



Pressure Gauge:

Selection, Installation, Operation, Maintenance & Calibration

Course No. : MTC-PDD-INST-TR-001

Maintenance and PG & T Department – Instrument
Pedada Area

© Copyright 2007.
Hendri, ST, MT

Pedada, 20 May 2007



© Copyright 2007.
Hendri, ST, MT

Disclaimer:

- **Neither I, Hendri, my company, BOB, nor any of their affiliated entities assumes responsibility for the selection, use and maintenance of any product on this training material. Responsibility for the selection, use, and maintenance of any product on this training material remains with the purchaser and end-user.**



© Copyright 2007.
Hendri, ST, MT

Silabus

- Dasar-dasar pengukuran tekanan.
- Sensor, karakteristik statis & kalibrasi.
- Pressure Gauge.
 - Komponen utama + aksesoris.
 - Pemilihan.
 - Instalasi, pengoperasian, perawatan & kalibrasi.

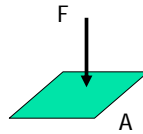


© Copyright 2007

Dasar-dasar Pengukuran Tekanan

Definisi tekanan

- Gaya F yang bekerja atau terdistribusi pada suatu permukaan A



Pengukuran tekanan

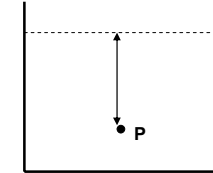
- Tekanan yang bekerja pada titik P di dalam cairan:

$$P = F / A = hw$$

dengan,

h = jarak dari permukaan ke titik P

w = berat cairan



Penentuan level cairan melalui pengukuran tekanan

$$h = P/\rho g$$

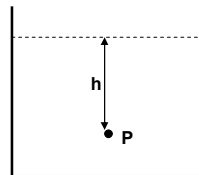
dengan,

h = jarak dari permukaan ke titik P

P = tekanan

ρ = density

g = percepatan gravitasi



Penentuan level cairan melalui harga density (ρ)



$$h = P/\rho g$$

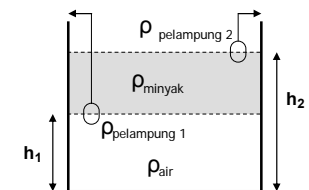
dengan,

h = jarak dari permukaan ke titik P

P = tekanan

ρ = density

g = percepatan gravitasi



$$\rho_{\text{air}} > \rho_{\text{pelampung 1}} > \rho_{\text{minyak}} > \rho_{\text{pelampung 2}}$$

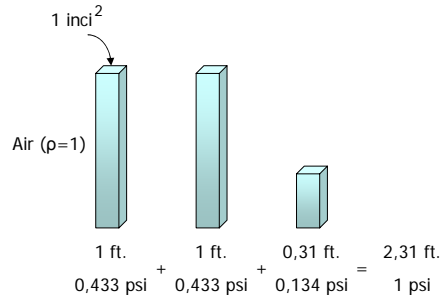


Satuan Tekanan

- 1 psi = 51,714 mmHg**
- = 2,0359 inHg**
- = 27,680 inH₂O**
- = 6,8946 kPa**

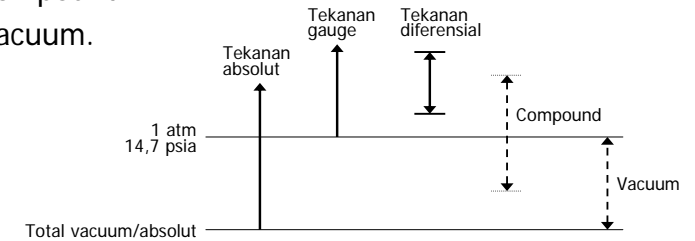
- 1 bar = 14,504 psi**

- 1 atm. = 14,696 psi**



Jenis-jenis Pengukuran Tekanan

- Gauge.
- Absolut.
- Diferensial.
- Compound.
- Vacuum.

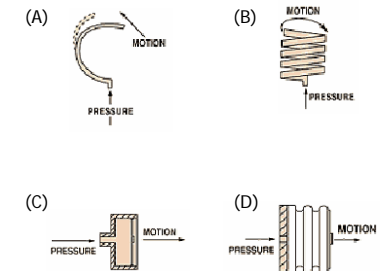


Sensor Tekanan, Karakteristik Statis & Kalibrasi



Sensor Tekanan

- (A) C-shaped Bourdon tube.
- (B) Helical Bourdon tube.
- (C) Diaphragm.
- (D) Bellows.





Karakteristik Statis Sensor

- Jangkauan (range/span)
- Akurasi
- Repeatability
- Linierity
- Hysteresis



Span

- Jangkauan pengukuran sensor
- Span = batas maksimum – batas minimum

0 psig ← Jangkauan sensor → 100 psig

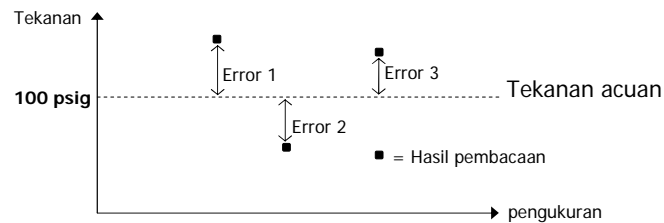
0 inH2O ← Jangkauan sensor → 750 inH2O

0 bar ← Jangkauan sensor → 250 bar



Akurasi

- Kedekatan hasil pembacaan dengan harga acuan standar.

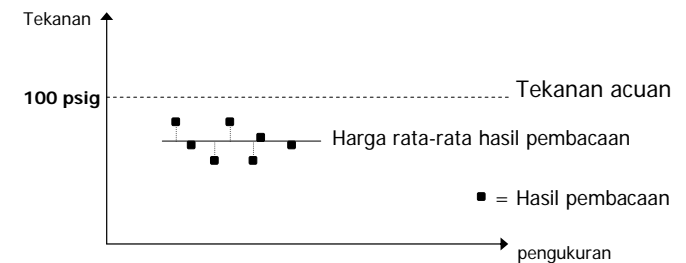


- Umumnya dinyatakan oleh:
 - % dari span, misal: 0,5 % dari span.
 - % dari pembacaan (reading), misal: 1% dari pembacaan.



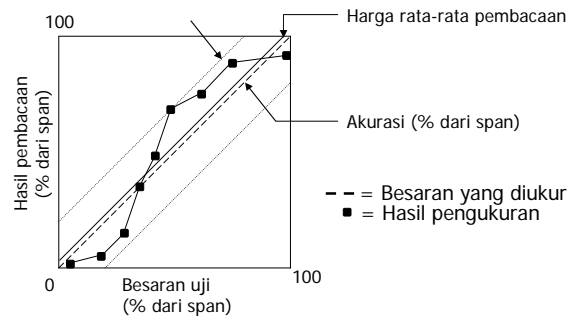
Repeatability

- Kedekatan beberapa hasil pengukuran terhadap harga rata-ratanya.



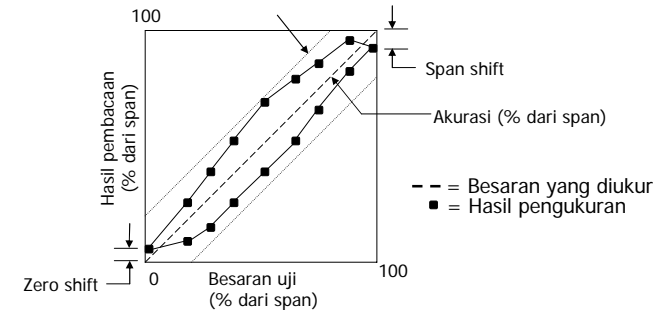
Linierity

- Umumnya sensor didisain untuk dapat menghasilkan hubungan yang linier antara hasil pengukuran dengan besaran yang diukur.



Hysteresis

- Hasil pengukuran ketika harga besaran yang diukur dinaikkan dan kemudian diturunkan.
- Umumnya hasil pembacaannya berbeda.

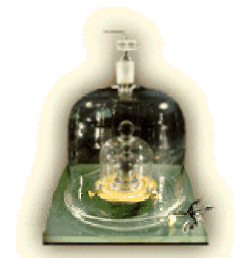


Kalibrasi

- Definisi:
 - Suatu tindakan yang dilakukan, pada kondisi tertentu, yang menghasilkan hubungan antara harga hasil pengukuran dengan harga acuan standar.
- Tujuan:
 - Hasil pengukuran dari suatu alat ukur sesuai dengan akurasi dan jangkauan disain awalnya pada kondisi lingkungan tertentu.

Standar Kalibrasi

- traceable
 - Standar Primer (Primary Standard).
 - Suatu unit yang sangat akurat.
 - Disertifikasi oleh institusi standar seperti NIST (National Institute of Standard and Technology).
 - Standar Sekunder (Secondary Standard).
 - Standar kalibrasi yang didisain dan dibuat berdasarkan standar primer.
 - Dibuat oleh institusi kalibrasi.
 - Standar Kerja (Working Standard).
 - Akurasi satu tingkat dibawah standar sekunder.
 - Umumnya dimiliki oleh industri dan laboratorium.



Unit of mass (kilogram)

Prototipe internasional.
Dibuat dari platinum-iridium,
disimpan di BIPM
pada kondisi tertentu.
(foto milik BIPM).



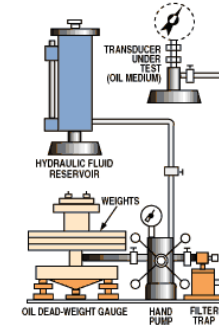
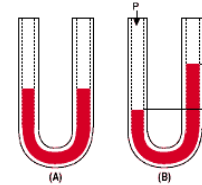
Kalibrasi Ulang

- Alat telah ditala ulang.
- Alat telah diperbaiki.
- Alat telah dimodifikasi.
- Faktor usia ← dilakukan secara periodik.



Contoh Alat Kalibrasi Tekanan

- Manometer-U
- Dead Weight Tester
- Hand Pump



Chandler Dead Weight Tester 58-150H-T-1

- Jangkauan : 100 - 20,000 psi, beban terkecil: 1 psi.
- Akurasi : 0,05% dari pembacaan.
- Temperature operasi : 4 – 48 °C.
- Kelambaban relatif : 0 – 90%.
- Komponen utama :
 1. Koneksi gauge.
 2. Pompa.
 3. Piston & silinder.
 4. Meja beban.
 5. Beban.
 6. Pipa (plumbing).
 7. Reservoir oli.
 8. Aksesoris motor listrik.
 9. Suction valve.
 10. Discharge valve.
 11. Meja tester.



Pressure Gauge



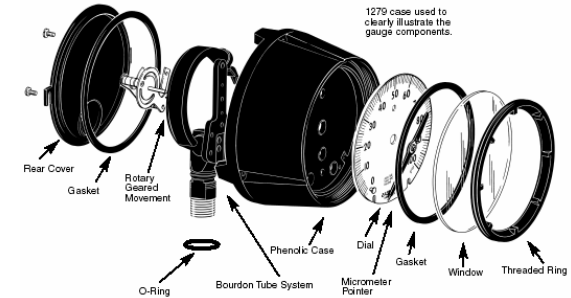
Pressure Gauge

- Alat ukur tekanan dengan indikasi lokal.
- Tipe:
 - Direct Reading.
 - Tekanan absolut, gauge, vacuum, compound, differensial.
 - Receiver.
 - Misal, 3 – 15 psig, 0 – 40 psig.



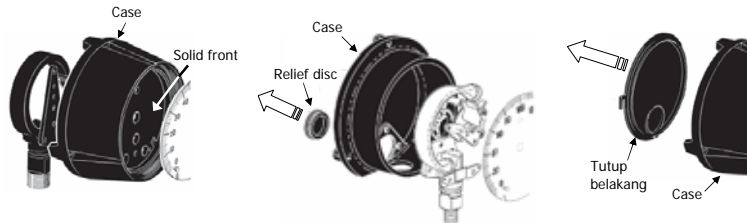
Komponen utama

- Contoh: Aschroft Duragauge 1279.



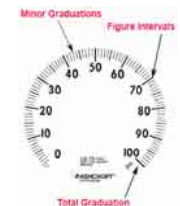
Proteksi Tekanan Berlebih (Over Pressure)

- Solid front.
- Pressure relieve disc.
- Full blow-out back.



Range

- Tekanan operasi normal proses berada pada 25% s/d 75% dari skala.
 - Jika skala terlalu kecil:
 - Umur elemen elastis lebih pendek
 - Rentan terhadap adanya tekanan lebih (*overpressure*)
 - Jika skala terlalu besar:
 - Pembacaan dengan resolusi tinggi sukar dilakukan.





Material

- Elemen ukur harus tahan korosi dengan media proses.

Tabel
kompatibilitas
media vs. material
(Sumber: Ashcroft®)

MEDIA APPLICATION	Pressure Instrument Material			MEDIA APPLICATION	Pressure Instrument Material			MEDIA APPLICATION	Pressure Instrument Material		
	Brass or Bronze	316 SS	Monel		Brass or Bronze	316 SS	Monel		Brass or Bronze	316 SS	Monel
Acetone*	*	*	*	Crude Oil (Sweet)	*	*	*	Phosphoric Acid <80%*	*	*	*
Acetic Acid <40%	*	*	*	Crude Oil (Sour)	*	*	*	Phos. Acid <10%	*	*	*
Acetic Anhydride	*	*	*	Ethylene Oxide >99%*	*	*	*	Propane (Dry) DOT Quality	*	*	*
Acetylene (Dry)	*	*	*	Ferric Chloride <40%	*	*	*	Sea Water (Flowing)	*	*	*
Acrolein 100%	*	*	*	Ferric Chloride <10%	*	*	*	Silver Nitrate <70%	*	*	*
Air	*	*	*	Ferrous Chloride <30%	*	*	*	Sodium Bicarbonate <20%	*	*	*
Alcohol, Ethyl	*	*	*	Ferrous Sulfate <50%	*	*	*	Sodium Bisulfate <30%	*	*	*
Alum. Chloride >10%	*	*	*	Fluorine Gas (Dry) No Air	*	*	*	Sodium Carbonate <40%	*	*	*
Alum. Sulfate 10-50%	*	*	*	Formaldehyde <95%	*	*	*	Sodium Chromate <60%	*	*	*
Ammonia Gas (Dry)	*	*	*	Formic Acid*	*	*	*	Sodium Cyanide*	*	*	*
Ammonium Chloride <40%	*	*	*	Freons	*	*	*	Sodium Hydroxide < 40%	*	*	*
Ammonium Nitrate <50%	*	*	*	Furfural <10%	*	*	*	Sodium Hypochlorite <25%	*	*	*
Ammonium Sulfate <60%	*	*	*	Gasoline (Flowing)	*	*	*	Sodium Phosphate, TN <60%	*	*	*
Aniline >99%	*	*	*	Glycerin >99%	*	*	*	Sodium Silicate <30%	*	*	*
Argon	*	*	*	Hydrobromic Acid	*	*	*	Sodium Sulfide <50%	*	*	*
Baer	*	*	*	Hydrochloric Acid	*	*	*	Stannous Chloride <10%	*	*	*
Benzidine >99%	*	*	*	Hydrofluoric Acid	*	*	*	Steam (Use siphon)	*	*	*
Benzene <50%	*	*	*	Hydrofluosulfic Acid	*	*	*	Stearic Acid	*	*	*
Benzoic Acid <70%	*	*	*	Hydrogen ⁽¹⁾	*	*	*	Sulfur Dioxide (Dry) >99%	*	*	*
Boric Acid <25%	*	*	*	Hydrogen Peroxide <50%	*	*	*	Sulfur Trioxide (Dry) >99%	*	*	*
Bromine (Dry)	*	*	*	Kerosene	*	*	*	Sulfuric Acid	*	*	*
Butane	*	*	*	Lactic Acid <70% ⁽¹⁾	*	*	*	Tannic Acid <80%	*	*	*
Butyric Acid <10%	*	*	*	Magnesium Chloride <40%	*	*	*	Tartaric Acid <50%	*	*	*
Calcium Chloride <80%	*	*	*	Mercury >99%	*	*	*	Tin Chloride (ous) <10%	*	*	*
Calcium Hydroxide <50%	*	*	*	Milk	*	*	*	Toluene >99%	*	*	*
Carbon Dioxide	*	*	*	Naphtha >99%	*	*	*	Turpentine >99%	*	*	*
Carbon Monoxide (Dry) >99%	*	*	*	Naphthalene >99%	*	*	*	Water (Tap)	*	*	*
Chlorine (Dry)	*	*	*	Nickel Chloride >99%	*	*	*	Whiskey	*	*	*
Chlorine (Moist)	*	*	*	Nitric Acid <95%*	*	*	*	Zinc Chloride <25%*	*	*	*
Chloroform (Dry)	*	*	*	Nitrogen	*	*	*	Zinc Sulfate <40%	*	*	*
Chloric Acid	*	*	*	Oleic Acid	*	*	*				
Citric Acid 10-50%	*	*	*	Oxalic Acid*	*	*	*				
Dim. Oil	*	*	*	Oxygen (Gas) ⁽¹⁾	*	*	*				
Crude Oil (Sour)	*	*	*	Palmitic Acid >99%*	*	*	*				

(1) Monel and 316 stainless steel are acceptable for oxygen service, provided the instrument has been cleaned for service and is free from oil. Order specifies 316.
(2) Over 1000 psi with system must be 316 stainless steel.
*Media temperature must be below 100°F.
**Any standard Bourdon tube or bellows material may be used in conjunction with a diaphragm seal with bellows size $1/8$ inch or larger (diaphragm). Use the gauge selection manual for rate conditions. See the corrosion chart for material to which it is to operate.
Table revised December 18, 2004.



© Copyright 2007.
Hendri, ST, MT

Akurasi

- Perbedaan antara harga acuan dengan hasil pengukuran.
 - Termasuk hysteresis dan repeatability errors pada kondisi lingkungan tertentu (ASME B40.1).
- Tingkatan akurasi (% dari span) (sumber: ASME B40.1):
 - Grade 4A : 0,1%.
 - Grade 3A : 0,25%.
 - Grade 2A : 0,5%.
 - Grade 1A : 1%.
 - Grade A : 2-1-2%.
 - Grade B : 3-2-3%.
 - Grade C : 4-3-4%.
 - Grade D : 5%.
- Tingkat akurasi ditentukan oleh kebutuhan.



© Copyright 2007.
Hendri, ST, MT

Window

- Kaca (glass).
 - Rating: -50 – 350 F.
 - Dapat tergores.
 - Silau.
 - Tahan bahan kimia.
- Non-glare glass.
 - Rating: -50 – 350 F.
 - Tidak mudah tergores.
 - Anti silau.
 - Tahan bahan kimia.
- Laminated Safety Glass.
 - Rating: -50 – 200 F.
 - Menahan serpihan pecahan kaca.
- Acrylic (Plexiglass).
 - Rating: -50 – 180 F.
 - Cukup tahan bahan kimia.



© Copyright 2007.
Hendri, ST, MT

Koneksi

- Lokasi: belakang, bawah dari gauge
- Ukuran: umumnya 1/4" dan 1/2" NPT male.

Ukuran Dial	Ukuran Koneksi
$\geq 4 \frac{1}{2}''$	$\frac{1}{2}''$
$1 \frac{1}{2}'' < \text{Dial} < 4 \frac{1}{2}''$	$\frac{1}{4}''$
$\leq 1 \frac{1}{2}''$	$\frac{1}{8}''$



Mounting

- Stem
- Flush/panel
- Surface/wall



- Jika temperatur media sangat tinggi/rendah, gunakan pipa kapiler (> 5 ft) → remote mounting.



Snubber & Pulsation Dampener

- Meredam tekanan pulsa dan impuls.

Snubber

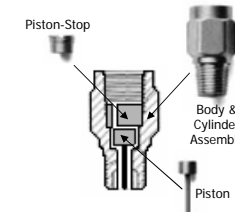
- Orifice berdiameter kecil mengurangi kecepatan aliran fluida ke instrumen.



Tanpa peredam

Pulsation Dampener

- Plunger beresilasi bebas di dalam lubang silinder.



Dengan peredam



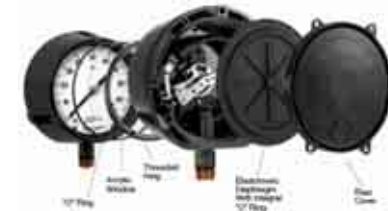
Diaphragm Seal

- Melindungi gauge dari:
 - Temperatur tinggi proses.
 - Temperature dingin lingkungan ← media membeku & menyumbat koneksi gauge ke proses (clogging).
 - Media korosif.
- Ruang antara gauge dan diaphragm seal diisi cairan (misal: glycerin, silicone, halocarbon) → akurasi berkurang.



Liquid-filled Gauge

- Meredam pulsa tekanan dan vibrasi.
 - Gauge diisi cairan:
 - Glycerin (20 – 250°F).
 - Silicone (-40 – 250°F)
 - Halocarbon (-50 – 250°F)
 } Bereaksi dengan *oxidizing agent* seperti Chlorine, Asam nitrat, hidrogen peroksida
- Karena di-seal → kontaminan tidak dapat masuk ke dalam gauge.





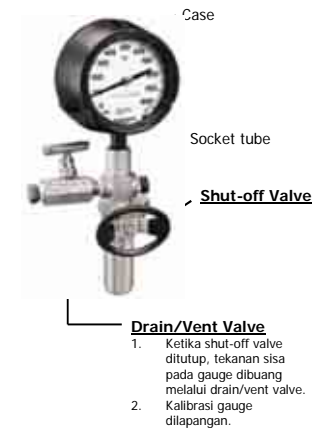
Ashcroft Pressure Gauge with Plus! Performance

- Tipe dry gauge namun mempunyai kemampuan yang sama dengan liquid-filled gauge dalam meredam pulsa tekanan dan vibrasi.
- Kalibrasi mudah dilakukan, tidak ada resiko kebocoran isi gauge, relatif lebih murah daripada liquid-filled gauge.



Instalasi Pressure Gauge

- Lokasi.
 - Pasang di tempat yang jauh dari getaran, temperatur yang ekstrim, embun.
- Penggunaan kembali.
 - AMSE B40.1 tidak merekomendasikan penggunaan gauge dari satu aplikasi ke aplikasi lain.
- Pemasangan.
 - Jangan pasang gauge dengan memutar casing-nya.
 - Gunakan kunci pas atau kunci inggris untuk memutar socket tube.
 - Gunakan teflon tape sebagai seal pada ulir socket.
 - Pasang dengan erat untuk menjamin tidak ada kebocoran media.
- Isolasi proses.
 - Gunakan shut-off valve antara gauge dan proses agar gauge dapat diisolasi untuk penggantian/ perawatan tanpa menghentikan proses.



Pengoperasian Pressure Gauge (1)

- Frekuensi pemeriksaan.
 - Bersifat subyektif, tergantung pada seberapa kritis akurasi yang diperlukan. Misal, pemeriksaan bulanan untuk aplikasi kritis. Enam bulan/tahunan untuk aplikasi non kritis.
- Pemeriksaan lapangan.
 - Jika akurasi gauge tidak dapat diperiksa dilapangan, lihat pembacaan gauge, misal tidak sama dengan 0 psig sedangkan proses berhenti.
 - Pointer yang bengkok atau lepas karena pulsa tekanan.
 - Window/glass yang rusak/pecah.
 - Kebocoran isi liquid-filled gauge.
 - Kerusakan/keretakan pada casing.
 - Kebocoran media pada gauge & koneksinya.
 - Perubahan warna pada isi liquid-filled gauge yang menyulitkan pembacaan.



Pengoperasian Pressure Gauge (2)

- Pemeriksaan akurasi.
 - Dilakukan secara berkala.
- Kalibrasi Ulang.
 - Tergantung pada seberapa kritis akurasi yang dibutuhkan. Faktor usaha & waktu yang dibutuhkan juga menjadi pertimbangan.
- Suku Cadang.
 - Rekomendasi umum: 10 gauge terpasang, 1 spare.



Perawatan Pressure Gauge

- Ganti kaca yang rusak.
- Hindari bearing dan roda gigi dari kotoran.
- Jangan beri oli pelumas pada movement dan link kecuali dengan *high grade oil*.
- Secara berkala, ganti oli pelumas pada rotary movement dan link.



Penggantian Pressure Gauge

- Span shift > 10%.
 - Dinding bourdon tube menipis karena korosi.
- Zero shift > 25%.
 - Over pressure pada bourdon tube sehingga terjadi perubahan fisik permanen.
- Gauge dengan akumulasi > 1 juta siklus dengan beda tekanan yang besar.
- Terdapat tanda-tanda korosi dan/atau kebocoran pada komponen gauge.
- Error yang terlalu besar dan/atau movement dan link telah aus.
- Kerusakan pada soket, terutama kerusakan ulir.
- Kebocoran isi liquid-filled gauge.



Pemeriksaan & Kalibrasi Pressure Gauge

1. Pemeriksaan fisik.
2. Pemeriksaan zero shift & span shift.
3. Test awal.
4. Kalibrasi menyeluruh.

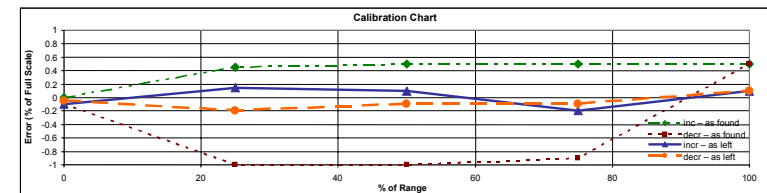


Titik Uji

- Umumnya diuji pada sembilan (9) titik (5 naik dan 4 turun):
 - 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dari span.

1. As Found									
Description	Increasing					Decreasing			
% of Span	0%	25%	50%	75%	100%	75%	50%	25%	0%
True (psig)	0	250	500	750	1000	750	500	250	0
Reading (psig)	0	245.5	495	745	995	759	510	260	1
Error (%)	0	0.45	0.5	0.5	0.5	-0.9	-1	-1	-0.1
Remarks	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Failed	Failed	Failed	Passed

2. As Left									
Description	Increasing					Decreasing			
% of Span	0%	25%	50%	75%	100%	75%	50%	25%	0%
True (psig)	0	250	500	750	1000	750	500	250	0
Reading (psig)	1	248.5	498	752	998	751	501	252	0.5
Error (%)	0	0.15	0.1	-0.2	0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.05
Remarks	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed





TERIMA KASIH