

TESIS

**KARAKTERISTIK ALIRAN FLUIDA PADA *CHAMBER*
MOBILE ROBOT DISINFEKTAN MENGGUNAKAN
*ULTRA VIOLET C (UVC)***

*Fluid Flow Characteristics in the Chamber of a Disinfectant
Mobile Robot Using Ultra Violet C (UVC)*

MOH. FAJRI SIDIK

D022212005



**PROGRAM STUDI S2 TEKNIK MESIN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

KARAKTERISTIK ALIRAN FLUIDA PADA *CHAMBER MOBILE ROBOT* DISINFEKTAN MENGGUNAKAN *ULTRA VIOLET C (UVC)*

Disusun dan diajukan oleh

MOH. FAJRI SIDIK

D022212005

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka

Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

pada tanggal 19 November 2024

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui
Komisi Penasehat,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, M.T.
NIP. 195912201986011001

Pembimbing Pendamping



Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST., M.Sc
NIP. 197602162010121002

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli,
ST.,MT.,IPM., ASEAN. Eng
NIP. 19730926 200012 1 002

Ketua Program Studi
Magister Teknik Mesin



Dr. Eng. Novriany Amaliyah, ST, MT
NIP. 197911122008122002

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Moh. Fajri Sidik

Nomor mahasiswa : D022212005

Program studi : S2 Teknik Mesin

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul “KARAKTERISTIK ALIRAN FLUIDA PADA *CHAMBER MOBILE ROBOT* DISINFEKTAN MENGGUNAKAN *ULTRA VIOLET C (UVC)*” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, M.T dan Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST., M.Sc). Karya ilmiah ini belum diajukan dan sedang tidak diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari tesis ini telah dipublikasikan di prosiding “*International Conference on Research in Engineering and Science Technology 2024 (IC-REST 2024) ID Paper ICR-425*” sebagai artikel dengan judul “*Experimental Analysis of Fluid flow in the Chamber Mobile Robot Disinfectant Using Ultraviolet C (UVC)*”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 22 November 2024

Yang menyatakan



Moh. Fajri Sidik

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmatnya sehingga disertasi ini dapat diselesaikan.

Penyusunan tesis ini penulis susun dalam rangka untuk menyelesaikan tesis yang merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi pada program magister di Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Terima kasih penulis ucapkan kepada mereka yang telah memberikan bantuan baik materi maupun moral, sehingga berkat bantuan nyalah setiap kendala yang penulis alami dalam penyusunan tesis dapat terselesaikan. Untuk itu dengan segala rasa hormat, penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua serta adik dan kakak penulis atas doa, pengorbanan, dan motivasinya selama penulis menempuh pendidikan.
2. Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam., MT sebagai pembimbing utama dan Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST., M.Sc sebagai pembimbing pendamping. Yang telah dengan penuh kesabaran dan ketulusan memberikan ilmu dan bimbingan terbaik kepada penulis.
3. Prof. Dr. Rustan Tarakka, S.T., M.T, MT, Prof. Dr.Eng. Ir. Jalaluddin, ST., MT., dan Dr. Eng. Novriany Amaliyah, ST., MT. sebagai komisi tim penguji. Telah memberikan masukan dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.
4. Rektor universitas Hasanuddin dan Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memfasilitasi saya menempuh program magister serta para dosen dan rekan-rekan dalam tim penelitian.
5. Bapak Afrison atas segala bentuk bantuan yang telah diberikan dalam pengerjaan instalasi alat uji serta penggunaan fasilitas dan peralatan di Laboratorium Mekanika Fluida Departemen Teknik Mesin.
6. Para Karyawan Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Hasanuddin yang telah membantu penulis dalam proses Administrasi.
7. Teman - teman mahasiswa S2 yang telah memberikan dukungan, semangat dan do'a yang tulus baik secara moril kepada penulis.
8. Kepada mahasiswa S1 Teknik Mesin yang telah membantu dari awal persiapan pembuatan instalasi alat penelitian hingga dengan selesainya alat

instalasi penelitian tersebut.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, untuk itu semua jenis saran, kritik dan masukan yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat dan memberikan wawasan tambahan bagi para pembaca dan khususnya bagi penulis sendiri.

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Moh. Fajri Sidik', written in a cursive style.

Moh. Fajri Sidik

ABSTRAK

Moh. Fajri Sidik. Karakteristik Aliran Fluida Pada *Chamber* Mobile Robot Disinfektan Menggunakan Ultra Violet C (UVC) (Dibimbing oleh : **Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam dan Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST., M.Sc**)

TBC, campak, dan influenza adalah penyakit yang dapat menyebar melalui udara, sehingga penggunaan perangkat pembersih udara tambahan seperti filter HEPA membantu, namun filter ini memerlukan perawatan rutin dan tidak cocok untuk lingkungan berdebu. Alternatif seperti sinar *ultraviolet-C* (UVC) dan ionisasi udara dengan filter pembersih otomatis sedang diupayakan. Disinfeksi udara dengan lampu UVC dalam kotak dapat berfungsi sebagai pembersih udara mandiri. Namun, perangkat ini menghadapi tantangan dalam mencapai waktu tinggal patogen yang cukup di ruang UVC sambil mempertahankan aliran udara yang efisien. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan sekat dalam *chamber* UV dapat meningkatkan waktu paparan dan efektivitas penonaktifan patogen, namun dapat berpengaruh pada hambatan aliran dan penurunan tekanan. Penurunan tekanan berdampak pada konsumsi energi, sehingga analisis eksperimental dan numerik diperlukan untuk memahami karakteristik aliran fluida dalam *chamber* UV dengan berbagai jumlah sekat. Studi ini menemukan bahwa Penambahan sekat dalam chamber menyebabkan penurunan kecepatan aliran udara dan peningkatan gaya gesek serta hambatan. Pada tegangan 220 volt, kecepatan aliran tanpa sekat ($N=0$) adalah 13,16 m/s, sedangkan dengan enam sekat ($N=6$) turun menjadi 11,64 m/s, menunjukkan penurunan sekitar 11,54 %. Sekat juga membuat aliran fluida lebih teratur, tetapi menyebabkan *swirl* atau *vortex* pada belokan. Penambahan sekat menghasilkan pola penurunan tekanan yang lebih stabil dari inlet ke outlet namun menyebabkan peningkatan penurunan tekanan pada chamber, dari 64 Pa pada $N=0$ menjadi 72 Pa pada $N=2$ (kenaikan 12,5 %), 80 Pa pada $N=4$ (kenaikan 11,1 %), dan 98 Pa pada $N=6$ (kenaikan 22,5 %) akibat peningkatan area gesekan dan belokan, yang memperkuat turbulensi dalam chamber.

Kata Kunci : *karakteristik aliran, penurunan tekanan, chamber*

ABSTRACT

Moh. Fajri Sidik. Fluid Flow Characteristics in the Chamber of a Disinfectant Mobile Robot Using Ultra Violet C (UVC) (Supervised by : **Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam and Dr. Eng. Andi Amijoyo Mochtar, ST., M.Sc**)

Tuberculosis, measles and influenza are diseases that can spread through the air, so the use of additional air cleaning devices such as HEPA filters helps, but these filters require regular maintenance and are not suitable for dusty environments. Alternatives such as ultraviolet-C (UVC) light and air ionization with self-cleaning filters are being pursued. Air disinfection with a boxed UVC lamp can serve as a standalone air purifier. However, these devices face the challenge of achieving sufficient pathogen residence time in the UVC chamber while maintaining efficient airflow. Previous studies have shown that the addition of baffles in UV chambers can increase exposure time and pathogen deactivation effectiveness, but can affect flow resistance and pressure drop. Pressure drop has an impact on energy consumption, so experimental and numerical analysis is needed to understand the fluid flow characteristics in UV chambers with various number of baffles. This study found that the addition of baffles in the chamber leads to a decrease in airflow velocity and increase in friction force and resistance. At a voltage of 220 volts, the flow velocity without baffles ($N=0$) was 13.16 m/s, while with six baffles ($N=6$) it dropped to 11.64 m/s, showing a decrease of about 11.54%. The baffles also make the fluid flow more regular, but cause *swirl* or *vortex* at the turns. The addition of baffles results in a more stable pressure drop pattern from inlet to outlet but causes an increase in pressure drop in the chamber, from 64 Pa at $N=0$ to 72 Pa at $N=2$ (12,5 % increase), 80 Pa at $N=4$ (11,1 % increase), and 98 Pa at $N=6$ (22,5 % increase) due to the increase in friction area and turns, which amplifies turbulence in the chamber.

Keywords : *Flow characteristics, Pressure drop, Chamber*

DAFTAR ISI

SAMPUL

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA ..	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Mobile Robot</i>	5
2.2 Pembersih udara	6
2.2.1 Klasifikasi pembersih udara	6
2.3 Fluida	7
2.4 Klasifikasi Fluida.....	8
2.4.1 Fluida Statis	8
2.4.2 Fluida Dinamis.....	9

2.5	Sifat dan Karakteristik Fluida	9
2.5.1	Massa Jenis (<i>Density</i>).....	9
2.5.2	Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>).....	9
2.5.3	Viskositas Udara	9
2.5.4	Kemampatan (<i>Compressibility</i>).....	10
2.5.5	Tekanan	10
2.5.6	Tekanan Statik, Tekanan Stagnasi, dan Tekanan Dinamik	11
2.6	Penurunan Tekanan (<i>Pressure Drop</i>)	12
2.7	Aliran <i>Internal</i> dan <i>Eksternal</i>	13
2.8	Aliran Fluida Dalam Saluran.....	13
2.8.1	Aliran Laminar.....	13
2.8.2	Aliran Turbulen.....	14
2.8.3	Aliran Transisi	14
2.8.4	Kecepatan Aliran	15
2.8.5	Aliran Berkembang Penuh (<i>Fully Developed Flow</i>).....	15
2.8.6	Aliran <i>Compressible</i> dan Aliran <i>Inkompresible</i>	15
2.8.7	Aliran <i>Steady</i> dan <i>Unsteady</i>	16
BAB III METODE PENELITIAN		17
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2	Objek penelitian.....	17
3.3	Pendekatan Eksperimental	18
3.3.1	Skema Penelitian.....	18
3.3.2	Peralatan Pendukung	20
3.3.3	Alat ukur.....	21
3.3.4	Prosedur Pengambilan Data	22
3.3.5	Pengolahan data	22

3.4 Pendekatan Komputasi.....	24
3.5 Diagram Alir Penelitian	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Analisis Data Penelitian	28
4.2 Mekanisme Kontrol	29
4.3 Karakteristik aliran	31
4.3.1 Profil Kecepatan Aliran.....	31
4.3.2 Profil tekanan.....	35
4.4 Penurunan Tekanan (<i>Pressure Drop</i>)	39
4.4.1 Pendekatan Eksperimental.....	39
4.4.2 Pendekatan Komputasi.....	43
4.4.3 Perbandingan Nilai Penurunan Tekanan (<i>Pressure Drop</i>) pada Pendekatan Eksperimental dan Pendekatan Komputasi.....	46
BAB V PENUTUP.....	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	54

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kondisi batas model uji	25
Tabel 2 Hasil pengujian variasi daya tegangan dimmer terhadap kecepatan udara	29
Tabel 3 Data penelitian pada pengujian eksperimental	39
Tabel 4 Data penelitian pada pengujian komputasi	43
Tabel 5 Nilai penurunan tekanan (<i>Pressure drop</i>) pada pendekatan eksperimental dan komputasi.....	46
Tabel 6 Data penelitian pada pengujian eksperimental	54
Tabel 7 Data Hasil Perhitungan pada pengujian eksperimental	55
Tabel 8 Data hasil perhitungan pada pengujian komputasi.....	56
Tabel 9 Data selisih perbandingan pengujian eksperimental dan komputasi.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Tekanan yang diberikan sama dari segala arah dan jika berbeda maka akan menyebabkan fluida bergerak (Chapter 2, 2011)	11
Gambar 2 Pengukuran Tekanan Stagnasi dan Tekanan Statis (Fox, R. W., McDonald, A. T., & Pritchard, 2011).....	11
Gambar 3 <i>Time-averaged</i> , \bar{u} dan <i>fluctuating</i> , u' , deskripsi parameter aliran turbulen. (chengel)	14
Gambar 4 Profil kecepatan untuk aliran di dalam saluran	15
Gambar 5 <i>Chamber mobile</i> robot disinfektan	17
Gambar 6 Sekat <i>Chamber</i>	18
Gambar 7 Skema Alat Uji	19
Gambar 8 Centrifugal Blower	20
Gambar 9 Dimmer	20
Gambar 10 <i>Pitot tube</i>	21
Gambar 11 <i>Pressure tap</i>	21
Gambar 12 Manometer V.....	21
Gambar 13 Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 14 Perbandingan antara daya tegangan dan kecepatan aliran udara	30
Gambar 15 Lokasi bagian AA.....	31
Gambar 16 Vektor kecepatan pada $v_{in} = 8,5$ m/s.....	32
Gambar 17 Vektor kecepatan pada $v_{inlet} = 10,5$ m/s	34
Gambar 18 Kontur Tekanan pada $v_{inlet} = 8,5$ m/s.....	36
Gambar 19 Kontur tekanan pada $v_{inlet} = 10,5$ m/s	38
Gambar 20 Perbandingan Kecepatan Terhadap Penurunan Tekanan Pada Pendekatan Eksperimental	40
Gambar 21 Perbandingan Penurunan Tekanan Terhadap Jumlah Sekat Pada Pendekatan Eksperimental	41
Gambar 22 Grafik Perbandingan Kecepatan Terhadap Penurunan Tekanan Pada Pendekatan Komputasi	44
Gambar 23 Perbandingan Penurunan Tekanan Terhadap Jumlah Sekat Pada Pendekatan Komputasi	44

Gambar 24 Grafik Perbandingan Kecepatan Terhadap Penurunan Tekanan Pada Pendekatan Komputasi	47
Gambar 25 Grafik Perbandingan nilai penurunan tekanan pada pendekatan eksperimental dan komputasi	48
Gambar 26 Vektor kecepatan pada $v_{inlet} = 9 \text{ m/s}$	59
Gambar 27 Vektor kecepatan pada $v_{inlet} = 9,5 \text{ m/s}$	61
Gambar 28 Vektor kecepatan pada $v_{inlet} = 10 \text{ m/s}$	63
Gambar 29 Kontur tekanan pada $v_{inlet} = 9 \text{ m/s}$	65
Gambar 30 Kontur tekanan pada $v_{inlet} = 9,5 \text{ m/s}$	67
Gambar 31 Kontur tekanan pada $v_{inlet} = 10 \text{ m/s}$	69
Gambar 32 Proses perakitan alat	70
Gambar 33 Proses pengambilan data Eksperimen.....	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Data Penelitian	54
Lampiran 2. Profil Kecepatan pada $v_{inlet} = 9$ m/s, 9.5 m/s, dan 10 m/s.....	58
Lampiran 3. Profil tekanan pada $v_{inlet} = 9$ m/s, 9.5 m/s, dan 10 m/s.....	64
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian.....	70
Lampiran 5. Jurnal	72

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
A	Luas permukaan (m^2)
c	Kecepatan suara (m/s)
F	Gaya (N)
m	Massa
D	Diameter (m)
G	Gravitasi (m/s^2)
P	Tekanan (Pa)
Q	Debit (m^3/s)
T	Temperatur
Re	Bilangan Reynolds
SG	Specific gravity (kg/m^3)
V	Kecepatan (m/s)
μ	Viskositas Dinamik ($N.s/m^2$)
ν	Viskositas Kinematik (m^2/s)
τ	Tegangan Geser
ρ	Massa jenis (kg/m^3)
$M\alpha$	Bilangan mach
Δp	<i>Pressure Drop</i> (Pa)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mikroorganisme berbahaya yang tersuspensi di udara atau menempel pada permukaan merupakan ancaman utama bagi kesehatan manusia (M. D. Wang & Jolly, 2004). Sebelum merebaknya virus corona yang mematikan pada tahun 2020, telah ada beberapa kasus yang dilaporkan di masa lalu seperti, *severe acute respiratory syndrom* (SARS) pada tahun 2003 dan H1N1 pada tahun 2010 (Smith, 2006).

Virus corona dapat menyebar melalui berbagai cara, manusia merupakan salah satu sumber utama penularan virus melalui droplet atau partikel yang disebabkan oleh batuk atau bersin. Selain itu, media lain seperti logam, kertas, dan kaca juga bisa menjadi tempat penyebaran virus corona. Namun, karena virus corona sensitif terhadap panas, disinfektan mengandung klorin dan pelarut lemak pada suhu 56°C selama 30 menit, eter, alkohol, asam perasetat, formalin, oksidan dan kloroform dapat membunuh virus corona (Z. Wang et al., 2020).

Metode kimia adalah yang paling umum digunakan untuk menghilangkan mikroorganisme berbahaya (Leclercq & Nardello-Rataj, 2020). Ada beberapa kelemahan utama saat menggunakan bahan kimia dengan cara ini. Bahan kimia dapat membunuh mikroorganisme secara selektif; mereka membutuhkan waktu untuk membunuh mikroorganisme sepenuhnya (dalam beberapa kasus hingga 1 jam). Senyawa kimia yang tidak bereaksi dapat mencemari lingkungan dan proses pembersihan biasanya terbatas pada permukaan, kurang efektif bila digunakan terhadap mikroorganisme di udara (Raber et al., 2001).

Salah satu metode paling efektif untuk mendisinfeksi udara dari patogen adalah dengan menggunakan Radiasi ultraviolet C (UVC, panjang gelombang 200-280 nm) dimiliki telah terbukti menonaktifkan mikroorganisme dengan merusak asam nukleat dan protein patogen, yang menyebabkan tidak berfungsinya proses reproduksi patogen dan menyebabkan kematian sel (Reed, 2010; Yang et al., 2017). Pada penelitian (Zhang et al., 2020) dengan menyelidiki pengaruh faktor

lingkungan seperti kecepatan aliran udara, kelembaban relatif (RH), suhu dan reflektansi saluran terhadap kinerja lampu UVC dalam saluran. *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas alcaligenes* dan *Escherichia coli* digunakan sebagai uji bakteri. Penyinaran UV, kemanjuran desinfeksi, dan konstanta kerentanan UV (nilai Z) dari bakteri uji ditentukan secara eksperimental. Hasilnya menunjukkan bahwa kemanjuran desinfeksi UV menurun seiring dengan peningkatan kecepatan aliran udara dan RH.

Pada penelitian (Snelling et al., 2022) dengan perangkat pengolahan udara UVC portable dengan penggunaan 3 sekat pada *chamber* UV dapat menambah waktu paparan sehingga secara efektif menonaktifkan bioaerosol yang mengandung organisme indikator bakteri dan virus, serta virus corona tanpa bergantung pada teknologi filtrasi.

Namun dengan penambahan sekat juga dapat berpengaruh terhadap aliran fluida dan penurunan tekanan pada *chamber* UV. Penurunan tekanan merupakan salah satu yang berpengaruh dalam peningkatan pemanfaatan energi, menghemat energi, dan mengurangi emisi. Penelitian eksperimental dan numerik menggunakan CFD dapat dilakukan untuk prediksi penurunan tekanan pada alat kelengkapan saluran dan faktor-faktor yang mempengaruhi keakuratannya (Malanichev & Akhmadiev, 2020; Perumal & Ganesan, 2016; Röhrig et al., 2015; Salehi et al., 2017; Sleiti et al., 2017). Ditemukan bahwa kombinasi model k- ϵ dan skema numerik diskrit orde tinggi menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi (dengan kesalahan relatif 10%).

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk memahami penurunan tekanan dalam saluran dan (D'ambros et al., 2018; Manuel et al., 2018; Wojewodka et al., 2018). Penurunan tekanan dalam saluran dapat diakibatkan oleh resistensi lokal pada elemen yang mengganggu seperti tikungan, cabang, alat kelengkapan karena penyesuaian dan deformasi aliran, pembentukan aliran pusaran ketika aliran terhenti dari yang tajam tepi struktur, terjadinya zona sirkulasi, elemen pengganggu permukaan yang tajam.

Melihat kurangnya literatur yang dipublikasikan terkait dengan aliran Fluida dan penurunan tekanan pada *chamber* UV, maka perlu dilakukan penelitian lebih

lanjut untuk mengetahui karakteristik aliran Fluida pada *chamber* UV dengan penambahan variasi jumlah sekat dan pengaruhnya terhadap penurunan tekanan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang, maka peneliti dapat merumuskan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi jumlah sekat terhadap kecepatan udara pada *chamber mobile* robot disinfektan?
2. Bagaimana karakteristik aliran fluida pada *chamber mobile* robot disinfektan dengan variasi jumlah sekat?
3. Bagaimana penurunan tekanan pada *chamber mobile* robot disinfektan dengan variasi jumlah sekat?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis pengaruh variasi jumlah sekat terhadap kecepatan udara pada *chamber mobile* robot disinfektan.
2. Menganalisis karakteristik aliran fluida pada *chamber mobile* robot disinfektan dengan variasi jumlah sekat.
3. Menganalisis perbedaan penurunan tekanan (*Pressure drop*) antara *inlet* dan *outlet chamber mobile* robot disinfektan pada setiap variasi jumlah sekat.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan – batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian berfokus pada aliran fluida dalam *chamber* robot disinfektan
2. Fluida penelitian yang digunakan adalah udara.
3. Pompa yang digunakan adalah Pompa Sentrifugal.
4. Tidak memperhitungkan perpindahan panas.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Untuk memberi informasi mengenai pengaruh variasi jumlah sekat terhadap penurunan tekanan (*Pressure Drop*) pada *chamber mobile* robot disinfektan.

2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk penelitian lebih lanjut yang berkaitan dengan karakteristik aliran fluida pada *chamber mobile* robot disinfektan dengan variasi jumlah sekat pada *chamber*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Mobile Robot*

Mobile Robot adalah kombinasi dari berbagai komponen fisik (perangkat keras) dan komputasi (perangkat lunak). Dalam hal komponen perangkat keras, *mobile robot* dapat dianggap sebagai suatu kumpulan subsistem seperti:

1. *Locomotion* : Bagaimana robot bergerak melalui lingkungannya
2. *Sensing* : bagaimana robot mengukur sifat dirinya dan lingkungannya
3. *Reasoning* : Bagaimana Robot memetakan pengukuran ini menjadi tindakan
4. *Communication* : Bagaimana robot berkomunikasi dengan perangkat lain

Secara umum *mobile robot* dapat diartikan sebagai robot yang memiliki ruang kerja yang luas. Dikatakan luas, karena bagian dasar dari robot ini diletakkan alat untuk bergerak, seperti roda atau kaki. Selain itu *mobile robot* dapat dibedakan juga berdasarkan kendalinya, berikut beberapa sistem pengendalian *mobile robot* diantaranya :

1. Autonomous Robot

Robot Autonomous adalah robot yang dapat melakukan tugas-tugas yang diinginkan dalam lingkungan yang tidak terstruktur tanpa bimbingan manusia terus menerus berdasarkan logika-logika yang diberikan manusia kepada robot. Salah satu contoh autonomous robot adalah robot Avoider yang dapat menghindari penghalang secara otomatis.

2. Teleoperated Robot

Robot ini dalam pengoperasian dikendalikan dari jarak jauh. Robot jenis ini dikendalikan oleh operator (manusia) dengan menggunakan remote control. Salah satu contoh dari teleoperated robot adalah robot Radio Control bernama *Earth Rider* yang bisa dijalankan melewati air, udara sekaligus jalan darat.

3. *Semi Autonomous*

Robot *semi autonomous* adalah robot yang pengendaliannya dapat secara otomatis maupun pengendalian jarak jauh dengan menggunakan remote control. Salah satu contohnya yaitu robodog buatan Amerika Serikat yang didesain untuk membantu pekerjaan tentara.

2.2 Pembersih udara

Pembersih udara dikembangkan untuk mengurangi polutan udara di dalam ruangan yang sebagian besar berupa partikel. Di Tiongkok, alat pembersih udara yang paling awal dikembangkan adalah pembersih elektrostatik. Ini awalnya ditemukan oleh kelompok penulis dari studio pembersih udara bekas Institut Pendingin Udara di Akademi Penelitian Bangunan China sebagai peralatan tambahan pada tahun 1971 di Tianjin untuk mengurangi konsentrasi partikel area puseran di ruang bersih dengan aliran campuran. Alat ini disebut sebagai pembersih udara elektrostatik pada waktu itu.

Pembersih udara rumah tangga atau umum yang dikembangkan pertama kali di Tiongkok dipatenkan oleh penulis pada tahun 1988 dengan judul “*furnitur dengan sistem pemurnian udara*”. Ini adalah pembersih udara dengan tipe penghalang mekanis. Telah diketahui bahwa radiasi UV dapat digunakan untuk membunuh bakteri, namun penghuninya terkadang tidak boleh terkena paparan tersebut.

2.2.1 Klasifikasi pembersih udara

1. Berdasarkan Objek Perlakuan

Menurut objek perlakuannya, pembersih udara dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Pembersih udara partikulat
- Pembersih udara berbentuk gas
- Pemurni udara campuran (termasuk partikular dan gas).

2. Berdasarkan Bidang Aplikasi

Menurut bidang penerapannya, pemurni udara dapat diklasifikasikan sebagai berikut

- Pembersih udara rumah tangga

- Pembersih udara umum
- Alat pembersih udara yang dipersonalisasi (atau alat pembersih udara di atas meja).

3. Berdasarkan Metode Instalasi

Menurut metode pemasangannya, pemurni udara dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Alat pembersih udara portabel (atau dapat dipindahkan termasuk tipe gantung).
- Pembersih udara dalam saluran.

4. Berdasarkan Prinsip

- a. Prinsip penerapan pembersih udara partikulat pada dasarnya meliputi:
 - Filtrasi—berlaku untuk semua partikel (non-bakteri dan bakteri)
 - Adsorpsi dengan metode elektrostatik tegangan tinggi—berlaku untuk semua partikel, terutama untuk partikel dengan diameter kurang dari 1 μm
 - Iradiasi UV—hanya berlaku untuk partikel bakteri
 - Fotokatalis nano—hanya berlaku untuk partikel bakteri
 - Plasma dan ion negatif—terutama berlaku untuk partikel bakteri, dan juga mampu mempercepat pengendapan partikel.
- b. Prinsip penerapan pembersih udara gas terutama meliputi:
 - Adsorpsi fisik—seperti karbon aktif. Kadang-kadang mungkin terbatas karena mungkin mengeluarkan bahan berbahaya selama proses regenerasi.
 - Fotokatalis nano—reaksi terjadi terutama di permukaan.
 - Katalisis dan kompleksasi kimia—harus ada zat kimia, seperti zat kompleks kimia untuk penyerapan zat kimia.

2.3 Fluida

Di dalam fisika diketahui bahwa suatu zat ada dalam tiga fase utama yaitu padat, cair, dan gas. (Pada suhu yang sangat tinggi, disebut juga ada sebagai plasma.) Suatu zat dalam fase cair atau gas disebut sebagai cairan. Perbedaan antara benda padat dan fluida dibuat berdasarkan kemampuan zat untuk menahan tegangan geser yang diterapkan yang cenderung mengubah bentuknya.

Benda padat dapat menahan tegangan geser yang diberikan dengan cara deformasi, sedangkan fluida berubah bentuk secara terus menerus di bawah pengaruh tegangan geser, tidak peduli seberapa kecilnya. Dalam zat padat, tegangan sebanding dengan regangan, tetapi dalam zat cair, tegangan sebanding dengan laju regangan. Ketika gaya geser konstan diterapkan, padatan akhirnya berhenti berubah bentuk, pada beberapa sudut regangan tetap, sedangkan cairan tidak pernah berhenti berubah bentuk dan mendekati tingkat regangan tertentu.

Fluida mempunyai dua sifat fisik yaitu viskositas dan densitas. Dimana viskositas adalah sifat fluida yang diberikannya tahanan terhadap tegangan geser oleh fluida tersebut. Besar kecilnya viskositas fluida tergantung pada suhu fluida tersebut. Untuk fluida cair, makin tinggi suhunya, maka viskositasnya semakin kecil, sedang untuk fluida gas, makin tinggi suhunya, maka viskositasnya semakin besar. Sedangkan densitas atau kerapatan suatu fluida didefinisikan sebagai massa per satuan volume.

Dalam mekanika fluida, aliran kompresibel berbeda secara signifikan dari aliran inkompresibel. Dalam aliran kompresibel, densitas fluida dalam aliran berubah, sedangkan pada aliran inkompresibel (paling sering adalah aliran cairan), densitas fluida (maka volume partikel) adalah konstan. Mengingat hal di atas, aliran inkompresibel tidak akan dapat menggunakan energi internal dalam gerakan fluida, dan gerakan fluida hanya akan dijelaskan oleh hukum Newton, serta dalam mekanika solid state, sedangkan untuk menggambarkan aliran kompresibel akan diperlukan untuk mengambil hukum termodinamika, yang diberikan dalam tabel berikut. Fluida merupakan zat yang dapat berubah bentuk secara terus – menerus jika terkena tegangan geser meskipun tegangan geser itu kecil. Tegangan geser adalah gaya geser dibagi dengan luas permukaan tempat adanya gaya geser tersebut. Gaya geser adalah komponen gaya yang menyinggung permukaan (Chengel, n.d.).

2.4 Klasifikasi Fluida

2.4.1 Fluida Statis

Fluida Statis adalah fluida yang berada dalam fase tidak bergerak alias diam. Atau bisa juga fluida tersebut bergerak namun tidak ada perbedaan yang signifikan

pada kecepatan antar partikel fluida tersebut. Dalam kasus ini fluida sebenarnya bergerak, namun dengan kecepatan yang seragam sehingga fluida tidak terkena gaya geser.

2.4.2 Fluida Dinamis

Fluida Dinamis adalah fluida yang dalam fase bergerak dan memiliki gaya geser. Dinamis atau bergerak yang berarti memiliki kecepatan yang konstan terhadap waktu, tidak termampatkan, tidak kental dan tidak mengalami putaran-putaran (Ghurri, 2014)

2.5 Sifat dan Karakteristik Fluida

2.5.1 Massa Jenis (*Density*)

Massa jenis adalah kepadatan jumlah molekul yang terdapat dalam satuan volume fluida. Hal ini perlu diketahui karena semakin banyak molekul yang ada, maka kepadatan fluida juga dapat bertambah. Kemudian, kepadatan fluida meningkat seiring dengan bertambahnya tekanan saat tekanan diterapkan pada fluida. Lalu, jika temperatur fluida meningkat maka massa jenis fluida akan menurun.

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{satuan volum}} = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Dimana:

m = massa fluida (kg)

v = volume fluida (m^3)

2.5.2 Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Berat jenis pada fluida bergantung pada kepadatan massa dan percepatan gravitasinya. Biasanya, dalam perhitungan berat jenis fluida, untuk benda cair akan menggunakan kadar air sebagai standarnya. Sedangkan untuk benda gas menggunakan udara sebagai standarnya

2.5.3 Viskositas Udara

Sifat selanjutnya adalah viskositas udara, yakni resistensi fluida udara terhadap perubahan bentuk dan pergerakan yang terjadi. Viskositas juga membantu

untuk memahami fluida statis atau dinamis. Pada intinya viskositas sebuah fluida perlu kita hitung untuk mengukur resistensi fluida terhadap aliran.

2.5.4 Kemampatan (*Compressibility*)

Kemampatan adalah pengecilan volume akibat adanya tekanan atau perubahan suhu pada fluida. Namun yang sebenarnya bisa dimampatkan hanyalah benda gas. Sedangkan benda cair jika dimampatkan akan berpengaruh pada density dan deformasi pada molekul fluida (Asrori et al. 2021).

2.5.5 Tekanan

Tekanan dapat diartikan sebagai besarnya gaya (F) tiap satuan luas permukaan (A). Apabila zat (cair, padat, dan gas) menerima gaya yang bekerja secara tegak lurus terhadap luas permukaan zat tersebut (Chapter 2, 2011)., maka dapat dirumuskan:

$$P = \frac{F}{A} \quad (2)$$

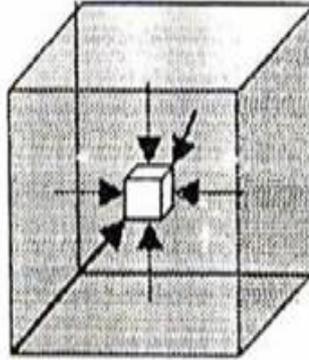
Dimana:

P = Tekanan (N/m^2)

F = Gaya (N)

A = Luas dari Permukaan (m^2)

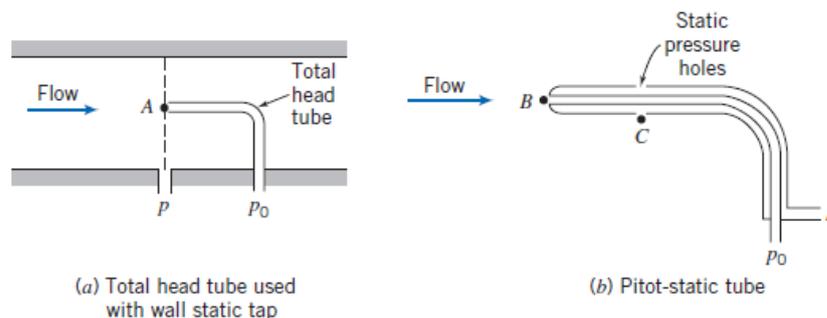
Konsep dari tekanan begitu berguna pada persoalan mengenai fluida. Dalam pengujian Fakta membuktikan bahwa fluida memberikan tekanan ke segala arah. Pada titik tertentu dalam fluida stasioner, tekanannya sama di semua arah. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. arah fluida pada kubus kecil, dengan mengabaikan gravitasi. Tekanan pada satu sisi mempunyai kesamaan dengan sisi yang lainnya. Bila keadaan ini tidak sama, maka total gaya yang bekerja terhadap kubus akan tidak sama dengan nol, sehingga kubus akan bergerak.



Gambar 1 Tekanan yang diberikan sama dari segala arah dan jika berbeda maka akan menyebabkan fluida bergerak (Chapter 2, 2011)

2.5.6 Tekanan Statik, Tekanan Stagnasi, dan Tekanan Dinamik

Tekanan statik atau tekanan termodinamika pada persamaan Bernoulli adalah tekanan fluida yang diukur oleh alat yang bergerak bersama dengan fluida. Kondisi ini sangat sulit diwujudkan, namun dengan kenyataan bahwa tidak ada variasi tekanan pada arah penampang tegak lurus aliran, maka tekanan statik dapat diukur dengan membuat lubang kecil pada dinding aliran sedemikian rupa sehingga sumbunya tegak lurus dinding aliran (*wall Pressure tap*). Cara lain adalah dengan memasang probe atau tabung *pitot* pada aliran fluida jauh dari dinding aliran. Pengukuran tekanan statis dilakukan oleh lubang kecil di bagian bawah dinding tabung.



Gambar 2 Pengukuran Tekanan Stagnasi dan Tekanan Statis (Fox, R. W., McDonald, A. T., & Pritchard, 2011)

Tekanan Stagnasi adalah tekanan fluida yang diukur pada aliran fluida yang diperlambat sampai diam, $V = 0$ dengan kondisi aliran tanpa gesekan. Pengukuran tekanan stagnasi pada tabung *pitot* diukur oleh lubang kecil di mulut tabung yang akan tepat tegak lurus terhadap garis arus dari aliran. Jika P adalah tekanan static

pada penampang dengan kecepatan fluida adalah V dan P_0 adalah tekanan stagnasi dimana kecepatan stagnasi aliran fluida V_0 adalah 0, maka dapat dihitung :

$$P_0 = P + \rho \frac{V^2}{2} \quad (3)$$

Dimana :

P_0 = tekanan stagnasi (Pa)

P = tekanan static (Pa)

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

v = kecepatan fluida (m/s)

Suku kedua, $\rho \frac{V^2}{2}$ adalah tekanan dinamik yaitu tekanan akibat kecepatan fluida, yakni selisih antara tekanan statik dengan tekanan stagnasi. maka pengukuran tekanan statis dan tekanan stagnasi dengan tabung *pitot* dapat juga sekaligus mengukur tekanan dinamisnya. Penerapan yang lain dari persamaan ini adalah perubahan tekanan dinamis menjadi kecepatan fluida dengan kondisi aliran tak mampu mampat. Dengan demikian tabung *pitot* dapat juga dipergunakan sebagai alat ukur kapasitas aliran.

2.6 Penurunan Tekanan (*Pressure Drop*)

Dalam aliran fluida dapat terjadi penurunan tekanan karena adanya perubahan ketinggian, perubahan kecepatan akibat perubahan penampang dan gesekan fluida. Pada aliran tanpa gesekan penurunan tekanan dapat dianalisa dengan persamaan Bernoulli yang memperhitungkan penurunan tekanan ke dalam perubahan ketinggian dan perubahan kecepatan. Sehingga perhatian utama dalam menganalisa kondisi aliran yaitu pengaruh dari gesekan. Gesekan akan menimbulkan penurunan tekanan atau kehilangan tekanan dibandingkan dengan aliran tanpa gesekan. Penurunan tekanan dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_1 - P_2 \\ \Delta P &= P_{in} - P_{out} \end{aligned} \quad (4)$$

Dimana :

ΔP = Penurunan Tekanan (Pa)

P_{in} = Tekanan *Inlet* (Pa)

P_{out} = Tekanan *Outlet* (Pa)

2.7 Aliran *Internal* dan *Eksternal*

Aliran fluida diklasifikasikan sebagai *internal* atau *eksternal*, tergantung pada apakah fluida dipaksa mengalir di saluran terbatas atau di atas permukaan. Aliran fluida tak terbatas di atas permukaan seperti pelat, kawat, atau pipa adalah aliran eksternal. Aliran dalam pipa atau saluran adalah aliran internal jika fluida dibatasi seluruhnya oleh permukaan padat. Aliran air dalam pipa, misalnya, adalah aliran internal, dan aliran udara di atas bola atau di atas pipa terbuka selama hari berangin adalah aliran eksternal. Aliran zat cair dalam suatu saluran disebut aliran saluran terbuka jika saluran tersebut hanya terisi sebagian cairan dan terdapat permukaan bebas. Aliran air di sungai dan saluran irigasi adalah contoh aliran tersebut.

Aliran internal didominasi oleh pengaruh viskositas di seluruh medan aliran. Dalam aliran eksternal, efek viskos terbatas pada lapisan batas di dekat permukaan padat dan untuk membangunkan daerah hilir tubuh (Ghurri, 2015).

2.8 Aliran Fluida Dalam Saluran

2.8.1 Aliran Laminar

Aliran fluida jenis ini akan terjadi apabila kecepatan fluida yang mengalir melalui pipa rendah, maka gerakan alirannya akan konstan (*steady*) baik besarnya maupun arahnya pada sembarang titik. Aliran laminar dapat diketahui dari perhitungan Reynold Number :

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \quad (5)$$

Dimana :

ρ = Density fluida (kg/m³)

V = Kecepatan Aliran Fluida (m/s)

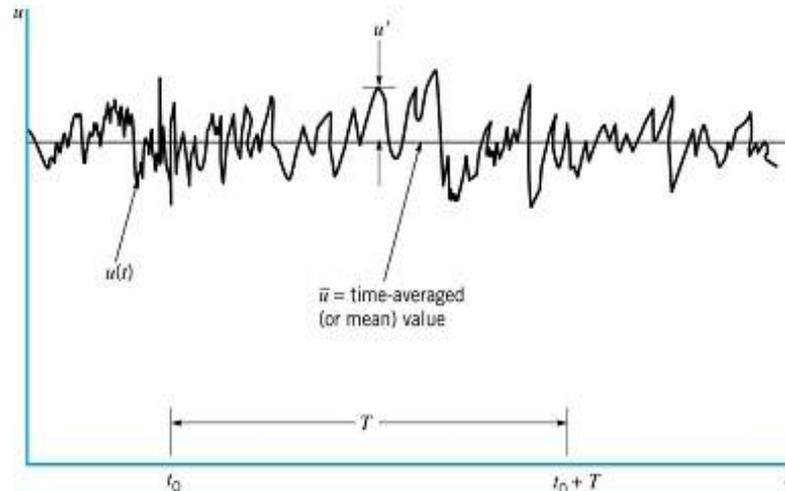
D = Diameter dalam pipa (m)

μ = Viskositas Dinamik (kg/ms³)

Berdasarkan percobaan aliran di dalam pipa, Reynold menetapkan bahwa untuk bilangan Reynold di bawah 2000 ($Re < 2000$), gangguan aliran dapat diredam oleh kekentalan zat cair maka disebut aliran laminar.

2.8.2 Aliran Turbulen

Aliran ini terjadi apabila kecepatan fluida tinggi, aliran tidak lagi steady namun bervariasi baik besar maupun arahnya pada sembarang titik. Aliran akan bersifat turbulen jika hasil perhitungan Reynold number (Re) diatas 4000 ($Re > 4000$, Aliran Turbulen) seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 3 *Time-averaged, \bar{u} dan fluctuating, u' , deskripsi parameter aliran turbulen.* (chengel)

Kecepatan fluida dalam aliran pada suatu titik dapat dianggap sebagai waktu rata-rata dari kecepatan fluida. Jadi jika $u = u(x, y, z, t)$ adalah komponen kecepatan fluida sesaat di beberapa titik, maka nilai waktu rata-rata, \bar{u} adalah

$$\bar{u} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} (u(x, y, z, t) dt) \quad (6)$$

Dalam konsep tegangan geser untuk aliran turbulen, ini tidak sebanding dengan gradien kecepatan waktu rata-rata ($\tau \neq \mu \frac{d\bar{u}}{dy}$). Aliran ini juga berisi kontribusi yang disebabkan oleh fluktuasi acak dari komponen kecepatan.

2.8.3 Aliran Transisi

Apabila bilangan Reynold berada di antara kedua nilai tersebut ($2000 < Re < 4000$) disebut aliran transisi. Bilangan Reynold pada kedua nilai di atas ($Re = 2000$ dan $Re = 4000$) disebut dengan batas kritis bawah dan atas.

2.8.4 Kecepatan Aliran

Laju aliran yang melewati suatu pipa dipengaruhi oleh luasan dari lubang pipa. Persamaan dasar dari kecepatan aliran fluida adalah sebagai berikut: (Chapter 8,2011).

$$V = \frac{Q}{A} \quad (7)$$

Dimana :

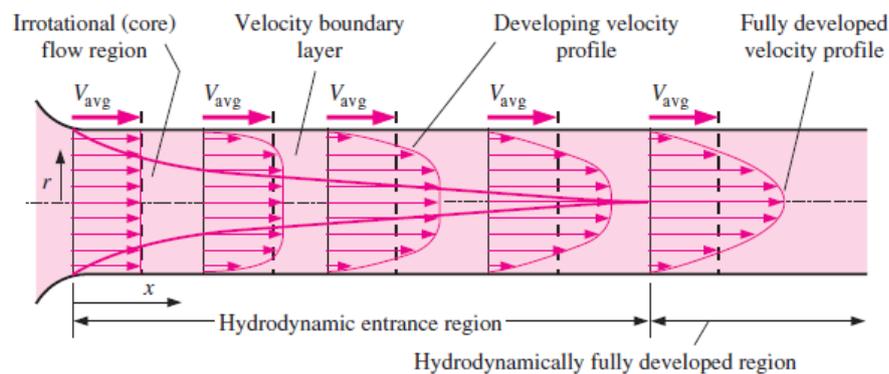
V = Kecepatan fluida (m/s)

Q = Debit aliran (m³/s)

A = Luas pipa (m²)

2.8.5 Aliran Berkembang Penuh (*Fully Developed Flow*)

Fully Developed Flow merupakan suatu fenomena aliran dimana terjadinya *boundary layer* maksimum atau profil kecepatan yang tetap, tidak mengalami perubahan. Profil ini dipengaruhi oleh viskositas yang berakibat pada terjadinya gaya geser antara profil kecepatan. Fenomena aliran seperti ini akan terjadi ketika aliran yang mengalir tidak mengalami gangguan, seperti fitting, instalasi, dan sebagainya. Setiap aliran baik aliran laminar maupun aliran turbulen mempunyai besaran yang berbeda dimana untuk aliran laminar bernilai konstan dari titik awal, hal tersebut terjadi karena pengaruh kecepatan fluida sehingga *fully developed flow* lebih cepat, berbeda dengan aliran turbulen dimana *fully developed flow* disebabkan oleh adanya aliran acak sehingga *fully developed flow* terjadi lebih panjang.



Gambar 4 Profil kecepatan untuk aliran di dalam saluran

2.8.6 Aliran *Compressible* dan Aliran *Inkompressible*

Aliran diklasifikasikan sebagai *kompresibel* dan *inkompresibel*, tergantung pada tingkat variasi densitas selama aliran. Inkompresibilitas adalah pendekatan,

dan aliran dikatakan incompressible jika kerapatannya tetap hampir konstan. Oleh karena itu, volume setiap bagian fluida tetap tidak berubah selama gerakannya ketika aliran (atau fluida) tidak dapat dimampatkan.

Kepadatan cairan pada dasarnya konstan, dan dengan demikian aliran cairan biasanya tidak dapat dimampatkan. Oleh karena itu, zat cair biasanya disebut sebagai zat yang tidak dapat dimampatkan. Tekanan 210 atm, misalnya, menyebabkan densitas air cair pada 1 atm berubah hanya sebesar 1 persen. Gas, di sisi lain, sangat kompresibel. Perubahan tekanan hanya 0,01 atm, misalnya, menyebabkan perubahan 1 persen dalam kerapatan udara atmosfer. Ketika menganalisis roket, pesawat ruang angkasa, dan sistem lain yang melibatkan aliran gas berkecepatan tinggi, kecepatan aliran sering dinyatakan dalam bilangan Mach tak berdimensi yang didefinisikan sebagai : (Ghurri, 2014)

$$Ma = \frac{V}{c} = \frac{\text{Speed of flow}}{\text{Speed of sound}} \quad (8)$$

Dimana :

Ma = Bilangan Mach

V = Kecepatan Aliran Fluida (m/s)

c = Kecepatan Suara (m/s)

2.8.7 Aliran *Steady* dan *Unsteady*

Aliran *steady* adalah Aliran, di mana jumlah cairan yang mengalir per detik adalah konstan, disebut aliran stabil. Aliran *steady* mungkin seragam atau tidak seragam. Aliran *unsteady* ialah Aliran di mana jumlah cairan yang mengalir per detik tidak konstan, disebut aliran tidak stabil. Istilah Tidak Tetap (*Unsteady*). Dalam mekanika fluida, *unsteady* adalah istilah yang paling umum yang berlaku untuk setiap aliran yang tidak tunak, tetapi transien biasanya digunakan untuk mengembangkan aliran. Ketika mesin roket dinyalakan, misalnya, ada efek sementara (tekanan menumpuk di dalam mesin roket, aliran dipercepat, dll.) hingga mesin menjadi tenang dan beroperasi dengan Tetap. Istilah periodik mengacu pada jenis aliran tidak tetap di mana aliran berosilasi tentang rata-rata tetap.