



# **DASAR- DASAR PROSES PENGOLAHAN LIMBAH**



Rakhmad Armus • Muhammad Ihsan Mukrim • Efbertias Sitorus  
Octovianus SR Pasanda • Julhim S. Tangio • Mahyati • Ismail Marzuki  
Erni Mohammad • Muhammad Syahrir • Faizah Mastutie

# **DASAR- DASAR PROSES PENGOLAHAN LIMBAH**



#### UU 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi

Pembatasan Perforokagen Pasal 26

Keterbatasan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk keperluan penelitian ilmiah yang dipublikasikan tanpa untuk keperluan penyebaran informasi ilmiah;
- Penggunaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- Penggunaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, keasul pertunjukan dan Program yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Program, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

- Setiap Orang yang dengan sengaja hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf e, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah);
- Setiap Orang yang dengan sengaja hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).

# **Dasar- Dasar Proses Pengolahan Limbah**

Rakhmad Armus, Muhammad Ihsan Mukrim, Efbertias Sitorus  
Octovianus SR Pasanda, Julhim S. Tangio, Mahyati, Ismail Marzuki  
Erni Mohammad, Muhammad Syahrir, Faizah Mastutie



Penerbit Yayasan Kita Menulis

# Dasar- Dasar Proses Pengolahan Limbah

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2022

Penulis:

Rakhmad Amus, Muhammad Ihsan Mukrim, Efbertias Sitorus  
Octovianus SR Pasanda, Julhim S. Tangio, Mahyati, Ismail Marzuki  
Emi Mohammad, Muhammad Syahrir, Faizah Mastutie

Editor: Matias Julyus Fika Sirait

Desain Sampul: Devy Dian Pratama, S.Kom.

Penerbit

Yayasan Kita Menulis

Web: [kitamenulis.id](http://kitamenulis.id)

e-mail: [press@kitamenulis.id](mailto:press@kitamenulis.id)

WA: 0821-6453-7176

IKAPI: 044/SUT/2021

Rakhmad Amus., dkk.

Dasar- Dasar Proses Pengolahan Limbah

Yayasan Kita Menulis, 2022

xiv; 152 hlm; 16 x 23 cm

ISBN: 978-623-342-525-4

Cetakan 1, Juli 2022

- I. Dasar- Dasar Proses Pengolahan Limbah
- II. Yayasan Kita Menulis

## Katalog Dalam Terbitan

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku tanpa  
izin tertulis dari penerbit maupun penulis

## Kata Pengantar

Puji dan syukur selalu dipanjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa sehingga tim penulis dapat menyelesaikan buku ini dengan baik. Buku ini disusun atas kebutuhan yang mendesak terhadap buku Pengolahan limbah cair.

Pembaca akan diajak untuk dapat memahami permasalahan limbah cair yang merupakan perkara pelik yang harus ditangani secara bijaksana sampai pada sumbernya. Masyarakat sebagai sumber terbentuknya buangan air limbah diajak untuk mengubah paradigma tentang limbah selama ini.

Buku ini terdiri atas sepuluh bab yang berisi tentang

Bab 1 Karakteristik Limbah Cair

Bab 2 Laju Air Limbah

Bab 3 Sasaran, Metoda dan Implementasi Pengelolaan Limbah Cair

Bab 4 Pemilihan Diagram Proses

Bab 5 Pemilihan Proses Pengolahan Limbah

Bab 6 Pengukuran Laju, Kesetimbangan Aliran

Bab 7 Pemisahan Secara Gravitasi

Bab 8 Adsorpsi

Bab 9 Sterilisasi

Bab 10 Limbah Konstruksi

Akhirnya tim penulis menyadari, buku ini masih banyak yang belum dapat dipaparkan secara runut dan gamblang sebagai buah dari pengetahuan yang kurang matang. Sebagai tim penulis yang berjumlah 10 orang ini sangat maklum bahwa kesempurnaan itu hanya milik Tuhan

Yang Maha Esa dan untuk ini kami sangat berterimakasih jika ada saran kritik dari pembaca budiman dengan menjadikan buku ini sebagai bahan telaah akademik di kampus maupun dalam lingkungan ilmiah.

Terima kasih kepada semua pihak yang membantu sampai terbitnya buku ini, semoga menjadi sumber ilmu bagi pembaca dan sebagai ladang pahala bagi yang menyebarkannya.

Tim Penulis,

Rakhmad Armus, dkk

# Daftar Isi

Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi .....	vii
Daftar Gambar .....	xi
Daftar Tabel.....	xiii
<b>Bab 1 Karakteristik Limbah Cair</b>	
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Kualitas Air .....	2
1.3 Karakteristik Limbah Cair .....	3
1.4 Sumber Pencemaran Air .....	6
1.5 Pengolahan Air Limbah .....	11
1.5.1 Pengolahan Berdasarkan Tingkat Perlakuan .....	11
1.5.2 Pengolahan Limbah Berdasarkan Karakteristik .....	13
<b>Bab 2 Laju Air Limbah</b>	
2.1 Pendahuluan.....	15
2.2 Aliran Air Limbah.....	16
2.3 Metode Perhitungan Laju Air Limbah.....	18
2.3.1 Debit Air Limbah Rumah Tangga .....	18
2.4 Metode Pengukuran Laju Air Limbah.....	21
2.4.1 Air Limbah pada Saluran Pipa .....	22
2.4.2 Air Limbah pada Instalasi Pengolahan .....	25
<b>Bab 3 Sasaran, Metoda dan Implementasi Pengelolaan Limbah Cair</b>	
3.1 Pendahuluan.....	27
3.2 Sasaran Pengelolaan Limbah Cair .....	28
3.3 Metode Pengelolaan Limbah Cair.....	30
3.4 Implementasi Pengelolaan Limbah Cair.....	37
<b>Bab 4 Pemilihan Diagram Proses</b>	
4.1 Pendahuluan.....	39
4.2 Diagram Alir Pengolahan Limbah .....	42
4.3 Pengolahan Lumpur Limbah.....	43
4.4 Teknologi Terkini dalam Pengolahan Limbah.....	56



4.5 Pengolahan Limbah Secara Anaerobik.....	49
---	----

### **Bab 5 Pemilihan Proses Pengolahan Limbah**

5.1 Pendahuluan.....	53
5.2 Sifat dan Karakteristik Limbah.....	54
5.3 Prinsip Dasar Pengelolaan Limbah .....	55
5.3.1 Prinsip Mencegah.....	56
5.3.2 Prinsip Mengurangi.....	56
5.3.3 Prinsip Menggunakan Kembali.....	57
5.3.4 Prinsip Mendaur Ulang.....	57
5.3.5 Prinsip Memperoleh Kembali .....	58
5.3.6 Prinsip Mengolah Secara Aman.....	58
5.4 Mekanisme Pengolahan Limbah.....	59
5.5 Pemilihan Proses Pengolahan Limbah.....	61

### **Bab 6 Pengukuran Laju, Kesetimbangan Aliran**

6.1 Pendahuluan.....	65
6.2 Jenis-Jenis Aliran Fluida.....	66
6.2.1 Aliran Laminar.....	66
6.2.2 Aliran Transisi.....	67
6.2.3 Aliran Turbulen.....	67
6.2.4 Bilangan Reynolds.....	69
6.3 Alat Pengukur Aliran Fluida.....	69
6.3.1 Pengukuran Aliran Fluida .....	70
6.3.2 Alat Ukur Laju Aliran Fluida.....	70
6.3.3 Venturimeter.....	71
6.3.3 Flow Nozzle .....	72
6.3.4 Pitot Tubes .....	73
6.3.5 Flat Orifice.....	74

### **Bab 7 Pemisahan Secara Gravitasi**

7.1 Tinjauan Umum tentang Limbah.....	77
7.2 Karakterisasi Air Limbah.....	81
7.2.1 Karakteristik Fisik.....	82
7.2.2 Karakteristik Kimia Air Limbah.....	83
7.2.3 Karakteristik Biologi.....	85
7.3 Metode Pemisahan Limbah .....	85
7.4 Tahapan Pemisahan Secara Gravitasi .....	89
7.5 Proses Filtrasi dan Residunisasi pada Pemisahan Air Limbah .....	92

## **Bab 6**

# **Pengukuran Laju, Keseimbangan Aliran**

### **6.1 Pendahuluan**

Definisi limbah adalah bahan sisa atau buangan dari suatu kegiatan atau aktivitas dan proses produksi. Jenis limbah dapat dibagi menjadi 3 golongan yaitu limbah padat, limbah cair dan limbah gas. Secara umum limbah tidak memiliki nilai ekonomi dan manfaat, tetapi dapat membahayakan jika tidak diolah karena dapat mencemari lingkungan. Salah limbah yang dapat merusak lingkungan yaitu limbah cair yang mengandung bahan kimia karena tidak mudah terurai oleh bakteri (lingkungan). Limbah cair memiliki karakteristik yang dapat diukur adalah padatan-padatan seperti total *solid*, *suspended solid*, dan *dissolved solid*. Indikator limbah cair dapat diukur untuk menentukan kepekatan air limbah untuk menentukan metode penanganan dan proses pengolahan limbah cair tersebut. Limbah cair tersebut memiliki karakteristik bentuk yang tetap dan dapat dimampatkan sehingga memiliki kemampuan untuk mengalir.

Pengukuran suatu aliran limbah cair yang memiliki kecepatan merupakan serangkaian kegiatan untuk menentukan besaran dalam kegiatan penanganan

dan pengolahan dan mengukur jumlah produksi limbah cair yang dihasilkan. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur aliran cairan disebut flow meter.

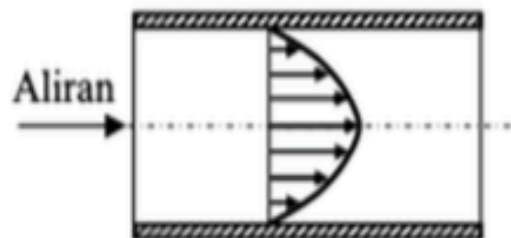
## 6.2 Jenis-Jenis Aliran Fluida

Fluida atau zat cair adalah wujud yang tidak mempunyai bentuk yang tetap, tetapi dapat mengalir dan dapat mengambil bentuk tempat yang diisinya atau berdasarkan bentuk wadahnya. Aliran fluida internal tak mampu mampat adalah aliran di dalam suatu laluan yang penampangannya berupa kurva tertutup dan massa jenis fluida sepanjang medan aliran adalah tetap, tidak berubah. Berdasarkan jenis aliran maka fluida dapat dibedakan menjadi 2 jenis yang disebabkan adanya pengaruh gesekan atau viskositasnya yaitu aliran tanpa gesekan dan terjadi bergesekan.

### 6.2.1 Aliran Laminar

Aliran laminar adalah aliran partikel fluida bergerak sejajar dalam layer dan garis-garis arusnya halus atau serat aliran fluida. Aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan, atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam terjadinya gerakan relatif antara lapisan. Suatu parameter tak berdimensi penting dalam persamaan untuk mengetahui nilai aliran yaitu Bilangan Reynolds yang menjelaskan dalam kondisi apa aliran akan laminar atau turbulen.

Dalam aliran laminar memiliki nilai Reynolds yang kecil ( $Re < 2300$ ) dan partikel-partikel fluida seolah-olah bergerak sepanjang lintasan-lintasan yang halus dan lancar, dengan satu lapisan meluncur secara mulus pada lapisan yang bersebelahan. Sifat kekentalan zat cair berperan penting dalam pembentukan aliran laminar. Aliran laminar bersifat *steady* atau alirannya tetap. Aliran fluida tetap menunjukkan bahwa di seluruh aliran air, debit alirannya tetap atau kecepatan aliran tidak berubah menurut waktu. Adapun gambar 6.1 yang menunjukkan aliran laminar di dalam wadah tertutup (pipa).



**Gambar 6.1:** Aliran Laminer (Ainul Ghurri, 2014)

### 6.2.2 Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan antara dari aliran laminar dan aliran turbulen. Jenis aliran transisi memiliki bilangan Reynolds di antara dari aliran laminar dan aliran turbulen yaitu ( $2300 < Re < 4000$ ). Bilangan Reynolds yang lebih besar dari aliran laminar maka aliran fluida akan menjadi tidak stabil, jika suatu gangguan kecil diberikan pada aliran tersebut maka aliran fluida akan semakin besar sesuai dengan bertambahnya waktu. Suatu aliran dikatakan stabil apabila gangguan-gangguan pada aliran dapat diredam dan apabila bilangan Reynolds yang lebih kecil dari aliran laminar maka fluida akan bersifat stabil pada setiap gangguan yang kecil.

Aliran transisi tergantung pada gangguan-gangguan yang dapat berasal dari luar atau karena kekasaran permukaan pipa, transisi tersebut dapat terjadi dalam selang bilangan Reynolds disekitar  $2300 < Re < 4000$ . Namun, bilangan Reynolds yang membatasi aliran turbulen dan laminar bergantung pada geometri sistem dan, lebih jauh lagi, transisi dari aliran laminar ke turbulen umumnya sensitif terhadap noise dan ketidaksempurnaan dalam sistem.

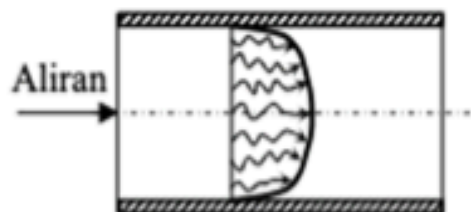
### 6.2.3 Aliran Turbulen

Aliran turbulen merupakan suatu kecepatan aliran fluida yang bergerak yang memiliki kecepatan yang besar dan menghasilkan aliran yang tidak laminar tetapi membentuk aliran yang kompleks, lintasan gerak partikel saling tidak teratur antara satu dengan yang lain. Aliran Fluida yang bergerak memiliki bilangan Reynolds yang lebih tinggi, aliran turbulen dapat dipertahankan tanpa batas yang mencapai yaitu  $Re > 4000$ .

Ciri dari aliran turbulen yaitu:

1. Terjadi ketidak keteraturan dalam lintasan fluidanya
2. Aliran partikel fluida banyak bercampur atau tidak homogen
3. Kecepatan fluida yang tinggi
4. Panjang skala aliran besar dan
5. Viskositasnya rendah.

Karakteristik aliran turbulen ditunjukkan oleh terbentuknya pusaran-pusaran dalam aliran, yang menghasilkan pencampuran antara partikel-partikel fluida secara terus menerus di seluruh penampang aliran. Aliran di mana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami pencampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Adapun kondisi aliran turbulen dapat dilihat pada Gambar 6.2 sehingga terbentuk turbulensi aliran fluida yang dapat menimbulkan suatu bangkitan tegangan geser secara merata diseluruh aliran fluida serta menyebabkan terjadinya kerugian-kerugian pada aliran fluida.



**Gambar 6.2:** Aliran Turbulensi (Ainul Ghurri, 2014)

Dalam dinamika fluida, aliran turbulen dicirikan oleh pergerakan partikel yang tidak teratur (bisa dikatakan kacau) dari fluida. Tidak seperti aliran laminar, fluida tidak mengalir dalam lapisan paralel, pencampuran lateral sangat tinggi, dan ada celah di antara lapisan. Turbulensi juga ditandai dengan re sirkulasi, pusaran, dan keacakan yang nyata. Pada aliran turbulen, kecepatan fluida pada suatu titik mengalami perubahan terus menerus baik besar maupun arahnya. Sedangkan partikel fluida pada aliran turbulen akan bergerak ke segala arah dengan kecepatan sama atau berbeda terhadap proyeksi sumbu  $x$ ,  $y$  dan  $z$ . Partikel fluida berpindah dari satu layer ke layer lainnya dengan gerakan yang acak. Tingkat turbulensi yang tergantung pada kekentalan fluida, berat jenis,

kecepatan pergerakan partikel itu sendiri, dan geometri tempat fluida mengalir (Herman, 2017).

### 6.2.4 Bilangan Reynolds

Bilangan Reynolds merupakan bilangan tak berdimensi yang dapat membedakan suatu aliran itu dinamakan laminar, transisi atau turbulen. (Rachmat, 2017)

$$Re = \frac{\rho V l}{\mu} \quad (6.1)$$

Di mana: V = kecepatan (rata-rata) fluida yang mengalir (m/s)

L = diameter dalam pipa (m)

$\rho$  = massa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$  = viskositas dinamik fluida (kg/m.s) atau (N. det/ m<sup>2</sup>)

Dilihat dari kecepatan aliran, menurut bilangan Reynolds, diasumsikan/dikategorikan:

1. Aliran laminar, dengan  $Re < 2300$ .
2. Aliran turbulen, dengan  $Re > 4000$
3. Aliran transisi, dengan  $Re$  di antara 2300 dan 4000 (bilangan Reynolds kritis).

## 6.3 Alat Pengukur Aliran Fluida

Beberapa fungsi *flow meter* adalah untuk mengukur tekanan, suhu dari aliran *fluida*. Adapun *flow meter* berfungsi sebagai alat *monitoring* yang akan menjadikan pekerjaan lebih mudah dan tingkat keamanan lebih baik saat *over pressure* atau kondisi yang abnormal.

### 6.3.1 Pengukuran Aliran Fluida

Pengukuran aliran adalah untuk mengukur kapasitas aliran, massa laju aliran, volume aliran. Pemilihan alat ukur pada aliran fluida tergantung pada ketelitian, kemampuan pengukuran, harga, kemudahan pembacaan, kesederhanaan dan keawetan alat ukur tersebut. Dalam pengukuran fluida termasuk penentuan tekanan, kecepatan, debit, gradien kecepatan, turbulensi dan viskositas.

Metode pengukuran aliran yang digolongkan sebagai berikut: langsung, tak langsung, gravimetrik, volumetrik, elektronik, elektromagnetik dan optik. Pengukuran debit secara langsung terdiri dari atas penentuan volume atau berat fluida yang melalui suatu penampang dalam suatu selang waktu tertentu. Metode tak langsung bagi pengukuran debit memerlukan penentuan tinggi tekanan, perbedaan tekanan atau kecepatan di beberapa titik pada suatu penampang dan dengan besaran perhitungan debit.

Metode pengukuran aliran yang paling teliti adalah penentuan gravimerik atau penentuan volumetrik dengan berat atau volume diukur atau penentuan dengan mempergunakan tangki yang dikalibrasikan untuk selang waktu yang diukur.

Pada prinsipnya besar aliran fluida dapat diukur melalui:

1. Kecepatan (velocity)
2. Berat (massanya)
3. Luas bidang yang dilaluinya
4. Volume

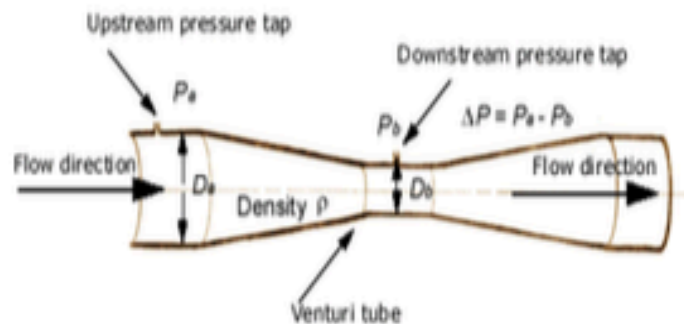
### 6.3.2 Alat Ukur Laju Aliran Fluida

Jenis alat ukur aliran *fluida* yang paling banyak digunakan di antaranya alat ukur lainnya adalah alat ukur *fluida* jenis laju aliran. Hal ini dikarenakan oleh konstruksinya yang sederhana dan pemasangannya yang mudah. Alat ukur aliran *fluida* dibagi menjadi empat jenis yaitu:

1. Venturimeter
2. Nozzle
3. Pitot tubes
4. Orifice

### 6.3.3 Venturimeter

Alat *venturimeter* untuk mengukur aliran fluida yang berdasarkan beda tekanan, sedangkan alat untuk menunjukkan besaran aliran fluida yang diukur dengan alat manometer pipa U. Rangkaian alat *venturimeter* dan sistem manometer dapat mengukur kecepatan aliran fluida yang tetap, jika kecepatan aliran berubah maka diameter throatnya dapat diperbesar untuk memberikan pembacaan yang akurat atau diperkecil untuk mengakomodasi kecepatan aliran maksimum yang baru. Gambar alat venturimeter sesuai pada Gambar 6.3



**Gambar 6.3:** Venturimeter (Natalegawa, 2013)

Berdasarkan teori persamaan hidrostatis munculnya perbedaan tekanan dapat disebabkan oleh adanya perbedaan pada diameter pipa dan juga ketinggian cairan dimasing-masing pipa (Ariza, 2019). Jika terdapat data perbedaan tekanan aliran fluida pada *venturimeter*, baik secara kuantitatif dan data kecepatan juga diketahui maka dapat digunakan sebagai solusi untuk mencari jumlah aliran yang melewati alat *venturimeter* (Ariza, 2019). Hal ini juga merupakan solusi dalam memahami lebih jauh tentang persamaan Bernoulli yang menjelaskan kondisi yang berkaitan dengan kecepatan aliran, tinggi permukaan zat cair dan tekanan zat (Ariza, 2019). Adapun alat venturimeter memiliki beberapa kekurangan karena harga alat yang mahal, memerlukan ruangan yang besar dan rasio diameter *throat* yang kecil dan cenderung mengalami penyumbatan sehingga memengaruhi keakuratan pembacaan tidak dapat diubah.



Alat venturimeter dapat dibagi 3 bagian utama yaitu:

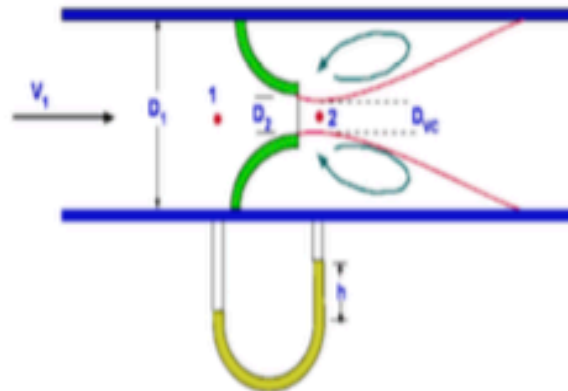
1. Bagian Inlet: Bagian yang berbentuk lurus dengan diameter yang sama seperti diameter pipa atau cerobong aliran. Lubang tekanan awal ditempatkan pada bagian ini.
2. Inlet Cone: Bagian yang berbentuk seperti kerucut, yang berfungsi untuk menaikkan tekanan fluida.
3. Throat (leher): Bagian tempat pengambilan beda tekanan akhir bagian ini berbentuk bulat datar. Hal ini dimaksudkan agar tidak mengurangi atau menambah kecepatan dari aliran yang keluar dari inlet cone. (Natalegawa, 2013)

Pada alat *venturimeter fluida* masuk melalui bagian *inlet* dan diteruskan ke bagian *outlet cone*. Pada bagian inlet ditempatkan titik pengambilan tekanan awal. Pada bagian *inlet cone fluida* akan mengalami penurunan tekanan yang disebabkan oleh bagian *inlet cone* yang berbentuk kerucut atau semakin mengecil kebagian *throat*. Selanjutnya *fluida* masuk kebagian *throat*, sebagai tempat pengambilan tekanan akhir yang berbentuk bulat datar. Lalu *fluida* akan melewati bagian akhir dari *venturi meter* yaitu *outlet cone*. *Outlet cone* ini berbentuk kerucut pada bagian kecil berada pada *throat*, dan pada *Outlet cone* ini tekanan kembali normal. (Natalegawa, 2013)

Jika aliran melalui *venturi meter* itu benar-benar tanpa gesekan, maka tekanan fluida yang meninggalkan meter tentulah sama persis dengan *fluida* yang memasuki meteran dan keberadaan meteran dalam jalur tersebut tidak akan menyebabkan kehilangan tekanan yang bersifat permanen dalam tekanan. Penurunan tekanan pada *inlet cone* akan dipulihkan dengan sempurna pada *outlet cone*. Gesekan tidak dapat diabaikan dan juga kehilangan tekanan yang permanen dalam sebuah meteran yang dirancang dengan tepat. (Natalegawa, 2013)

### 6.3.3 Flow Nozzle

Alat *flow nozzle* merupakan alat pengukuran aliran *fluida* untuk mengetahui perbedaan tekanan pada fluida dan disambung dengan alat manometer. Pada alat *flow nozzle* kecepatan aliran *fluida* bertambah dan tekanan semakin berkurang dan aliran *fluida* yang akan keluar secara bebas setelah melewati lubang *flow nozzle*. *Flow nozzle* terdiri dari dua bagian utama yang melengkung pada silinder sesuai pada Gambar 6.4

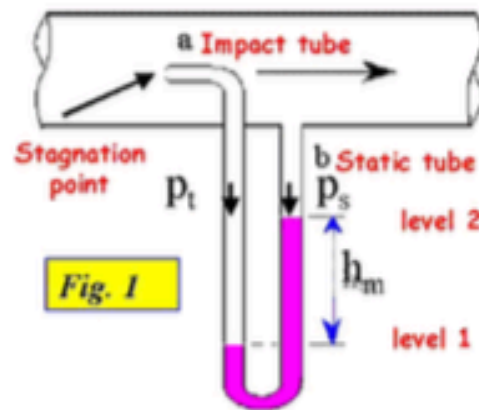


**Gambar 6.4:** Flow nozzle (Natalegawa, 2013)

Alat *flow nozzle* terpasang antara dua *flange* (gabungan antara 2 elemen pipa dengan valve atau yang lainnya). *Flow nozzle* biasa digunakan untuk aliran *fluida* yang kecil karena mempunyai lubang yang lebih besar dan kehilangan tekanan lebih kecil daripada plat orifice sehingga *flow nozzle* dipakai untuk *fluida* kecepatan tinggi pada temperatur tinggi dan untuk penyediaan air ketel. Suatu kelebihan alat ini, yaitu masih dapat melewati padatan dan Hasil beda tekanan cukup baik karena aliran masih bersifat laminar. Selanjutnya kapasitas aliran *fluida* yang cukup besar, tahan terhadap gesekan *fluida* dan Mudah dalam pemasangan pipa.

### 6.3.4 Pitot Tubes

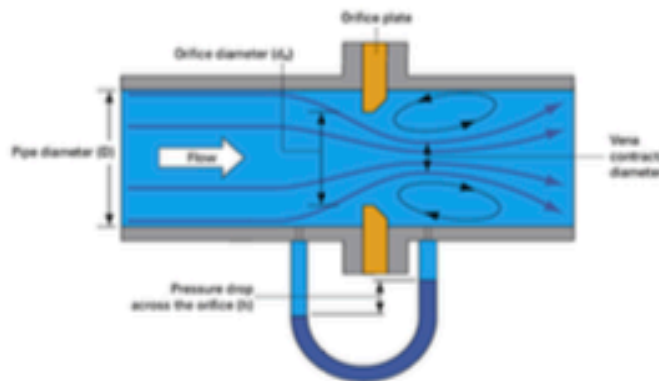
Nama *pitot tubes* dicetuskan oleh Henry de Pitot pada tahun 1732. *Pitot tubes* mengukur besaran kecepatan aliran *fluida* yang menghasilkan beda tekanan yang kecil pada aliran *fluida* yang dapat dilihat pada Gambar 6.5. Pada *pitot tubes* ini biasanya *fluida* yang digunakan adalah jenis cairan dan gas. *Pitot tubes* terbuat dari *stainless steel* dan kuningan dengan susunan sederhana serta tidak perlu adanya kalibrasi.



Gambar 6.5: Pitot Tube (Natalegawa, 2013)

### 6.3.5 Flat Orifice

*Orifice* adalah plat berlubang yang disisipkan pada laluan aliran *fluida* yang diukur, juga merupakan alat primer yang berfungsi untuk mendapatkan suhu dan beda tekanan antara aliran pada *up stream* dan *down stream* dari *orifice*. *Orifice* merupakan salah satu alat ukur yang digunakan di lapangan geothermal dan umumnya *orifice* diletakkan sebelum separator. Aliran fluida yang diukur menggunakan alat *orifice* dapat dilihat pada Gambar 6.6.



Gambar 6.6: Orifice meter (Natalegawa, 2013)

Beberapa kelebihan dan kekurangan dari alat *orifice* yaitu

1. Konstruksinya sederhana
2. Rancangannya mudah

3. Harganya relatif murah
4. Mudah dikalibrasi
5. Mudah dirancang/didapat
6. Tingkat ketelitian cukup baik

Kekurangan:

Penurunan tekanan sedang-tinggi