

TUGAS AKHIR

ANALISIS KEHILANGAN ENERGI PADA PIPA *VERTICAL GARDEN*

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya



FUAD ARRACHMAN
03011181621145

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KEHILANGAN ENERGI PADA PIPA *VERTICAL GARDEN*

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik

Oleh:

FUAD ARRACHMAN

03011181621145

Palembang, Januari 2021

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing II,

Dosen Pembimbing I,



IR. ARIFIN DAUD, M.T.
NIP. 1671041202550002



CITRA INDRIYATI, S.T., M.T.
NIP. 198101142009032004

Mengetahui/ Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



IR. HELMI HAKI M.T
NIP. 196107031991021001

KATA PENGANTAR


Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan kesehatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya. Tugas Akhir ini berjudul “Analisis Kehilangan Energi pada Pipa *Vertical Garden*”. Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat memenuhi syarat kelulusan

Pada kesempatan ini, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, diantaranya:

1. Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Ir. Helmi Haki, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas teknik Universitas Sriwijaya
4. Bapak Muhammad Baitullah Al Amin, S.T., M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Ir. Arifin Daud, M.T. dan Ibu Citra Indriyati, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2 Tugas Akhir. Terima kasih atas waktu bimbingan, kritik, dan saran yang diberikan.
6. Seluruh dosen dan jajaran pegawai Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
7. Teman-teman Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan angkatan 2016, serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dibutuhkan demi kemajuan karya tulis khususnya yang berkenaan dengan Tugas Akhir ini. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Palembang, Desember 2020



Fuad Arrachman
Nim.03011181621145

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
RINGKASAN.....	xii
<i>SUMMARY</i>	xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xiv
HALAMAN PERSETUJUAN.....	xv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xvi
RIWAYAT HIDUP.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Penelitian Terdahulu.....	3
2.2 Jenis-Jenis Aliran Fluida.....	4
2.2.1 Berdasarkan Sifat Bergeraknya.....	4

2.2.2	Berdasarkan Pengaruh Tekanan terhadap Volume	5
2.2.3	Berdasarkan Kekentalan Fluida	5
2.2.4	Berdasarkan Gaya yang Terjadi	5
2.3	Debit	6
2.4	Persamaan Bernoulli	6
2.5	Kehilangan Energi Darcy – Waisbach	8
2.6	Kehilangan Energi Lokal	8
2.7	Kehilangan Energi Minor	9
2.8	Kehilangan Energi Pengecilan Penampang	10
2.9	Kehilangan Energi Belokan Pipa	11
2.10	Pengaruh Energi Potensial Terhadap Kehilangan Energi	11
2.11	Kehilangan Energi Hazen – William	11
2.12	Bilangan Reynold	12
2.13	Koefisien Gesekan	13
2.14	Persamaan Swamee <i>and</i> Jain	14
2.15	EPANET	15
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		16
3.1	Lokasi Penelitian	16
3.2	Tahapan Penelitian	16
3.2.1	Studi Literatur	16
3.2.2	Perencanaan <i>Vertical Garden</i>	16
3.2.3	Tujuan Penelitian	23
3.2.4	Alat dan Bahan	24
3.2.5	Pembuatan Model Fisik <i>Vertical Garden</i>	30
3.2.6	Pengambilan Data	32
3.2.7	Pengolahan Data	35

3.3	EPANET	35
3.4	Kehilangan Energi.....	37
BAB 4_ANALISIS DAN PEMBAHASAN		40
4.1	Data Penelitian	40
4.1.1.	Data Panjang dan Diameter Pipa.....	40
4.1.2.	Kekasaran Pipa.....	42
4.1.3.	Data Elevasi	42
4.1.4.	Volume.....	43
4.2	Analisis Kehilangan Energi Secara Teoritis	43
4.2.1.	Debit Aliran.....	43
4.2.2.	Kecepatan Aliran.....	44
4.2.3.	Bilangan Reynolds	45
4.2.4.	Kehilangan Energi.....	47
4.3	Analisis Kehilangan Energi dengan EPANET.....	50
4.3.1.	Debit.....	52
4.3.2.	Kecepatan Aliran.....	53
4.3.3.	Kehilangan Energi.....	54
4.4	Pembahasan.....	56
BAB 5_PENUTUP.....		59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA		60

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Pengecilan pipa (Triatmodjo, 1993).....	10
2.2 Grafik Moody	14
3.1 Diagram alir penelitian.....	17
3.2 Tampak depan <i>vertical garden</i>	18
3.3 Tampak memanjang <i>vertical garden</i>	19
3.4 Lay out pipa <i>vertical garden</i>	20
3.5 Lay out sambungan pipa <i>vertical garden</i>	21
3.6 Potongan memanjang pipa <i>vertical garden</i>	22
3.7 Potongan memanjang sambungan <i>vertical garden</i>	23
3.8 Pipa PVC $\frac{3}{4}$ inchi	24
3.9 Katup air	25
3.10 <i>Manometer</i>	25
3.11 <i>Flow meter</i>	26
3.12 <i>Timer</i>	26
3.13 Pipa <i>polyethylene</i>	27
3.14 Sambungan pipa PVC $\frac{3}{4}$	28
3.15 Sambungan T pipa <i>polyethylene</i>	28
3.16 Belokan pipa PVC $\frac{3}{4}$ inchi	28
3.17 Pompa air.....	29
3.18 Termometer	29
3.19 Pemasangan rangka <i>vertical garden</i>	30
3.20 Rangka <i>vertical garden</i> yang dirangkai	30
3.21 Pemasangan <i>manometer</i> , <i>flow meter</i> , dan <i>timer</i>	31
3.22 Pengambilan data elevasi.....	32
3.23 Pengambilan data suhu.....	33
3.24 Pembacaan debit <i>flow meter</i>	33
3.25 Pengisian gelas ukur	34
3.26 Pembacaan volume gelas ukur	34
3.27 Rekapitulasi data	35

3. 28 <i>Flow chart</i> analisis secara teoritis	38
3. 29 <i>Flow chart</i> analisis dengan EPANET.....	39
4.1 <i>Output</i> EPANET.....	52
4.2 <i>Output</i> Pipa <i>polyethylene</i> EPANET	52
4.3 Grafik hubungan Hf D-W dan Hf EPANET	57

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Harga K_L jenis peralihan pipa.....	9
2.2 Nilai k_b sebagai fungsi R/D.....	11
2.3 Jenis aliran berdasarkan bilangan Reynods.....	13
2.4 Nilai kekasaran pipa (k).....	14
3.1 <i>Tools</i> EPANET.....	36
4.1 Data dimensi pipa.....	40
4.2 Belokan dan Sambungan.....	41
4.3 Elevasi sambungan pipa.....	42
4.4 Volume air.....	43
4.5 Debit aliran.....	44
4.6 Kecepatan Aliran.....	44
4.7 Nilai Bilangan Reynolds.....	46
4.8 Nilai Kehilangan Energi Pipa PVC $\frac{3}{4}$ inchi.....	47
4.9 Harga K_L Jenis Peralihan Pipa.....	48
4.10 Kehilangan Energi Akibat Peralihan.....	49
4.11 Nilai Kehilangan Energi Pipa <i>Polyethylene</i>	50
4.12 Nilai Kehilangan Energi <i>Vertical Garden</i>	51
4.13 Debit Aliran Perhitungan EPANET.....	53
4.14 Kecepatan Aliran Perhitungan Program EPANET.....	53
4.15 Kehilangan Energi PVC $\frac{3}{4}$ inchi Perhitungan Program EPANET.....	54
4.16 Kehilangan Energi Pipa <i>Polyethylene</i> Perhitungan Program EPANET.....	55
4.17 Nilai Kehilangan Energi <i>Vertical Garden</i>	56
4.18 Rekapitulasi Kehilangan Energi.....	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 Pengambilan Data Volume.....	62
2 Hasil Perhitungan EPANET.....	66
3 Gambar dari EPANET.....	69
4 Tabel Kekentalan Kinematik.....	71
5 Gambar 3D Vertical Garden.....	73
6 Surat-Surat Tugas Akhir.....	81
7 Kartu Asistensi.....	86
8 Berita Acara.....	88

RINGKASAN

ANALISIS KEHILANGAN ENERGI PADA PIPA *VERTICAL GARDEN*

Karya tulis ini berupa skripsi, Januari 2021

Fuad Arrachman; dibimbing oleh Ir. Arifin Daud, M.T. dan
Citra Indriyati, S.T.,M.T.

Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

Xvi + 61 Halaman + 26 Lampiran

Vertical Garden adalah salah satu bentuk efektivitas penggunaan lahan hijau pada daerah perkotaan khususnya daerah dengan lahan terbuka hijaunya mulai habis, sehingga daerah tersebut tetap memiliki media hijau untuk menjaga kondisi udara yang mulai tercemar. Pada *vertical garden* tentu tidak terlepas dari rangkaian pendukung seperti jaringan irigasi sebagai saluran air menuju tanaman *vertical garden*. Penggunaan pipa merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam memenuhi kebutuhan irigasi tersebut. Dalam penelitian ini digunakan pipa PVC $\frac{3}{4}$ inchi dan pipa *polyethylene* sebagai media utama jaringan irigasi *vertical garden*. Analisis dilakukan untuk mengetahui besar nilai kehilangan energi yang terjadi pada pipa tersebut dengan menggunakan bantuan program EPANET, serta membandingkan dengan perhitungan persamaan teoritis khususnya persamaan Darcy Weisbach. Hasil penelitian berupa tabel kehilangan energi (*unit headloss*) dan diinterpretasikan ke dalam grafik. Hasil penelitian didapat bahwa besar nilai kehilangan energi yang terjadi antara perhitungan program EPANET dan persamaan teoritis memiliki perbedaan yang disebabkan oleh faktor data input yang digunakan. kemudian didapat bahwa besar nilai kehilangan energi dipengaruhi oleh kecepatan aliran yang terjadi, maka semakin besar kecepatan maka semakin besar nilai kehilangan energi.

Kata kunci: *Vertical garden*, *headloss*, pipa *polyethylene*, EPANET, Variasi bukaan katup

SUMMARY

ANALYSIS OF HEADLOSS IN VERTICAL GARDEN PIPES

Undergraduate thesis, January 2021

Fuad Arrachman; supervised by Ir. Arifin Daud, M.T. and
Citra Indriyati, S.T.,M.T

Civil and Planning Engineering, Faculty of Engineering, University of Sriwijaya.
Xvi + 61 Pages + 26 attachments

Vertical Garden is one form of effectiveness of green land use in urban areas, especially areas with green open land began to run out, so that the area still has green media to maintain the air conditions that are starting to be polluted. In vertical garden certainly can not be separated from the series of supporters such as irrigation network as a waterway to vertical garden plants. The use of pipes is one of the methods that can be used in meeting the needs of irrigation. In this study used PVC pipe 3/4 inch and polyethylene pipe as the main media vertical garden irrigation network. The analysis was conducted to determine the amount of energy loss that occurred in the pipeline by using the help of the EPANET program, as well as comparing with the calculation of theoretical equations, especially the Darcy Weisbach equation. The results of the study in the form of energy loss tables (unit headloss) and interpreted into graphs. The results found that the amount of energy loss that occurs between the calculation of epanet program and theoretical equations has differences caused by input data factors used. then it is obtained that the value of energy loss is influenced by the speed of flow that occurs, then the greater the speed then the greater the value of energy loss.

Keywords: *Vertical garden, headloss, polyethylene pipes, EPANET, valve aperture variation.*

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fuad Arrachman

NIM : 03011181621145

Judul : Analisis Kehilangan Energi pada Pipa *Vertical Garden*

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, Januari 2021



Fuad Arrachman

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis Kehilangan Energi pada Pipa *Vertical Garden*” yang disusun oleh Fuad Arrachman, 03011181621145 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 22 Desember 2020.

Palembang, Desember 2020
Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Skripsi

Pembimbing:

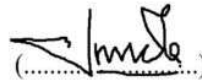
1. Ir. Arifin Daud, M.T.
NIP. 1671041202550002
2. Citra Indriyati, S.T.,M.T
NIP. 198101042009032004


(.....)


(.....)

Penguji:

3. Ir. Sarino, MSCE
NIP. 195909061987031004
4. Ir. Helmi Haki, M. T.
NIP. 196107031991021001
5. Agus Lestari Yuono, S.T.,M.T
NIP. 196805242000121001
6. Dr. Taufik Ari Gunawan, S.T., M.T.
NIP. 19703291995121001
7. Dr. Imroatul Chalimah Juliana, S.T.,M.T
NIP. 197607112005012002


(.....)


(.....)


(.....)


(.....)

Ketua Jurusan Teknik Sipil
dan Perencanaan


Ir. Helmi Haki, M.T.
NIP. 196107031991021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fuad Arrachman

NIM : 03011181621145

Judul : Analisis Kehilangan Energi pada Pipa *Vertical Garden*

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini, saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*)

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Hormat saya,



Fuad Arrachman

RIWAYAT HIDUP

Nama : Fuad Arrachman
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : Jl. P. Diponegoro Lintas Liwa-Kota Bumi, Kenali, Kec.
Belalau Kab. Lampung Barat, Lampung.
Nomor telp. : +62822-7972-3158
E-mail : fuadarrachman9918@gmail.com
Riwayat pendidikan :

Institusi Pendidikan	Jurusan	Masa Studi
SD Negeri 02 Kenali	-	2004-2010
SMP Negeri 1 Belalau	-	2010-2013
SMA Negeri 1 Belalau	IPA	2013-2016
Universitas Sriwijaya	Teknik Sipil dan Perencanaan	2016-2020

Hormat saya,



Fuad Arrachman

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kusmaingrum (2016), Kualitas udara di daerah perkotaan sudah mulai memburuk, ditambah lagi dengan kondisi lahan terbuka hijau yang sudah beralih fungsi menjadi lahan pembangunan. Berdasarkan faktor tersebut penting dipertimbangkannya suatu metode dalam mengatasi jumlah polutan di udara, namun juga dengan memperhatikan lahan terbuka hijau yang tidak tersedia. Oleh karena itu *vertical garden* dapat menjadi solusi yang layak untuk dipertimbangkan sebagai salah satu solusi terbaik.

Ghoustonjiwani (2011), *Vertical garden* merupakan sebuah teknologi yang mampu mengurangi efek polusi udara dan menurunkan suhu ruang secara langsung, di mana dapat menjadi strategi terbaru dalam mengurangi efek polutan di udara dengan memanfaatkan lahan yang minim. Di Dalam ilmu teknik sipil jaringan irigasi *vertical garden* menjadi salah satu ilmu yang dipelajari khususnya di bidang hidraulika. Adanya sistem jaringan irigasi sangat penting sehingga sistem *vertical garden* dapat berlangsung dengan baik. Dalam *vertical garden*, sistem irigasi dilakukan dengan menggunakan pipa.

Pipa merupakan salah satu jenis saluran yang tertutup dan biasanya berpenampang lingkaran. pipa dapat digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran yang penuh dan juga sebagian. Pada penerapan *vertical garden*, pipa memiliki peran yang sangat penting sebagai sarana menyalurkan air ke tanaman *vertical garden*.

Air yang melalui sebuah pipa akan menghabiskan sebagian dari energinya untuk dapat mempertahankan alirannya. Gesekan internal dan turbulensi diubah menjadi energi termal dan akan menyebabkan kehilangan energi (*head loss*). Kehilangan energi pada pipa dianalisis karena mempengaruhi dalam perencanaan *vertical garden*. Menurut Simanjuntak (2010) kehilangan energi dipengaruhi oleh ukuran pipa, kekasaran permukaan pipa, jenis pipa, kecepatan aliran, nilai kekentalan, dan percepatan gravitasi. Kehilangan energi ini kemudian

diklasifikasikan menjadi dua kategori yaitu kehilangan energi utama (*major*) yang terjadi di sepanjang pipa, dan kehilangan energi minor (*singular head loss*) yang diakibatkan oleh adanya perlengkapan atau aksesoris yang ada di dalam pipa, yang dengan kemunculan aksesoris tersebut dapat menyebabkan perubahan besar, arah dan distribusi kecepatan aliran (Yasmina, 2002).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian yang dilakukan, yaitu:

1. Bagaimana kehilangan energi pada pipa *vertical garden* secara teoritis.
2. Bagaimana kehilangan energi pada pipa *vertical garden* dengan EPANET.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang telah dilakukan, adalah:

1. Menganalisis kehilangan energi pada pipa *vertical garden* secara teoritis.
2. Menganalisis kehilangan energi pada pipa *vertical garden* dengan EPANET.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Jaringan pipa pada *vertical garden*
2. Jenis pipa adalah PVC dan *polyethylene*
3. Dimensi pipa PVC $\frac{3}{4}$ inchi
4. Diperhitungkan kekasaran pipa

DAFTAR PUSTAKA

- Almadya, Renold, Siswanto, dan Manyuk Fauzi. 2017. *Analisis Kehilangan Energi pada Pipa Transmisi SPAM Kecamatan Mempura*. Jom FTEKNIK Volume 4 No.2 Universitas Riau: Halaman 1-7.
- Cardozo, Daniel, Leonar Rodriguez dan Sergio Zublezu. 2019. *Living Green Walls: Estimation of water requirements and assessment of irrigation management*. *Urban Forestry & Urban Greening* 46 (2019). Halaman 1-9.
- Ghoustanjiwani, Rio Kusmara, dan Wahyu Yanuar. 2011. *Teknologi Vertical Garden: Suistainable Design atau Hanya Sebuah Trend dalam Urban Life Island*. *Teknologi dan Arsitektur*: Hal 580-589.
- Hariyono, Gatut Rubiono, dan Haris Mujianto . 2016. *Study Eksperimental Perilaku Aliran Fluida pada Sambungan Belokan Pipa*. *Jurnal Prodi Teknik Mesin Universitas PGRI Bayuwangi V-Max Volume 1 No. 1*: Halaman 12-17.
- Kusminingrum, Nanny. 2016. *Efektifitas Reduksi Polusi Udara dengan Metode Vertical Garden*. *Pusat Litbang Jalan dan Jembatan Volume 33 No 2*: Halaman 102-114.
- Legono, Djoko. 2013. *Bahan Ajar Kuliah Mekanika Fluida: Energi Aliran Fluida*. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://hydraulic.lab.cee-ugm.ac.id/wp-content/uploads/2017/03/Hendi-BahanKuliah.pdf&ved=2ahUKEwino7Th5oTuAhWJA3IKHQ4kB3gQFjAAegQIAhAB&usg=AOvVaw2UqHtAX6WfJWKZBPV8YOz> . Online pada 5 Januari 2021.
- Legowo, dan Suardi Natasaputra. 2011. *Catatan Kuliah Rekayasa Irigasi dan Bangunan Air*. Institut Teknologi Bandung: Halaman 29-30.
- Pratama, Andra. 2011. *Head Loss Minor*. <https://id.scribd.com/doc/96511903/Head-Loss-Minor>. Online Pada 5 Januari 2021

- Saifudding dan Priyo Heru Adiwibowo. 2013. *Eksperimental Karakteristik Pressure Drop pada Sambungan T (Tee) Contraction untuk Posisi Searah dengan Variasi Sudut Kemiringan*. JTM volume 01:Halaman 74-82.
- Salim, Noor. 2017. *Kajian Sistem Distribusi Air Bersih untuk Bangunan Bertingkat dengan Metode EPANET*. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Ummuh Jember.
- Simanjuntak, Salomo. 2010. *Kehilangan Energi Pipa Baja dan Pipa Pvc*. Lembaga penelitian Universitas HKBP NOMMENSEN: Medan.
- Suprayogi, imam, Bochari, Joleha, dan Amril. 2014. *Fenomena Kehilangan Energi pada Pipa Menggunakan Model Fisik Skala Laboratorium*. Jurnalaptek vol.6 No.2. Universitas Riau. Halaman 159-164.
- Triatmodjo, Bambang. 1993. *Hidraulika II*. Beta Offset: Yogyakarta.
- Waspodo. 2017. *Analisa Head Loss Sistem Jaringan Pipa pada Sambungan Pipa Kombinasi Diameter Berbeda*. Jurnal Suara Teknik Fakultas Teknik UM Pontianak. Halaman 1-12.
- Yasmina dan Rachid. 2002. *Evaluation of Energy Losses in s*. Guelma Univerity. Halaman 1-10.
- Zainudin, I Made Adi Sayoga dan I Made Nuarsa. 2012. *Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Terhadap Headlosses Aliran Pipa*. Dinamika Teknik Mesin, Volume 2 No. 2: Halaman 75 – 83.