

SKRIPSI

ANALISIS HIDROLIK PROFIL UNIT SISTEM HIDROPONIK

Disusun dan diajukan oleh

RISNAWATI

G41115012



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

ANALISIS HIDROLIK PROFIL UNIT SISTEM HIDROPONIK

RISNAWATI

G41115012



Skripsi Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Teknologi Pertanian

Pada
Departemen Teknologi Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin

DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN

FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

ANALISIS HIDROLIK PROFIL UNIT SISTEM HIDROPONIK

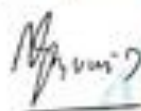
Disusun dan diajukan oleh

RISNAWATI
G411 15 012

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanoddin pada tanggal 10 Desember 2020 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Ir. Ahmad Munir, M.Eng
NIP. 19620727198903 1 003

Pembimbing Pendamping,



Samnuar, S.TP., M.Si
NIP. 19850709 201509 1 001

Ketua Program Studi,



Dr. Ir. Iqbal, S.TP., M.Si
Nip. 19781225 200212 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Risnawati
NIM : G411 15 012
Program Studi : Teknik Pertanian
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi/Tesis/Disertasi dengan Judul Analisis Hidrolik Profil Unit Sistem Hidroponik adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari Skripsi/Tesis/Disertasi karya saya ini membuktikan bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 29 Januari 2021

Yang Menyatakan



(Risnawati)

ABSTRAK

RISNAWATI (G41115012). Analisis Hidrolik Profil Unit Sistem Hidroponik di bawah bimbingan: AHMAD MUNIR dan SAMSUAR.

Latar Belakang Sistem instalasi hidroponik aliran fluida akan mengalami penurunan tekanan seiring dengan panjang pipa yang dilalui oleh aliran fluida tersebut. Dalam mekanika fluida penurunan tekanan tersebut dikarenakan fluida yang mengalir mengalami berbagai macam kerugian energi sepanjang aliran fluida. **Tujuan** penelitian ini untuk mengetahui karakteristik hidrolik pada instalasi hidroponik. **Metode** penelitian ini menggunakan data kuantitatif dari hasil pengamatan. Adapun parameter yang diamati yaitu debit aliran, kemiringan garis energi, kehilangan energi dan kedalaman aliran pada pipa. **Hasil** dari penelitian diperoleh bahwa semakin besar kehilangan energi yang terjadi pada suatu instalasi hidroponik maka debit akan semakin kecil. Hal ini dipengaruhi oleh panjang selang, semakin panjang selang pada instalasi hidroponik maka debit juga akan semakin kecil.

Kata kunci: Instalasi Hidroponik, Hidrolik, Kehilangan energi.

ABSTRACT

Risnawati (G41115012). Hydraulic Analysis of Hydroponic System Unit Profiles. Supervised by AHMAD MUNIR and SAMSUAR.

Background The hydroponics installation system of fluid flow will experience a decrease in pressure along with the length of the pipe passed by the fluid flow. In fluid mechanics the pressure drop is due to the flowing fluid experiencing various energy losses along the fluid flow. **Aim** This study is to determine the hydraulic characteristics of hydroponic installations. **Method** This study uses quantitative data from observations. The parameters observed are flow rate, energy line slope, energy loss and flow depth in the pipe. The results of the research show that the greater the energy loss that occurs in a hydroponic installation, the smaller the discharge. This is influenced by the length of the hose, the longer the hose in a hydroponic installation, the smaller the discharge.

Results From the research, it was found that the greater the energy loss that occurs in a hydroponic installation, the smaller the discharge. This is influenced by the length of the hose, the longer the hose in a hydroponic installation, the smaller the discharge.

Key words: Hydroponic Installations, HeadLoss, Hydraulic.

PERSANTUNAN



Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Penulis menyadari bahwa dengan selesainya penulisan skripsi ini tidak lepas dari doa, bimbingan, dukungan, kritik dan saran yang sifatnya membangun dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. **Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Munir, M.Eng**, selaku dosen pembimbing utama yang sangat berperan penting dan senantiasa memberikan arahan, masukan dan saran kepada saya dari awal penelitian hingga penulisan skripsi.
2. **Bapak Samsuar S.TP, M.Si** selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan motivasi, ilmu pengetahuan, waktu luang, masukan, saran dan semangat kepada saya dari awal penulisan sampai akhir penyelesaian skripsi ini.
3. **Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Munir, M.Eng**, selaku dosen Pembimbing Akademik dan segenap dosen Teknik Pertanian yang senantiasa memberikan masukan dan bimbingan selama masa perkuliahan.
4. **Ibu Dr. Ir. Sitti Nur Faridah M.P**, selaku dosen penguji yang telah memberikan saran pada skripsi saya selama proses ujian berlangsung.
5. **Ibu Dr. rer-nat Olly Sanny Hutabarat, S.TP, M.Si**, selaku dosen penguji yang telah memberikan saran pada skripsi saya selama proses ujian berlangsung.
6. **Bapak Campe, Ibu Ria**, selaku orangtua dan saudaraku **Khaeruddin, Uddin, Sudirman, Ida, Cia, Asma, Ahmad, Kahar** dan **Sapri** yang telah memberikan do'a, bantuan materiil ataupun imateriil dan semangat sehingga memotivasi saya untuk segera menyelesaikan penelitian ini.
7. Saudara-saudari seperjuangan, **Nurbaya, Irpania, Musfirah Rifa Tifani**, yang telah membantu dan memberikan motivasi dan dukungan dalam menyelesaikan penelitian ini.

Semoga seluruh amal baik yang telah diberikan oleh semua pihak kepada penulis mendapatkan balasan pahala dari Allah SWT dan semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat untuk semuanya. Aamiin.

Makassar, 29 Januari 2021

Risnawati

RIWAYAT HIDUP



Risnawati, lahir di Mattoanging pada tanggal 19 Agustus 1997 yang merupakan anak ke sepuluh dari sepuluh bersaudara pasangan dari bapak Campe dan ibu Ria. Penulis menempuh pendidikan formal pertama pada tingkat sekolah dasar (SD) Negeri192 Tanah Towa pada tahun 2003-2009. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama (SMP) Negeri20 Bulukumba pada tahun 2009-2012. Melanjutkan sekolah menengah atas (SMA) Negeri 14 Bulukumba pada tahun 2012-2015. Melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri pada tahun 2015 penulis diterima sebagai salah satu mahasiswi di Program Studi Keteknikan Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin Makassar. Penulis juga aktif dalam bidang akademik ditunjukkan dengan mengikuti berbagai seminar dan menjadi asisten laboratorium pada mata kuliah Pindah Panas, Teknik Pengolahan Hasil Pertanian dan Teknik Irigasi dan Drainase. Sedangkan dalam organisasi kampus yaitu sebagai pengurus di Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin (HIMATEPA UH) periode 2017/2018 pada Departemen Perkaderan periode 2017/2018. Penulis bergabung di Lembaga Dakwah BMI (*Back to Muslim Identity*) periode 2018-2021. Pada Juli 2018 Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Ereng-ereng, Kecamatan Tompobulu, Kabupaten Bantaeng.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
PERSANTUNAN	vii
RIWAYAT HIDUP	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan.....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Fluida	3
2.2 Sistem Perpipaan	3
2.3 Analisa Hidrolika Jaringan Perpipaan	4
2.4 Garis Tenaga dan Garis Tekanan.....	4
2.5 Kerugian pada Sistem Perpipaan.....	6
2.6 Persamaan Hazen Williams	7
2.7 Klasifikasi Aliran.....	8
2.8 Debit dan Kecepatan.....	9
2.9 Hukum Bernoulli	10
2.10 Viskositas.....	11
3. METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat.....	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Prosedur Penelitian	12
3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan.....	12
3.3.2 Parameter Pengamatan	12
3.3.3 Desain Instalasi Hidroponik	14

3.4 Diagram Alir	15
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
4.1 Gambaran Umum Penelitian	16
4.2 Kinerja Instalasi Perpipaan.....	16
4.3 Kehilangan Energi	17
5. PENUTUP.....	22
5.1 Kesimpulan.....	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN.....	25

DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
2-1	Koefisien Hazen Williams	8

DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
2-1	Garis Tenaga dan Garis Tekanan.....	5
2-2	Diagram Energi Pada Dua Tempat.....	10
3-1	Instalasi Hidroponik.....	14
3-2	Grafik Debit Selang Inlet.....	17
4-1	Grafik Kehilangan Energi pada Selang PE 1.....	18
4-2	Grafik Kehilangan Energi pada Selang PE 2.....	18
4-3	Grafik Kehilangan Energi pada Selang PE 3.....	18
4-4	Grafik Kehilangan Energi pada Selang PE 4.....	19
4-5	Grafik Kehilangan Energi pada Selang PE 5.....	19
4-6	Grafik Kehilangan Energi pada Selang PE 6.....	19

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Teks	Halaman
1	Tabel Hasil Pengambilan Data.....	25
2	Analisis Hidrolik pada Distributor Nutrisi.....	25
3	Analisis Hidrolik pada Pipa Tanaman	26
4	Pengolahan Data Menggunakan Microsoft Excel.....	27
5	Dokumentasi Penelitian	28

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem hidrolik termasuk salah satu sistem yang menggunakan fluida sebagai media untuk menggerakannya dengan menggunakan bahan pipa sebagai media pendistribusiannya (Ridwan 2013). Secara umum penggunaan pipa banyak digunakan oleh perusahaan-perusahaan sebagai pendistribusian air minum, minyak maupun gas. Demikian juga dengan instalasi hidroponik, penggunaan pipa ini digunakan untuk budidaya tanaman. Pipa merupakan sarana fluida yang memiliki berbagai ukuran dan bentuk penampang seperti bentuk penampang lingkaran maupun kotak. Material pipa bermacam-macam yaitu baja, plastik, pvc, tembaga, kuningan dan lain sebagainya (Tryantini, 2017).

Penerapan sistem hidrolik 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 dalam aliran fluida sering dijumpai pada aliran dalam pipa. Kerugian-kerugian tersebut diakibatkan oleh adanya gesekan fluida dengan dinding dalam pipa, *Headloss* atau kehilangan tekanan karena gesekan antara fluida dan dinding pipa dihitung dengan menggunakan rumus Hazen William (Tauhid, 2005).

Dalam merencanakan instalasi hidroponik perlu memperhatikan beberapa parameter utama. Menurut Klaas Dua K.S.Y (2009), parameter utama yang perlu ditentukan dalam perencanaan instalasi hidroponik antara lain meliputi: penentuan tinggi tekan, penentuan debit aliran dan penentuan diameter pipa. Perencanaan instalasi hidroponik dapat menerapkan persamaan bernoulli dengan mempertimbangkan kehilangan energi.

Kehilangan energi dapat mempengaruhi kinerja aliran pada instalasi hidroponik sehingga dapat berakibat pada semakin kecilnya nilai tinggi tekan, sehingga kecepatan aliran menjadi rendah, dan akhirnya dapat berpengaruh terhadap besar kecilnya debit yang terjadi di outlet atau titik pengambil. Selain itu, pada penelitian ini juga menghitung kedalaman air pada saluran pipa. Dampak kehilangan energi sering dianalisis pada jaringan perpipaan seperti pendistribusian

air bersih namun belum dianalisis pada instalasi hidroponik. Oleh karena itu maksud penelitian ini adalah melakukan analisis hidrolis pada instalasi hidroponik untuk mengetahui karakteristik hidrolis pada instalasi hidroponik.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik hidrolis pada instalasi hidroponik.

Adapun kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai standar untuk desain hidroponik menggunakan bahan lokal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fluida

Fluida atau zat cair (termasuk uap air dan gas) dibedakan dari benda padat karena kemampuannya untuk mengalir. Fluida lebih mudah mengalir karena ikatan molekul dalam fluida jauh lebih kecil dari ikatan molekul dalam zat padat, akibatnya fluida mempunyai hambatan yang relative kecil pada perubahan bentuk karena gesekan. Zat cair dan gas, zat cair tidak mempertahankan bentuk yang tetap, zat cair mengikuti bentuk wadahnya dan volumenya dapat di ubah hanya jika diberikan padanya gaya yang sangat besar dan gas tidak mempunyai bentuk maupun volume yang tetap, gas akan berkembang mengisi seluruh wadah. Karena fase cair dan gas tidak mempertahankan suatu bentuk yang tetap, keduanya mempunyai kemampuan untuk mengalir. Dengan demikian keduanya sering secara kolektif disebut sebagai fluida (Hidayat, 2011).

2.2 Sistem Perpipaan

Sistem perpipaan adalah suatu sistem yang digunakan untuk mengalirkan fluida cair maupun fluida gas dari suatu titik ke titik lainnya. Sistem perpipaan dibedakan menjadi 2 yaitu sistem perpipaan tunggal dan sistem perpipaan majemuk. Sistem perpipaan tunggal merupakan sistem perpipaan yang semua komponen dihubungkan secara seri tanpa adanya percabangan. Sistem perpipaan majemuk merupakan sistem perpipaan yang terdapat bagian dimana pipa diparalelkan dari satu jalur menuju dua jalur atau dua jalur menjadi satu jalur (Imanuel, 2017)

Adapun komponen-komponen sistem perpipaan (Imanuel, 2017) yaitu:

1) Pipa

Pipa merupakan komponen utama dalam sistem perpipaan. Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran yang digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh.

2) *Valve*

Valve merupakan komponen pendukung pada sistem perpipaan. Fungsi dari *valve* adalah mengatur laju aliran dalam sebuah pipa menutup atau membuka aliran, mencegah aliran balik dan mengatur tekanan.

3) *Fitting*

Fitting merupakan elemen yang mempunyai bentuk dasar pipa dengan bentuk yang bermacam-macam. *Fitting* dapat berbentuk siku (*elbow*), pipa bercabang (*tee*), pipa yang berbeda ukuran antara ujungnya (*reducer*).

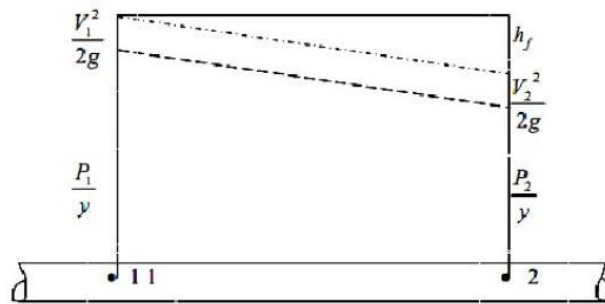
2.3 Analisa Hidrolika Jaringan Perpipaan

Air di dalam pipa selalu mengalir dari tempat yang memiliki tinggi energi lebih besar menuju tempat yang memiliki tinggi energi lebih kecil. Aliran tersebut memiliki tiga macam energi yang bekerja di dalamnya, yaitu (Priyantoro, 1991):

- a. Energi kinetik, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan kecepatannya.
- b. Energi tekanan, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan tekanannya.
- c. Energi ketinggian, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan ketinggiannya terhadap garis referensi (datum line).

2.4 Garis Tenaga dan Garis Tekanan

Berdasarkan prinsip Bernoulli tinggi tenaga total pada setiap titik pada setiap saluran pipa adalah jumlah tinggi elevasi, tinggi tekanan, dan tinggi kecepatan. Garis yang menghubungkan titik-titik tersebut dinamakan garis tenaga. Garis tekanan terletak dibawah garis tenaga sebesar tinggi kecepatan dalam pipa. Jika tinggi kecepatan sangat kecil dibanding dengan tinggi tekanan maka biasanya tinggi kecepatan diabaikan dan garis tekanan dan garis tenaga akan berimpit menjadi satu. Apabila garis tekanan berimpit dengan pipa hal ini menunjukkan bahwa tekanan didalam pipa adalah tekanan atmosfer (Almadya, 2017).



Gambar 2-1. Garis Tenaga dan Garis Tekanan [Sumber: Almadya, 2017]

Berdasarkan gambar 2-1 maka dapat diturunkan rumus:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_f \quad (1)$$

Keterangan:

- p = tekanan (N/m^2)
- Z = tinggi elevasi (m)
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)
- v = kecepatan aliran (m/s)
- γ = rapat massa fluida (N/m^3)
- h_f = kehilangan tinggi tekan dalam tekanan (m).

Garis energi atau *Energy Grade Line* (EGL) menghubungkan tinggi energi absolut antar node sepanjang jalur-jalur pipa. Garis energi absolute selalu turun, Garis tekanan atau *hydraulic grade line* bisa turun maupun naik, tergantung pada energi kecepatan (energi kinetik). Pada saat kecepatan tinggi, garis tekanan akan turun sehingga jarak antara EGL dan HGL akan besar. Sebaliknya saat kecepatan rendah, energi kinetik turun, sehingga HGL naik mendekati EGL (Subratayati, 2008).

Perubahan diameter pipa dan tempat-tempat tertentu dimana kehilangan tenaga sekunder terjadi ditandai dengan penurunan garis tenaga. Apabila kehilangan tenaga sekunder diabaikan, maka kehilangan tenaga hanya disebabkan oleh gesekan pipa. Garis tekanan (*Hydraulic Grade Line/HGL*) merupakan jumlah dari tinggi tekanan dan elevasi diukur dari garis referensi. Garis tekanan terletak dibawah garis tenaga sebesar tinggi kecepatan dalam pipa. Apabila di sepanjang pipa disambung dengan tabung tegak terbuka, yang dapat dianalogikan sebagai reservoir atau sebagai kran dalam sambungan rumah, maka zat cair di dalam pipa

akan naik dalam tabung atau reservoir atau keran tersebut. Garis yang menghubungkan permukaan zat cair dalam media-media tersebut adalah garis tekanan (Triatmodjo, 1993).

Berlainan dengan garis tenaga yang menurun secara teratur ke arah aliran, garis tekanan bisa naik pada tampang yang diperbesar layaknya sebuah reservoir. Jika tinggi kecepatan sangat kecil dibandingkan tinggi tekanan maka biasanya tinggi kecepatan diabaikan dan garis tekanan serta garis tenaga akan berimpit menjadi satu. Garis tekanan ini akan menunjukkan besarnya tekanan zat cair pada setiap titik di sepanjang pipa, jarak vertikal dari pipa ke garis tekanan adalah tinggi tekanan pada titik-titik tersebut (Triatmodjo, 1993).

Tinggi tekanan maksimum akan digunakan untuk merencanakan tebal pipa dan sambungan-sambungannya. Apabila garis tekanan berimpit dengan pipa, menunjukkan bahwa tekanan di dalam pipa adalah tekanan atmosfer. Apabila garis tekanan berada di bawah pipa berarti tekanan di dalam pipa negatif. Garis tekanan merupakan garis lurus apabila pipa lurus dan diameternya seragam (Triatmodjo, 1993).

2.5 Kerugian pada Sistem Perpipaan

Fluida yang mengalir pada sebuah pipa akan mengalami kerugian energi. Kerugian energi ini disebut dengan *head loss*. Terdapat dua jenis *head loss* yang terjadi di dalam sistem perpipaan yaitu *head loss mayor* dan *head loss minor* (Imanuel, 2017).

a. *Head Loss Mayor*

Head loss mayor merupakan kerugian energi yang terjadi akibat fluida bergesekan dengan pipa utama dari sistem perpipaan. Adapun perumusan untuk menentukan nilai *head loss mayor* berdasarkan Hazen Williams adalah sebagai berikut.

$$h_f = \left(\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \cdot L \quad (2)$$

Keterangan:

h_f = kehilangan tinggi karena gesekan (m)

Q = debit aliran (m³ /detik)

L = panjang pipa (m)

C = koefisien kekasaran Hazen William

D = diameter pipa (m)

b. *Head Loss* Minor

Head loss minor merupakan kerugian yang terjadi pada komponen tambahan pada sistem perpindahan berupa *fitting* dan lain sebagainya.

Untuk mendapatkan harga *head loss* minor digunakan persamaan berikut:

$$h_{Lm} = K_L \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

Atau dapat juga menggunakan persamaan:

$$h_{Lm} = f \frac{L_e}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

Keterangan:

H_{Lm} = *head loss* minor (m)

F = faktor gesek

L_e = panjang ekuivalen (m)

D = diameter pipa (m)

v = kecepatan aliran (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

K_L = koefisien *losses*

2.6 Persamaan Hazen-William

Persamaan ini umum dipakai untuk menghitung kehilangan tekanan pada pipa besar yaitu diatas 100 mm. Selain itu, persamaan Hazen-William umum digunakan karena lebih mudah dipakai. Persamaan Hazen-William secara empiris menyatakan bahwa debit yang mengalir didalam pipa adalah sebanding dengan diameter pipa (d) dan kemiringan hidrolis (S) yang dinyatakan sebagai rasio antara kehilangan tekanan (hL) terhadap panjang pipa (L) atau $S = (hL/L)$.

Faktor C yang menggambarkan kondisi fisik dari pipa seperti kehalusan dinding dalam pipa yang menggambarkan jenis pipa dan umur. Secara umum rumus *Hazen-William* adalah sebagai berikut:

$$Q = 0.2785 \times C \times d^{2.63} \times S^{0.54} \quad (5)$$

$$S = \frac{h_l}{L} \quad (6)$$

Sehingga:

$$h_l = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times D^{2.63}} \right)^{1.85} \cdot L \quad (7)$$

Keterangan:

- h_1 = head loss mayor (m)
- Q = Debit aliran (m³ /detik)
- L = Panjang pipa (m)
- C = Koefisien kekasaran Hazen William
- D = Diameter pipa (m)
- S = Kemiringan garis energi (m/m)

Nilai C (koefisien Hazen-William) berbeda untuk setiap berbagai jenis pipa. Koefisien Hazen-William dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 2-1. Koefisien Hazen-William [Sumber: Dharmasetiawan, 2004]

No.	Jenis (material) Pipa	Nilai C perencanaan
1.	<i>Asbes Cement</i>	120
2.	<i>Poly Vinyl Chloride (PVC)</i>	120-140
3.	<i>High Density Poly Ethylene (HDPE)</i>	130
4.	<i>Medium Density Poly Ethylene (MDPE)</i>	130
5.	<i>Ductile Cast Iron Pipe (DCIP)</i>	110
6.	<i>Besi tuang, Cast Iron (CIP)</i>	110
7.	<i>Galvanized Iron Pipe (GIP)</i>	110
8.	<i>Steel Pipe (Pipa Baja)</i>	110

2.6 Klasifikasi Aliran

Menurut Sulfikran (2014), menyatakan bahwa aliran zat cair dalam pipa dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis aliran yaitu:

a. Aliran Laminer

Aliran laminar adalah aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan yang membentuk garis-garis air dan tidak berpotongan satu sama lain. Aliran relatif mempunyai kecepatan rendah dan fluidanya bergerak sejajar dan batasan-batasan yang berisi aliran fluida. Aliran laminar adalah ciri-ciri dari arus yang berkecepatan rendah, aliran laminar tergambar sebagai filament panjang

yang mengalir sepanjang aliran. Aliran laminar mempunyai bilangan reynold lebih kecil dari 2000.

b. Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran-aliran turbulen. Aliran transisi terjadi ketika aliran memiliki bilangan reynold berada diantara 2000-4000.

c. Aliran Turbulen

Aliran turbulen adalah aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktasi yang saling berintraksi. Akibat dari hal tersebut garis alir antara partikel fluidanya saling berpotongan. Turbulen mentransport partikel-partikel dengan dua cara yakni dengan penambahan gaya fluida dan penurunan tekanan lokal ketika pusaran turbulen bekerja. Aliran turbulen mempunyai bilangan reynold yang lebih besar dari 4000.

2.7 Debit dan Kecepatan Aliran

Menurut sulfikran (2014), debit aliran digunakan untuk menghitung kecepatan aliran pada masing masing pipa. Dimana nilai dari debit aliran dengan rumus:

$$Q = \frac{v}{t} \quad (8)$$

Keterangan:

Q = debit aliran (m^3/s)

V = volume fluida (m^3)

T = waktu (s).

Kecepatan aliran dengan persamaan:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (9)$$

Keterangan:

Q = debit aliran (m^3/s)

V = volume fluida (m^3)

A = luas penampang (m^2).

2.8 Hukum Bernoulli

Air di dalam pipa selalu mengalir dari tempat yang memiliki tinggi energi lebih besar menuju tempat yang memiliki tinggi energi lebih kecil. Hal tersebut dikenal dengan prinsip Bernoulli, bahwa tinggi energi total pada sebuah penampang pipa adalah jumlah energi kecepatan, energi tekanan dan energi ketinggian yang dapat ditulis sebagai berikut (Bentley, 2007).

E_{tot} = energi ketinggian + energi kecepatan + energi tekanan

$$E_{tot} = h + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma_w} \quad (10)$$

Keterangan:

h = ketinggian (m)

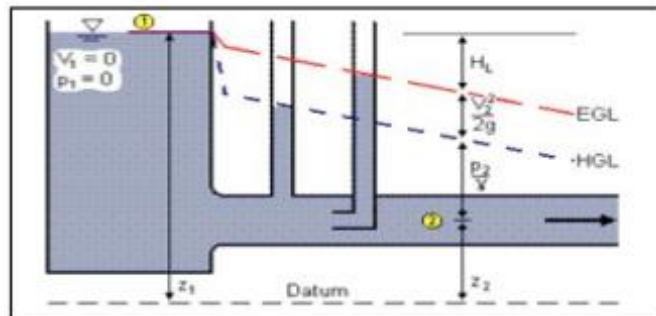
v = kecepatan fluida (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

P = tekanan (pa)

γ_w = massa jenis (kg/m^3)

Menurut teori kekekalan energi dari hukum Bernoulli yakni apabila tidak ada energi yang lolos atau diterima antara dua titik dalam satu sistem tertutup, maka energi totalnya tetap konstan. Hal tersebut dapat dijelaskan pada gambar 2-2 di bawah ini:



Gambar 2-2. Diagram Energi pada Dua Tempat [Sumber: Bentley, 2007]

Adapun persamaan bernoulli pada gambar diatas dapat ditulis sebagai berikut:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma_w} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma_w} + \frac{v_2^2}{2g} + H_L \quad (11)$$

Keterangan:

Z_1, Z_2 = tinggi elevasi dititik 1 dan 2 (m)

h_1 = kehilangan tekan (m)

$$\frac{p_1}{\gamma_w}, \frac{p_2}{\gamma_w} = \text{tinggi tekan dititik 1 dan 2 (m)}$$

$$\frac{v_1^2}{2g}, \frac{v_2^2}{2g} = \text{tinggi kecepatan dititik 1 dan 2 (m)}$$

2.9 Viskositas

Viskositas fluida adalah ukuran ketahanan sebuah fluida terhadap deformasi atau perubahan bentuk. Viskositas dipengaruhi oleh temperature, tekanan, kohesi dan laju perpindahan momentum molekulnya. Viskositas cair cenderung menurun dengan seiring bertambahnya kenaikan temperature hal ini disebabkan gaya-gaya kohesi pada zat cair bila dipanaskan akan mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya temperature pada zat cair (singgih, 2011).

Pada masalah sehari-hari viskositas adalah ketebalan atau pergesekan internal. Oleh karena itu, air yang tipis memiliki viskositas lebih rendah. Semakin rendah viskositas suatu fluida semakin besar juga pergerakan dari fluida tersebut. Viskositas menjelaskan ketahanan internal fluida untuk mengalir dan mungkin dapat dipikirkan sebagai pengukuran dari pergeseran fluida. Seluruh fluida memiliki ketahanan dari tekanan yang biasa disebut kental, akan tetapi, fluida yang tidak memiliki ketahanan tekanan dan tegangan disebut juga dengan fluida ideal (singgih, 2011).