

SKRIPSI

**ANALISIS KERUGIAN ALIRAN GAS HIDROGEN
DALAM SISTEM PEMIPAAN**



ALDI SAPUTRA

03051381924106

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

SKRIPSI

**ANALISIS KERUGIAN ALIRAN GAS HIDROGEN
DALAM SISTEM PEMIPAAN**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



Oleh:

ALDI SAPUTRA

03051381924106

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2023

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KERUGIAN ALIRAN GAS HIDROGEN DALAM
SISTEM PEMIPAAN**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

ALDI SAPUTRA

03051381924106

Palembang, Januari 2024
Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi

Mengetahui:
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irwan, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM
NIP. 197112251997021001

Prof. Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T
NIP. 196005281989031002

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :

SKRIPSI

NAMA : ALDI SAPUTRA
NIM : 03051381924106
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : ANALISIS KERUGIAN ALIRAN GAS
HIDROGEN DALAM SISTEM PEMIPAAN
DIBUAT TANGGAL : 16 MARET 2023
SELESAI TANGGAL : 09 JANUARI 2024

Palembang, Januari 2024

Diperiksa dan disetujui oleh
Pembimbing Skripsi

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



[Signature]
Sani, S.T., M.Eng., Ph.D. IPM
NIP.197112251997021001

Prof. Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.
NIP. 196005281989031002

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "Analisis Aliran Kerugian Gas Hidrogen Dalam Sistem Pemipaan" telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 10 Desember 2023.

Palembang, Januari 2024

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua:

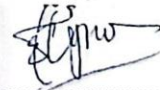
1. Dr. Dewi Puspitasari, S.T., M.T.
NIP. 197001151994122001



(.....)

Sekretaris:

2. Ellyanie, S.T., M.T.
NIP. 196905011994122001



(.....)

Anggota:

3. Ir. Dyos Santoso, M.T.
NIP. 196012231991021001




(.....)

Palembang, Januari 2024

Diperiksa dan disetujui oleh,
Pembimbing Skripsi



Prof. Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
NIP. 197112251997021001



Prof. Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.
NIP. 196005281989031002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini sebagai Tugas Akhir untuk memenuhi syarat untuk mengikuti Seminar dan Sidang sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Analisis Kerugian Aliran Gas Hidrogen Dalam Sistem Pemipaan”

Dengan tulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih sebesar-besarnya atas bimbingan dan segala bantuan yang diberikan dalam penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Allah SWT, karena rahmat-Nya, anugerah ilmu, kesempatan dan kesehatan dari-Nya.
2. Kedua orang tua saya bapak Naswadi dan ibu Sutarti yang selalu memberikan dorongan dan semangat.
3. Bapak Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPP selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Gunawan, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembina Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwin Bizzy S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan ilmu yang bermanfaat, bimbingan, nasihat, dan motivasi untuk selalu memberikan yang terbaik.
7. Bapak Prof. Dipl-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik.

8. Seluruh Dosen di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama masa perkuliahan.
9. Bapak Andri Hasra Pratama S.T., M.T alumni Teknik Mesin Insitut Teknologi Bandung yang banyak memberikan ilmu dan nasihat yang sangat membantu penulis.
10. Teman-teman Teknik Mesin 2019 Kampus Indralaya yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang turut andil dalam membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Penulis sadar bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, dikarenakan segala keterbatasan yang ada. Walaupun begitu, usaha sebesarnya telah dicurahkan dalam penelitian hingga terselesainya penyusunan tugas akhir ini. Maka dari itu kritik dan saran penulis harapkan untuk penyusunan yang lebih baik kedepannya. Akhir kata, semoga penyusunan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dalam pembelajaran khususnya pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Palembang, Januari 2024



Aldi Saputra

03051381924106

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : ALDI SAPUTRA
NIM : 03051381924106
Judul : Analisis Kerugian Aliran Gas Hidrogen Dalam Sistem Pemipaan

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.

Palembang, Januari 2024



Aldi Saputra

NIM. 03051381924106

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aldi Saputra

NIM : 03051381924106

Judul : Analisis Kerugian Aliran Gas Hidrogen Dalam Sistem Pemipaan

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

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.



Palembang, Januari 2024



Aldi Saputra

NIM. 0305138924106

RINGKASAN

ANALISIS KERUGIAN ALIRAN GAS HIDROGEN DALAM SISTEM PEMIPAAN

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, 9 Januari 2024

Aldi Saputra, dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.

xxvii + 40 halaman, 8 tabel, 22 gambar, 2 lampiran

RINGKASAN

Hidrogen merupakan energi terbarukan yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi dan dapat dimanfaatkan dalam peralatan rumah tangga seperti pemanas air. Untuk mendapatkan gas hidrogen yang hijau, dilakukan proses elektrolisis air menggunakan air demineralisasi dan natrium hidroksida sebagai katalis untuk mempercepat proses elektrolisis air. Penerapan prinsip-prinsip mekanika fluida dapat dijumpai pada bidang industri, transportasi maupun bidang keteknikan lainnya. Namun dalam penggunaannya selalu terjadi kerugian energi. Dengan mengetahui kerugian energi pada suatu sistem yang memanfaatkan fluida mengalir sebagai media, akan menentukan tingkat efisiensi penggunaan energi. Bentuk-bentuk kerugian energi pada aliran fluida antara lain dijumpai pada aliran dalam pipa. Salah satu hal yang mempengaruhi proses pendistribusian gas adalah adanya kerugian energi atau *head loss*. Beberapa kondisi yang mempunyai pengaruh terhadap rugi-rugi aliran fluida, seperti gesekan pada dinding pipa, belokan belokan, perbesaran maupun pengecilan dalam pipa, dan variabel lainnya sehingga tekanan dalam pipa makin berkurang. Perhitungan laju aliran fluida pada jaringan pipa menunjukkan bahwa hubungan antara kehilangan tenaga dan debit aliran. Jika aliran semakin besar dengan koefisien rugi *head* tinggi, maka rugi head pada setiap panjang pipa semakin besar. *Head loss minor* adalah kerugian yang terjadi karena adanya faktor kerugian aliran fluida pada sambungan pipa penampang. Sambungan yang dimaksud adalah seperti penambahan sambungan *bends, elbow, fitting*, dan perubahan luas penampang secara mendadak. Penerapan prinsip-prinsip mekanika fluida dapat dijumpai pada bidang industri, transportasi

maupun bidang keteknikan lainnya. Namun dalam penggunaannya selalu terjadi kerugian energi. Dengan mengetahui kerugian energi pada suatu sistem yang memanfaatkan fluida mengalir sebagai media, akan menentukan tingkat efisiensi penggunaan energi. Bentuk-bentuk kerugian energi pada aliran fluida antara lain dijumpai pada aliran dalam pipa. Pada kerugian jenis *gate valve* dan *ball valve* seiring bertambahnya nilai debit aliran (Q) maka semakin meningkat nilai dari *head loss* tersebut. Dari variabel yang telah dilakukan bahwa *valve* yang mempunyai nilai kerugian *head mayor* dan *head minor* terendah adalah jenis *ball valve* dengan nilai kerugian *head mayor* yaitu 113,07 dan nilai *head minor* yaitu 6,93. Sehingga jika diasumsikan dari konstruksi dan fungsi yang ideal untuk digunakan pada sistem pemipaan ialah jenis *ball valve*.

Kata Kunci: hidrogen, kerugian energi, *ball valve*, *gate valve*

Kepustakaan: 25 (2011 – 2021)

SUMMARY

ANALYSIS OF HYDROGEN GAS FLOW LOSSES IN PIPING SYSTEMS

Scientific Writing in the form of a thesis, January 9, 2024

Aldi Saputra, supervised by Prof. Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.

xxvii + 40 pages, 8 tables, 22 figures, 2 appendix

SUMMARY

Hydrogen is an environmentally friendly renewable energy because it produces no emissions and can be used in household appliances such as water heaters. To obtain green hydrogen gas, a water electrolysis process is carried out using demineralized water and sodium hydroxide as a catalyst to accelerate the process of water electrolysis. The application of the principles of fluid mechanics can be found in industry, transportation and other engineering fields. But in its use there is always a loss of energy. By knowing the energy loss in a system that utilizes flowing fluid as a medium, it will determine the level of energy use efficiency. Forms of energy loss in fluid flow are found in flows in pipes. One of the things that affect the gas distribution process is the energy loss or head loss. Several conditions that have an influence on fluid flow losses, such as friction on the pipe wall, turn turns, magnification and reduction in the pipe, and other variables so that the pressure in the pipe decreases. The calculation of fluid flow rate in pipelines shows that the relationship between power loss and flow discharge. If the flow is greater with a high head loss coefficient, then the head loss at each pipe length is greater. Minor head loss is a loss that occurs due to the loss of fluid flow factor in the cross-sectional pipe connection. The connection in question is such as the addition of bends, elbows, fittings, and sudden changes in cross-sectional area. The application of the principles of fluid mechanics can be found in industry, transportation and other engineering fields. But in its use there is always a loss of energy. By knowing the energy loss in a system that utilizes flowing fluid as a medium, it will determine the level of energy use efficiency. Forms of energy loss in fluid flow are found in flows in pipes. In the loss of gate valve and ball valve types, as the flow discharge

value (Q) increases, the value of the head loss increases. From the variables that have been done, the valve that has the lowest major head and head minor loss value is the ball valve type with a major head loss value of 113.07 and a minor head value of 6.93. So if it is assumed from the construction and the ideal function to be used in the piping system is the type of ball valve.

Keywords: hydrogen, energy loss, *ball valve*, *gate valve*

Library: 25 (2011 – 2021)

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	ii
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	viii
RINGKASAN	xii
SUMMARY	14
DAFTAR ISI.....	16
DAFTAR GAMBAR	1
DAFTAR TABEL.....	2
DAFTAR LAMPIRAN	3
BAB 1 PENDAHULUAN	4
1.1 Latar Belakang	4
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
DAFTAR PUSTAKA	7

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hidrogen dalam tabel periodik (Wahyuningsih, 2020).....	6
Gambar 2. 2 Ilustrasi aliran laminar dan turbulen (Asim, dkk., 2022).	10
Gambar 2. 3 Diagram energi dan garis tekanan (Triadmodjo., 1993)	11
Gambar 2. 4 Gate Valve.....	15
Gambar 2. 5 Ball Valve.....	16
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	17
Gambar 3. 2 Pipa PVC	18
Gambar 3. 3 Pressure Gauge	19
Gambar 3. 4 Ball Valve dan Gate Valve.....	19
Gambar 3. 5 Stopwatch.....	20
Gambar 3. 6 Flowmeter.....	20
Gambar 3. 7 Manometer Digital	20
Gambar 3. 8 Soda Api.....	21
Gambar 3. 9 Air Destilasi.....	21
Gambar 3. 10 Skema Pengujian.....	22
Gambar 3. 11 Proses Elektrolisis Air.....	23
Gambar 3. 12 Soda Api (NaOH).....	23
Gambar 3. 13 Air Destilasi.....	24
Gambar 4. 1 Diagram Pengaruh Debit Terhadap Head Loss	32
Gambar 4. 2 Diagram Pengaruh Debit Terhadap Head Loss	33
Gambar 4. 3 Diagram Pengaruh Debit Terhadap Bilangan Reynolds	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat Fisika Hidrogen (Helmenstine, 2020)	4
Tabel 2. 2 Nilai Kekasaran Pipa (k atau ϵ) (Cengel dan Cimbala, 2006).....	14
Tabel 3. 1 Variabel Penelitian	25
Tabel 4. 1 Data Hasil Gate Valve.....	27
Tabel 4. 2 Data Hasil <i>Ball Valve</i>	27
Tabel 4. 3 Interpolasi Dari Densitas Gas Hidrogen	29
Tabel 4. 4 Hasil Pengolahan Data Gate Valve	31
Tabel 4. 5 Hasil Pengolahan Data Ball Valve.....	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Viskositas Gas	38
Lampiran 2 Densitas Gas Hidrogen	39

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hidrogen merupakan unsur kimia yang paling sederhana dengan satu proton dan satu elektron. Hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas yang sangat mudah terbakar. Hidrogen digunakan sebagai bahan bakar pada kendaraan, produksi metanol, dan banyak digunakan pada pembangkit listrik sebagai pendingin generator (Yogi dan Elvaswer, 2019).

Penerapan prinsip-prinsip mekanika fluida dapat dijumpai pada bidang industri, transportasi maupun bidang keteknikan lainnya. Namun dalam penggunaannya selalu terjadi kerugian energi. Dengan mengetahui kerugian energi pada suatu sistem yang memanfaatkan fluida mengalir sebagai media, akan menentukan tingkat efisiensi penggunaan energi. Bentuk-bentuk kerugian energi pada aliran fluida antara lain dijumpai pada aliran dalam pipa. Kerugian-kerugian tersebut diakibatkan oleh adanya gesekan dengan dinding, perubahan luas penampang, sambungan, katup-katup, belokan pipa, percabangan pipa dan kerugian-kerugian khusus lainnya. Dengan mengetahui kehilangan atau kerugian energi dalam suatu sistem atau instalasi perpipaan yang memanfaatkan fluida mengalir sebagai media, efisiensi penggunaan energi dapat ditingkatkan sehingga diperoleh keuntungan yang maksimal. Salah satu bagian dari instalasi perpipaan yang dapat menyebabkan kerugian-kerugian adalah gesekan pada dinding pipa dan sambungan belokan pipa (Sayoga dan Nuarsa, 2012).

Satuan *head losses* adalah satuan panjang yang setara dengan satu satuan energi yang dibutuhkan untuk memindahkan satu satuan massa fluida setinggi satu satuan panjang yang bersesuaian. *Head losses* terbagi menjadi dua bagian yaitu rugi mayor (*major losses*) dan rugi minor (*minor losses*), rugi mayor (*major losses*) adalah rugi aliran yang diakibatkan gesekan antara fluida dengan dinding pipa lurus

yang mempunyai luas penampang yang tetap, rugi minor (*minor losses*) adalah rugi aliran fluida di dalam pipa yang disebabkan oleh luas penampang aliran, entrance, fitting, dan lain sebagainya (Eka Putra dkk., 2017).

Katup yang terpasang pada sistem perpipaan, berfungsi untuk mengatur, mengontrol dan mengarahkan laju aliran fluida, katup ketika terbuka memiliki hambatan aliran dan hilang tekanan yang minimum. Fluida yang mengalir dalam pipa tertutup, baik pada aliran laminar maupun aliran turbulen pasti mengalami head loss. *Head loss* sangat merugikan pada sistem aliran perpipaan karena dapat menurunkan efisiensi aliran fluida yaitu kemampuan pipa mengalirkan fluida didalam pipa. (Malik dkk., 2021).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh debit aliran gas hidrogen terhadap *head loss*.
2. Bagaimana pengaruh jenis *gate valve* dan *ball valve* terhadap kerugian aliran gas hidrogen.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dalam menganalisa penelitian ini, sebagai berikut:

1. Menggunakan pipa pvc, belokan pipa (*elbow*), *pressure gauge*, *gate valve*, *ball valve* berbahan aluminium.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang didapatkan ialah mengetahui dan menganalisa eksperimen pada sistem pemipaan yang menggunakan fluida gas hidrogen serta penggunaan 2 jenis katup terhadap kerugian aliran.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai referensi dan acuan penelitian terhadap kerugian aliran gas hidrogen sehingga bermanfaat untuk kalangan industri yang berhubungan dengan analisa dan perancangan sistem pemipaan, serta sebagai acuan bagi penelitian selanjutnya untuk memperoleh data atau bahan perbandingan yang lebih baik dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahyadi, H., Suprijatmono, D., Alcholili, I., 2021. Jurnal Presisi Analisis Kinerja Sistem Distribusi Air Bersih Di Anjungan Lepas Pantai PT. X. vol 23, no 2, 73-76.
- Cengel, Y.A., Cimbala, J.M. 2006. Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications. McGraw-Hill: New York.
- Eka Putra, I., Sulaiman, S., Galsha, A., 2017. Analisa Rugi Aliran (Head Losses) pada Belokan Pipa PVC 34–39. <https://doi.org/10.21063/pimimd4.2017.34-39>
- Fadhli, F., Madjid, S., 2017. Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Belokan Pipa (Elbow) Terhadap Kecepatan Aliran Fluida Dan Kerugian Tekanan. ILTEKJ.Tekno1.12,1717–1721. <https://doi.org/10.47398/iltek.v12i01.399>
- Ghurri, A. 2015. Aliran Fluida Internal Dan Eksternal. Bali: Indonesia
- Hariyono, Rubiono, G., Mujiyanto, H., 2016. Study Eksperimental Perilaku Aliran Fluida Pada Sambungan Belokan Pipa. V-Max 1, 12–17.
- Helmenstine, A.M. (2020) Hydrogen Facts - Element 1 or H, ThoughtCo. Available at: <https://www.thoughtco.com/hydrogen-facts-element-1-or-h-607917> (Accessed: 10 December 2022).
- Hendratta, A. L dan Hanny Tangkudung. 2019. Mekanika Fluida. Unsrat Press: Manado
- Jalaluddin, Saiful Akmal, Nasrul Za, I., 2013. Jurnal Teknologi Kimia Unimal Jurnal Teknologi Kimia Unimal Analisa Profil Aliran Fluida Cair dan Pressure Drop pada Pipa L menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD). Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg. 4, 20--30.
- Keçebaş, A. dan Kayfeci, M. (2019) ‘Hydrogen properties’, in Solar Hydrogen Production: Processes, Systems and Technologies. Elsevier, pp. 3–29. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814853-2.00001-1>.
- Malik, A., Nuryanti, S.Z., Andayani, R.D., Djunaidi, R., Asmadi, A., 2021. Analisa Kerugian Head Pada Berbagai Jenis Valve Terhadap Variasi Buka Valve. Tek.J. Tek.8,12. <https://doi.org/10.35449/teknika.v8i1.172>
- Miller, J.J. 1978. The inverse of the Freeman-Turkey double arcsine transformation. American Statistician, 32(4), 138
- Muliawan, A & Yani, A. 2018. Analisa Head Mayor Dan Minor Pompa Chiller dengan Buka Katup Instalasi Pompa Tunggal. *Jurnal Sains Terapan*, vol.

4, no. 1, 63-68.

Munson, B.R., Young, D.F., Okiishi, T.H. 2003. *Mekanika Fluida Jilid 2*. Jakarta: Indonesia

Rahayu, P., Putri, D.K., Indriyani, N., 2021. Pengaruh Diameter Pipa Pada Aliran Fluida Terhadap Nilai Head Loss. *J. Agit.* 2, 2776–513.

Rahmi, M., & Canra, D. (2018). Analisis Kekuatan Ball Valve Akibat Tekanan Fluida Menggunakan Finite Element Analysis. *Jurnal Teknologi Terapan* /, 4(2).

Razul Harfi, I.M.M.U.M.S.I.M., 2021. Presisi Jurnal Teknik Mesin 23, 74–74.

Rubiono, G., & Mujianto, H. (2016). STUDY EKSPERIMENTAL PERILAKU ALIRAN FLUIDA PADA SAMBUNGAN BELOKAN PIPA. In *Jurnal Prodi Teknik Mesin Universitas PGRI Banyuwangi* (Vol. 1, Issue 1).

Sayoga, I.M.A., Nuarsa, I.M., 2012. 60228-ID-analisa-pengaruh-variiasi-sudut-sambungan 2, 75–83.

Setyawan, H. (2020) Hidrogen sebagai sistem energi masa depan.

Silalahi, S.K, 2017. Analisis Head Losses Akibat Perubahan Diameter Penampang, Variasi Material Pipa Dan Debit Aliran fluida Pada Sambungan Elbow 90°. Vol. 1, no. 2, pp 3-6.

Subagyo Rachmat (2011). Analisis Faktor Gesekan Pada Pipa Lurus Dengan Variasi Debit Aliran. Vol. 3, no. 2, pp 239-241.

Sunarnawaty and Sumardi, 2020. Analisis Perubahan Tinggi Tekanan Akibat Sudut Belokan Pipa 90° dan 45° Dengan Menggunakan Fluid Friction Apparatus. vol. 13, nomor 1, pp 29-32.