

**JURNAL RONA TEKNIK PERTANIAN**

ISSN : 2085-2614

JOURNAL HOMEPAGE : <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/RTP>

Simulasi Model Aliran Fluida Dan Kebutuhan Daya Pompa Pada Sistem Hidrodinamika

Syahrul¹⁾, Siti Mechram¹⁾, Purwana Satrio¹⁾, Agus A. Munawar^{1*)}¹⁾Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala*Email: aamunawar@unsyiah.ac.id

Abstrak

Sistem hidrodinamika merupakan suatu kesatuan sistem dimana di dalamnya terdapat air yang mengalir dari suatu tempat ke tempat lain dimana tempat tersebut bisa berupa tangki, bak atau tempat penampungan lain. Sistem ini banyak diterapkan di bendungan, saluran-saluran irigasi, industri air minum dan bahkan industri-industri pengolahan pangan dan hasil pertanian. Para ilmuwan dan insinyur mempelajari sistem ini untuk menganalisa perubahan energi yang terjadi di sepanjang pipa akibat friksi di sepanjang pipa, katup, belokan, keran, dan perubahan diameter pipa. Tujuan utama dari studi ini adalah untuk membangun sistem model simulasi dalam program Visual Basic yang dapat digunakan untuk menganalisa karakteristik fluida dan menghitung kebutuhan daya pompa yang optimum pada sistem. Hasil studi menunjukkan bahwa sistem yang dibangun dapat menganalisa sistem hidrodinamika dengan cepat dan akurasi simulasi mencapai 0.99, 1 dan 0.99 untuk analisa bilangan Reynold, head loss, dan daya pompa yang diperlukan sistem.

Kata kunci : Sistem hidrodinamika, simulasi, model, fluida, daya pompa

Modeling Simulation To Determine Fluids Flow and Power Requirement In Hydrodynamic System

Syahrul¹⁾, Siti Mechram¹⁾, Purwana Satrio¹⁾, Agus A. Munawar^{1*)}¹⁾Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Syiah Kuala University*Email: aamunawar@unsyiah.ac.id

Abstract

Hydrodynamic system is a whole system where the water as the fluid is flow through pipe from a reservoir to another. This system can be find in an irrigation channels, water supply industries and even though in food processing industries. Scientist and engineers were analyze this system especially in head loss which caused by the friction in pipes, valves, elbows, joints and change of pipe areas. The objective of this study is to build a simulation program in microsoft visual basic which can be use to analyze and compute fluids flow characteristic and the required power pump. The result shows that hydrodynamic simulation program can analyze the system fastly and from the regression analyzes were given a high values for coefficient of correlation (r) whereas 0.9995 for reynold number prediction, 1 and 0.9972 both for system head loss and power requirement prediction respectively.

Keywords: Hydrodynamic system, simulation, modeling, fluid, pump power

PENDAHULUAN

Sistem hidrodinamika merupakan suatu kesatuan sistem dimana di dalamnya terdapat air yang mengalir dari suatu tempat ke tempat lain. Tempat tersebut bisa berupa tangki, bak atau tempat penampungan lain seperti kolam atau danau. Sistem ini banyak diterapkan di bendungan, saluran-saluran irigasi, industri/perusahaan air minum dan bahkan industri-industri pengolahan pangan dan hasil pertanian.

Para ilmuwan dan insinyur mempelajari sistem ini karena erat kaitannya dengan keadaan nyata di lapangan. Dengan mempelajari sistem ini dapat ditentukan ukuran diameter pipa yang harus dipergunakan, tipe/jenis keran yang sesuai, panjang pipa yang perlukan, kehilangan energi yang terjadi di sepanjang pipa serta besarnya daya pompa yang harus dikeluarkan untuk mengalirkan air ke tempat yang dituju.

Di industri pengolahan pangan dan hasil pertanian, fluida lain yang dialirkan selain air adalah fluida yang merupakan produk utama industri pengolahan tersebut, seperti sari buah, saus dari hasil olahan, minyak sayur dan produk olahan lainnya yang berupa fluida cair. Dalam kegiatan pengolahannya, produk tersebut yang umumnya berjumlah besar, dipindahkan dari suatu tempat ke tempat lain melalui jaringan pipa yang rumit. Namun demikian perhitungan untuk sistem ini yang juga meliputi diameter pipa yang harus dipergunakan, tipe/jenis keran yang sesuai, panjang pipa yang diperlukan, kehilangan energi yang terjadi di sepanjang pipa serta besarnya daya pompa yang harus dikeluarkan, sama dengan perhitungan untuk sistem hidrodinamika, hanya saja fluida yang dialirkan memiliki kekentalan serta kerapatan yang berbeda-beda.

Kecepatan aliran merupakan salah satu faktor yang akan menentukan jenis (*regime*) aliran fluida, apakah aliran Laminer atau Turbulen. Jenis aliran ini ditentukan berdasarkan suatu angka yang disebut angka *Reynold* (Re). Bila $Re \leq 2300$ maka aliran dikatakan laminar. Bila $Re > 2300$ maka aliran dikatakan turbulen (Fox and McDonald, 2004)

Aliran fluida melalui pipa akan menyebabkan terjadinya kehilangan energi atau lebih dikenal dengan istilah “*head loss*“ selama aliran fluida berlangsung (Shames, 2002). *Head loss* dapat dibedakan menjadi dua bagian, yakni *Head loss* mayor (*major head loss*) dan *Head loss* minor (*minor head loss*). *Major head loss* diakibatkan karena gesekan yang terjadi selama aliran berlangsung di sepanjang pipa, dimana besarnya head loss mayor sangat bergantung pada karakteristik aliran fluida. Head loss ini merupakan penurunan tekanan yang terjadi akibat gesekan fluida dengan dinding pipa. sedangkan *minor head loss* terjadi akibat adanya perubahan diameter, sambungan-sambungan di pipa, belokan dan adanya keran (Porter and Wigger, 2007). Dengan mengetahui besarnya kehilangan energi yang terjadi,

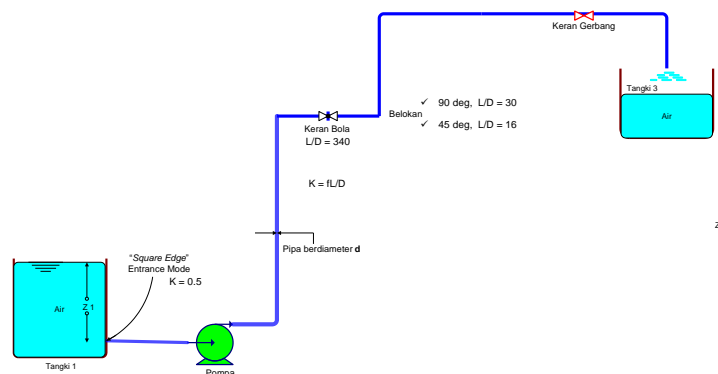
maka akan diketahui besarnya energi (*head*) dan daya yang harus diberikan ke sistem oleh peralatan tambahan seperti pompa yang umumnya terdapat pada sistem hidrodinamika.

Dalam menganalisa aliran fluida pada sistem hidrodinamika ini terkadang kita harus melihat tabel-tabel ataupun grafik untuk menentukan nilai beberapa koefisien yang terdapat dalam model persamaan, sehingga diperlukan waktu dan ketelitian yang benar-benar harus diperhatikan. Perkembangan teknologi khususnya dalam bidang teknologi komputer memungkinkan analisa perhitungan dapat dilakukan dalam waktu singkat dengan tingkat presisi yang tinggi. Dengan menyusun bahasa pemrograman komputer, kita dapat menganalisa sistem hidrodinamika ini dengan cepat. Bahkan, kita juga dapat menganalisa untuk sistem yang sama dengan jenis fluida cair yang berbeda. Proses perhitungan dengan bahasa pemrograman komputer ini kita kenal dengan simulasi.

Penelitian ini bertujuan untuk menyusun algoritma pemrograman dalam bahasa Microsoft Visual Basic untuk menganalisa suatu sistem hidrodinamika dengan hasil akhir berupa paket program dalam disk yang sudah berupa application file (*.Exe) dan Setup Package sehingga mudah untuk dipergunakan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di lab Teknik Tanah dan Air jurusan Teknik Pertanian Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. Alat dan bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat komputer dengan spesifikasi *intel core i3*, *4GB DDR2 RAM*, *750GHz Hard Drive*, *2GB VGA NVidia* dengan sistem operasi *Microsoft Windows 8.1*. Untuk validasi, dibuat model fisik untuk sistem hidrodinamika seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Model sistem hidrodinamika

Model Matematik dan Algoritma Pemrograman Model Hidrodinamika

Model-model matematik yang digunakan dalam penyusunan algoritma pemrograman untuk simulasi model sistem hidrodinamika adalah sebagai berikut;

Model Aliran Fluida

Model ini digunakan untuk menganalisa jenis aliran fluida berdasarkan bilangan *Reynold*.

$$Re = \rho \frac{Vd}{\mu} \dots\dots\dots (1)$$

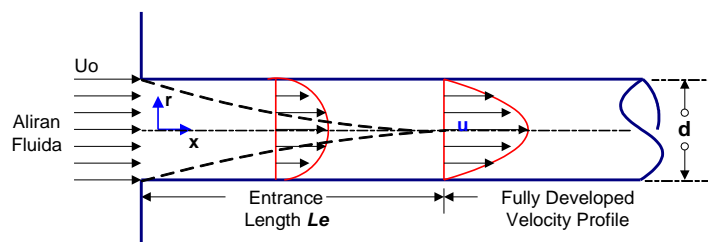
Jika $Re \leq 2300$ maka aliran tersebut Laminer dan jika $Re > 2300$ maka aliran dikatakan Turbulen (*Fox and McDonald, 2004*).

Kecepatan aliran fluida V dicari dengan persamaan

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (2)$$

Model “Entrance Length”

Model entrance length digunakan untuk menentukan besarnya panjang pipa ketika kecepatan terbentuk penuh. Gambar di bawah ini memperlihatkan profil kecepatan aliran fluida yang mengalir dari tangki melalui pipa. *Entrance Length* untuk aliran laminar, yakni $Le = 138d$ dan $Le = 32d$.untuk aliran turbulen.



Gambar 2. Profil kecepatan aliran fluida dalam pipa

Model Keseimbangan Energi Bernoulli

Model *Bernoulli* diterapkan untuk menganalisa besarnya *head ketinggian*, *head kecepatan* dan *head tekanan* sistem hidrodinamika, juga menentukan besarnya *Head* yang harus diberikan pompa ke sistem untuk mengatasi head loss yang terjadi pada sistem.

Model keseimbangan energi *Bernoulli* dapat dituliskan sebagai berikut;

$$\left(z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g}\right) + H_{pompa} = \left(z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g}\right) + HL_{total} \dots\dots\dots (3)$$

Model Head Loss

Model head loss dikelompokkan sesuai dengan penyebab terjadinya head loss. Untuk head loss yang terjadi akibat gesekan fluida dengan dinding pipa (*Head Loss Mayor*) dihitung dengan model persamaan

$$HL = f \frac{LV^2}{2gd} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana,

$$f = \frac{64}{Re} \text{ untuk aliran Laminer(5), dan } f = \frac{0.3164}{Re^{0.25}} \text{ untuk aliran Turbulen ... (6)}$$

Untuk *Head Loss Minor*, digunakan model persamaan sesuai dengan persamaan;

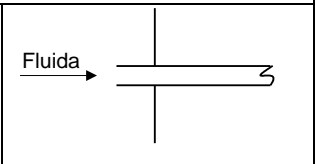
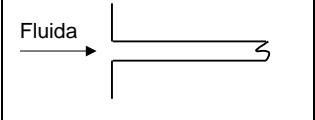
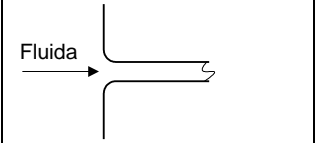
$$hl = K \frac{V^2}{2g} \quad (7) \text{ dan } K = f \frac{L}{d} \dots\dots\dots (8)$$

Model Head Loss Entrance

$$hl_{entrance} = K \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (9)$$

Dengan nilai koefisien loss **K** sesuai dengan tabel berikut.

Tabel 1. Nilai koefisien loss K untuk Entrance head loss*

Entrance Type		Loss Coefficient, K			
<i>Reentrant</i>		0,78			
<i>Square Edge</i>		0,50			
<i>Rounded</i>		r/d	0,02	0,06	≥ 0,15
		K	0,28	0,15	0,04

Fox and McDonald (2004).

Model Head Loss Keran dan Belokan

Untuk head loss minor karena keran dan belokan, persamaan head loss menjadi ;

$$hl_{keran} = K \frac{V^2}{2g} \sum keran \quad (10) \text{ dan } hl_{belokan} = K \frac{V^2}{2g} \sum belokan \quad \dots\dots\dots (11)$$

dengan nilai koefisien loss **K** sesuai dengan tabel berikut.

Tabel 2. Beberapa nilai perbandingan L/d untuk keran, belokan dan Tee*

Fitting Type	L/d
Valve (Fully open)	
Gate Valve	8
Globe Valve	340
Angle Valve	150
Check Valve	55
Standard Elbow	
90 °	30
45 °	16
Standard Tee	
Flow through run	20
Flow through	60

Fox and McDonald (2004).

Model Head Loss Perubahan Diameter

Head loss karena perubahan diameter secara mendadak dihitung untuk kasus perluasan ataupun untuk penyempitan diameter, dengan terlebih dahulu menentukan nilai K.

$$K = 0.4(1.25 - d_2^2 / d_1^2) \quad \text{untuk } d_2^2 / d_1^2 \leq 0,715 \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$K = 0.75(1 - d_2^2 / d_1^2) \quad \text{untuk } d_2^2 / d_1^2 > 0,715 \quad \dots\dots\dots (13)$$

(Singh and Heldman, 2004)

Head loss dicari dengan persamaan;

$$hl_{diameter} = K \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (14)$$

Dengan demikian, maka **head loss minor total** dapat ditentukan dengan persamaan ;

$$hl_{total} = hl_{entrance} + hl_{kuran} + hl_{belokan} + hl_{diameter} \dots\dots\dots (15)$$

dan **Head Loss Total** pada sistem adalah ;

$$HL_{Sistem} = HL + hl_{total} \dots\dots\dots (16)$$

Model Head dan Daya Pompa

Dari model kesetimbangan energi Bernolli, maka model head dan daya pompa dapat diturunkan sebagai berikut ;

$$H_{pompa} = (z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g}) - (z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g}) + HL_{sistem} \dots\dots\dots (17)$$

dan

$$P = \rho g Q H_{pompa} \eta_{pompa} \dots\dots\dots (18)$$

Setelah menentukan model-model yang akan digunakan dalam penelitian, langkah selanjutnya adalah menyusun algoritma pemrograman yang dibuat dalam bahasa pemrograman Microsoft Visual Basic.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Simulasi Model Sistem Hidrodinamika

Setelah algoritma disusun dalam bahasa pemrograman Visual Basic, maka dibuat suatu paket program dalam bentuk application file dimana pada paket program terdiri dari lima form tampilan, yakni tampilan *splash screen* untuk halaman muka, dimana pada form tersebut memuat judul program simulasi, gambar model dan terdapat dua buah *command button* yang dapat dipilih oleh pengguna (*user*) untuk masuk ke program utama atau keluar program dan kembali ke *desktop*.

Form selanjutnya merupakan tampilan program utama yang hanya dapat diakses jika pengguna memilih *command* “**Program Utama**” pada form halaman muka. Form program utama merupakan form inti dari paket program simulasi dimana form tersebut dapat digunakan untuk proses simulasi aliran fluida pada sistem hidrodinamika. Dalam form

tersebut juga disediakan suatu sub program yang berfungsi untuk konversi satuan tekanan. Karena pada program diminta satuan **bar**, maka jika pengguna mempunyai nilai tekanan selain satuan **bar**, maka nilai tersebut harus dikonversi terlebih dahulu. Pengguna tinggal memasukkan nilai tekanan dan memilih satuannya pada *combo box* maka program dengan otomatis akan mengkonversi ke satuan **bar**. Paket program yang telah dibuat dalam bahasa pemrograman Microsoft Visual Basic 6.0 ini kemudian dibuat *application file* (*.exe) dan *setup package* agar lebih mudah digunakan.

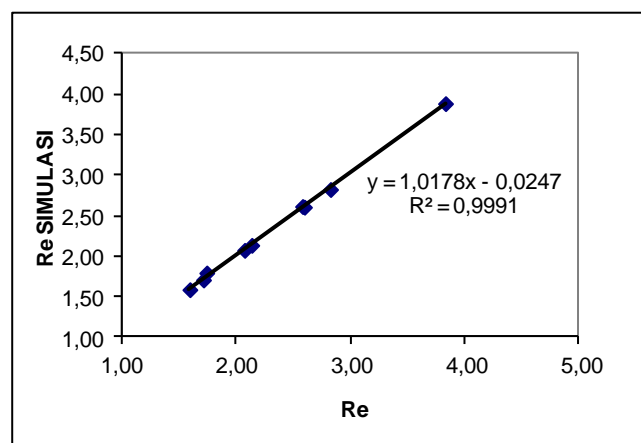
3.2. Validasi model

Dalam paket program simulasi, berbagai data fisik untuk sistem hidrodinamika dengan satu lintasan pipa dapat dihitung sesuai dengan algoritma pemrograman yang telah dibuat. Perbandingan hasil perhitungan model fisik dengan hasil simulasi program model hidrodinamika dapat dilihat seperti pada Tabel 4, 5 dan 6 serta Gambar 4, 5 dan 6.

Tabel 4. Perbandingan hasil simulasi untuk parameter angka Reynold

No Input Data	Bilangan Re*	
	aktual	Simulasi
1	3,83150	3,88851
2	2,59812	2,60964
3	1,59613	1,59080
4	2,07483	2,07686
5	1,71540	1,71091
6	2,58149	2,61809
	2,13743	2,13870
8	2,82619	2,82804
9	1,74380	1,79700

* $Re (\times 10^5)$



Gambar 4. Grafik validasi nilai Re hasil Simulasi

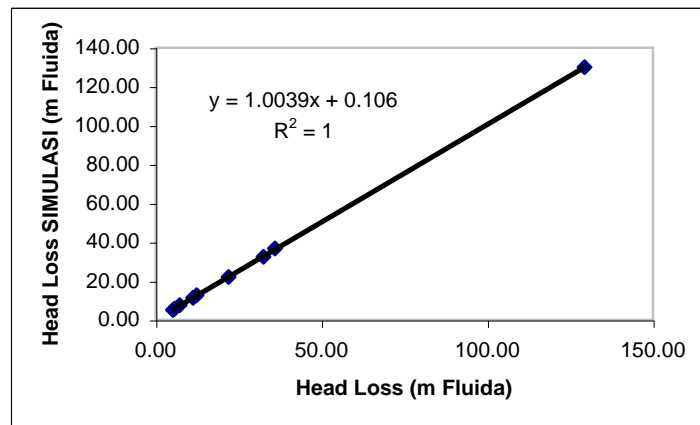
Pada hasil simulasi, kita dapat melihat sampai pada hasil perhitungan yang paling akurat dengan cara tidak membuat format pada *script* program *Visual Basic*. Dalam paket program inip, semua nilai parameter hasil simulasi diformat dengan angka signifikan sampai 4 digit.

Dengan menggunakan sejumlah data input yang lain, dan dilakukan proses yang sama, didapatkan tabel hasil perbandingan untuk tiga parameter simulasi hidrodinamika yakni angka Reynold, head loss dan daya pompa.

Gambar di atas menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang tinggi antara nilai Re hasil simulasi dengan nilai Re hasil perhitungan biasa sebagai nilai referensi untuk proses validasi. Nilai koefisien korelasi (r) yang dihasilkan dari garis regresi linier adalah sebesar 0.9995. Dengan demikian, hal tersebut menunjukkan bahwa nilai Re dapat dihitung dengan program simulasi. Dua parameter lain yang divalidasi adalah parameter Head Loss Sistem (HL) dan daya pompa yang harus diberikan ke sistem (P_{pompa}).

Tabel 5. Perbandingan hasil simulasi untuk parameter Head Loss Sistem (HL)

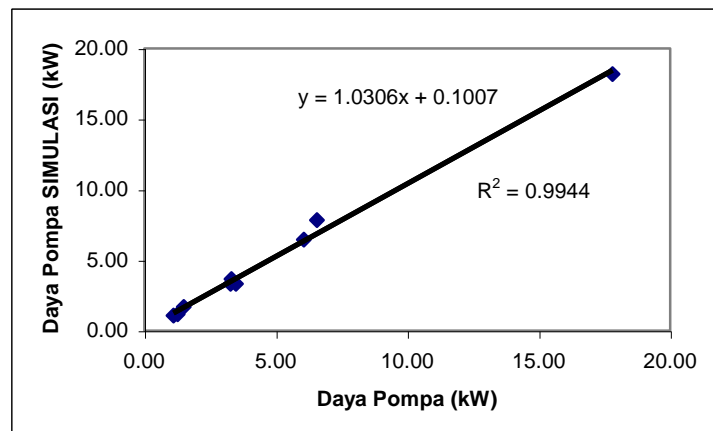
No Input Data	Head loss Sistem (m Fluida)	
	aktual	Simulasi
1	129,3611	129,9256
2	35,9417	36,6790
3	7,2671	7,5834
4	32,4603	32,3950
5	5,6705	5,8002
6	12,3096	12,6252
7	11,2411	11,3063
8	21,9780	21,9911
9	5,2146	5,1016



Gambar 5. Grafik validasi *head loss* hasil Simulasi

Tabel 6. Perbandingan hasil simulasi untuk parameter Daya Pompa

No Input Data	Daya Pompa (kW)	
	aktual	Simulasi
1	17,8131	18,1728
2	6,5593	7,8219
3	1,2649	1,1564
4	3,4811	3,3160
5	3,3082	3,6629
6	3,2807	3,3066
7	1,1109	1,0742
8	6,0630	6,4498
9	1,4940	1,6794



Gambar 6. Grafik validasi nilai daya hasil Simulasi

Dari grafik validasi di atas memperlihatkan bahwa parameter-parameter pada sistem hidrodinamika dapat dihitung dengan baik dengan menggunakan program simulasi komputer.

Hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang tinggi, dimana untuk parameter Head loss Sistem (HL) koefisien korelasi yang dihasilkan dari regresi linier adalah 1 sedangkan untuk daya pompa (P_{pompa}) koefisien korelasi yang dihasilkan sebesar 0,9972.

KESIMPULAN

Algoritma pemrograman simulasi sistem hidrodinamika dapat disusun dengan baik dan dapat menghitung parameter-parameter fluida pada sistem hidrodinamika dengan cepat. Hasil validasi model menunjukkan bahwa nilai parameter hasil perhitungan simulasi memiliki koefisien korelasi yang tinggi dengan kondisi aktual, dimana koefisien korelasi (r) yang dihasilkan sebesar 0.9995 untuk angka pendugaan angka *Reynold*, $r = 1$ untuk pendugaan *Head Loss Sistem* dan $r = 0,9972$ untuk simulasi keutuhan daya pompa.

DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE. 1981. Handbook-Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc, Atlanta.
- Fox, R.W and Alan T. McDonald. 2004. An Introduction to Fluid Mechanics (4th ed.). John Willey and Sons Inc, New York.
- Gerhart, P.M and R.J Gross. 2005. Fundamentals of Fluid Mechanics. McGraw Hill Book Company, Singapore.
- Kreyszig, E. 1993. Advanced Engineering Mathematics (7th ed.). John Willey and Sons Inc, New York.
- Partowiyoto, A and M.Yanuar J.P. 1999. Irrigation Water Losses on Some Potential Schemes in Indonesia. *Proc. 2nd Joint Seminar on Agricultural Engineering and Technology*, August 7-8, 1999 IPB Darmaga Campus, Bogor.
- Petroutsos, E. 1996. Mastering Visual Basic 6.0. Sybex Corporation, New York
- Porter, M.C and D.C Wigger. 1997. Mechanics of Fluids (2nd ed.). John Willey and Sons Inc, New York.
- Shames, I.H. 2002. Mechanics of Fluids (3rd ed.). John Willey and Sons Inc, New York.
- Singh, R.P and Dennis.R Heldman. 2004. Food Process Engineering. The AVI Publishing Company. Westport, Connecticut.
- White, F.M. 1998. Fluid Mechanics (2nd ed.). McGraw Hill Book Company, Singapore.
- Wilcox, D.W. 1997. Basic Fluid Mecanics. McGraw Hill Book Company, Singapore..