

SKRIPSI

**ANALISIS *HEAD LOSS* ALIRAN FLUIDA AIR
DALAM PIPA TERHADAP VARIASI SUDUT DAN
MATERIAL *ELBOW* DENGAN VARIASI DEBIT
ALIRAN**



ADYATMA SURYA

03051281924070

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

SKRIPSI

**ANALISIS *HEAD LOSS* ALIRAN FLUIDA AIR
DALAM PIPA TERHADAP VARIASI SUDUT DAN
MATERIAL *ELBOW* DENGAN VARIASI DEBIT
ALIRAN**

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



OLEH:

ADYATMA SURYA

03051281924070

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS *HEAD LOSS* ALIRAN FLUIDA AIR DALAM PIPA TERHADAP VARIASI SUDUT DAN MATERIAL *ELBOW* DENGAN VARIASI DEBIT ALIRAN

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar sarjana Teknik Mesin
Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

ADYATMA SURYA

03051281924070



Mengerahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197112251997021001

Palembang, 2023
Diperiksa dan disetujui oleh
Pembimbing Skripsi

Ir. Marwani, M. T.
NIP. 196503221991022001

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

Agenda No. : 059/TTA/AK/2023
Diterima Tanggal : 20-11-2023
Paraf :



SKRIPSI

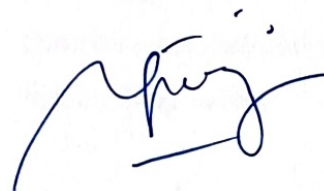
NAMA : ADYATMA SURYA
NIM : 03051281924070
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : ANALISIS *HEAD LOSS* ALIRAN FLUIDA AIR
DALAM PIPA TERHADAP VARIASI SUDUT DAN
MATERIAL *ELBOW* DENGAN VARASI DEBIT
ALIRAN
DIBUAT TANGGAL : JULI 2022
SELESAI TANGGAL : OKTOBER 2023



**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin**

**Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001**

**Palembang, November 2023
Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi**



**Ir. Marwani, M.T.
NIP. 196503221991022001**

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "Analisis *Head loss* Aliran Fluida Air Dalam Pipa Terhadap Variasi Sudut dan Material *Elbow* Dengan Variasi Debit Aliran" telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 Oktober 2023.

Palembang, Oktober 2023

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

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

()

Sekretaris :

2. Dr. Fajri Vidian, S.T, M.T
NIP. 197207162006041002

()

Anggota :

3. Dr. H. Ismail Thamrin, S.T, M.T
NIP197209021007021001

()

Mengetahui,


Ketua Jurusan Teknik Mesin




Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D., IPM.
NIP. 197112251997021001

Palembang, Oktober 2023

Diperiksa dan disetujui oleh,
Pembimbing Skripsi

()

Ir. Hj. Marwani, M.T.
NIP. 196503221991022001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adyatma Surya

NIM : 03051281924070

Judul : Analisis *Head Loss* Aliran Fluida Air dalam Pipa terhadap Variasi Sudut dan Material *Elbow* dengan Variasi Debit Aliran

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

Palembang, 18 November 2023



Adyatma Surya
NIM. 03051281924070

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adyatma Surya

NIM : 03051281924070

Judul : Analisis *Head Loss* Aliran Fluida Air dalam Pipa terhadap Variasi Sudut dan Material *Elbow* dengan Variasi Debit Aliran

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, 18 November 2023



Adyatma Surya

NIM. 03051281924070

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang dengan limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dalam rangka Tugas Akhir yang dibuat untuk memenuhi syarat Seminar dan Sidang Sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Analisis *Head Loss* Aliran Fluida Air dalam Pipa terhadap Variasi Sudut dan Material *Elbow* dengan Variasi Debit Aliran”. Penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada.

1. Allah SWT, karena rahmat-Nya, anugerah ilmu, kesempatan dan kesehatan dari-Nya.
2. Kedua orang tua ayahanda Alm. B. Rafles dan ibunda Yulifdar yang selalu memberikan dorongan dan semangat.
3. Ibu Ir.Marwani, M.T. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak memberikan arahan, saran serta nasihat dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Amir Arifin S.T., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Prof. Ir. Hasan Basri, Ph.D. selaku Pembimbing Akademik.
7. Seluruh dosen di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
8. Seluruh teman dan sahabat yang telah memberi dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak sekali kekurangan karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun untuk kelanjutan skripsi ini ke depannya akan sangat membantu.

Palembang, 18 November 2023



Adyatma Surya

NIM. 03051281924070

RINGKASAN

ANALISIS *HEAD LOSS* ALIRAN FLUIDA AIR DALAM PIPA TERHADAP VARIASI SUDUT DAN MATERIAL *ELBOW* DENGAN VARIASI DEBIT ALIRAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, November 2023

Adyatma Surya, dibimbing oleh Ir. Marwani, M.T.

xxvii+ 37 Halaman, 7 Tabel, 13 Gambar, 3 Lampiran

RINGKASAN

Salah satu hal yang mempengaruhi proses pendistribusian air 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. Parameter yang dibutuhkan adalah diameter pipa (D), debit aliran (Q), beda ketinggian tekanan pada manometer (Δh), dan sudut *elbow* pipa (θ) dengan 2 buah material yang berbeda sehingga mendapatkan nilai koefisien kerugian (K). Pada penelitian ini dilakukan kajian eksperimental untuk mengetahui *head loss* dari beberapa bentuk sudut patah dengan material *elbow* yang berbeda dan diameter dalam pipa, yaitu dengan membuat grafik perbandingan koefisien *minor* akibat bentuk sudut patah terhadap laju aliran tersebut dan perbandingan radius sudut patahnya sendiri. Dalam penerapannya, beberapa kendala yang ditemui adalah bagaimana mendapatkan efektivitas dan kondisi air bertekanan dengan material bentuk sudut patah dengan material *elbow* yang memenuhi dengan melakukan pengaturan terhadap debit aliran. Maka

masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh terhadap *head loss* dari variasi debit aliran antara 2 material *elbow* yang berbeda pada alat pendistribusian air bertekanan. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk menganalisis *head loss* yang dihasilkan oleh *elbow* dengan 2 material yang berbeda berdasarkan variasi perbandingan radius sudut lengkung (45° , 90° , 180°) dan debit aliran dengan 3 ukuran diameter pipa yang berbeda. Untuk menganalisis nilai koefisien *minor* (K) yang terjadi pada setiap variasi sudut *elbow* dengan 2 material *elbow* yang berbeda. Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai referensi dan acuan percobaan material *elbow* dalam penggunaan sistem saluran air tertutup alat pendistribusian air antara 2 material *elbow* yang berbeda. Hasil yang didapatkan dari pengujian, nilai *head loss* pada material PVC selalu lebih besar daripada nilai *head loss* material Galvanis yang di mana bisa diartikan material Galvanis lebih baik daripada material PVC. Hasil yang didapatkan dari pengujian, nilai rata-rata koefisien *minor loss* pada material PVC lebih besar daripada nilai rata-rata koefisien *minor loss* pada material Galvanis yang bisa diartikan bahwa material Galvanis lebih baik daripada material PVC.

Kata kunci : kerugian energi, *elbow*, PVC, galvanis, aliran fluida, debit aliran

SUMMARY

ANALYSIS OF HEAD LOSS OF WATER FLUID FLOW IN A PIPE TOWARDS VARIATIONS IN ANGLES AND ELBOW MATERIAL WITH VARIATIONS IN FLOW DISCHARGE

Scientific paper in the form of a thesis, November 2023

Adyatma Surya, supervised by Ir. Marwani, M.T.

xxvii+ 37 Pages, 7 Tables, 13 Figures, 3 Appendix

SUMMARY

One of the things that affects the water distribution process is energy loss or head loss. Several conditions have an influence on fluid flow losses, such as friction on the pipe walls, bends, enlargement or reduction in the pipe, and other variables so that the pressure in the pipe decreases. Calculation of fluid flow rates in pipe networks shows the relationship between power loss and flow rate. If the flow is greater with a high head loss coefficient, then the head loss at each pipe length will be greater. Minor head loss is a loss that occurs due to fluid flow losses in cross-sectional pipe connections. The connections in question include the addition of bends, elbows, fittings, and sudden changes in cross-sectional area. The parameters required are pipe diameter (D), flow rate (Q), pressure height difference in the manometer (Δh), and pipe elbow angle (θ) with 2 different materials to get the loss coefficient value (K). In this research, an experimental study was carried out to determine the head loss from several forms of broken angles with different elbow materials and pipe inner diameters, namely by making a comparison graph of the minor coefficient due to the shape of the broken angle to the flow rate and the comparison of the radius of the broken angle itself. In its application, several obstacles encountered were how to obtain the effectiveness and conditions of pressurized water using broken corner material and elbow material that met the requirements by adjusting the flow rate. So the problem discussed in this research is the effect on head loss of variations in flow rate between 2 different elbow materials in pressurized water distribution equipment. The aim of this research is to analyze the head loss produced by elbows with 2 different materials based on

variations in the ratio of curved angle radius (45°, 90°, 180°) and flow rate with 3 different pipe diameter sizes. To analyze the minor coefficient (K) value that occurs at each elbow angle variation with 2 different elbow materials. The expected benefit of this research is as a reference and reference for elbow material experiments in using a closed water channel system as a means of distributing water between 2 different elbow materials. The results obtained from the test show that the head loss value for PVC material is always greater than the head loss value for Galvanized material, which means that Galvanized material is better than PVC material. The results obtained from the test show that the average value of the minor loss coefficient on PVC material is greater than the average value of the minor loss coefficient on Galvanized material, which means that Galvanized material is better than PVC material.

Keywords: head loss, elbow, PVC, galvanized, fluid flow, flow rate

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
SKRIPSI.....	vii
HALAMAN PERSETUJUAN	ix
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xi
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xiii
KATA PENGANTAR	xv
RINGKASAN.....	xvii
SUMMARY	xix
DAFTAR GAMBAR	xxiii
DAFTAR TABEL	xxv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Fluida.....	5
2.2.1 Viskositas	6
2.2.2 Fluida <i>Newtonian</i> dan Fluida <i>Non-Newtonian</i>	7
2.3 Bilangan Reynold	7
2.4 Aliran Laminar dan Aliran Turbulen.....	8
2.5 Daerah Masuk dan Aliran Berkembang Penuh.....	8
2.6 Persamaan Bernoulli.....	10
2.7 <i>Head Loss</i>	10
2.7.1 <i>Head Loss</i> Mayor.....	10
2.7.2 <i>Head Loss</i> Minor	12
2.8 <i>Elbow</i>	13

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Metode Penelitian.....	15
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	15
3.3 Peralatan Penelitian.....	16
3.4 Skema Alat Uji.....	17
3.5 Prosedur Pengujian.....	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Data Pengujian.....	21
4.1.1 Pengujian Perbandingan D pada Setiap Sudut.....	21
4.2 Pengolahan Data.....	23
4.3 Pembahasan.....	26
4.3.1 Debit vs <i>Head Loss</i>	26
4.3.2 Nilai Koefisien Minor vs Sudut <i>Elbow</i>	29
4.3.3 <i>Head Loss</i> vs Sudut <i>Elbow</i>	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	31
LAMPIRAN.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Ilustrasi Aliran Laminar Dan Turbulen	8
Gambar 2.2. Daerah Masuk Aliran	9
Gambar 2.3. Diagram Moody untuk Menentukan Faktor Gesekan.....	11
Gambar 2.4. Nilai Koefisien K pada Belok	13
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	15
Gambar 3.2. Skema Alat Uji <i>Elbow</i> 45°	17
Gambar 3.3. Skema Alat Uji <i>Elbow</i> 90°	17
Gambar 3.4. Skema Alat Uji <i>Elbow</i> 180°.....	18
Gambar 4.1. Debit vs <i>Headloss</i> pada <i>Elbow</i> 45°	26
Gambar 4.2. Debit vs <i>Headloss</i> pada <i>Elbow</i> 90°	27
Gambar 4.3. Debit vs <i>Headloss</i> pada <i>Elbow</i> 180°	28
Gambar 4.4. Pengaruh <i>Elbow</i> pada Nilai Koefisien minor (K).....	29
Gambar 4.5. <i>Headloss</i> vs <i>Elbow</i>	30

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kekasaran Absolut Beberapa Permukaan Material	11
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian D untuk Ukuran 22 mm	21
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian D untuk Ukuran 26 mm	22
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian D untuk Ukuran 32 mm	22
Tabel 4.4 Untuk Hasil <i>Elbow</i> 45°	25
Tabel 4.5 Untuk Hasil <i>Elbow</i> 90°	25
Tabel 4.6 Untuk Hasil <i>Elbow</i> 180°	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Elbow</i> 45°, 90° dan Pipa yang Digunakan.....	35
Lampiran 2 Pengujian Alat.....	36
Lampiran 3 Hasil Pengukuran dari <i>Pressure Gauge</i> dan <i>Flowmeter</i>	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Umumnya distribusi fluida air dari suatu tempat ke tempat lain menggunakan saluran tertutup. Sebagai contoh distribusi udara menggunakan sistem saluran tertutup. Salah satu hal yang mempengaruhi proses pendistribusian air 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 semakin berkurang.

Tentang perhitungan laju aliran fluida pada jaringan pipa yang 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* dibagi menjadi 2 yaitu *head loss* mayor dan *head loss* minor. *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 mendadak (Pritchard, 2011).

Parameter yang dibutuhkan adalah diameter pipa (D), debit aliran (Q), beda ketinggian tekanan pada manometer (Δh), sudut *elbow* pipa (θ) dengan 2 buah material yang berbeda. Sehingga nantinya bisa mendapatkan nilai koefisien kerugian (K). Pada penelitian ini dilakukan kajian eksperimental untuk mengetahui *head loss* dari beberapa bentuk sudut patah dengan material *elbow* yang berbeda dan diameter dalam pipa yaitu dengan membuat grafik perbandingan koefisien *minor* akibat bentuk sudut patah terhadap laju aliran tersebut dan perbandingan radius sudut patahnya sendiri. Untuk itu judul skripsi ini adalah “Analisa *Head Loss* Aliran Fluida Air dalam Pipa terhadap Variasi Sudut dan Material *Elbow* dengan Variasi Debit Aliran”.

1.2 Rumusan Masalah

Seiring berkembangnya teknologi pada zaman sekarang sehingga alat

pendistribusian air yang hemat energi dan ramah lingkungan sangat dibutuhkan sekarang ini. Dalam penerapannya, beberapa kendala yang ditemui adalah bagaimana mendapatkan efektivitas dan kondisi air bertekanan dengan material bentuk sudut patah dengan material *elbow* yang memenuhi dengan melakukan pengaturan terhadap debit aliran. Maka masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh terhadap *head loss* dari variasi debit aliran antara 2 material *elbow* yang berbeda pada alat pendistribusian air bertekanan.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dalam menganalisa penelitian ini antara lain adalah:

1. Pengujian dilaksanakan dengan mevariasikan *elbow* dengan 2 material yang berbeda sebesar 45° , 90° , 180° , dan variasi material *elbow* yang dibatasi dalam 5 variasi debit aliran dengan 3 ukuran diameter pipa yang berbeda.
2. Menggunakan *elbow* PVC dan *elbow* Galvanis.
3. Menggunakan pipa PVC.
4. Fluida yang digunakan adalah air.
5. Hanya mengamati *head loss* pada sisi masuk dan sisi keluar *elbow* menggunakan *pressure gauge*.
6. Pengujian dilakukan dengan keadaan stedi.
7. Tidak membahas dalam penentuan karakteristik dari pompa terhadap parameter fluida yang digunakan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis *head loss* yang dihasilkan oleh *elbow* dengan 2 material yang berbeda berdasarkan variasi perbandingan radius sudut lengkung (45° , 90° , 180°) dan debit aliran dengan 3 ukuran diameter pipa yang berbeda.
2. Menganalisis nilai koefisien *minor* (K) yang terjadi pada setiap variasi sudut *elbow* dengan 2 material *elbow* yang berbeda.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai referensi dan acuan percobaan material *elbow* dalam penggunaan sistem saluran air tertutup alat pendistribusian air antara 2 material *elbow* yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Azha, R. R. (2018). Analisa Head Loss Aliran Fluida Udara Dalam Pipa Terhadap Variasi Sudut Elbow Dan Debit Aliran. In Universitas Sriwijaya (Vol. 1, Issue 2).
- Cengel, Yunus A, C. J. M. (2006). Fluid mechanics : fundamentals and applications.
- Mujahid, F. (2021). Pengaruh head losses mayor dan minor pada sistem instalasi turbin pelton skala mikro. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik (JIMT)*, *1*(4), 1–9. <http://jurnalmahasiswa.umsu.ac.id/index.php/jimt/article/view/703>
- Munson, B. R., Young, D. F., & Okiishi, T. H. (2011). Fundamentals of fluid mechanics. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1201/b11709-7>
- Razul Harfi, I. M. M. U. M. S. I. M. (2021). Presisi Jurnal Teknik Mesin. *23*, 74–74.
- Sayoga, I. M. A., & Nuarsa, I. M. (2012). 60228-ID-analisa-pengaruh-variasi-sudut-sambungan. *2*(2), 75–83.
- Silmi, N. I., F, K. Y., Bustomi, I. Al, & Septiana, P. (2011). Laporan Praktikum Kimia Fisik Viskositas Cairan Viskositas Cairan.
- Simanjuntak, H. F. P., Manik, P., & Santosa, A. W. B. (2016). Analisa Pengaruh Panjang Dan Bentuk Geometri Lunas Bilga Terhadap Arah Dan Kecepatan Aliran (Wake) Pada Kapal Ikan Tradisional (Studi Kasus Kapal Tipe Kragan). *Jurnal Teknik Perkapalan*, *4*(4), 345–352.
- Tando, A., Mesin, J. T., & Indonesia, U. M. (2022). Karakteristik tekanan aliran yang melewati belokan pipa vertikal pada arah radial dan tangensial. *1*(1), 25–32.
- White, F. M. (2011). Fluid Mechanics Seventh Edition. In McGraw-Hill.
- Wibowo, P. A. (2013). Analisis penurunan head losses pada belokan pipa *180*. 1–105.