

**PENENTUAN NILAI KOEFISIEN GESEK PADA SELANG  
BENANG**

**ARYA KUSUMA WARDANA  
G41116508**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**PENENTUAN NILAI KOEFISIEN GESEK PADA SELANG  
BENANG**

**ARYA KUSUMA WARDANA**

**G41116508**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Teknologi Pertanian

Pada

Departemen Teknologi Pertanian

Fakultas Pertanian

Universitas Hasanuddin

Makassar



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2023**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENENTUAN NILAI KOEFISIEN GESEK PADA SELANG**  
**BENANG**

Disusun dan diajukan oleh  
**ARYA KUSUMA WARDANA**  
**G41116508**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 31 Juli 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

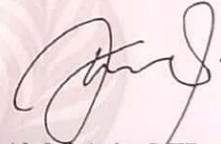
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



**Dr. Suhardi, S.TP., MP**  
**NIP. 19710810 200502 1 003**

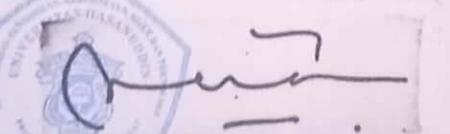
Pembimbing Pendamping



**Dr. Abdul Azis, S.TP., M.Si**  
**NIP. 19821209 201212 1 004**

Ketua Program Studi  
Teknik Pertanian



  
**Diyah Yumeina, S. TP., M.Agr., Ph.D**  
**NIP. 19810129 200912 2 002**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arya Kusuma Wardana

NIM : G411 16 508

Program Studi : Teknik Pertanian

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul **Penentuan Nilai Koefisien Gesek pada Selang Benang** adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari Skripsi karya saya ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 27 Juli 2023

Yang Menyatakan



(Arya Kusuma Wardana)

## ABSTRAK

ARYA KUSUMA WARDANA (G41116508) Penentuan Nilai Koefisien Gesek pada Selang Benang. Pembimbing: SUHARDI dan ABDUL AZIS.

Jenis fluida yang terjadi pada saluran dapat menyebabkan munculnya tegangan geser selama pergerakan, di mana tegangan geser ini akan mengubah sebagian dari energi aliran menjadi berbagai bentuk energi lain seperti panas, suara, dan sejenisnya. Sehingga bentuk energi yang diubah akan mengakibatkan terjadinya kehilangan energi. Rendahnya tekanan yang hilang di atas bisa dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu kehilangan tekanan besar yang muncul akibat gesekan dengan permukaan selang, serta kehilangan tekanan kecil yang timbul dari persambungan, tikungan, katup, dan perangkat tambahan lainnya. Kehilangan tekanan ini terjadi akibat friksi air dengan dinding selang. Penelitian ini bertujuan menentukan nilai koefisien gesek pada selang benang. Metode penelitian menggunakan selang benang berukuran  $\frac{1}{2}$  inci dengan ukuran *tube* dengan ukuran yang sama dengan selang yang digunakan ialah  $\frac{1}{2}$  inci atau 0,012 m. *Tube* akan dipasang pada 3 variasi ukuran sepanjang selang yaitu 14 m, 7 m dan 4 m. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran berupa volume air yang keluar yang diukur selama waktu 5 menit, tinggi bak penampungan air dan tinggi muka air pada *tube*. Adapun hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah nilai koefisien gesek terkecil yaitu 0,0167 dengan panjang selang antar *tube* 14 m dan nilai koefisien gesek terbesar yaitu 0,0582 dengan panjang selang antar *tube* yaitu sejauh 4 m.

**Kata Kunci:** Fluida, Kehilangan Energi, Koefisien Gesek.

## **ABSTRACT**

ARYA KUSUMA WARDANA (G41116508) *Determination of Friction Coefficient Values on Yarn Hoses. Supervisors: SUHARDI and ABDUL AZIS.*

*The type of fluid that occurs in the channel can result in the occurrence of shear stress when moving where the shear stress will change some of the flow energy into other forms of energy in the form of heat, sound and others. So that the changed form of energy will result in energy loss. The high pressure loss above can be grouped into major pressure loss or major loss due to friction with the hose wall and minor pressure loss due to connections, bends, valves and other accessories, this pressure loss occurs due to water friction with the hose wall. This study aims to determine the value of the friction coefficient on the thread hose. The research method uses a thread hose measuring ½ inch with a tube size of the same size as the hose used, which is ½ inch or 0.012 m. The tube will be installed in 3 variations of length along the length of the hose, namely 14 m, 7 m and 4 m. The data obtained from the measurement results are in the form of the volume of water that comes out which is measured for 5 minutes, the height of the water reservoir and the height of the water level in the tube. The results obtained from this study are the smallest friction coefficient value of 0.0167 with a tube length of 14 m and the largest friction coefficient value of 0.0582 with a tube length of 4 m.*

**Keywords:** *Fluid, Head loss, Friction Coefficient.*

## PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT., karena atas rahmat dan nikmat-Nya saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **Penentuan Nilai Koefisien Gesek pada Selang Benang**. Penulis menyadari bahwa dengan selesainya penulisan skripsi ini tidak lepas dari doa dan dukungan serta semangat oleh berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Segenap keluarga besar penulis yang selalu tulus memberikan kasih sayang yang begitu besar dan senantiasa mendoakan penulis serta memberikan dukungan baik berupa moril maupun materil, hingga penulis mampu mencapai tahap ini.
2. **Dr. Suhardi, S.TP., MP.** dan **Dr. Abdul Azis, S.TP., M.Si.** selaku dosen pembimbing yang meluangkan waktu memberikan bimbingan, saran, kritikan, petunjuk, motivasi dan segala arahan yang telah diberikan dari penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi selesai.
3. **Dr. Ir. Abdul Waris, M.T** dan **Husnul Mubarak, S.TP., M.Si** selaku dosen penguji yang meluangkan waktu untuk hadir pada ujian meja, memberikan saran, masukan, kritikan, dan motivasi pada skripsi penulis.
4. **Dosen-dosen Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian** yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan serta pengalaman selama proses perkuliahan.
5. Kepada teman-teman **Reaktor 16, Suryadi, Muh Ra'yamsyah, Resha Alfakhmi, Burhan, Selpiah, Rasma Rahman, Muh. Said Adam, Lily Yuliani, dan Ainun Anisa Anugrah** yang turut membantu dalam proses pengerjaan penelitian ini mulai dari awal hingga selesainya penelitian ini.

Semoga segala kebaikan mereka akan berbalik ke mereka sendiri dan semoga Allah SWT senantiasa membalas segala kebaikan mereka dengan kebaikan dan pahala yang berlipat ganda. Aamiin.

Makassar, 27 Juli 2023

Arya Kusuma Wardana

## RIWAYAT HIDUP



**Arya Kusuma Wardana**, Lahir di Makassar, pada tanggal 11 juni 1998 anak dari pasangan bapak Nasrullah, S.E dan Ibu Ramayana, S.Pd. Jenjang pendidikan formal yang pernah dilalui adalah SD Inpres Bung pada tahun 2004-2010 dan melanjutkan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 8 Makassar pada tahun 2010-2013 dan melanjutkan sekolah menengah atas di SMA Negeri 21 Makassar pada tahun 2013-2016. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Universitas Hasanuddin Makassar, Fakultas Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian pada tahun 2016 sampai tahun 2023.

Selain itu penulis juga aktif dalam beberapa organisasi internal kampus yaitu Badan Eksekutif Mahasiswa Keluarga Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin (BEM KEMA FAPERTA-UH), dan Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin (HIMATEPA-UH).

## DAFTAR ISI

SAMPUL .....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
PERSANTUNAN.....	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan dan Kegunaan .....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1. Fluida .....	3
2.2. Viskositas .....	3
2.3. Sistem Aliran Saluran Tertutup.....	3
2.4. <i>Head Loss</i> .....	6
2.5. Debit Aliran .....	8
2.6. Kecepatan Aliran .....	8
2.7. Bilangan <i>Reynolds</i> .....	9
2.8. Koefisien Gesek .....	10
2.8.1. Jenis-jenis gaya gesek .....	10
3. METODOLOGI PENELITIAN .....	12
3.1. Waktu dan Tempat.....	12
3.2. Alat dan Bahan .....	12
3.3. Prosedur Penelitian .....	12

3.4. Bagan Alir.....	15
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
4.1. Pengaruh Kecepatan Aliran terhadap <i>Head Loss</i> .....	16
4.2. Koefisien Gesek pada Selang Benang ½ Inchi.....	17
5. PENUTUP.....	19
Kesimpulan.....	19

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram <i>Moody</i> .....	10
Gambar 2. Grafik Menentukan Nilai $\alpha$ .....	13
Gambar 3. Hubungan Antara $H_L$ Hitung dan $H_L$ Ukur .....	14
Gambar 4. Bagan Alir Penelitian .....	15
Gambar 5. Grafik Hubungan Antara <i>Head Loss</i> dan Kecepatan Aliran .....	16
Gambar 6. Grafik Nilai Koefisien Gesek Selang Benang $\frac{1}{2}$ Inchi .....	18

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Nilai koefisien selang $\frac{1}{2}$ inci.....	17
---	----

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Pengukuran .....	22
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian .....	23

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Air termasuk faktor yang sangat diperlukan dalam menunjang keberhasilan sektor pertanian. Beragam usaha dilakukan untuk memungkinkan aliran air mengalir dari sumbernya ke lokasi yang diinginkan. Ini dilakukan melalui konstruksi saluran air yang berperan dalam mengarahkan aliran air sehingga memastikan kebutuhan air tercukupi. Dalam hal pertanian, umumnya menggunakan dua jenis saluran untuk mengalirkan air menuju tanaman, yaitu dengan menggunakan saluran tertutup dan saluran terbuka tergantung kebutuhan air tanaman. Selang merupakan salah satu jenis saluran tertutup yang juga banyak digunakan dalam menyalurkan air ke media tanam. Sunusi dkk. (2020), mengatakan adapun Keunggulan penggunaan saluran tertutup sebagai jalur distribusi air meliputi berkurangnya kehilangan air, kemudahan dalam pemeliharaan saat terjadi penyumbatan, dan kemampuan untuk digunakan lebih efektif dalam daerah yang memiliki perbedaan ketinggian yang signifikan antara sumber dan tujuannya. Aliran dalam saluran tertutup tidak dipengaruhi secara langsung oleh udara, melainkan oleh tekanan hidrolis. Selain itu, saluran tertutup memerlukan ruang yang lebih kecil sehingga minim mengganggu aktivitas sekitar (selang).

Penyaluran air dilakukan untuk mengetahui proses pengaliran air pada selang untuk melihat adanya kebocoran maupun kehilangan tekanan yang mengakibatkan kerugian pada tekanan pompa atau disebut dengan *head loss*. Panjang selang yang digunakan dalam penyaluran air mempengaruhi kehilangan tekanan, semakin panjang selang yang digunakan akan menyebabkan kehilangan tekanan atau *head loss* lebih besar. Dalam penyaluran air irigasi terdapat jenis aliran yaitu aliran jenis laminar, aliran transisi, dan aliran turbulen yang terjadi di dalam selang yang digunakan (Khairiah, 2016). Pada tikungan selang, terjadi penurunan tekanan (pressure drop) yang lebih signifikan daripada pada selang yang lurus dengan panjang yang sama. Semakin besar nilai  $\Delta P$  atau peningkatan pressure drop ini, akan mengakibatkan peningkatan energi yang diperlukan untuk mengalirkan fluida. Penurunan tekanan yang berlebihan bisa berpotensi menyebabkan kavitasasi dan getaran dalam sistem selang. Kualitas dari selang dan fitting dinilai berdasarkan

karakteristik fisik seperti tampilan warna, dimensi, sistem koneksi (ulir atau flange), dan lainnya. Selain itu, evaluasi dilakukan berdasarkan besarnya head loss yang terjadi saat fluida mengalir melalui sistem tersebut. Semakin tinggi head loss, semakin rendah kualitas selang dan fitting. Aspek kualitas fisik bisa dikenali dengan mudah oleh konsumen, tetapi penilaian terhadap head loss memerlukan penelitian laboratorium.

Sejumlah faktor yang mempengaruhi head loss meliputi viskositas fluida, angka Reynolds, densitas fluida, kecepatan aliran fluida, jenis aliran, ketidakhulusan permukaan selang, dan nilai faktor gesekan selang. Jenis fluida yang terjadi pada saluran dapat mengakibatkan terjadinya tegangan geser pada saat bergerak yang dimana tegangan geser tersebut akan berubah sebagian energi aliran menjadi bentuk energi lain berupa panas, suara dan lain-lain. Sehingga bentuk energi yang diubah akan mengakibatkan terjadinya kehilangan energi (Pratowo dkk., 2010).

Satu aspek yang perlu diperhatikan dalam aliran melalui selang adalah penurunan tekanan. Penurunan tekanan ini dapat dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu penurunan tekanan besar yang disebabkan oleh gesekan dengan permukaan dalam selang (hilangan tekanan utama), dan penurunan tekanan kecil yang timbul akibat sambungan, tikungan, katup, dan komponen tambahan lainnya (hilangan tekanan minor loss). Kehilangan tekanan ini muncul akibat gesekan air dengan permukaan dalam selang (Pratowo dkk., 2010).

Berdasarkan hal tersebut, maka di lakukan penelitian tentang penentuan nilai koefisien gesek pada selang benang.

## **1.2. Tujuan dan Kegunaan**

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai koefisien gesek pada selang benang.

Adapun kegunaan dari penelitian ini adalah dapat digunakan sebagai acuan dalam penggunaan selang untuk keperluan pengaliran air irigasi tanaman.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Fluida

Fluida adalah substansi yang tidak memiliki kemampuan untuk mempertahankan bentuk (distorsi) secara permanen. Ketika usaha dilakukan untuk mengubah struktur massa fluida, proses tersebut menyebabkan pembentukan lapisan-lapisan di dalam fluida. Setiap lapisan dalam fluida ini akan mengalir di atas lapisan di bawahnya dalam rangka mencapai bentuk yang baru. Proses perubahan bentuk ini melibatkan tegangan geser (shear stress), yang magnitudenya tergantung pada viskositas fluida. Setelah fluida mencapai bentuk akhirnya, semua gaya geser akan berkurang, mengembalikan fluida ke kondisi keseimbangan semula. Pada suhu dan tekanan tertentu, setiap jenis fluida memiliki densitas khas. Jika perubahan suhu dan tekanan yang signifikan hanya sedikit mempengaruhi densitasnya, maka fluida tersebut dianggap tak dapat dikompres (*incompressible*). Namun, apabila densitasnya sensitif terhadap perubahan suhu dan tekanan, maka fluida tersebut dikategorikan sebagai dapat dikompres (*compressible*) (Wibowo, 2013).

Apabila sebuah fluida mengalir dalam suatu saluran dengan kecepatan yang lambat, aliran tersebut akan menyebabkan pembentukan lapisan-lapisan yang bergeser satu sama lain di antara lapisan-lapisan yang berdekatan. Fenomena ini sering disebut aliran lapisan geser, di mana lapisan-lapisan fluida bergerak relatif satu sama lain. Keadaan pergerakan fluida sangat terkait dengan tingkat kecepatan aliran; semakin tinggi kecepatannya, semakin signifikan pengaruhnya terhadap pola aliran yang terbentuk (Ariza, 2019).

### 2.2. Viskositas

Viskositas fluida adalah parameter yang mengukur sejauh mana fluida memiliki resistensi terhadap deformasi atau perubahan bentuknya. Viskositas dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk suhu, tekanan, gaya kohesi, dan laju perpindahan momentum molekular. Secara umum, viskositas cairan cenderung menurun seiring kenaikan suhu. Hal ini disebabkan oleh gaya kohesi antar molekul dalam cairan

yang akan berkurang seiring pemanasan, sehingga viskositas cairan juga akan menurun seiring kenaikan suhu (Waspodo, 2017).

Perilaku aliran zat cair sangat ditentukan oleh apakah fluida tersebut berinteraksi dengan permukaan padat atau tidak. Pada wilayah di mana gesekan dengan permukaan dinding minim, efek tegangan geser bisa diabaikan, dan perilaku cairan mendekati kondisi fluida ideal, yang dicirikan dengan ketidakmampuan kompresi dan viskositas yang mendekati nol. Aliran cairan ideal semacam ini disebut aliran potensial. Prinsip-prinsip mekanika Newton dan hukum kekekalan massa berlaku dalam aliran potensial. Namun, jika fluida memiliki viskositas, aliran fluida mengalami perubahan. Dalam kondisi ini, perbedaan tekanan antara dua ujung pipa diperlukan untuk menjaga aliran yang stabil, terutama untuk fluida nyata seperti air atau minyak dalam selang. Tingkat aliran dalam pipa berbentuk bulat ditentukan oleh viskositas fluida, perbedaan tekanan yang ada, dan dimensi dari pipa tersebut (Welty, 2000).

Aspek-aspek yang terkait dengan tipe dan sifat aliran zat cair yang disebutkan di atas melibatkan corak pergerakan dalam rangkaian yang tidak terbuka. Karakteristik aliran dari zat cair yang melalui pipa dipengaruhi oleh gaya momentum yang mendorong pergerakan zat cair di dalam pipa, gaya viskositas yang menghambat aliran sepanjang dinding pipa dan zat cair itu sendiri, dan juga faktor-faktor seperti kelokan pipa dan katup (Wibowo, 2013).

Aliran laminar adalah jenis aliran fluida di mana pergerakan fluida terjadi dalam lapisan-lapisan yang saling bergeser secara lembut, dengan setiap lapisan meluncur dengan kehalusan pada lapisan yang bersebelahan, dan terjadi pertukaran momentum yang hanya dilakukan melalui pergerakan molekuler. Tendensi menuju ketidakstabilan dan turbulensi diredam oleh gaya-gaya gesekan viskositas yang membatasi pergerakan relatif antara lapisan-lapisan cairan yang berdekatan (Chorlton, 1967).

Pada aliran turbulen, partikel-partikel zat cair bergerak dalam pola lintasan yang acak, mengakibatkan transfer momentum dari satu wilayah cairan ke wilayah lainnya. Aliran turbulen pada dimensi yang lebih kecil terdiri dari wirling-wirling kecil yang bergerak dengan kecepatan tinggi, mengubah energi mekanis menjadi bentuk yang sulit dikembalikan melalui efek gaya gesek viskositas. Aliran turbulen

juga dapat berskala besar, seperti pembentukan wirling besar yang hadir dalam sungai atau aliran udara. Wirling besar ini menyebabkan terbentuknya wirling-wirling kecil yang pada akhirnya menghasilkan turbulensi pada skala yang lebih kecil. Aliran turbulen dalam skala kecil ditandai oleh fluktuasi kecepatan yang tinggi dan frekuensi yang cepat (Wibowo, 2013).

### **2.3. Sistem Aliran Saluran Tertutup**

Selang adalah suatu tabung silindris yang digunakan untuk mengalirkan fluida. Seperti arteri dan vena dalam pembuluh darah manusia, selang bertugas mengalirkan cairan dari satu bagian tubuh ke bagian lainnya. Tanpa aliran, proses kehidupan tidak dapat berjalan. Sistem selang merujuk pada suatu sistem yang mengatur dan mengontrol laju aliran fluida cair atau gas dengan menggunakan selang sebagai jalur transportasinya (Mustakim dan Munandar, 2019).

Selang berpenampang lingkaran digunakan sebagai saluran tertutup untuk mengalirkan fluida dengan aliran penuh pada penampangnya. Pipa tersebut dapat difungsikan untuk mengalirkan baik cairan maupun gas, dengan kemampuan menangani tekanan yang lebih tinggi atau lebih rendah dari tekanan atmosfer. Jika pipa diisi sepenuhnya oleh cairan, maka aliran tersebut termasuk dalam klasifikasi saluran tertutup. Namun, jika cairan di dalam pipa tidak mengisi pipa sepenuhnya, maka aliran tersebut diklasifikasikan sebagai aliran dalam saluran terbuka. Dalam beberapa kasus, jika tekanan di dalam pipa sama dengan tekanan atmosfer, aliran juga dapat dianggap sebagai aliran dalam saluran terbuka. Pada aliran saluran terbuka, tekanan di permukaan cairan sepanjang saluran dianggap setara dengan tekanan atmosfer (Sunusi dkk., 2020).

Fluida yang mengalir melalui selang bisa berupa zat cair atau gas, dan tekanannya dapat lebih tinggi atau lebih rendah dari tekanan atmosfer. Jika cairan di dalam selang tidak mengisi selang sepenuhnya, maka aliran tersebut diklasifikasikan sebagai aliran dalam saluran terbuka. Atau, jika tekanan di dalam selang sama dengan tekanan atmosfer, aliran juga dianggap sebagai aliran terbuka. Dalam aliran pada saluran terbuka, fluida memiliki permukaan bebas. Dalam konteks ini, fluida yang mengalir adalah zat cair. Tekanan pada permukaan zat cair sepanjang saluran terbuka dianggap setara dengan tekanan atmosfer (Selpan, 2014).

Aliran dalam selang berperan dalam mengalihkan fluida dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Biasanya, fluida yang dialirkan memiliki nilai viskositas yang beragam. Mengetahui nilai viskositas ini sangat penting untuk menentukan jumlah energi yang dibutuhkan. Faktor-faktor yang memengaruhi aliran dalam saluran tertutup meliputi kecepatan aliran, debit (umlah volume fluida yang mengalir per satuan waktu disebut laju aliran), dan luas penampang saluran (Rachman, 2018).

#### **2.4. Head Loss**

Keberadaan viskositas dalam fluida menyebabkan timbulnya tegangan geser saat fluida mengalir. Tegangan geser ini menyebabkan konversi sebagian energi aliran menjadi bentuk energi lain, seperti energi panas atau suara. Perubahan energi ini mengakibatkan kerugian energi. Secara umum, kerugian energi ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu kerugian energi utama (major head loss) yang disebabkan oleh viskositas cairan dan turbulensi yang muncul akibat kekasaran dinding saluran. Kekasaran ini menghasilkan gaya gesek yang meresap di sepanjang saluran dengan diameter tetap saat aliran bersifat merata (Mujahid, 2021).

Kerugian energi per unit panjang akan tetap konsisten jika tingkat kekasaran dan diameter saluran tetap tidak berubah. Kehilangan tekanan kecil terjadi karena terjadi kerugian energi akibat perubahan dalam penampang dan elemen tambahan. Contohnya, terjadi ketika arah aliran berubah seperti pada siku (*elbow*), tikungan (*bends*), peningkatan penampang (*expansion*), serta penyempitan penampang (*contraction*) (Robert, 2001).

Pengurangan energi yang relatif kecil, atau kehilangan energi kecil ini, akan menghasilkan peningkatan tumbukan antara partikel zat cair, yang diikuti oleh peningkatan gesekan akibat turbulensi serta ketidakseragaman distribusi kecepatan pada suatu penampang saluran. Dengan keberadaan lapisan batas yang terpisah dari dinding selang, olakan atau pusaran air bisa terbentuk. Priseni olakan akan mengacaukan pola aliran yang pada awalnya bersifat laminar, sehingga mengakibatkan peningkatan tingkat turbulensi (Mujahid, 2021).

Kehilangan energi (*head loss*) adalah salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kemampuan pipa sebagai sarana pengangkutan, baik untuk air maupun cairan lainnya (Waspodo, 2017).

Menurut Wasposito (2017), *Headloss* terdiri dari :

a) *Major Headloss*

*Major losses* adalah kerugian energi yang terjadi dalam aliran selang karena gesekan yang timbul di sepanjang aliran fluida terhadap dinding selang.

b) *Minor Headloss*

Kerugian-kerugian yang terjadi dalam sistem selang akibat adanya tikungan (bends), siku (elbows), sambungan (joints), katup (valves), dan komponen lainnya disebut sebagai kerugian minor.

*Head loss* major merujuk pada kerugian energi yang terjadi karena gesekan fluida terhadap kekasaran permukaan bahan selang. Persamaan Hazen-Williams digunakan untuk menghitung kerugian energi aliran air dalam selang. Rumus Hazen-Williams dapat diubah menjadi unit metrik untuk menghitung kerugian energi aliran air dalam selang (Mujahid, 2021).

*Head loss mayor* terjadi karena kehilangan energi yang terjadi sepanjang selang akibat efek gesekan antara fluida dan dinding selang. Kehilangan ini tergantung pada viskositas cairan, kekasaran permukaan dalam selang, diameter internal selang, panjang selang, dan kecepatan aliran. Walaupun terdapat banyak persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung kerugian gesekan dalam aliran lateral, persamaan Darcy-Weisbach umumnya diterima sebagai yang paling sesuai untuk selang polietilena berdiameter kecil. Menggunakan faktor gesekan Blasius dalam persamaan Darcy-Weisbach memberikan estimasi yang akurat untuk kerugian gesekan yang muncul akibat aliran turbulen dalam selang dengan permukaan yang halus, terutama ketika angka Reynolds (R) berada dalam kisaran 3.000-105 (Mujahid, 2021).

Menurut Mujahid (2021), untuk mengukur aliran laminar faktor gesekan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$H_{L\text{Mayor}} = f \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g} \quad (1)$$

Dimana:

$H_{L\text{Mayor}}$  : *Major Losses*

f : Faktor Gesekan

L : Panjang Selang (m)

- v : Kecepatan Rata-Rata Cairan Dalam Selang (m/s)  
D : Diameter Dalam Selang (m)

## 2.5. Debit Aliran

Debit adalah jumlah fluida yang mengalir melalui setiap potongan selang atau saluran per unit waktu. Persamaan kontinuitas digunakan untuk menghitung debit ini. Jika kecepatan aliran dan penampang saluran diketahui, debit aliran dapat dihitung. Sebaliknya, jika kecepatan dan debit aliran telah diketahui, maka penampang saluran yang diperlukan untuk mengakomodasi debit tersebut dapat dihitung. Dengan kata lain, penentuan dimensi saluran dapat dilakukan berdasarkan kecepatan dan debit aliran yang diinginkan (Rosyadi, 2019).

Debit aliran bisa berfungsi sebagai indikator untuk memahami pola aliran dari suatu fluida. Besarnya laju aliran dipengaruhi oleh daya pompa yang digunakan dan pembukaan katup (*valve*). Dalam percobaan, sering kali tenaga yang diterapkan oleh pompa tetap, misalnya 92,1953 ft.lbf/s, dengan pembukaan katup pada posisi penuh. Kondisi ini berpotensi untuk menciptakan pola aliran yang konsisten dan dapat diandalkan pada berbagai situasi percobaan (Rosyadi, 2019).

Data pengukuran laju aliran digunakan untuk mengevaluasi atau menilai kecepatan aliran fluida dalam suatu sistem. Kecepatan aliran ini mencerminkan pola atau karakteristik aliran yang terbentuk dalam sistem. Pola aliran dapat dianalisis melalui perhitungan bilangan Reynolds, yang disimbolkan sebagai  $NRe$ . Bilangan Reynolds ini membantu dalam mengidentifikasi jenis aliran (laminar, transisi, atau turbulen) dan memahami karakteristik aliran fluida dalam suatu sistem (Rahayu, dkk. 2021).

## 2.6. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran, yang disimbolkan sebagai  $v$ , melukiskan lintasan yang dilalui oleh aliran air dalam suatu aliran di dalam saluran interval waktu tertentu. Umumnya, kecepatan ini diukur dalam unit meter per detik (m/s). Laju pergerakan aliran dalam saluran umumnya tidak seragam atau konsisten di seluruh bagian saluran. Kecepatan puncak aliran biasanya terjadi dalam kisaran kedalaman antara 0,05 hingga 0,25. Namun, saat mendekati sisi atau dasar saluran, laju pergerakan

aliran cenderung semakin melambat (Putra, 2013).

## 2.7. Bilangan *Reynolds*

Bilangan Reynolds adalah suatu angka tanpa satuan yang digunakan untuk membedakan aliran berdasarkan kecepatannya. Aliran dianggap laminar ketika memiliki nilai bilangan Reynolds kurang dari 2300. Aliran diklasifikasikan sebagai transisi pada kisaran bilangan Reynolds antara 2300 hingga 4000 (Nurnawati dan Sumardi, 2020).

Pada umumnya, tingkat kekacauan aliran meningkat seiring dengan penambahan Bilangan Reynolds. Aliran akan mengalami peralihan dari pola aliran berlapis (laminar) menuju kekacauan aliran (turbulen) sebelum akhirnya mencapai keadaan aliran turbulen. Dalam aliran internal, transisi ini terjadi ketika perubahan terjadi dari aliran berlapis (laminar) menjadi aliran yang kacau (turbulen). Osborne Reynolds (1842-1912), seorang ilmuwan dan ahli matematika Inggris, memberikan kontribusi penting dalam membedakan dan mengklasifikasikan aliran dan turbulensi. Ia melakukan eksperimen sederhana untuk memahami perbedaan keduanya. Aliran laminar terjadi ketika partikel-partikel kecil dalam fluida mengikuti jalur yang teratur, sehingga menyebabkan pertukaran momentum yang lebih terbatas antara berbagai bagian fluida. Sebaliknya, turbulensi menghasilkan gaya geser yang lebih kuat di seluruh cairan dan mengakibatkan lebih banyak kesulitan dalam membalikkan arus atau kehilangan energi (Siregar dan Infansyah, 2018).

Dalam proses aliran melalui selang, terjadi kerugian tekanan yang dikenal sebagai head loss. Jenis aliran dalam selang ini tergolong sebagai aliran turbulen, yang ditandai oleh nilai Bilangan Reynolds yang signifikan. Terdapat beberapa jenis aliran fluida dalam selang, termasuk aliran mantap (steady flow) dan aliran pada selang lurus. Aliran pada selang lurus diberikan subkategori aliran laminar dan aliran turbulen. Untuk mengklarifikasi apakah aliran tersebut berupa aliran laminar atau turbulen, digunakan nilai Bilangan Reynolds sebagai indikator (Siregar dan Infansyah, 2018).

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad (2)$$

Dimana:

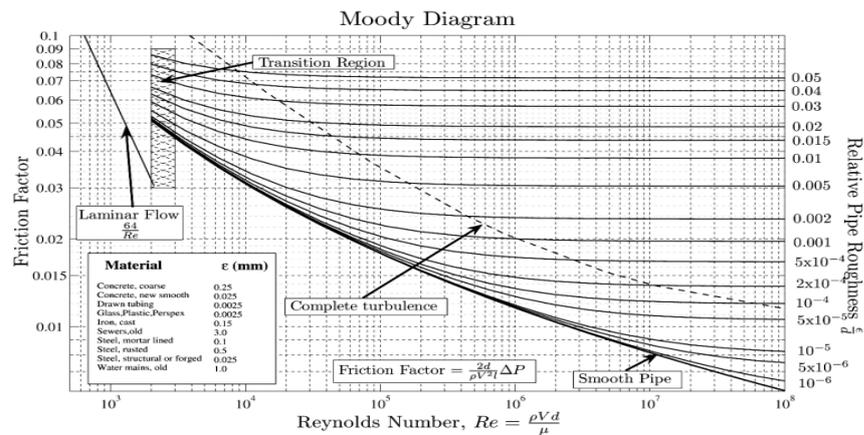
$\rho$  : Densitas bahan ( $\text{g/cm}^3$  atau  $\text{kg/m}^3$ )

$D$  : Diameter selang bagian dalam (m)

$v$  : Kecepatan rata-rata fluida didalam selang (m/s)

$\mu$  : Viskositas ( $\text{kg/m s}$ )

Nilai <i>Reynold</i>	Sifat Aliran
< 2000	Aliran bersifat Laminar
> 4000	Aliran bersifat Turbulen



Gambar 1. Diagram *Moody*.

## 2.8. Koefisien Gesek

Gaya gesek adalah gaya yang bertindak berlawanan dengan gerakan suatu benda atau dengan arah kemungkinan gerakan benda tersebut. Gaya gesek timbul saat dua objek bersentuhan. Gaya gesek antara dua objek padat dapat dibagi menjadi gaya gesek statis (ketika benda masih diam) dan gaya gesek kinetis (ketika benda bergerak). Gaya gesek dapat memiliki dampak negatif dan juga potensi manfaat. Ketika dua permukaan benda bersentuhan dan mengalami pergerakan relatif, gaya lateral yang timbul disebut gaya gesek. Gaya gesekan adalah gaya yang terkait dengan keadaan pelumas antara permukaan benda yang saling bersentuhan (Fitrianto dkk., 2015).

### 2.8.1. Jenis-jenis gaya gesek

Menurut Fitrianto dkk. (2015), Ada dua jenis gaya gesek antara dua benda padat yang bergerak relatif satu sama lain, yang membedakan titik-titik kontak

antara kedua permukaan tersebut, yaitu:

- a) Gaya gesek statis (Fgs) adalah gaya gesek yang terjadi antara dua benda padat yang tidak memiliki gerakan relatif satu sama lain. Gaya gesek statis muncul sebagai respons terhadap gaya yang diterapkan sebelumnya untuk menggerakkan benda. Saat tidak ada gerakan, gaya gesek ini bisa memiliki nilai dari nol hingga nilai maksimalnya. Gaya gesek statis terjadi saat benda berada dalam keadaan diam atau saat benda tersebut hampir mulai bergerak (Utomo, 2013).
- b) Gaya gesek kinetis atau dinamis (Fgk) adalah gaya gesek yang muncul ketika dua benda bergerak relatif satu sama lain dan terjadi gesekan antara permukaan mereka. Gaya ini merupakan hambatan terhadap gerakan dan berlaku selama benda-benda tersebut bergerak relatif. Gaya gesek kinetik terjadi ketika benda-benda tersebut sedang bergerak (Utomo, 2013).