



**Berita Acara Perkuliahan**  
**(Presentasi Kehadiran Dosen) SEMESTER**  
**GANJIL TAHUN AKADEMIK 2022/2023**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1 FTI - ISTN**

Nama Dosen		: 1.Fivit Marwita,ST,MT, 2.Ariman ,ST,MT.		Hari	: Selasa	
Mata Kuliah		: Instrumentasi Elektronika		Jam	: 08.00-09.40	
Kelas		: A		Ruang	: C1	
No.	Hari /Tanggal	Materi Pembelajaran	Metode Belajar	Jml Mhs	Paraf Dosen	
1	20 Sep 2022	Pengukuran dan Kesalahan	Tatap Muka di Lab. Tek.Elektro	4		
2	27 Sep 2022	Sistem Satuan Dalam Pengukuran	Tatap Muka di Lab. Tek.Elektro	4		
3	04 Okt 2022	Standard Pengukuran	Tatap Muka di Lab. Tek.Elektro	4		
4	11 Okt 2022	PENGKONDISI SINYAL ANALOG Rangkaian pasif	Tatap Muka di Lab. Tek.Elektro	4		
5	18 Okt 2022	PENGKONDISI SINYAL ANALOG ▪ Rangkaian aktif (opamp ▪ )Panduan perancangan	Tatap Muka di Lab. Tek.Elektro	4		
6	25 Okt 2022	PENGKONDISI SINYAL DIGITAL ▪ Rangkaian logika digital ▪ Komparator	Tatap Muka di Lab. Tek.Elektro	4		
7	01 Nov 2022	PENGKONDISI SINYAL DIGITAL DAC dan ADC	Tatap Muka di Lab. Tek.Elektro	4		
8	08 Nov 2022	UJIAN TENGAH SEMESTER GASAL 2223	Tatap Muka di Lab. Tek.Elektro	4		



**Berita Acara Perkuliahan**  
**(Presentasi Kehadiran Dosen) SEMESTER**  
**GANJIL TAHUN AKADEMIK 2022/2023**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1 FTI - ISTN**

Nama Dosen		: 1. Fivit Marwita, ST, MT, 2. Ariman, ST, MT.		Hari	: Selasa	
Mata Kuliah		: Instrumentasi Elektronika		Jam	: 08.00-09.40	
Kelas		: A		Ruang	: C1	
No.	Hari / Tanggal	Materi Pembelajaran	Metode Belajar	Jml Mhs	Paraf Dosen	
9	Selasa, 22 Nov 2022	Sistem Pengukuran Aliran	Tatap Muka di Lab. Tek. Elektro	4		
10	Selasa, 29 Nov 2022	Sistem Pengukuran yang Aman Secara Intrinsik	Tatap Muka di Lab. Tek. Elektro	4		
11	Selasa, 06 Des 2022	Efek Perpindahan Panas dalam Sistem Pengukuran	Tatap Muka di Lab. Tek. Elektro	4		
12	Selasa, 13 Des 2022	Sistem Pengukuran Optik	Tatap Muka di Lab. Tek. Elektro	4		
13	Selasa, 20 Des 2022	Sistem Pengukuran Ultrasonik	Tatap Muka di Lab. Tek. Elektro	4		
14	Selasa, 27 Des 2022	Sistem Kromatografi Gas	Tatap Muka di Lab. Tek. Elektro	4		
15	Selasa, 03 Jan 2023	Sistem Multivariabel Cerdas	Tatap Muka di Lab. Tek. Elektro	4		
16	Selasa, 17 Jan 2023	UJIAN AKHIR SEMESTER GASAL 22/23	Tatap Muka di Lab. Tek. Elektro	4		

Jakarta, 24 Januari 2022

Mengetahui  
Kepala Program Studi  
  
Harlan Effendi, MT

# DAFTAR NILAI

## SEMESTER GANJIL REGULER TAHUN 2022/2023

Program Studi : Teknik Elektro S1

Matakuliah : Instrumentasi Elektronika

Kelas / Peserta : A / 3

Perkuliahan : Kampus ISTN Bumi Srengseng Indah

Dosen : Fivit Marwita, Ir., MT.

Ariman, ST, MT

Hal. 1/1

No	NIM	N A M A	ABSEN	TUGAS	UTS	UAS	MODEL	PRESENTASI	NA	HURUF
			10%	20%	30%	40%	0%	0%		
1	19220004	<b>Abdullah Khoirurafifil Umam</b>	79	50	75	75	0	0	70.4	<b>B</b>
2	21220002	<b>Wahyu Octaviano</b>	79	80	75	75	0	0	76.4	<b>A-</b>
3	21220003	<b>Harry Toding Karurung</b>	100	80	75	75	0	0	78.5	<b>A-</b>

Rekapitulasi Nilai							
A	0	B+	0	C+	0	D+	0
A-	2	B	1	C	0	D	0
		B-	0	C-	0	E	0

Jakarta, 1 February 2023

Dosen Pengajar 1



**Fivit Marwita, Ir., MT.**

Dosen Pengajar 2



**Ariman, ST, MT.**



# Instrumentasi Elektronik

2 sks = 100m = 01: 40

Kode Matakuliah : 223006

## **Pokok Bahasan : Flow Measurement Systems**

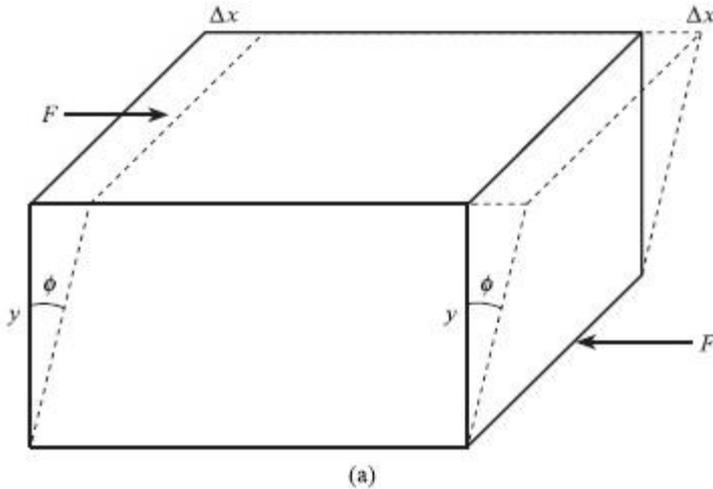
Dosen Pengampu : Fivit Marwita , ST, MT

Pengajar : Ariman, ST, MT

ariman245@gmail.com

WhatsApp : 081298193318

# 1. Prinsip dasar mekanika fluida



Gambar. a.

Ada tiga keadaan materi: padat, cair dan gas. Cairan dan gas itu berbeda dalam banyak hal tetapi berperilaku dengan cara yang sama di bawah aksi deformasi memaksa. Cairan dan gas, yaitu cairan, mengalir di bawah aksi gaya deformasi, sedangkan benda padat mempertahankan bentuknya. Efeknya diilustrasikan pada Gambar a.

Gambar menunjukkan pengaruh gaya geser  $F$  pada balok persegi panjang. Geser yang sesuai tegangan  $\tau$  adalah gaya per satuan luas  $F/A$ , di mana  $A$  adalah luas alas balok. Efek  $\tau$  adalah untuk mendeformasi balok seperti yang ditunjukkan, dan regangan geser yang dihasilkan adalah dikuantifikasi oleh sudut  $\phi$ . Dalam solid  $\phi$  akan konstan dengan waktu dan besarnya sebanding dengan  $\tau$  Dalam fluida  $\phi$  akan meningkat seiring waktu dan fluida akan mengalir.

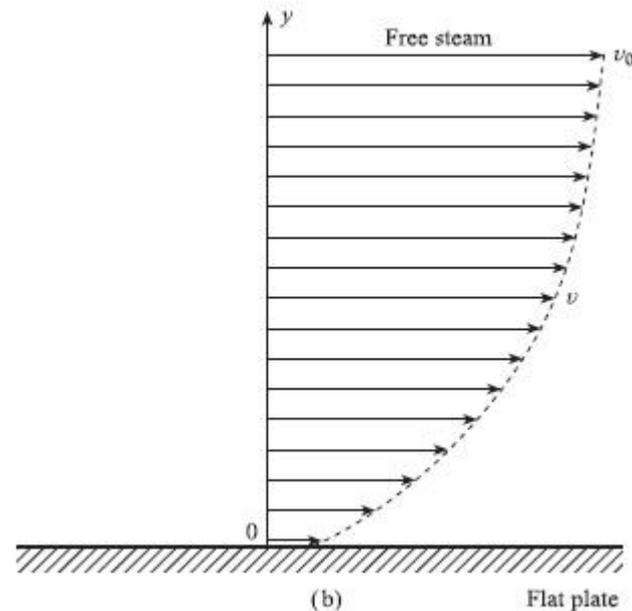
Di sebuah Fluida Newtonian laju perubahan regangan geser  $\phi/\Delta t$  sebanding dengan  $\tau$ , yaitu  $\tau = \text{konstanta} \times (\phi/\Delta t)$  di mana  $\Delta t$  adalah interval waktu di mana  $\phi$  terjadi. Jika  $\phi$  kecil dan dalam radian, kita memiliki  $\phi = \Delta x/y$ ; juga jika  $v$  adalah kecepatan permukaan atas balok relatif terhadap alas,  $v = \Delta x/\Delta t$ . Ini memberi:

$$\tau = \text{constant} \times \frac{v}{y}$$

di mana konstanta proporsionalitas adalah viskositas dinamis  $\eta$  fluida. Mengganti istilah gradien kecepatan  $v/y$  dengan bentuk diferensial  $dv/dy$  yang dimiliki

Hukum Newton tentang  
Viskositas

$$\tau = \eta \frac{dv}{dy}$$



Gambar. b

Gambar b menunjukkan fluida yang mengalir di atas batas padat, mis. sebuah piring datar. Itu fluida yang tersentuh dengan permukaan pelat pada  $y = 0$  memiliki kecepatan nol. Saat menjauh dari pelat, yaitu ketika  $y$  meningkat, kecepatan  $v$  lapisan meningkat, sampai rata jauh dari pelat lapisan memiliki kecepatan aliran bebas  $v_0$ .

Lapisan antara aliran bebas dan batas disebut lapisan batas dan dicirikan dengan gradien kecepatan  $dv/dy$ . Dari persamaan dilihat bahwa tegangan geser gesekan hadir dalam lapisan batas ini.

# Cairan dan gas

Meskipun cairan dan gas memiliki sifat umum dari cairan, cairan dan gas memiliki perbedaan sifat tersendiri. Cairan sulit dikompresi, mis penurunan kecil dalam volume untuk peningkatan tekanan tertentu, dan itu dapat dianggap sebagai tidak dapat dimampatkan, yaitu densitas  $\rho$  tidak bergantung pada tekanan (tetapi akan bergantung pada suhu). Gas mudah dikompresi, dan kerapatan bergantung pada tekanan dan suhu. Untuk gas ideal dimiliki:

Persamaan negara untuk gas ideal :  $PV = mR\theta$ , i.e.  $P = \rho R\theta$

Dimana =

$P$  = absolute pressure (Pa)

$\theta$  = absolute temperature (K)

$V$  = volume ( $m^3$ )

$\rho$  = density ( $kg\ m^{-3}$ )

$R$  = constant for the gas ( $J\ kg^{-1}\ K^{-1}$ ).

Untuk gas nyata persamaan di atas harus dikoreksi dengan memperkenalkan percobaan faktor kompresibilitas atau konstanta deviasi hukum gas.

Banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu gas dengan jumlah tertentu tergantung pada apakah gas dibiarkan mengembang, yaitu melakukan kerja, selama pemanasan proses. Oleh karena itu, gas memiliki dua panas spesifik: panas spesifik pada volume konstan  $C_V$  dan panas spesifik pada tekanan konstan  $C_P$ . Jika pemuaian atau penyusutan suatu gas dilakukan secara adiabatik, yaitu tidak ada panas yang masuk atau keluar sistem, prosesnya adalah disertai dengan perubahan suhu dan hubungan yang sesuai antara tekanan dan volume (atau kerapatan) adalah:

$$PV^\gamma = \frac{P}{\rho^\gamma} = \text{constant}$$

di mana  $\gamma$  adalah rasio panas spesifik  $C_P / C_V$ .

# Aliran laminar dan turbulen: Bilangan Reynolds

Pengamatan eksperimental telah menunjukkan bahwa ada dua jenis aliran yang berbeda. Itu pertama adalah aliran laminar, atau aliran kental atau streamline; ini ditunjukkan untuk pipa melingkar pada Gambar c. Di sini partikel bergerak dengan cara yang sangat teratur, mempertahankan posisi relatif yang sama dalam penampang melintang yang berurutan. Jadi aliran laminar berbentuk lingkaran pipa dapat dianggap sebagai sejumlah lapisan annular: kecepatan lapisan ini meningkat dari nol di dinding pipa hingga maksimum di tengah pipa dengan kekentalan yang signifikan tegangan geser antara setiap lapisan. Gambar d menunjukkan kecepatan yang dihasilkan Profil;

Pengamatan eksperimental telah menunjukkan bahwa ada dua jenis aliran yang berbeda. Itu pertama adalah aliran laminar, atau aliran kental atau streamline; ini ditunjukkan untuk pipa melingkar pada Gambar 12.2(a).

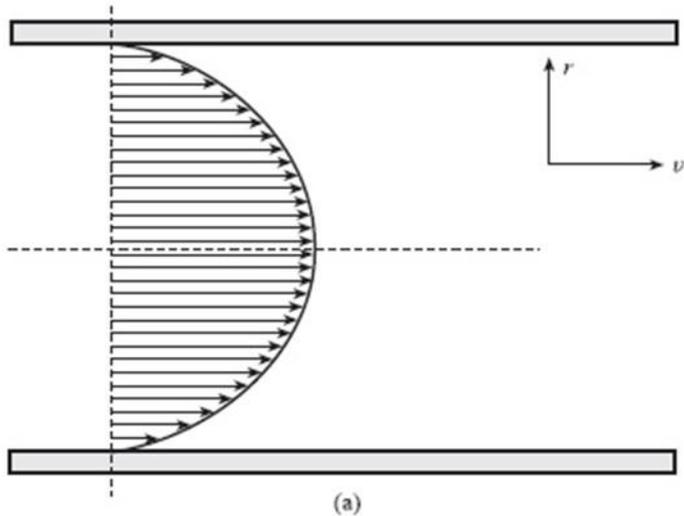
ini adalah grafik kecepatan lapisan  $v$  versus jarak  $r$  lapisan dari pusat, dan berbentuk parabola.

Gambar 12.2 Jenis profil aliran dan kecepatan dalam pipa melingkar:

(a) Berlapis

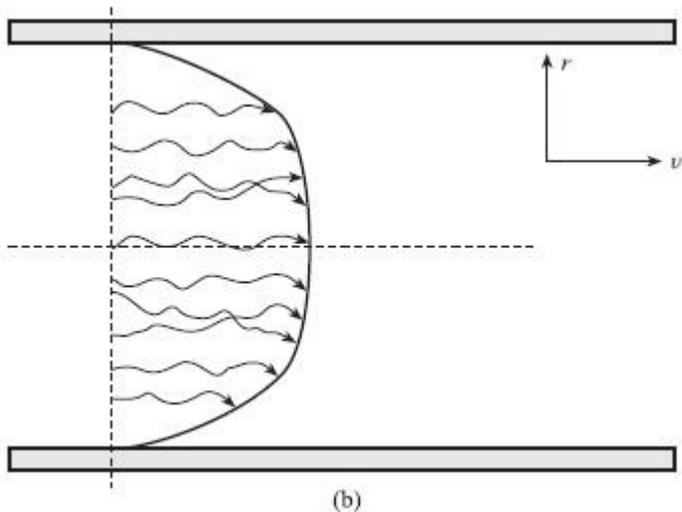
(b) Bergolak

(c) Perhitungan dari laju aliran volume.



Di sini partikel bergerak dengan cara yang sangat teratur, mempertahankan posisi relatif yang sama dalam penampang melintang yang berurutan. Jadi aliran laminar berbentuk lingkaran pipa dapat dianggap sebagai sejumlah lapisan annular: kecepatan lapisan ini meningkat dari nol di dinding pipa hingga maksimum di tengah pipa dengan kekentalan yang signifikan tegangan geser antara setiap lapisan.

Gambar 12.2(a) menunjukkan kecepatan yang dihasilkan Profil; ini adalah grafik kecepatan lapisan  $v$  versus jarak  $r$  lapisan dari pusat, dan berbentuk parabola

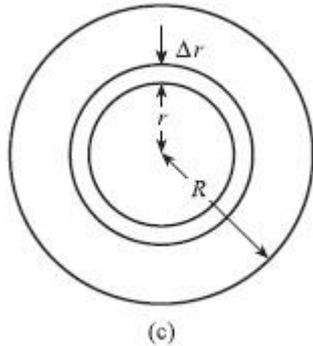


Jenis aliran kedua, aliran turbulen, ditunjukkan pada Gambar 12.2(b). Ini sangat berantakan; setiap partikel bergerak secara acak dalam tiga dimensi dan menempati tempat yang berbeda posisi relatif dalam penampang yang berurutan.

Akibatnya, kecepatan dan tekanan pada titik tertentu dalam pipa keduanya tunduk pada fluktuasi acak kecil dengan waktu tentang nilai rata-rata mereka. Gaya gesekan kental yang menyebabkan gerak teratur dalam aliran laminar jauh lebih kecil dalam aliran turbulen.

Gambar 12.2(b) menunjukkan profil kecepatan khas untuk aliran turbulen dalam pipa melingkar. Itu diperoleh dengan mengambil titik  $r$  di dalam pipa dan mengukur waktu rata-rata  $v$  dari komponen kecepatan, sepanjang arah aliran pada titik tersebut.

# Laju aliran volume, massa, laju aliran, dan kecepatan rata-rata



Perhitungan dari laju aliran volume

Gambar 12.2(a) dan (b) menunjukkan profil kecepatan  $v(r)$  untuk laminar dan turbulen mengalir. Jika kita mempertimbangkan jari-jari elemen annular  $r$ , ketebalan  $\Delta r$ , maka ini akan terjadi luas  $2\pi r\Delta r$  (Gambar 12.2(c)). Laju aliran volume yang sesuai  $\Delta Q$  melalui unsur diberikan oleh :

$$\begin{aligned}\Delta Q &= \text{luas elemen} \times \text{kecepatan} \\ &= 2\pi r\Delta r \times v(r)\end{aligned}$$

Oleh karena itu laju aliran volume total melalui pipa melingkar dengan jari-jari  $R$  adalah :

Laju aliran volume di sebuah pipa melingkar :

$$Q = 2\pi \int_0^R v(r)r \, dr \quad (12.5)$$

Dalam banyak masalah, variasi kecepatan pada luas penampang dapat diabaikan dan dianggap konstan dan sama dengan Kecepatan rata-rata  $\bar{v}$ , yaitu didefinisikan oleh :

Kecepatan rata-rata :  $\bar{v} = \frac{Q}{A}$

Di sini  $A$  adalah luas penampang fluida normal terhadap arah aliran. Akhirnya laju aliran massa yang sesuai  $\dot{M}$  diberikan oleh :

Laju aliran massa :

$$\dot{M} = \rho Q = \rho A \bar{v}$$

# Kontinuitas: kekekalan laju aliran massa dan volume

Gambar 12.3 menunjukkan sebuah streamtube yang melaluinya terdapat aliran yang stabil; sejak kondisi mantap prinsip kekekalan massa berarti bahwa :

Massa fluida yang masuk dalam satuan waktu = massa fluida yang keluar dalam satuan waktu yaitu

laju aliran massa masuk = laju aliran massa keluar

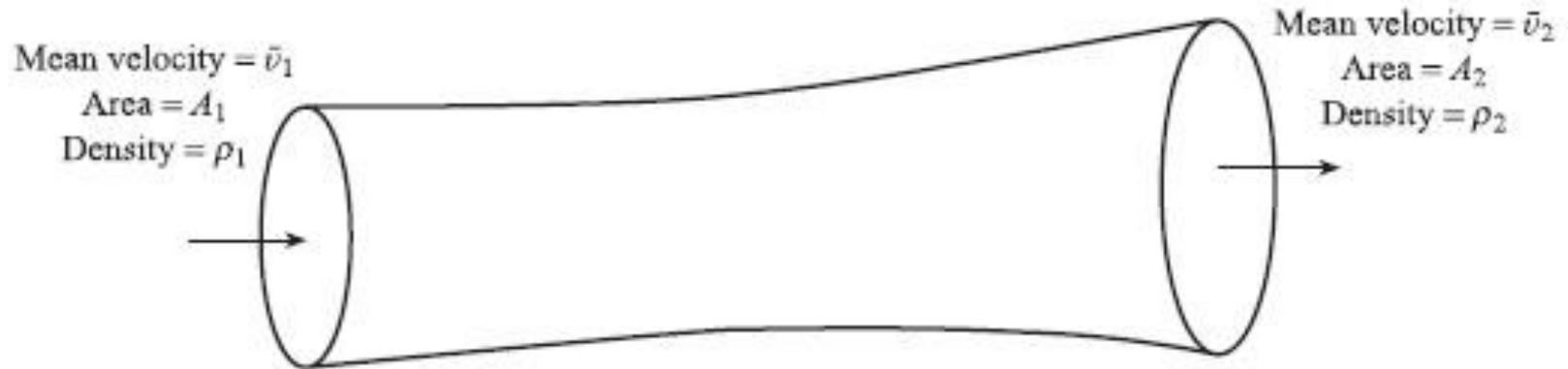
Menggunakan persamaan [12.7] :

Konservasi dari laju aliran massa:  $\rho_1 A_1 \bar{v}_1 = \rho_2 A_2 \bar{v}_2 = \dot{M}$

Jika fluida dianggap inkompresibel maka  $\rho_1 = \rho_2$  dan eqn [12.8] direduksi menjadi persamaan konservasi laju aliran volume:

Konservasi dari laju aliran volume :  $A_1 \bar{v}_1 = A_2 \bar{v}_2 = Q$

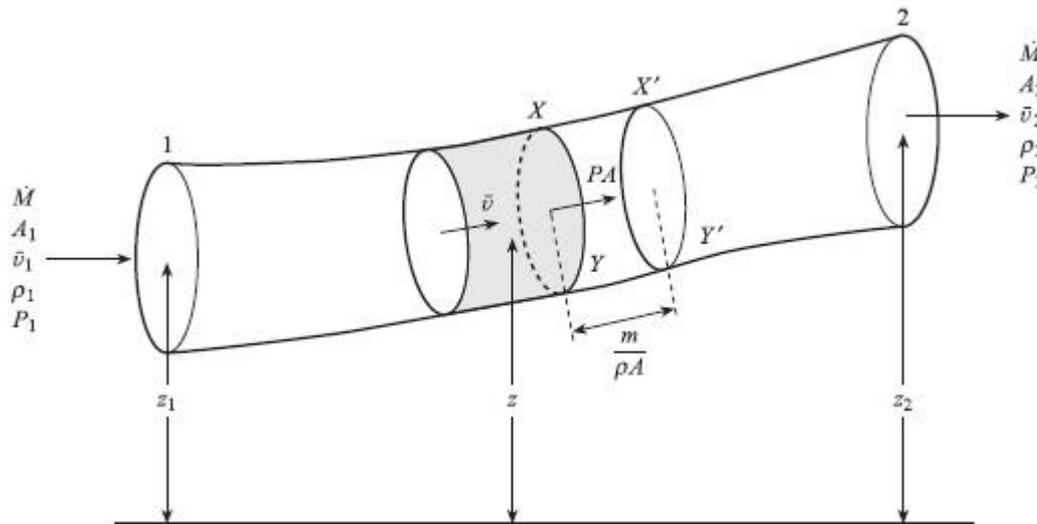
# Konservasi massa laju aliran dalam streamtube.



# Total energi dan konservasi energi

Gambar menunjukkan elemen fluida mampat yang mengalir dalam sebuah streamtube. Karena elemen berada pada ketinggian  $z$  di atas tingkat datum, ia memiliki potensi energi yang diberikan oleh: Energi potensial =  $mgz$  di mana  $m$  adalah massa elemen. Unsur tersebut bergerak dengan kecepatan rata-rata  $\bar{v}$  dan karena itu juga memiliki energi kinetik yang diberikan oleh : Energi kinetik =  $\frac{1}{2} m \bar{v}^2$ .

Energi total dan konservasi energi dalam fluida yang mengalir.



Selain itu unsur fluida juga dapat melakukan usaha karena mengalir di bawah tekanan. Jika tekanan yang bekerja pada penampang XY adalah P dan luas penampang adalah A, maka: Gaya yang diberikan pada XY = PA. Jika seluruh elemen bergerak menempati volume XX'Y'Y maka besarnya ini volume adalah  $m/\rho$ , di mana  $\rho$  adalah densitas fluida. Jarak yang sesuai dipindahkan, XX', diberikan oleh  $m/\rho A$  dan usaha yang dilakukan oleh fluida adalah: Kerja aliran = gaya  $\times$  jarak =  $PA \times m/\rho A = mP/\rho$ . Kerja aliran sering disebut sebagai energi tekanan; ini adalah energi yang dimiliki oleh cairan ketika bergerak di bawah tekanan sebagai bagian dari aliran kontinyu.

Energi total fluida yang mengalir adalah jumlah dari tekanan, kinetik, dan potensial energi, sehingga:

Energi fluida

$$\text{Total energy/unit mass} = \frac{P}{\rho} + \frac{1}{2} \bar{v}^2 + gz$$

Jadi jika mempertimbangkan luas penampang 1 dan 2 pada Gambar 12.4, prinsip konservasi energi berarti bahwa energi total/satuan massa adalah sama di kedua bagian. Ini mengasumsikan bahwa tidak ada aliran energi masuk atau keluar antara bagian 1 dan 2, untuk contoh tidak ada energi yang hilang dalam melakukan pekerjaan melawan gesekan. Menggunakan persamaan konservasi energi - fluida tak termampatkan :

$$\frac{P_1}{\rho_1} + \frac{1}{2} \bar{v}_1^2 + gz_1 = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{1}{2} \bar{v}_2^2 + gz_2$$

Persamaan [12.10] dan [12.11] hanya berlaku untuk fluida mampat dengan densitas  $\rho$  tidak bergantung pada tekanan  $P$ . Untuk ekspansi/kontraksi adiabatik dari gas yang dijelaskan dengan  $P/\rho^\gamma = \text{konstan}$ , kerja aliran atau energi tekanan harus diubah menjadi  $[\gamma/(\gamma - 1)](P/\rho)$  sehingga konservasi energi - fluida kompresibel :

$$\left(\frac{\gamma}{\gamma - 1}\right) \frac{P_1}{\rho_1} + \frac{1}{2} \bar{v}_1^2 + gz_1 = \left(\frac{\gamma}{\gamma - 1}\right) \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{1}{2} \bar{v}_2^2 + gz_2$$

## **2. Pengukuran kecepatan di suatu titik dalam fluida**

Ini penting dalam pekerjaan investigasi, seperti studi tentang distribusi kecepatan sekitar aerofoil dalam terowongan angin, atau pengukuran profil kecepatan dalam pipa sebelum pemasangan flowmeter permanen. Ada dua metode utama.

### **2.1. Tabung pitot-statis :**

Gambar 12.5 menunjukkan prinsip tabung statis pitot. Di bagian lubang benturan cairan dibawa untuk beristirahat; bagian ini karenanya tidak memiliki energi kinetik, hanya tekanan energi. Pada lubang statis, fluida bergerak dan karenanya memiliki kinetik dan tekanan energi. Ini menciptakan perbedaan tekanan  $P_I - P_S$  yang bergantung pada kecepatan  $v$ .

# Aliran tak termampatkan

Dengan asumsi konservasi energi dan tidak ada kehilangan gesekan atau panas, jumlah tekanan, energi kinetik dan potensial pada tumbukan dan lubang statis adalah sama. Sejak kinetik energi di lubang tumbukan adalah nol:

$$\frac{P_I}{\rho} + 0 + gz_I = \frac{P_S}{\rho} + \frac{v^2}{2} + gz_S$$

di mana  $z_I$ ,  $z_S$  adalah ketinggian lubang di atas garis datum dan  $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$ . Jika  $z_I = z_S$  lalu

Tabung pitot – aliran tak termampatkan :

$$v = \sqrt{\frac{2(P_I - P_S)}{\rho}}$$

## Aliran yang dapat dikompresi

Di atas mengasumsikan bahwa kerapatan fluida pada benturan dan lubang statis adalah sama. Karena  $P_1 > P_2$ , fluida kompresibel memiliki  $\rho_1 > \rho_2$ .  
Persamaan neraca energi sekarang :

$$\left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right)\frac{P_1}{\rho_1} + \frac{1}{2}\bar{v}_1^2 + gz_1 = \left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right)\frac{P_2}{\rho_2} + \frac{1}{2}\bar{v}_2^2 + gz_2$$

di mana  $\gamma$  = rasio panas spesifik pada tekanan konstan dan volume =  $C_p/C_v$ . Asumsi perubahan kerapatan bersifat adiabatik, didapat :

$$\frac{P_1}{\rho_1^\gamma} = \frac{P_2}{\rho_2^\gamma}$$

memberi:

$$v = \sqrt{2 \left( \frac{\gamma}{\gamma - 1} \right) \frac{P_S}{\rho} \left[ \left( \frac{P_I}{P_S} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1 \right]}$$

atau, dalam hal perbedaan tekanan  $\Delta P = P_I - P_S$ :

Pitot tube – compressible flow

$$v = \sqrt{2 \left( \frac{\gamma}{\gamma - 1} \right) \frac{P_S}{\rho} \left[ \left( 1 + \frac{\Delta P}{P_S} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1 \right]}$$

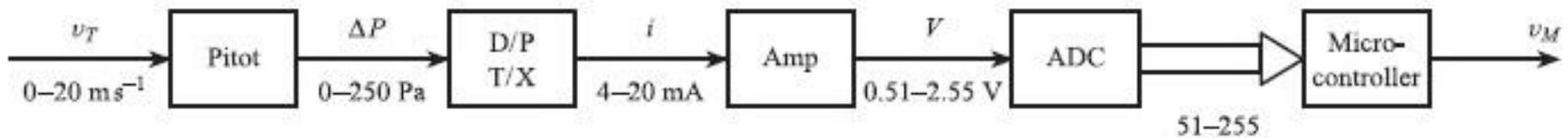
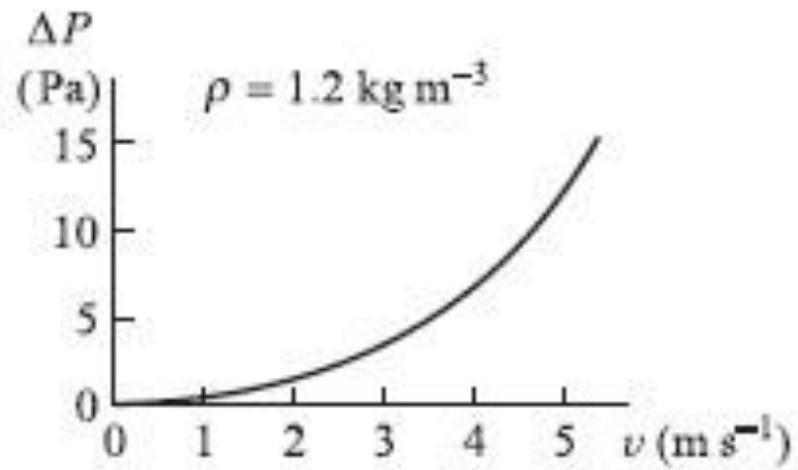
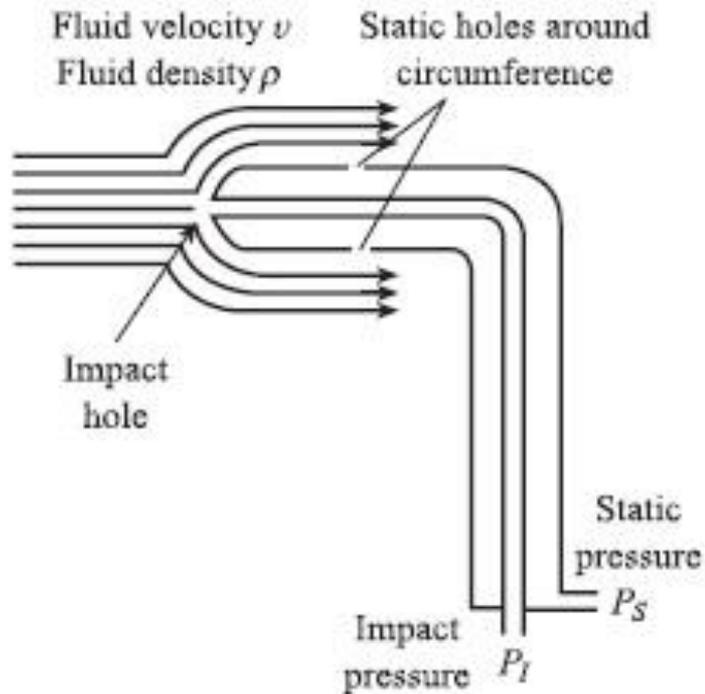
## Karakteristik dan sistem

Dari persamaan tak termampatkan [12.14] menjadi  $\Delta P = \frac{1}{2} \rho v^2$ , yaitu ada hukum kuadrat hubungan antara  $\Delta P$  dan  $v$  (lihat Gambar 12.5). Menerapkan persamaan tak termampatkan ke udara pada suhu standar (20 °C) dan tekanan ( $P_S = 105 \text{ Pa}$ ), dengan  $\rho = 1,2 \text{ kg m}^{-3}$ , memberikan  $\Delta P = 0,6v^2$ . Jadi pada  $v = 5 \text{ m s}^{-1}$ , didapat  $\Delta P = 15 \text{ Pa}$ ,  $\Delta P/P_S = 1,5 \times 10^{-4}$ ; dan pada  $v = 100 \text{ m s}^{-1}$ ,  $\Delta P = 6 \times 10^3 \text{ Pa}$ ,  $\Delta P/P_S = 6 \times 10^{-2}$ .

Berarti rasio  $\Delta P/P_S$  kecil bahwa untuk  $v < 100 \text{ m s}^{-1}$ , perbedaan kerapatan antara udara pada tumbukan dan statis lubang dapat diabaikan; kesalahan diperkenalkan dengan menggunakan persamaan mampat adalah dalam 1%. Pemeriksaan yang cermat terhadap persamaan kompresibel [12.17] menunjukkan bahwa ia berkurang ke persamaan tak termampatkan [12.14] jika  $\Delta P/P_S \ll 1$ .

Tekanan diferensial yang sangat rendah di atas berarti pemancar tekanan khusus harus digunakan. Salah satu pemancar tersebut menggunakan transformator diferensial variabel linier untuk rasakan deformasi kapsul diafragma dengan area yang luas; ini memberikan 4 untuk Output arus 20 mA sebanding dengan tekanan diferensial input dalam kisaran 0 hingga 250 Pa.[1] Gambar 12.5 menunjukkan penggabungan sistem pengukuran berbasis komputer pemancar ini untuk mengukur kecepatan udara dalam kisaran 0 hingga 20 m s<sup>-1</sup>. Penguat mengubah keluaran pemancar menjadi sinyal tegangan antara 0,51 dan 2,55 V.

# Pitot-static tabung



Konverter analog-ke-digital memberikan sinyal output digital paralel 8-bit yang sesuai ke angka desimal D antara 51 dan 255. Komputer membaca D dan menghitung  $\Delta P$  menggunakan:

$$\Delta P = 1.2255(D - 51)$$

dan kecepatan diukur  $v_M$  menggunakan  $v_M = 1.67 \Delta P$ . Sistem di atas hanya cocok untuk mengukur waktu rata-rata kecepatan pada suatu titik dalam fluida. Respons frekuensi sistem tidak cukup untuk mengukur fluktuasi kecepatan acak yang cepat hadir dalam aliran turbulen.

### **Hot-wire dan anemometer film**

Ini mampu mengukur kecepatan rata-rata dan turbulensi. Akun lengkap diberikan dalam Bagian 14.2 dan 14.3.

### 3. Pengukuran laju aliran volume

Ini adalah flowmeter industri paling umum untuk cairan dan gas bersih. Di Sini penyempitan ditempatkan di pipa dan tekanan diferensial dikembangkan di seluruh penyempitan diukur. Masalah utamanya adalah untuk menyimpulkan debit volume secara akurat dari tekanan diferensial terukur (D/P).

Persamaan teoritis untuk aliran mampat melalui meteran D/P Penyempitan menyebabkan pengurangan luas penampang cairan. Gambar 12.6(a) menunjukkan pengurangan ini dan mendefinisikan jumlah yang relevan. Asumsi berikut memungkinkan perhitungan teoritis dari perbedaan tekanan yang akan dibuat.

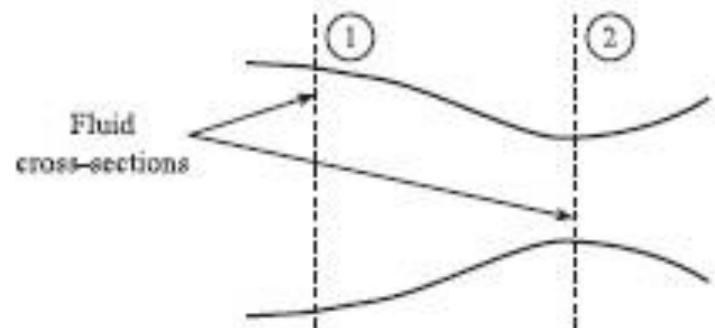
1. Aliran tanpa gesekan – yaitu tidak ada kehilangan energi karena gesekan, baik di dalam fluida itu sendiri atau antara fluida dan dinding pipa.
2. Tidak ada kehilangan atau keuntungan panas karena perpindahan panas antara fluida dan cairannya lingkungan.
3. Kekekalan energi total (tekanan + kinetik + potensial):

$$E_1 = \frac{P_1}{\rho_1} + \frac{1}{2}v_1^2 + gz_1 = E_2 = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{1}{2}v_2^2 + gz_2$$

4. Fluida mampat, yaitu  $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ .
5. Pipa horizontal, yaitu  $z_1 = z_2$ . Ini berarti direduksi menjadi:

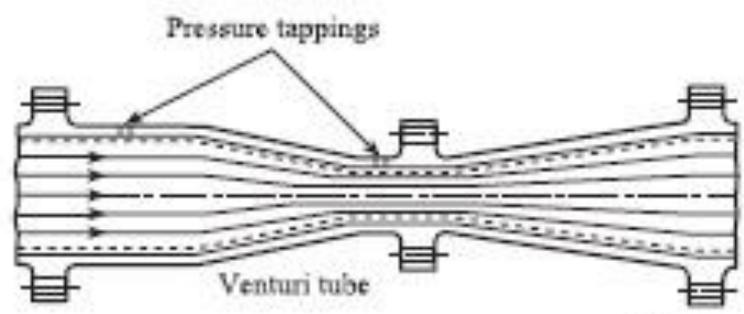
$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2} = \frac{P_1 - P_2}{\rho}$$

4. Konservasi laju aliran volume, yaitu  $Q_1 = Q_2 = Q$  dimana  $Q_1 = A_1v_1$  dan  $Q_2 = A_2v_2$

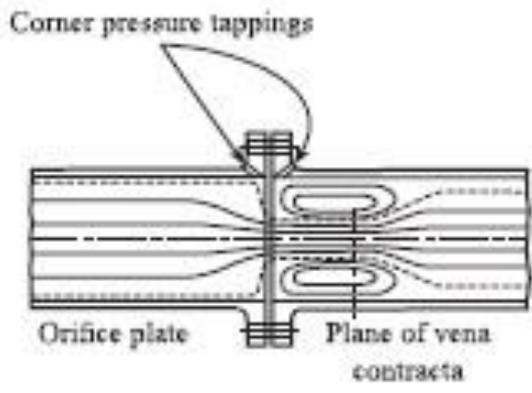


Cross-section average velocity	$v_1$	$v_2$	$\text{m s}^{-1}$
Pressure	$p_1$	$p_2$	$\text{N m}^{-2}$
Fluid cross-section area	$A_1$	$A_2$	$\text{m}^2$
Fluid density	$\rho_1$	$\rho_2$	$\text{kg m}^{-3}$
Total energy/mass	$E_1$	$E_2$	$\text{J kg}^{-1}$
Elevation above datum	$z_1$	$z_2$	$\text{m}$

(a)



(b)



Karena  $A_2 < A_1$ , maka dari kekekalan laju aliran volume [12.20] bahwa  $v_2 > v_1$ ; yaitu kecepatan fluida dan energi kinetik lebih besar pada penyempitan. Sejak energi total dilestarikan [12.19] maka energi tekanan pada penyempitan harus dikurangi, yaitu  $P_2 < P_1$ . Dari [12.19] dan [12.20] kami memiliki:

$$Q_m = \frac{A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

## Persamaan praktis untuk aliran mampat

Persamaan di atas tidak berlaku untuk flowmeters praktek karena dua alasan utama: (a) Asumsi 1 aliran tanpa gesekan tidak dipatuhi dalam praktek. Itu didekati paling dekat dengan aliran turbulen yang mapan di pipa halus, tempat gesekan kerugian kecil dan konstan tetapi tidak nol.

Turbulensi yang mapan ditandai dengan bilangan Reynolds yang lebih besar dari sekitar 104. Reynolds nomor menentukan rasio antara gaya inersia dan gaya gesek kental dan diberikan oleh  $ReD = vD\rho/\eta$  dimana  $D$  adalah diameter pipa dan  $\eta$  fluida viskositas. (b)  $A_1$  dan  $A_2$  adalah luas penampang fluida, yang tidak dapat diukur dan yang dapat berubah dengan laju aliran. Luas penampang pipa adalah

Luas penampang pipa adalah  $\pi D^2/4$  dan luas penampang meter adalah  $\pi d^2/4$  dengan  $D$  dan  $d$  adalah diameter masing-masing. Pada penampang 1 memiliki  $A_1 = \pi D^2/4$  jika fluida terisi pipa. Pada penampang 2 memiliki  $A_2 \approx 0,99\pi d^2/4$  untuk Venturi, ini menjadi penyempitan bertahap yang dapat diikuti oleh cairan (Gambar 12.6(b)). Namun, pelat orifice adalah penyempitan tiba-tiba, yang menyebabkan penampang fluida memiliki nilai minimum  $0,6\pi d^2/4$  di vena contracta.

Untuk alasan ini, persamaan teoretis dikoreksi untuk penggunaan praktis dengan memperkenalkan faktor koreksi disebut koefisien debit  $C$ . Yang dimodifikasi persamaan adalah:

$$Q_{ACT} = CEA_2^M \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

dimana :

C = koefisien debit

E = faktor kecepatan pendekatan =  $1/\sqrt{1 - \beta^4}$

$\beta$  = rasio flowmeter-diameter pipa =  $d/D$

A2 M = luas penampang flowmeter =  $\pi d^2/4$ .

Nilai C tergantung pada:

- (a) Jenis flowmeter, mis. piring lubang atau Venturi,
- (b) Bilangan Reynolds  $ReD$ ,
- (c) Rasio diameter  $\beta$ ,

yaitu  $C = F(ReD, \beta)$  untuk flowmeter tertentu.

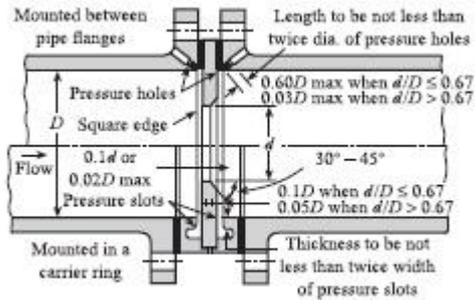
Nilai  $C$  telah diukur secara eksperimental, untuk beberapa jenis flowmeters, pada berbagai kondisi fluida. Pengukuran yang sesuai dari QACT dan  $(P_1 - P_2)$  dibuat untuk fluida, pipa dan meter tertentu. Jika  $d$ ,  $D$  dan  $\rho$  diketahui,  $C$  bisa ditemukan dari [12.22]. Sumber penting adalah BS 1042: Bagian 1.1: 1981[2] dan ISO 5167: 1980.[3] Ini adalah identik dan memberikan data koefisien debit untuk lubang pelat, nozel dan tabung Venturi (Gambar 12.7) dimasukkan ke dalam pipa melingkar yang berjalan penuh. Data  $C$  diberikan baik dalam bentuk tabel maupun sebagai persamaan regresi yang mana ideal untuk penggunaan komputer. Tabel 12.1 merangkum data pelat orifice.

Tabel ini terdiri dari tiga bagian:

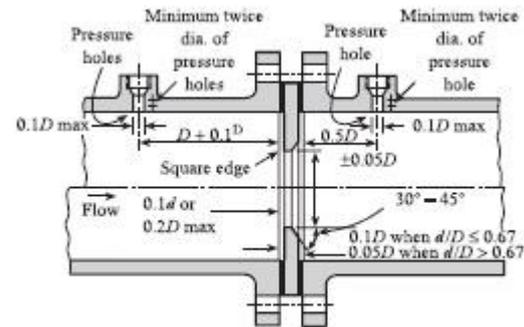
- a. bagian (a) menunjukkan persamaan Stolz, yang menyatakan  $C$  in ketentuan  $ReD$  dan  $\beta$ . Persamaan juga melibatkan parameter  $L1$  dan  $L'2$ . Parameter ini memiliki nilai yang berbeda
- b. bagian (b) untuk tiga jenis yang direkomendasikan sadapan (Gambar 12.7).
- c. Bagian (c) merangkum kondisi yang harus dimiliki oleh  $d$ ,  $D$ ,  $\beta$ , dan  $ReD$  memuaskan jika persamaan Stolz harus valid. Ketentuan  $ReD$  sangat rumit; rentang bilangan Reynolds yang diperbolehkan bergantung pada nilai  $\beta$ .

## Cairan kompresibel

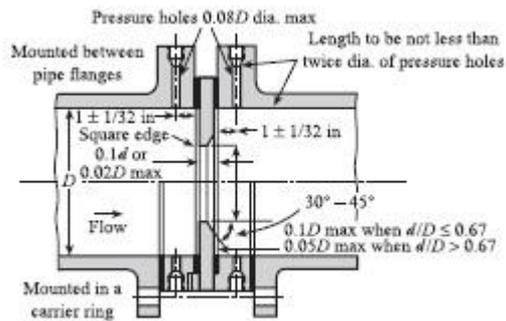
Untuk secara akurat mewakili perilaku gas dan juga cairan, pembatasan 4 di atas itu  $\rho_1 = \rho_2$  harus dihilangkan.  $\frac{P_1}{\rho_1^\gamma} = \frac{P_2}{\rho_2^\gamma}$  dengan asumsi perubahan tekanan/volume adiabatik antara penampang 1 dan 2, kami memiliki:



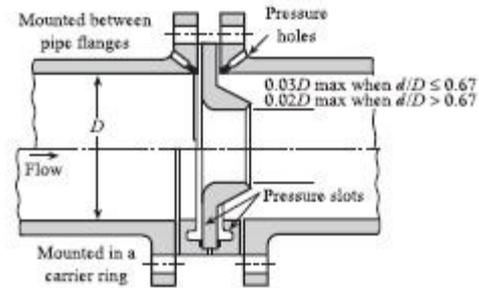
(a) Orifice plate with corner tappings



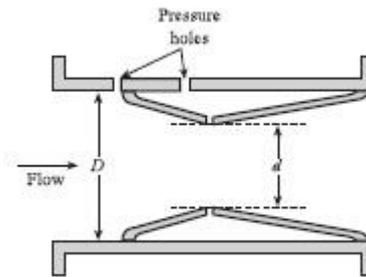
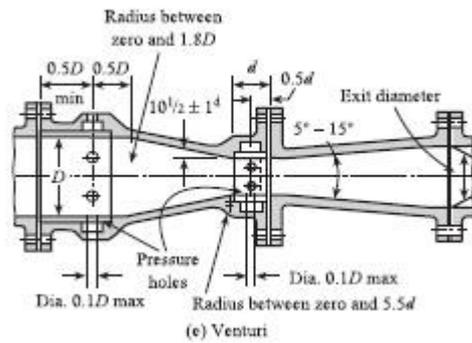
(b) Orifice plate with  $D$  and  $D/2$  tappings



(c) Orifice plate with flange tappings



(d) Nozzle



(f) Dall tube

dimana  $\gamma$  = rasio panas spesifik CP/CV: karena  $P_1 > P_2$ ,  $\rho_1 > \rho_2$ . Keseimbangan energi eqn [12.7] harus dimodifikasi menjadi:

$$\left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right)\frac{P_1}{\rho_1} + \frac{1}{2}v_1^2 = \left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right)\frac{P_2}{\rho_2} + \frac{1}{2}v_2^2$$

---

(a) The Stolz equation

---

$$C = 0.5959 + 0.0312\beta^{2.1} - 0.184\beta^8 + 0.0029\beta^{2.5} \left( \frac{10^6}{Re_D} \right)^{0.75} + 0.0900L_1\beta^4(1 - \beta^4)^{-1} - 0.0337L_2'\beta^3$$


---

Note

If  $L_1 \geq \frac{0.0390}{0.0900}$  ( $= 0.4333$ ) use 0.0390 for the coefficient of  $\beta^4(1 - \beta^4)^{-1}$ .

---

(b) Values of  $L_1$  and  $L_2'$

---

Corner tappings	$L_1 = L_2' = 0$
$D$ and $D/2$ tappings	$L_1 = 1,^* L_2' = 0.47$
Flange tappings	$L_1 = L_2' = 25.4/D^\dagger$

---

(c) Conditions of validity

---

	Corner taps	Flange taps	$D$ and $D/2$ taps
$d$ (mm)	$d \geq 12.5$	$d \geq 12.5$	$d \geq 12.5$
$D$ (mm)	$50 \leq D \leq 1000$	$50 \leq D \leq 760$	$50 \leq D \leq 760$
$\beta$	$0.23 \leq \beta \leq 0.80$	$0.2 \leq \beta \leq 0.75$	$0.2 \leq \beta \leq 0.75$
$Re_D$	$5000 \leq Re_D \leq 10^8$ for $0.23 \leq \beta \leq 0.45$ $10\,000 \leq Re_D \leq 10^8$ for $0.45 < \beta \leq 0.77$ $20\,000 \leq Re_D \leq 10^8$ for $0.77 \leq \beta \leq 0.80$	$1260\beta^2 D^\ddagger \leq Re_D \leq 10^8$	$1260\beta^2 D^\ddagger \leq Re_D \leq 10^8$

---

- \* Maka koefisien dari  $\beta^4(1 - \beta^4)^{-1}$  adalah 0,0390.
- †  $D$  dinyatakan dalam mm.
- ‡ Kutipan dari BS 1042: Bagian 1.1: 1981 direproduksi atas izin BSI. Salinan lengkap dapat diperoleh dari mereka di Linford Wood, Milton Keynes MK14 6LE, UK.

Karena  $\rho_2 < \rho_1$ , yaitu fluida memuai,  $Q_2 > Q_1$  dan laju alir volume tidak kekal. Namun, ada kekekalan laju aliran massa  $\dot{C}$ , yaitu  $\dot{C}_1 = v_1 A_1 \rho_1 = \dot{C}_2 = v_2 A_2 \rho_2$  [12,25] Ini menggaris bawahi pentingnya aliran massa dalam pengukuran gas. Dari [12.23]– [12.25] dipunyai

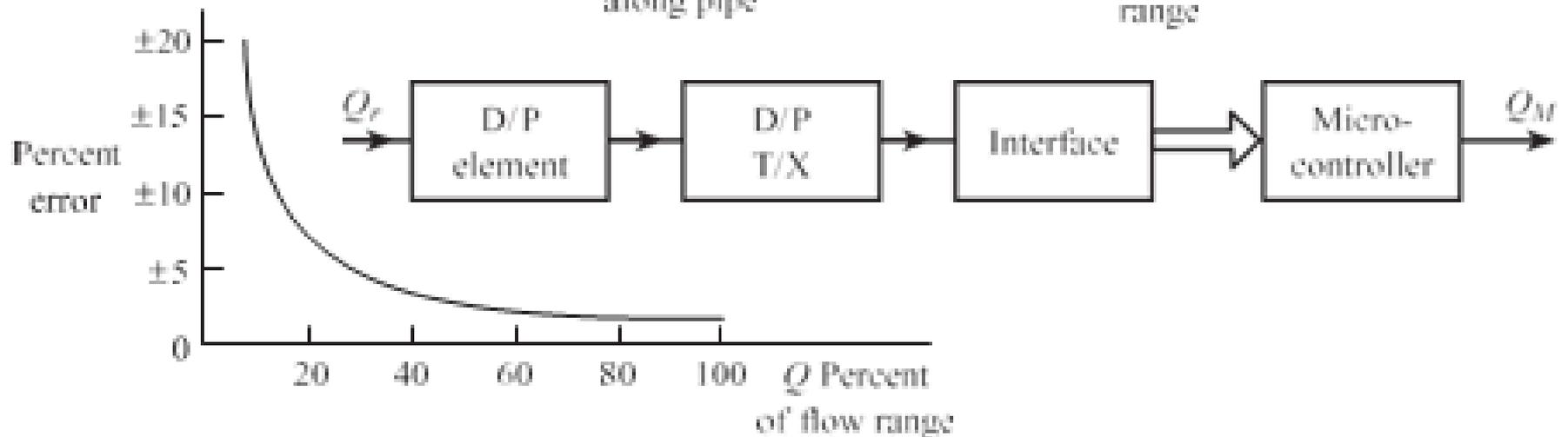
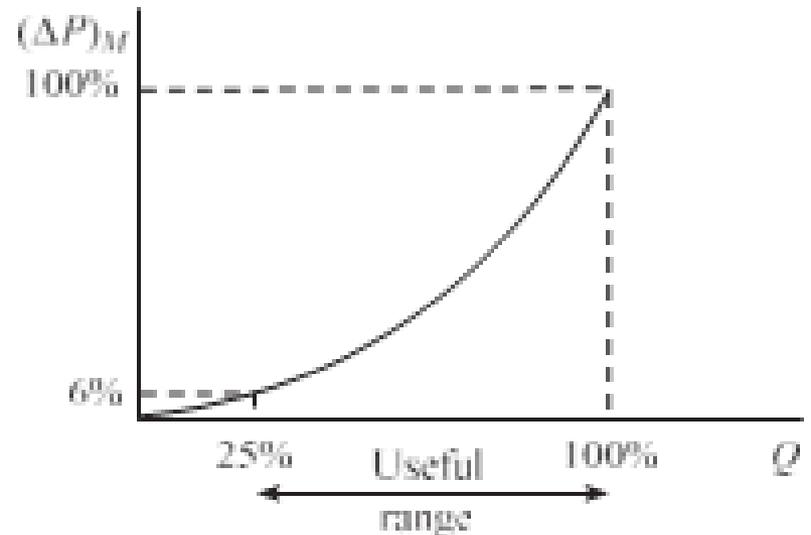
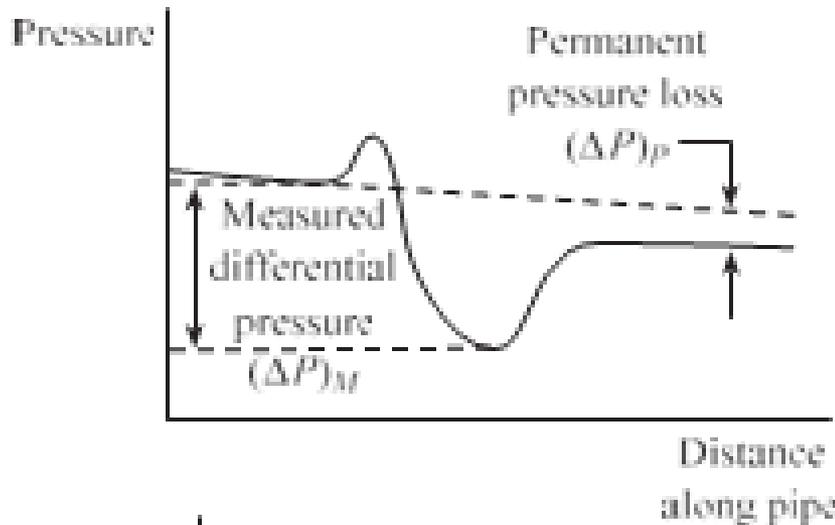
# Theoretical equation for compressible flow

$$C_m = \frac{A_2}{A_1} \sqrt{\frac{2\rho_1(P_1 - P_2)}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \quad [12.26]$$

Karakteristik umum flowmeters tekanan diferensial berikut harus diingat ketika memutuskan meteran yang paling cocok untuk aplikasi tertentu.

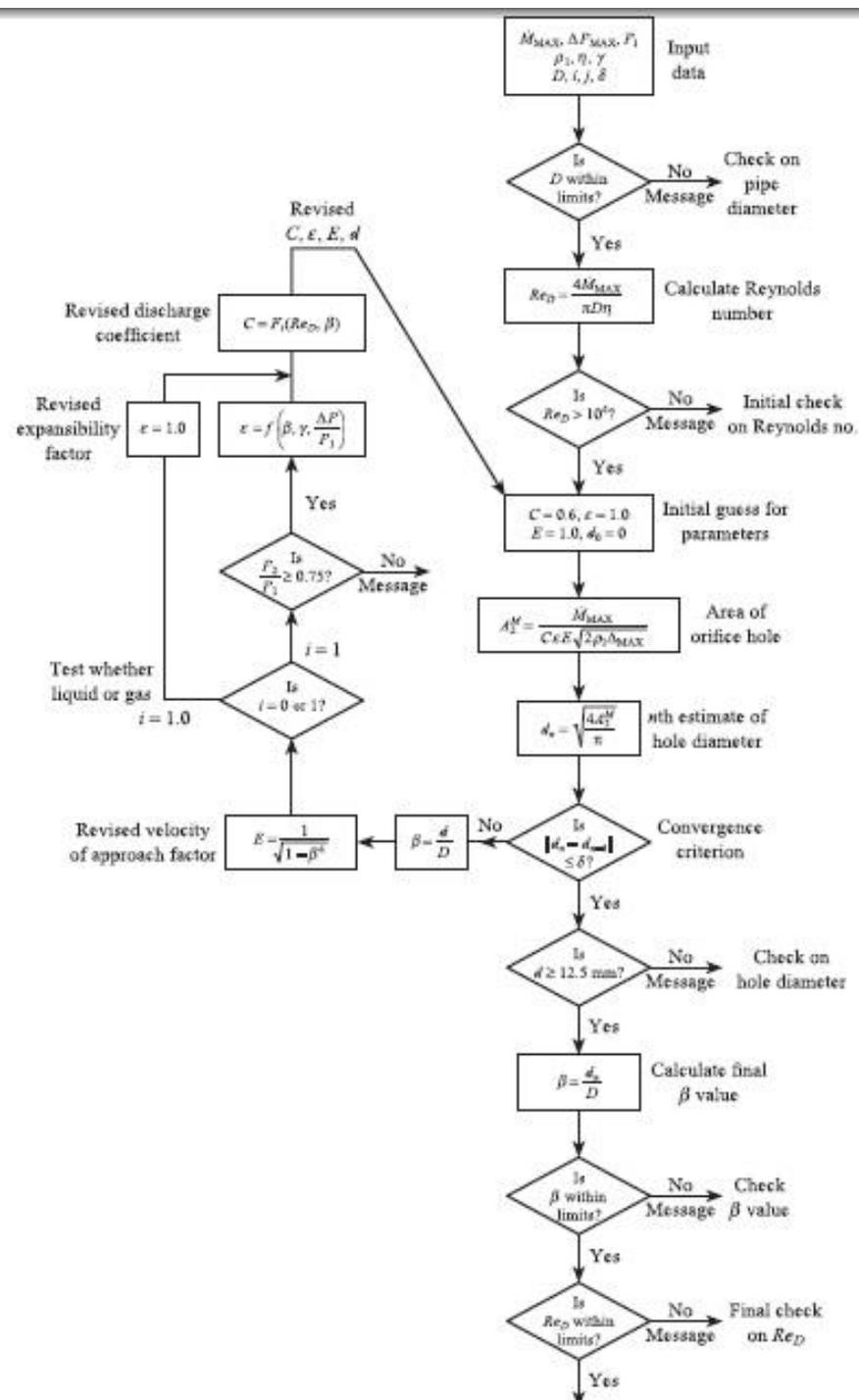
1. Tidak ada bagian yang bergerak; kuat, andal, dan mudah dirawat; didirikan secara luas dan diterima.
2. Selalu ada kehilangan tekanan permanen ( $\Delta P$ ) karena efek gesekan (Gambar 12.8). Biaya energi pemompaan ekstra mungkin signifikan untuk besar instalasi.
3. Perangkat ini non-linier, yaitu  $Q \propto \sqrt{\Delta P}$  atau  $\Delta P \propto Q^2$ . Ini membatasi yang berguna kisaran satu meter antara 25% dan 100% dari aliran maksimum. Pada aliran yang lebih rendah pengukuran tekanan diferensial di bawah 6% dari skala penuh dan jelas tidak akurat.
4. Hanya dapat digunakan untuk cairan bersih, di mana terdapat aliran turbulen yang mapan, yaitu  $Re_D > 104$  kira-kira. Tidak umum digunakan jika ada padatan, kecuali untuk Venturis dengan bubur encer.
5. Sebuah sistem flowmeter tipikal (Gambar 12.8) terdiri dari tekanan diferensial elemen penginderaan, pemancar tekanan diferensial (Bab 9), sirkuit antarmuka dan mikrokontroler. Untuk pemancar memberikan a.c. sinyal keluaran saat ini (biasanya 4 sampai 20 mA) rangkaian antarmuka terdiri dari penguat yang bertindak sebagai konverter arus ke tegangan dan konverter analog ke digital. Untuk resonator pemancar (Bagian 9.4) memberikan output sinusoidal frekuensi variabel, the rangkaian antarmuka terdiri dari pemicu Schmitt dan pencacah biner (Gambar 10.5). Komputer membaca bilangan biner input, mengubahnya menjadi tekanan diferensial  $\Delta P$  dan kemudian menghitung laju aliran terukur  $Q_M$  menggunakan eqn [12.22]. Kalkulasi didasarkan pada nilai  $\rho$ ,  $C$ ,  $\beta$ , dll., yang disimpan dalam memori

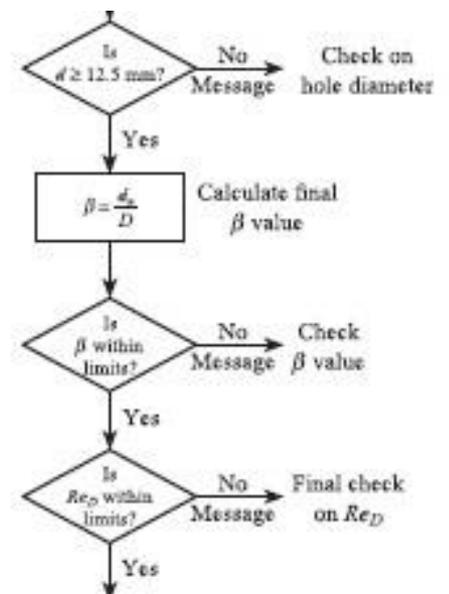
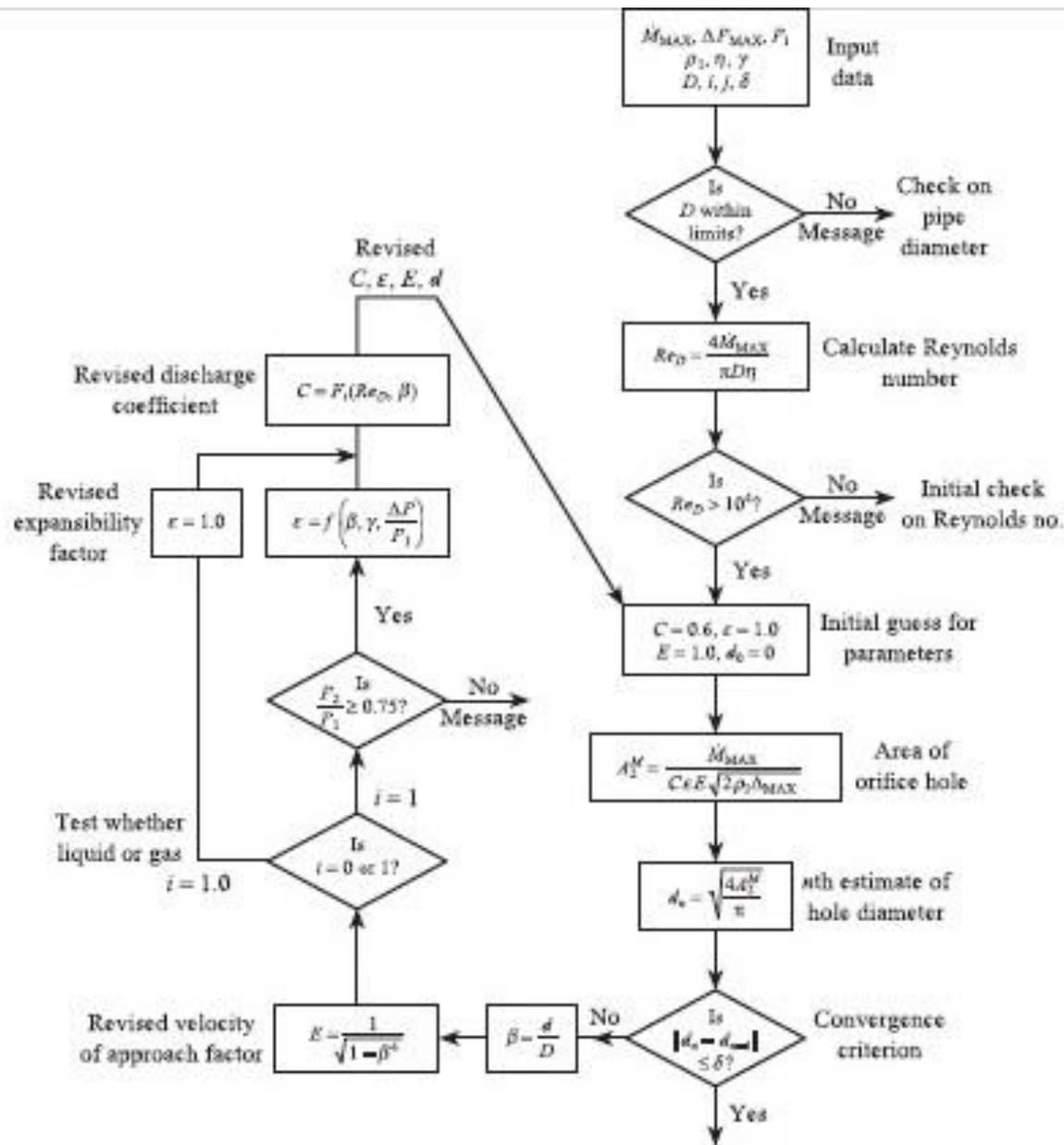
# Karakter dari tekanan diferensial flowmeters dan tipikal sistem



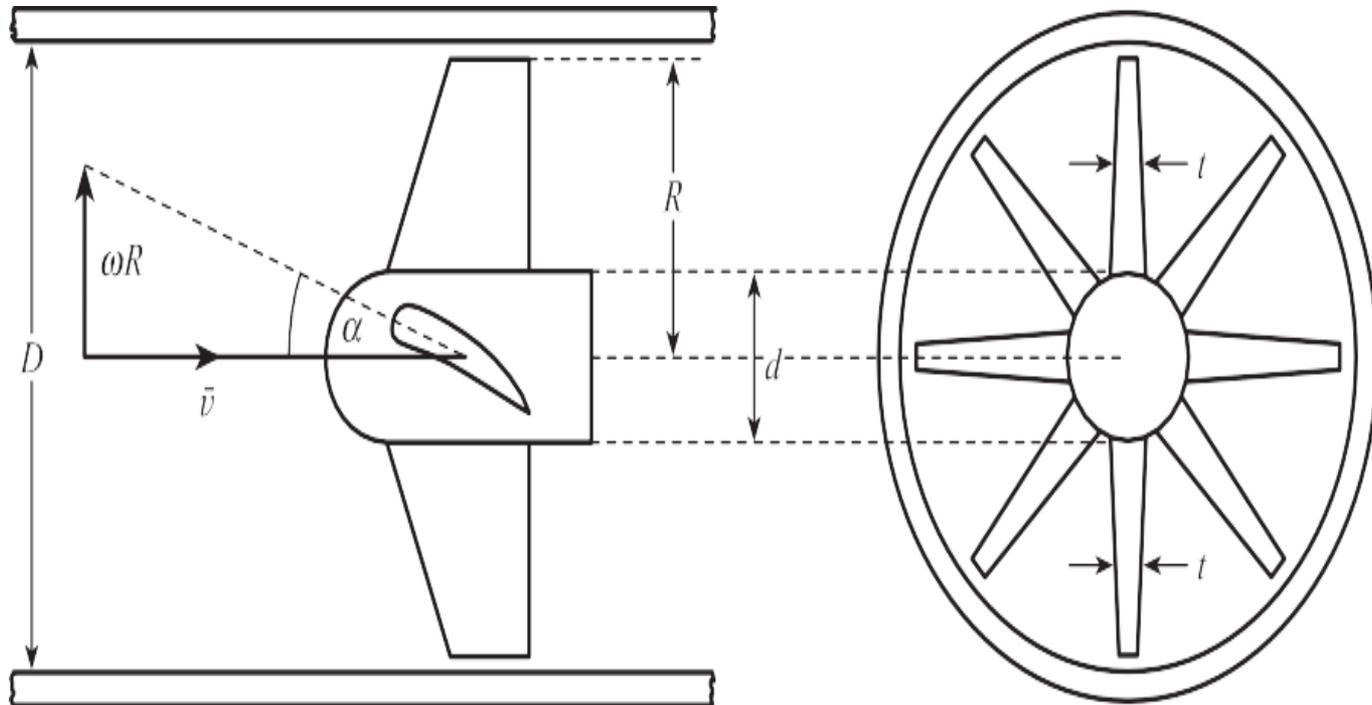


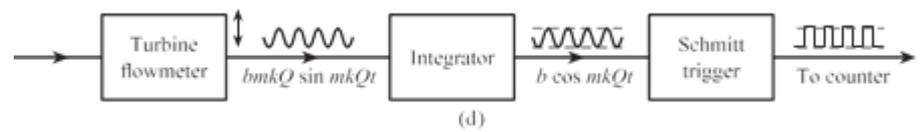
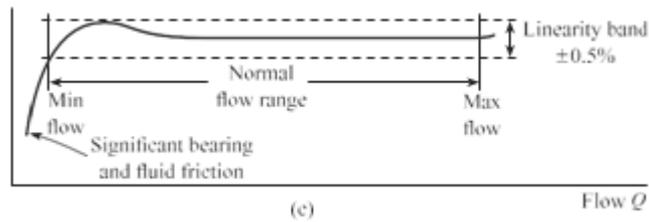
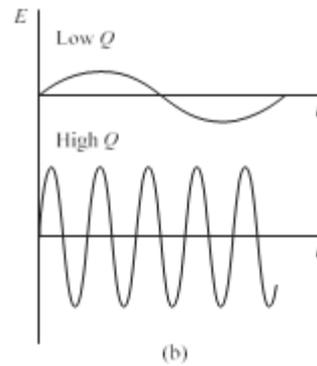
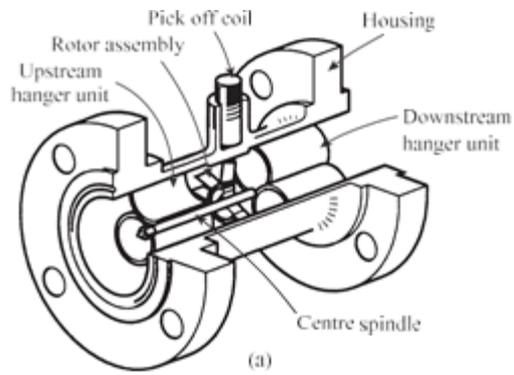
# Flow sheet for orifice plate sizing





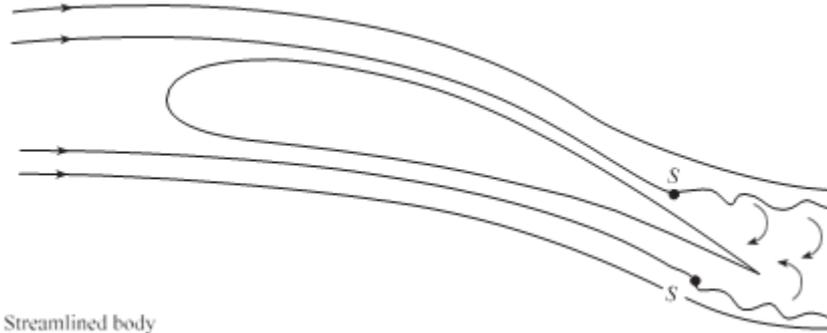
# Prinsip flowmeter turbin



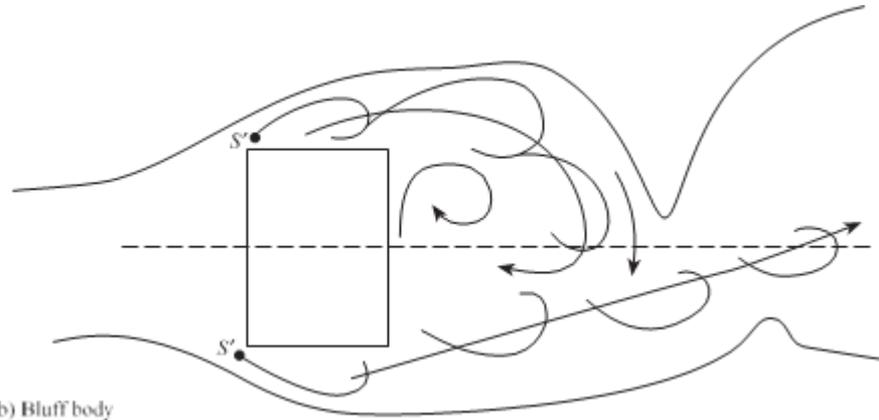




# Pengukur aliran pusaran

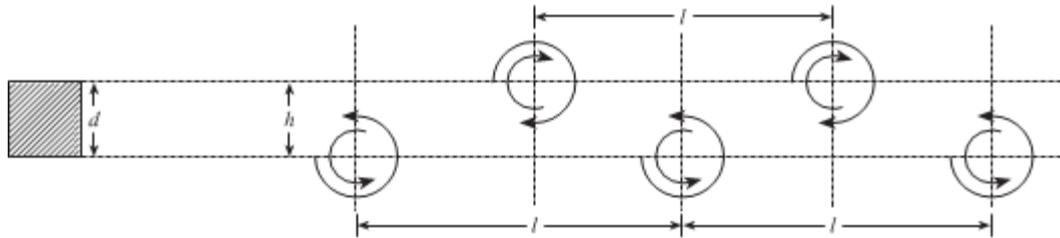


(a) Streamlined body

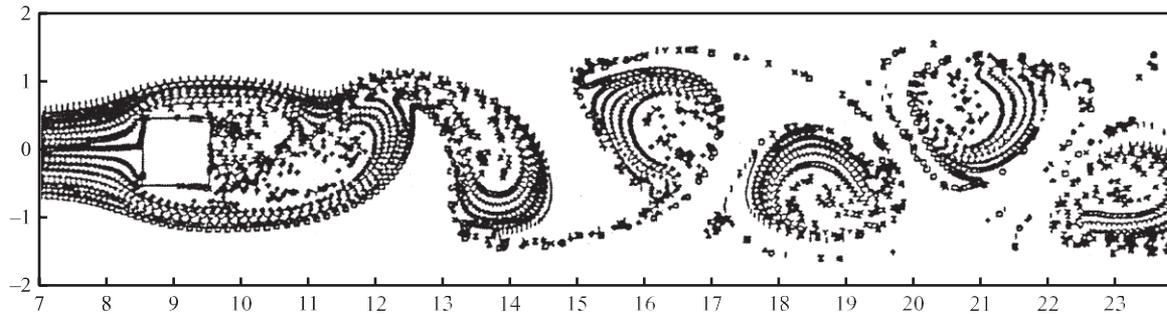


(b) Bluff body

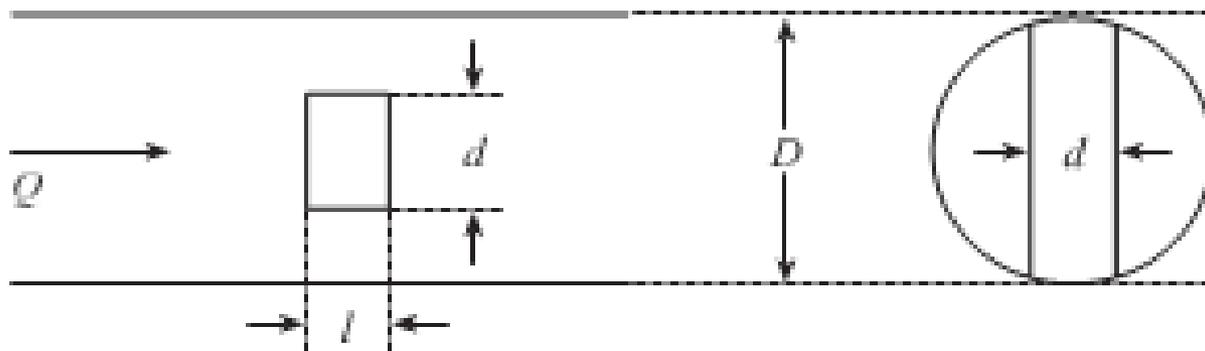
# von Karman vortex street



Idealised



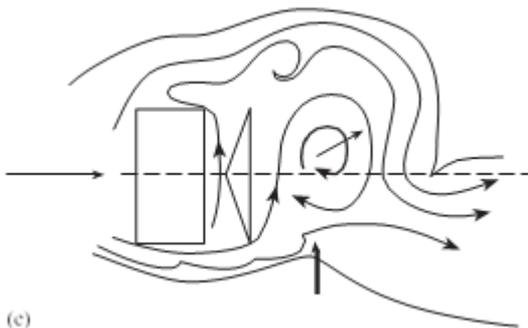
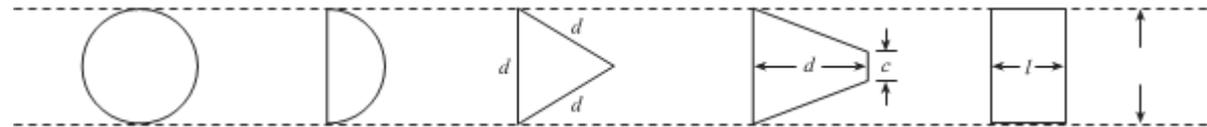
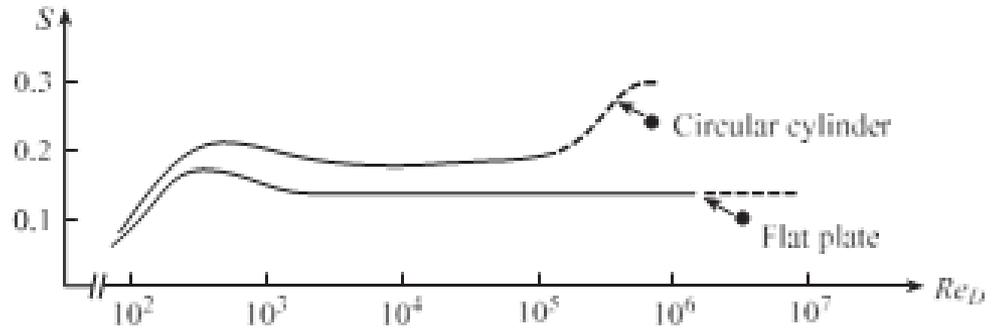
Computer simulation





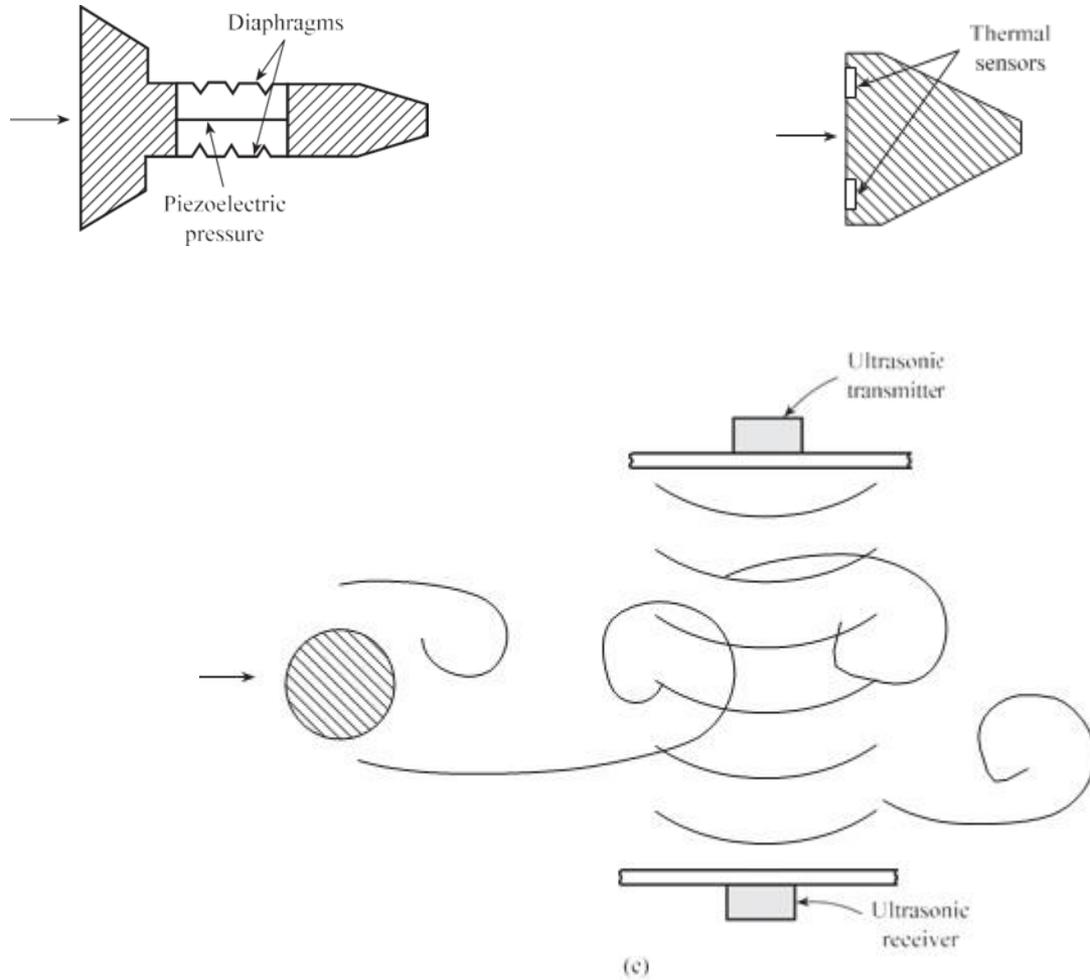
# Karakteristik dan geometri tubuh tebing

Bluff body characteristics  
and geometry:  
Strouhal number versus  
Reynolds number  
Bluff body shapes  
Dual bluff body.



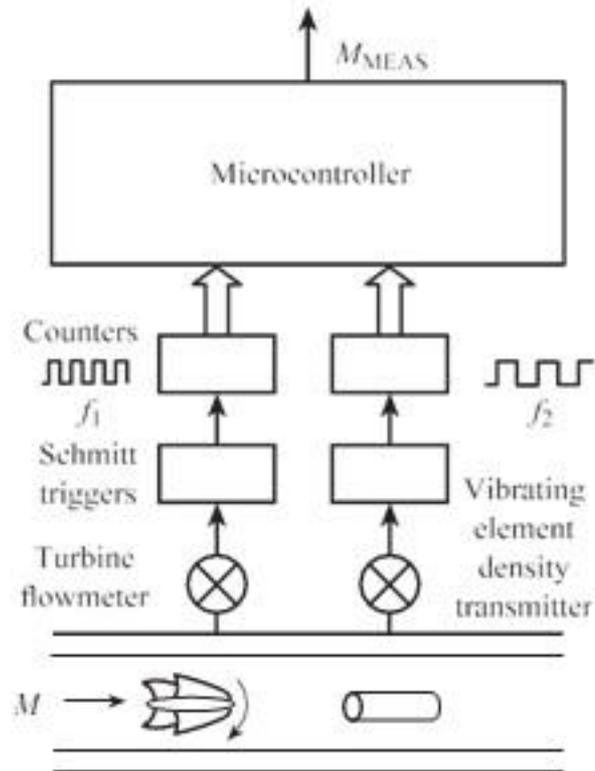


# Bluff bentuk tubuh dan sistem deteksi





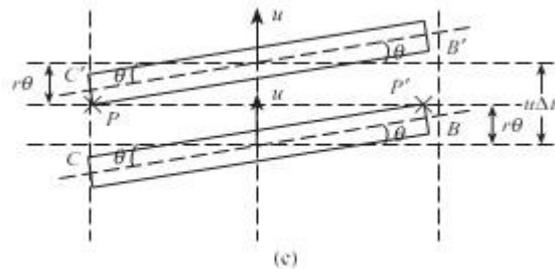
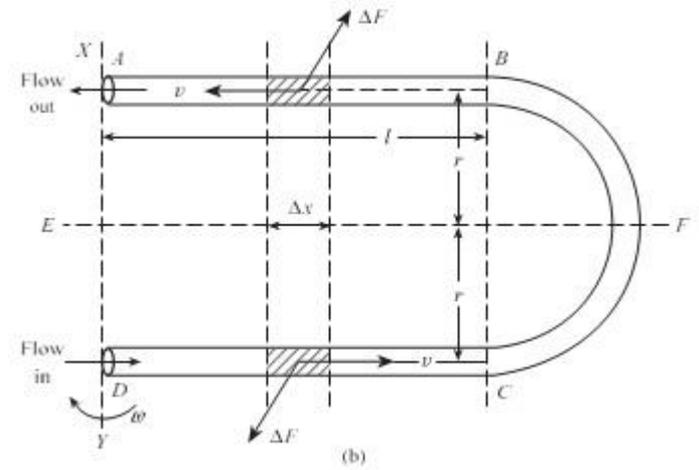
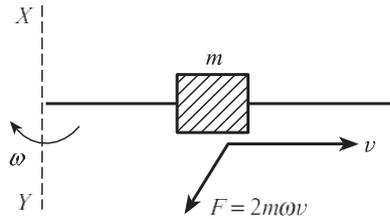
## 4. Pengukuran laju aliran massa



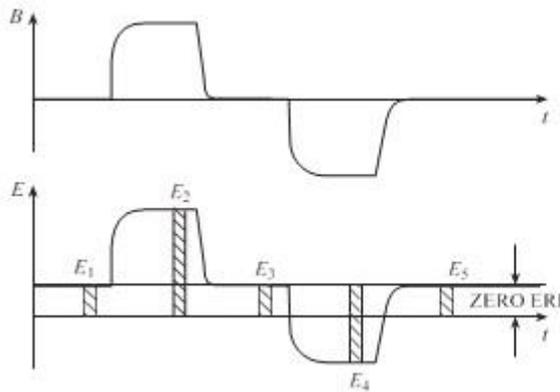
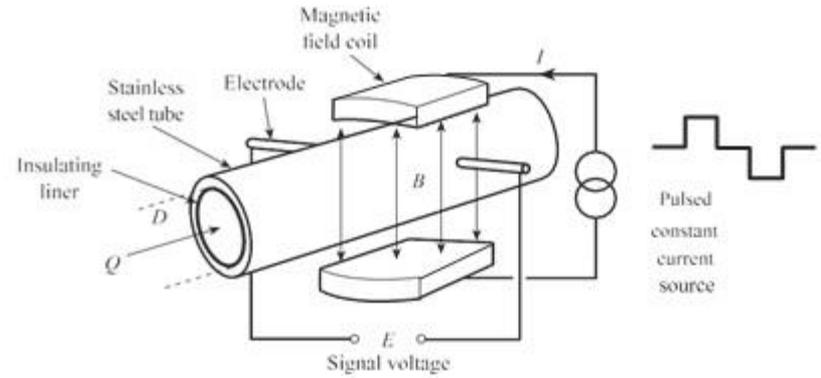
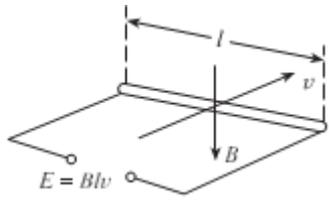




# Coriolis mass flowmeter



# Persamaan untuk flowmeter elektromagnetik

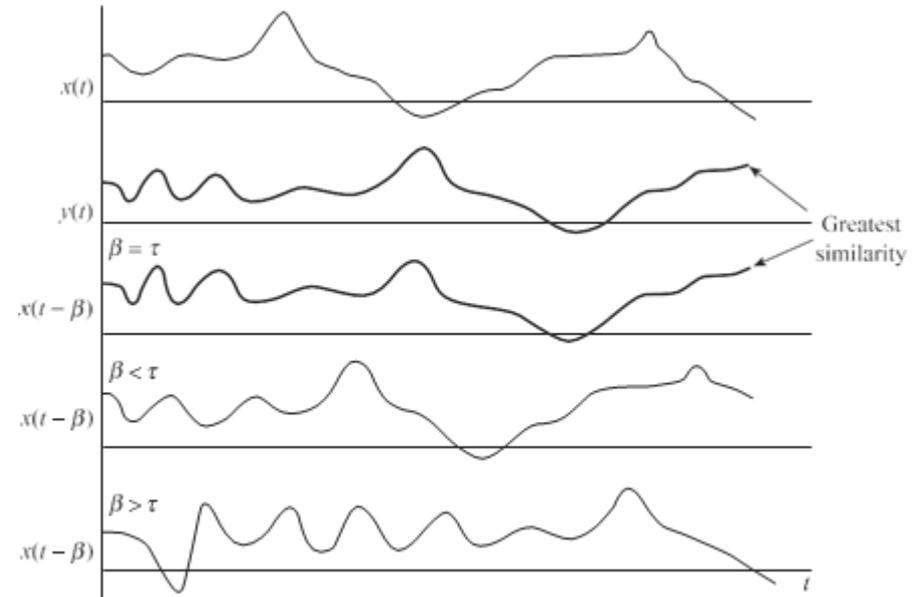
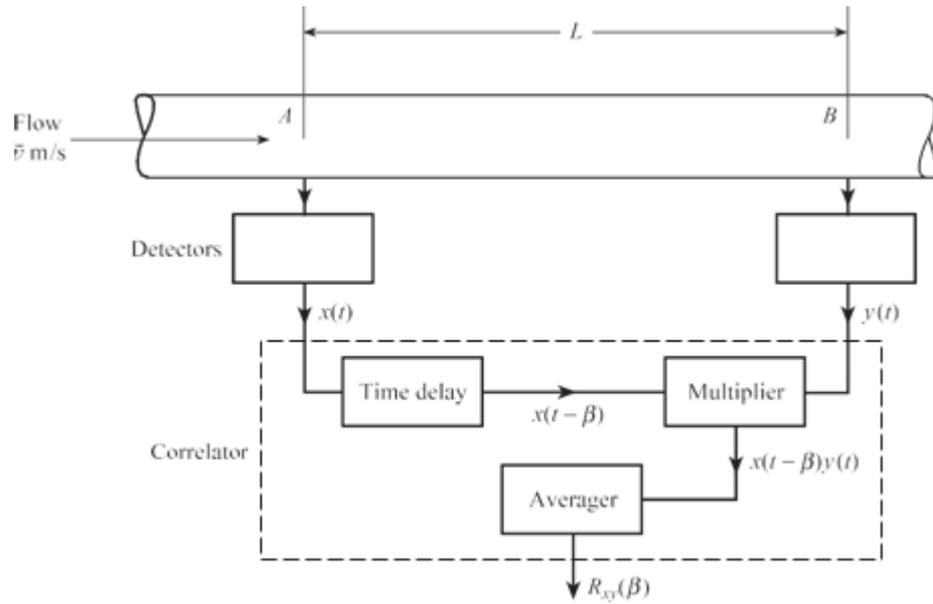


Flow-related signal

$$E_Q = E_2 \left[ \frac{(E_1 + E_3)}{2} \right] - E_4 \left[ \frac{(E_5 - E_5)}{2} \right]$$

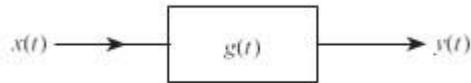


# Cross-correlation flowmeter

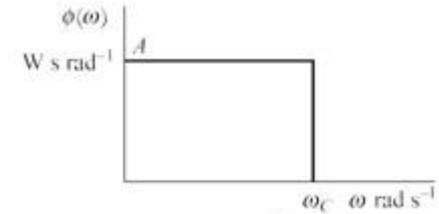




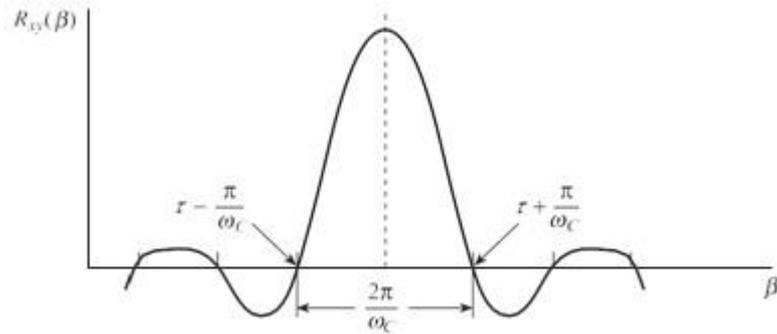
# Teoretis fungsi korelasi silang untuk flowmeter



(a)



(b)



(c)



## **5. Pengukuran laju aliran dalam situasi sulit**



Terimakasih

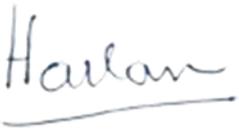


**INSTITUT SAINS dan TEKNOLOGI NASIONAL**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1**

**RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)**

MATA KULIAH	KODE	Rumpun Mata Kuliah (RMK)	Bobot	Semester	Tgl. Penyusunan
Instrumentasi Elektronika	223006	Ilmu Teknik	2 SKS	3	17 September 2022
OTORISASI	Dosen Pengembangan RPS		Koordinator RMK	Kepala Program Studi Teknik Elektro	
	 (Ariman, ST, MT)		 (Fivit Marwita, ST, MT)	 (Harlan Effendi, ST, MT)	
Capaian Pembelajaran (CP)  Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL)  Capaian Pembelajaran-Matakuliah (CP-MK)	CP-Prodi	URAIAN2			
	CPL01	Kemampuan menerapkan pengetahuan matematika, ilmu pengetahuan alam dan/atau material, teknologi informasi dan keteknikan untuk mendapatkan pemahaman menyeluruh tentang prinsip-prinsip keteknikan.			
	CPL03	Kemampuan mendesain dan melaksanakan eksperimen laboratorium dan/atau lapangan serta menganalisis dan mengartikan data untuk memperkuat penilaian teknik.			
	CPL05	Kemampuan menerapkan metode, keterampilan dan piranti teknik yang modern yang diperlukan untuk praktek keteknikan.			
	CP-MK	1. Pengukuran & Kesalahan.			
		2. Sistem-sistem Satuan dalam Pengukuran			
		3. Standard Pengukuran.			
		4. Instrumen Penunjuk Aus Searah.			
		5. Instrumen Penunjuk Arus Bolak-balik.			
		6. Prinsip-prinsip & Pemakaian Potensiometer.			
		7. Jembatan Arus Searah & Pemakaian			
		8. Flow Measurement Systems			
		9. Intrinsically Safe Measurement Systems			
		10. Heat Transfer Effects in Measurement Systems			
	11. Optical Measurement Systems				
12. Ultrasonic Measurement Systems					
13. Gas Chromatography Systems					
14. The Intelligent Multivariable Systems					
Deskripsi Singkat Mata Kuliah	Peran Instrumentasi pada berbagai bidang rekayasa; karakteristik komponen; methoda pengukuran, methoda kalibrasi, methoda pengolahan data pengukuran. Klasifikasi sensor dan tranduser: mekanik; termal; optik.; akustik, LVDT konversi sinyal, Penguatan dan modulasi, pengkondisi sinyal Analog dan digital, rangkaian Konverter, Akuisisi Data. Pengendali akhir, aktuatur mekanik; actuator elektrik, actuator hidrolik; Rangkaian pengendali analog; filter, Pengenalan perekam sinyal, komunikasi, serta peraga dan pembacaan.				
Materi Pembelajaran / Pokok Bahasan	1. Pengukuran & Kesalahan				
	2. Sistem-sistem satuan dlam pengukuran				
	3. Standar pengukuran				

	4. Instrumen penunjuk arus searah	
	5. Instrumen penunjuk arus bolak-balik	
	6. Prinsip-prinsip & pemakaian potensiometer	
	7. Jembatan arus searah & pemakaiannya	
	8. UTS	
	9. Flow Measurement Systems	
	10. Intrinsically Safe Measurement Systems	
	11. Heat Transfer Effects in Measurement Systems	
	12. Optical Measurement Systems	
	13. Ultrasonic Measurement Systems	
	14. Gas Chromatography Systems	
	15. The Intelligent Multivariable Systems	
	16. UAS	
<b>Pustaka</b>	<b>Utama</b>	
	1. An Introduction to Electrical Instrumentation A guide to the use, selection, and limitations of electrical instruments and measuring systems ; 1977	
	2. An Introduction to Electrical Instrumentation and Measurement Systems A guide to the use, selection, and limitations of electrical instruments and measurement systems ; 1981	
	3. Sistem Instrumentasi Elektronika, PROF. DR. Samaun Samadikun, Ir. S. Reka Rio, Dr. Ir. Tati Mengko ,1988	
	4. Electronic Instrument Handbook, Clyde_F._Coombs, 2004	
	<b>Pendukung</b>	
	1. Principles of measurement systems by John P Bentley (z-lib.org); 2005	
	2. Electrical_and_Electronics_Measurment-[Prithwiraj_Purkait] ; 2013	
	3. Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook Electromagnetic, Optical, Radiation, Chemical, and Biomedical Measurement ; 2014	
	4. Electronic Measuring Instruments ; 2017	
5. Sensors, Nanoscience, Biomedical Engineering, and Instruments Sensors Nanoscience Biomedical Engineering (The Electrical Engineering Handbook Third Edition) ; 2006		
<b>Media Pembelajaran</b>	<b>Perangkat Lunak:</b>	
	MS Power Point, MS Word, MS Exel.	
	<b>Perangkat Keras:</b>	
	White Board(WB), LCD Projector, Laptop, Pointer, Spidol WB, Gadget, WIFI.	
<b>Team Teaching</b>	Fivit Marwita, ST, MT : Dosen Pengampu Ariman, ST, MT. : Dosen Pendamping	
<b>Mata Kuliah Syarat</b>	-	
<b>Bobot Penilaian</b>	Absen 10%	
	Tugas/Quis 20%	
	UTS 30%	
	UAS 40%	
<b>Grade</b>	<b>Angka</b>	
	<b>Huruf</b>	
	80 - 100	A
	75 - 79,99	A-
	72 - 74,99	B+
	68 - 71,99	B
	65 - 67,99	B-
	62 - 64,99	C+
	55 - 61,99	C
	41 - 54,99	D
	0 - 40,99	E

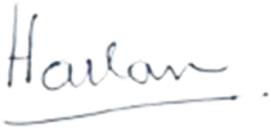
## Matrik Rencana Pembelajaran

Pertemuan ke :	Sub-CP-MK (sebagai kemampuan akhir yang diharapkan)	Indikator	Kriteria & Bentuk	Metode Pembelajaran (estimasi waktu)	Materi Pembelajaran	Bobot
1	Pengukuran & Kesalahan	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan perbedaan dasar Pengukuran & Kesalahan	<p><b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan ragam permasalahan metode dan perbedaan dasar Pengukuran &amp; Kesalahan</p> <p><b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal metode dan konsep dasar perbedaan dasar Pengukuran &amp; Kesalahan</p>	<p><b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"</p> <p><b>Tugas :</b> Belum ada tugas.</p>	1. Pengukuran & Kesalahan	0,74 %
2	Sistem-sistem satuan dalam pengukuran	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Sistem-sistem satuan dalam pengukuran	<p><b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan Sistem-sistem satuan dalam pengukuran</p> <p><b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Sistem-sistem satuan dalam pengukuran</p>	<p><b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"</p> <p><b>Tugas :</b> Belum ada tugas</p>	1. Sistem-sistem satuan dalam pengukuran	0,74 %
3	Standar pengukuran	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Standar pengukuran	<p><b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan ragam permasalahan Standar pengukuran</p> <p><b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Standar pengukuran</p>	<p><b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"</p> <p><b>Tugas :</b> Belum ada tugas</p>	1. Standar pengukuran	0,74 %
4	Instrumen penunjuk arus searah	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori,	<p><b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan</p>	<p><b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"</p>	1. Instrumen penunjuk arus searah	0,74 %

		prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Instrumen penunjuk arus searah	n ragam permasalahan Instrumen penunjuk arus searah  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Instrumen penunjuk arus searah	<b>Tugas :</b> Mengerjakan soal-soal Instrumen penunjuk arus searahdikumpulkan pada pertemuan berikutnya.		
5	Instrumen penunjuk arus bolak-balik	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan Instrumen penunjuk arus bolak-balik	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan n ragam mengenai Instrumen penunjuk arus bolak-balik  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Instrumen penunjuk arus bolak-balik	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Belum ada tugas	1. Instrumen penunjuk arus bolak-balik	0,74 %
6	Prinsip-prinsip & pemakaian potensiometer	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Prinsip-prinsip & pemakaian potensiometer	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan n ragam permasalahan Prinsip-prinsip & pemakaian potensiometer  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Prinsip-prinsip & pemakaian potensiometer	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Belum ada tugas	1. Prinsip-prinsip & pemakaian potensiometer	0,74 %
7	Jembatan arus searah & pemakaiannya	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Jembatan arus searah & pemakaiannya	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan n ragam permasalahan Jembatan arus searah & pemakaiannya  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Jembatan arus searah & pemakaiannya	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Mengerjakan soal-soal Jembatan arus searah & pemakaiannyadikumpulkan pada pertemuan berikutnya.	1. Jembatan arus searah & pemakaiannya	0,74 %

8	UJIAN TENGAH SEMESTER	Dapat menyelesaikan soal-soal minimal 70 %.	Soal Essay	Ujian tulis dengan rentang waktu sesuai waktu kuliah	Materi dari pertemuan 1 s/d 6.	30 %
9	Flow Measurement Systems	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan Flow Measurement Systems	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan ragam permasalahan Flow Measurement Systems  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Flow Measurement Systems	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Belum ada tugas	1. Flow Measurement Systems	0,74 %
10	Intrinsically Safe Measurement Systems	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Intrinsically Safe Measurement Systems	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan ragam permasalahan Intrinsically Safe Measurement Systems.  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Intrinsically Safe Measurement Systems	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Belum ada tugas	1. Intrinsically Safe Measurement Systems	0,74 %
11	Heat Transfer Effects in Measurement Systems	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Heat Transfer Effects in Measurement Systems	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan ragam permasalahan Heat Transfer Effects in Measurement Systems.  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Heat Transfer Effects in Measurement Systems	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Belum ada tugas	1. Heat Transfer Effects in Measurement Systems	0,74 %
12	Optical Measurement Systems	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip,	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"	1. Optical Measurement Systems	0,74 %

		konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Optical Measurement Systems	n ragam permasalahan Optical Measurement Systems  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Optical Measurement Systems	<b>Tugas :</b> Belum ada tugas		
13	Ultrasonic Measurement Systems	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Ultrasonic Measurement Systems	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan n ragam permasalahan Ultrasonic Measurement Systems  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Sistem Ultrasonic Measurement Systems	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Belum ada tugas	1. Ultrasonic Measurement Systems	0,74 %
14	Gas Chromatography Systems	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Sistem Gas Chromatography Systems	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan n ragam permasalahan Gas Chromatography Systems  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Gas Chromatography Systems	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Belum ada tugas	1. Gas Chromatography Systems	0,74 %
15	The Intelligent Multivariable Systems	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan The Intelligent Multivariable Systems	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan n ragam permasalahan The Intelligent Multivariable Systems  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal The Intelligent Multivariable Systems	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Belum ada tugas	1. The Intelligent Multivariable Systems	0,74 %
16	<b>UJIAN AKHIR SEMESTER</b>	Dapat menyelesaikan soal-soal	Soal Essay	Ujian tulis dengan rentang waktu sesuai waktu	Materi dari pertemuan 9 s/d 15.	<b>40 %</b>

		minimal 70 %.		kuliah		
Di susun oleh:	<p style="text-align: center;"><b>= PERHATIAN =</b>  <b>Dilarang</b>  <b>merubah/memperbanyak</b>  <b>sebagian atau seluruh isi</b>  <b>dokumen tanpa izin dari</b>  <b>Program Studi Teknik Elektro</b>  <b>- Fakultas Teknologi Industri -</b>  <b>ISTN</b></p>			Ketua Program Studi Teknk Elektro:	Diperiksa oleh Ketua Tim Kelompok Ilmu - Teknik Elektro:	
						
(Ariman, ST, MT)				(Harlan Effendi, ST, MT)	(Fivit Marwita, ST, MT)	