{C_c \cdot a}{h_1}}$$

Dimana :

- q = Debit persatuan lebar pintu (m³/det/m)
- C_d = koefisien debit
- C_c = Koefisien kontraksi
- a = Tinggi bukaan pintu (m)
- h₁ = Tinggi muka air di hulu pintu (m)
- g = gaya gravitasi (9.81 m/det²)

Koefisien kontraksi pintu (C_c) merupakan hubungan antara a/H₁ dengan C_c.

Tabel 1. Hubungan antara a/H₁ dengan koefisien kontraksi (C_c).

a/H ₁	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
C _c	0.611	0.606	0.602	0.600	0.598	0.598

Sumber: Henderson (1966 : 204).

7. Jenis Aliran

a. Aliran Kritis

Parameter dalam saluran terbuka adalah kedalaman hidraulik (D), dimana parameter lain yang penting adalah bilangan "Froude (F)" yang dikenal sebagai bilangan tak berdimensi, sehingga:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \times D}}$$

$$D = A/T$$

Dimana :

- F = bilangan Froude
- V = kecepatan (m/det)
- g = gaya gravitasi (9.81 m/det²).
- D = kedalaman hidraulik (m)
- A = luas penampang (m²)
- T = lebar atas aliran (m).

Bilangan Froude akan menunjukkan harga 1 apabila aliran tersebut dalam kondisi kritis, jika bilangan Froude < 1 maka kondisi aliran tersebut disebut sub kritis, dan jika bilangan Froude > 1 maka aliran tersebut disebut superkritis.

b Aliran Dalam Pipa

1) Menentukan kemiringan garis hidroulik dan kemiringan garis energi

Elevasi garis hidrolik (*hydraulic gradient*) ditentukan dengan mengurangi tinggi air pada pipa pada saat air mengalir dan pada

saat air tidak mengalir. Sedangkan elevasi garis energi (*energy gradient*) ditentukan dengan menambah elevasi garis hidrolik dengan $v^2/2g$ (Priyantoro Dwi, 1991 : 7).

$$V = Q/A$$

$$H_g = H_n - H_o$$

$$E_G = H_g + v^2/2g$$

Dimana :

V = kecepatan (m/det)

Q = Debit air (m³/det)

A = Luas penampang pipa (m²) ($A = 1/4 \pi d^2$)

H_g = Garis hidrolik (m)

H_n = Tinggi air yang mengalir (m)

H_o = Tinggi air diam (m)

E_G = Garis Enersi (m)

g = Gaya gravitasi (m/det²).

2) Menghitung Kehilangan Tinggi (Head Loss)

Kehilangan tinggi dihitung berdasarkan data pengamatan setiap manometer pada tabung dengan cara mengurangi elevasi garis enersi 1 dengan elevasi garis enersi 2, maka akan diperoleh nilai kehilangan tinggi.

$$H_f = E_{gn} - E_{gn+1}$$

Dimana:

H_f = kehilangan tinggi (m).

3) Menentukan Jenis Aliran

Dengan berbagai jenis aliran ditentukan oleh bilangan *Reynold*, dimana batas bilangan untuk berbagai kondisi adalah sebagai berikut:

Untuk saluran tertutup pada pipa

$$Re = (V.D) / (\sigma)$$

Dimana :

Re = Bilangan Reynold

D = Diameter pipa (m)

V = Kecepatan aliran (m/det)

σ = Kekentalan kinematik.

- $Re < 2000$ → aliran Laminar
- $Re < 4100$ → aliran Transisi
- $Re > 4100$ → aliran Turbulen

Tabel 2. Kekentalan pada air

Temperatur (C)	0	5	10	20	25	30	35	40
σ (10 ⁻⁶ m ² /det)	1.794	1.519	1.31	1.01	0.897	0.657	0.657	0.3

Pada percobaan : $t = 21.5^\circ C$

4) Menghitung Koefisien Gesekan dan Kontrol Debit

Setelah debit (Q) dihitung dengan cara *Thompson* kemudian besarnya debit (Q) dihitung berdasarkan rumus *Chezy* dengan jalan menghitung besarnya faktor gesekan berdasarkan rumus *Darcy - Weisbach* (Kim, 1981).

$$Q = A \cdot V = A \cdot C \cdot (R \cdot S)^{0.5}$$

$$H_f \cdot D \cdot 2 \cdot g$$

$$f = \frac{\quad}{L \cdot V^2}$$

$$L \cdot V^2$$

Dimana :

Q = Debit dari rumus *Chezy* (m³/det)

A = Luas penampang basah (m²)

R = Jari - jari hidrolis

C = Koefisien *Chezy* (C = 8g/f)^{0.5}

S = Kemiringan garis energi (S = hf/L)

L = Panjang pipa (m)

g = Percepatan gravitasi (m/de²)

f = Koefisien gesek *Darcy* yang dihitung

hf = Kehilangan tinggi (m)

D = Diameter dalam pipa (m)

V = Kecepatan aliran (m/det).

5) Menghitung Debit dan Koefisien Debit Pada Pipa

$$Q = C_d \cdot A (2gh)^{0.5}$$

$$C_d = C_c \cdot C_v$$

$$C_c = A_c / A$$

$$C_v = V / (2gh)^{0.5}$$

Dimana :

Q = Debit (m³/det)

C_d = Koefisien debit

A = Luas penampang basah (m²)

g = Percepatan gravitasi (m/de²)

h = Tinggi muka air (m)

C_c = Koefisien kontraksi

A_c = Luas penampang aliran pada vena kontrakta (m²)

C_v = Koefisien kecepatan

V = Kecepatan aliran (m/det)

8. Proporsionalitas Debit

Ambang lebar adalah merupakan bangunan pengukur debit yang proporsional, dimana kenaikan besarnya debit hulu box bagi sebanding dengan kenaikan tinggi muka air di hulu ambang/ hilir box bagi (Sudjarwadi, 1990 : 269). Pola pembagian debit dipengaruhi oleh luas pipa (diameter pipa), dan ketinggian muka air di atas ambang. Berdasarkan konsep tersebut, maka bangunan bagi ambang lebar dengan penambahan pipa pada kanan (pipa 3)

saluran 2 terjadi secara proporsional terhadap diameter pipa.

Eksperimen

1. Pendahuluan

Pengujian model fisik bangunan bagi yang memanfaatkan bangunan ukur ambang lebar dan pipa, diharapkan dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi aliran dan pembagian debit. Adapun pelaksanaan pengujian model fisik meliputi pengujian pada bangunan bagi arah frontal (pengoperasian satu saluran), pengujian pada bangunan bagi dengan saluran cabang (pengoperasian tiga saluran), dan perencanaan debit pada saluran dengan variasi bukaan pintu. Bagian ini membatasi pembahasan pada pola pembagian debit pada bangunan bagi yang memanfaatkan ambang lebar dan pipa. Untuk memudahkan jalannya penelitian dan proses pengkajian, maka asumsi-asumsi yang terkait ditetapkan kemudian sesuai kebutuhan. Beberapa poin permasalahan yang dibahas pada bagian ini adalah:

1. Berapakah koefisien debit (C_d) yang terjadi sehubungan dengan variasi debit tersebut?
2. Berapakah koefisien gesekan (f) yang terjadi pada pipa karena adanya aliran air dengan beberapa variasi debit?
3. Berapakah debit yang terjadi pada pipa 1, 3 dan saluran 2 dengan tiga macam bukaan pintu?

3 dan saluran 2 dengan adanya variasi debit dan variasi bukaan pintu?.

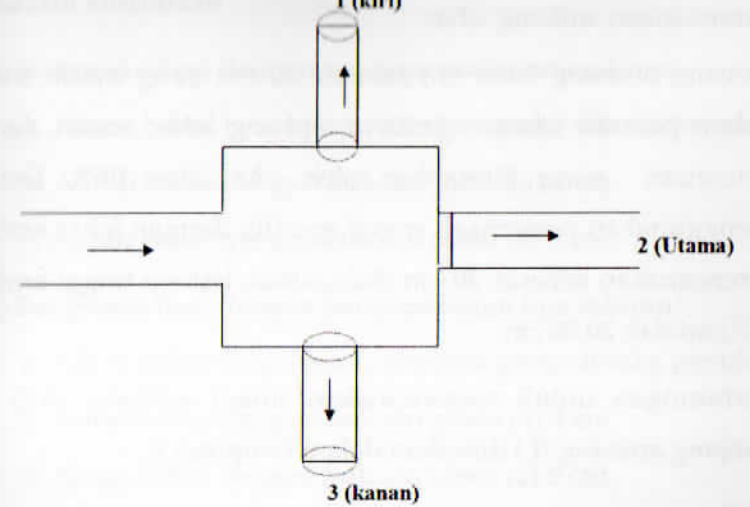
2. Metode

a. Perencanaan Model Bangunan

Model bangunan direncanakan dengan menggunakan perbandingan skala 1 : 1, yakni ukuran model sama dengan prototipe. Model terdiri dari sebuah saluran utama berbentuk segi empat dan saluran kiri menggunakan pipa dengan diameter 3" sedangkan saluran kanan menggunakan pipa dengan diameter 4". Ujung hulu saluran dihubungkan dengan alat ukur debit *Reclibox*, sedangkan ujung hilir dihubungkan dengan tiga alat ukur debit *Thompson*. Hulu ambang dilengkapi dengan pintu yang berfungsi untuk mengatur aliran. Pada model fisik tersebut, elevasi pipa kanan dan kiri adalah sama dengan tinggi ambang pada arah frontal yaitu 20.26 cm. Sedangkan diameter pipa kanan adalah 4 " (10.2 cm) dan diameter pipa kiri adalah 3" (7.65 cm), sedangkan pada saluran arah frontal dengan $b_{sal} = 30$ cm ; $B_{sal} = 60$ cm ; $Z_{amb} = 20.26$; $b_{amb} = 30$ cm ; $L_{amb} = 30$ cm dengan pengoperasian bukaan pintu yang bervariasi.

b. Lokasi Percobaan

Lokasi penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Hidrolika Teknik Pengairan Brawijaya Malang. Adapun fisik bangunan tersebut adalah prototipe (1:1) dengan rancang bangun seperti gambar 7.



Gambar 7. Model fisik bangunan bagi dengan menggunakan ambang lebar dan pipa

c. Pengujian Model

Perlakuan pada model mengacu pada adanya keterbatasan pada sarana di laboratorium, baik untuk keterbatasan kapasitas pompa maupun dimensi saluran percobaan. Pendekatan yang dilakukan dalam perencanaan model box bagi adalah sebagai berikut :

a. Data perencanaan meliputi:

- Debit maksimum perencanaan sebesar 40 lt/det dengan kedalaman muka air normal (H_1) adalah 29.3210 cm.
- Penampang geometris saluran, kekasaran saluran dan kemiringan (*slope*).

b. Perencanaan ambang lebar

Panjang ambang lebar (L) sebesar 30 cm yang masih masuk dalam batasan teknis kriteria ambang lebar sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh M.G.Bos 1976. Dengan menggunakan persamaan enersi spesifik dengan lebar ambang direncanakan sebesar 30 cm didapatkan bahwa tinggi ambang (ΔZ) adalah 20.26 cm.

Perhitungan untuk merencanakan tinggi ambang (ΔZ) dan panjang ambang (L) disajikan dalam lampiran 1.

a. Perencanaan pemasangan pipa

Panjang pipa (L) sebesar 100 cm dengan diameter pipa pada saluran kiri 3" (7.620 cm) sedangkan pada saluran kanan dipasang pipa dengan diameter 4" (10.160 cm).

b. Perlakuan box bagi

Perlakuan yang dilakukan pada penelitian box bagi ini meliputi perlakuan dengan pintu dan tanpa pintu.

Adapun perlakuan tersebut meliputi :

- Pengoperasian satu saluran (dengan dan tanpa pintu)
- Pengoperasian tiga saluran (dengan dan tanpa pintu)
- Debit rencana dengan variasi bukaan pintu.

c. Perlakuan debit.

Serangkaian debit yang akan diujikan untuk masing – masing alternatif adalah untuk debit sebesar : 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, dan 40 lt/det.

d. Macam Percobaan

- 1) Bangunan bagi dengan pengoperasian satu saluran
 - a. Aliran bebas tanpa pintu (dengan pintu dibuka penuh)
 - b. Aliran bebas dengan bukaan pintu (a) 4 cm
 - c. Aliran bebas dengan bukaan pintu (a) 8 cm.
- 2) Bangunan bagi dengan pengoperasian tiga saluran
 - a. Aliran bebas tanpa pintu (dengan pintu dibuka penuh)
 - b. Aliran bebas dengan bukaan pintu (a) 4 cm
 - c. Aliran bebas dengan bukaan pintu (a) 8 cm.
- 3) Bangunan bagi dengan debit rencana.
 - a. Direncanakan debit maksimum pada pipa kanan 40 lt/det
 - b. Dengan menggunakan variasi bukaan pintu dan variasi debit.

3. Prosedur Percobaan

a. Kalibrasi Alat Ukur Debit

1) Persiapan

Model fisik bangunan box bagi beserta saluran dan dimensinya seperti pada gambar 6, tetapi pada saluran kanan dan kiri masih dibuat saluran dengan dimensi yang sama dengan arah frontal. Pada arah frontal tidak perlu dipasang ambang atau dan pintu. Sebelum dilaksanakan kalibrasi, maka perlu disiapkan beberapa peralatan antara lain:

- a. Model fisik *Rechbox* (gambar 2.2 dengan ukuran $b = 0.955$ m ; $B = 2.63$ m ; $D = 2.275$ m)

- b. Model fisik *Thompson* 1 (kiri) dengan ukuran $D = 0.165 \text{ m}$; $B = 0.80 \text{ m}$
- c. Model fisik *Thompson* 2 (utama/tengah/ frontal) dengan ukuran $D = 0.41 \text{ m}$; $B = 1.01 \text{ m}$
- d. Model fisik *Thompson* 3 (kanan) dengan ukuran $D = 0.155 \text{ m}$; $B = 0.97 \text{ m}$
- e. Pompa air
- f. Tandon air
- g. Stop watch
- h. Ember (kaleng) untuk takaran pada *Thompson* hilir
- i. Gelas ukur
- j. Air untuk percobaan dengan beberapa variasi tinggi muka air (h) pada *Rechbox* (hulu)
- k. Alat duga air (point gauge)
- l. Pitot tube
- m. Water pass.

2) Pelaksanaan Kalibrasi

Persyaratan pengukuran tinggi air di *Rechbox* adalah sebagai berikut :

- a. Pengukuran tinggi air dilakukan dengan pengamatan permukaan air dalam tangki kecil yang dihubungkan dengan saluran melalui lubang yang kecil dalam dinding samping saluran seperti pada gambar 2.

- b. Lubang kecil tersebut diatas harus terletak minimum 200 mm dan maksimum B (lebar saluran) di hulu sisi depan bendung terletak sekurang-kurangnya 50 cm lebih rendah dari titik terendah, mercu bagian bawah atau mercu bendung tersebut terletak 50 cm atau lebih diatas dasar saluran. Sekeliling lubang harus licin dan tidak boleh terdapat penghalang.
 - Ketelitian pengukuran tinggi air harus lebih kecil dari 0.2 mm.
 - Pengukuran tinggi air dilaksanakan sesudah air dalam tangki tersebut dalam kondisi tenang.
 - Ambil air pada *Thompson* hilir dengan sebuah takaran, stop watch digunakan pada saat pengambilan tersebut. Sehingga akan didapat hasil dengan satuan liter/detik.
 - Ulangi cara diatas dengan ketinggian air yang berbeda-beda.

3) Analisis

Dengan mengalirkan beberapa variasi ketinggian muka air (h), maka akan didapat data Q_{takar} dengan waktu tertentu. Sehingga akan didapat grafik hubungan antara:

- a. Tinggi muka air (h) dengan Q_{takar}
- b. Tinggi muka air (h) dengan Q_{takar} kalibrasi sehingga akan mendapatkan persamaan baru.

6. Penutup

Agar dapat mencukupi kebutuhan air di setiap petak di area pertanian, maka dibutuhkan saluran irigasi yang memadai. Mengingat tulisan ini diangkat dari hasil penelitian penulis, maka disarankan bagi peneliti di bidang terkait untuk mengembangkan penelitian terkait saluran irigasi dengan menggunakan tingkat ketelitian yang lebih tinggi. Selain itu, pengembangan saluran irigasi juga dapat dikembangkan dengan menggunakan dua operasi pintu, sehingga dapat direncanakan debit pada setiap saluran, atau dengan menggunakan beberapa variasi diameter pipa dan elevasi.

Penulis sangat mendukung pengembangan teori dan teknologi terkait saluran irigasi, sehingga diharapkan tulisan ini dapat dijadikan bahan pertimbangan bagi penulis dan peneliti selanjutnya. Tentu hal tersebut akan mampu melengkapi kekurangan yang ada di buku ini. Akhirnya, penulis mengucapkan mohon maaf atas segala kekurangan, dan terima kasih atas segala kesediaan menyimak dan umpan balik dari pembaca. Semoga bermanfaat.

Referensi

- Anonymous, 1975. Operation and Maintenance Study. Present Practices (Part I). Direktorat General of Water Resources Development, Ministry of Public Work. Jakarta.
- _____, 1986, Standart Perencanaan Irigasi. Kriteria Perencanaan Jaringan Irigasi (KP-01). Badan Penerbit Pekerjaan Umum Jakarta. 213 Hal.
- _____, 1986, Standart Perencanaan Irigasi. Kriteria Perencanaan Jaringan Bangunan (KP-04). Badan Penerbit Pekerjaan Umum Jakarta. 252 Hal.
- Bos, M.G (ed) 1978. Discharge Measurements Structure. Working Group on Small Hydrolic Structures. Oxford and IBH Publishing New Delhi. P.464.
- Chow, Ven. Te 1985. Hidrolika Saluran Terbuka. Terjemahan . Penerbit Erlangga. Jakarta. 657 Hal.
- Dake. Jonas MK. 1985. Hidrolika Teknik. Terjemahan. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- French. Richard.H. 1986. Open Channel Hydrolics. International Student Edition Mc Graw-Hill Book Company. Singapore. P. 705.

- Hendorson. F.M 1966. Open Channel Flow. Mac Millian Co. Inc. and Collier Mac Millian Pulishers. London. P.522.
- Lim,Y.C, dan Kim, D.S, 1981. Hidraulic Design Practice of Canal Structures. Korea Rural Envirorumental Development Institute. Korea. P. 353.
- Priyantoro, D. 1991. Hidrolika Saluran Tertutup. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Malang. 106. Hal.
- Priyantoro, D. dan Valiant, R.1996. Pola Pembagian Debit Pada Conduit Diatas Ambang Lebar. Jurnal Teknik fakultas Teknik Universitas Brawijaya, malang, Vol. III, No.5. Hal 107-115.
- Purwaningsih Sri. 1997. Uji Model Fisik Pola Pembagian Debit Pada Bangunan Bagi Yang Memanfaatkan Ambang Lebar Dengan Penambahan Conduit. Tesis (S2 Teknik Sumberdaya Air) Universitas Brawijaya Malang.
- Ranga Raju K.G. 1986. Aliran Melalui Saluran Terbuka. Jakarta : Erlangga.
- Triatmodjo Bambang, 1993. Hidraulika I. Penerbit Beta Offset. Yogyakarta. 186.Hal.
- _____, 1993. Hidraulika II. Penerbit Beta Offset. Yogyakarta. 172.Hal.
- Valiant, Raymond. 1996. Uji Model Fisik Untuk Proporsionalitas Debit di Atas Ambang Lebar Dengan Penambahan Conduit. Skripsi (Sarjana Teknik). Universitas Brawijaya. (Tidak Diterbitkan). 42.Hal.
- Wignyosukarto, 1987/1988. Hidraulika Muka Air Terbuka. Universitas Gadjahmada. Yogyakarta.

Biodata Penulis



A. Identitas Diri

Nama	: Lies Kurniawati Wulandari
Program Studi	: Teknik Sipil
Minat	: Sumber Daya Air
Unit Kerja	: Dosen Tetap ITN Malang
NIP.P	: 1031500485
NIDN	: 0728076301
Jabatan Fungsional	: Lektor
Alamat kantor	: Jln. Bend. Sigura-gura No. 2 Malang
Alamat Rumah	: Jln. Ters. Bend. Sigura-gura B/32 malang
Tempat Tgl. Lahir	: Malang, 28 juli 1963
Email	: lieskwulandari@gmail.com
Ayah	: H. Sardjio Budisantoso (alm)
Ibu	: Hj. Titik Umiyati (almh)
Suami	: Sambodo
Anak	: Dimas Kurniawan Hartanto