

## STUDY PERHITUNGAN *RANGE d/p CELL TRANSMITTER* UNTUK PENGUKURAN LEVEL DENGAN METODE *DRY OUTSIDE LEG* dan *WET OUTSIDE LEG*

Oleh : Dwi Heri Sudaryanto \*)

### ABSTRAK

*Transmitter adalah salah satu instrument yang fungsinya untuk merubah besaran phisis yang dihasilkan oleh sensor (sensing element) menjadi suatu sinyal standar yang besarnya tergantung dari besarnya variable proses yang dirasakan oleh sensing element tersebut. Pada pengukuran level, Transmitter adalah merupakan instrument yang digunakan untuk mengukur level fluida cair dengan metode tidak langsung karena hasil pengukuran dari sensor dirubah menjadi sinyal standar untuk ditransmisikan ke alat display/indicator hasil pengukuran.*

*Untuk mendapatkan hasil pengukuran level sesuai dengan yang diharapkan (akurat), maka range transmitter harus dihitung terlebih dahulu sebelum dipasang pada sebuah sistem pengukuran di lapangan. Dimana cara perhitungan range transmitter untuk pengukuran level ada dua metode yaitu Dry Outside Leg dan Wet Outside Leg. Perbedaan metode Dry Outside Leg dengan Wet Outside Leg adalah tergantung bagaimana cara instalasinya.*

Kata Kunci : Level, Transmitter, Metode.

### I. LATAR BELAKANG

Pengukuran level adalah merupakan salah satu variabel proses yang ada hampir ada di setiap kegiatan proses industri terutama di kegiatan industri perminyakan, dimana cara pengukurannya tergantung dari instalasi sistem pengukurannya. Ada dua cara yang digunakan untuk mengukur level, yaitu secara langsung dan secara tidak langsung.

- Pengukuran level secara langsung adalah merupakan cara pengukuran yang paling sederhana yaitu dengan menggunakan sight glass, dengan menggunakan sight glass ketinggian dari cairan di dalam sebuah bejana/vesel secara fisik akan terlihat pada skala yang ada pada sight glass tersebut, sehingga kita secara langsung dapat menentukan berapa persenkah tinggi permukaan cairan tersebut dari tinggi vessel/tangki/bejana.
- Pengukuran level secara tidak langsung adalah merupakan cara pengukuran dengan merubah gerakan sesor menjadi suatu sinyal standar yang dihasilkan dari instrument dan kemudian sinyal tersebut digunakan untuk menggerakkan alat baca pengukuran level. Instrumen yang

merubah sinyal (gerakan) yang dihasilkan oleh sesor (*sensing element*) kemudian merubahnya menjadi sinyal standar disebut dengan *Transmitter*, yang prinsip kerjanya berdasarkan tekanan hidrostatik yaitu tekanan di dasar sebuah bejana/tangki yang tergantung dari ketinggian dan densitas cairan yang ada di dalamnya serta besarnya gravitasi bumi.

Cara pemasangan transmitter yang digunakan untuk level harus memperhatikan range pengukuran dari level yang akan diukur dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang akurat. Kesalahan pemasangan transmitter akan mengakibatkan hasil pengukuran tidak sesuai dengan kondisi yang sebenarnya (tidak akurat) sehingga secara sistem akan mengganggu jalannya pengendalian dari level tersebut.

Pada dasarnya cara pemasangan (instalasi) level dengan menggunakan *d/p Pressure Transmitter* menggunakan dua metode yaitu *dry leg* dan *wet leg*, dimana masing-masing metode menunjukkan

daerah ukur (range) dari level yang akan diukur.

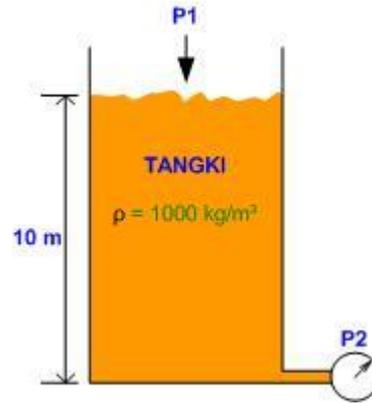
## II. PERMASALAHAN

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka penulis akan membahas mengenai bagaimana cara melakukan perhitungan range d/p Pneumatic Level Transmitter sesuai dengan data enjinereng yang ada dengan metode Dry Outside Leg dan Wet Outsight Leg.

## III. DASAR TEORI

Transmitter adalah merupakan secondary element dari suatu loop pengendalian yang berfungsi mengubah besaran phisis yang dihasilkan oleh sensing element (*sensor*) ke dalam suatu signal standard dan kemudian ditransmisikan ke instrument lain (controller, recorder) yang besarnya sinyal standar tersebut sebanding dengan besarnya besaran phisis (proses variable) yang diterima oleh sensor tersebut. Sinyal pengukuran variable proses (*pressure, flow, level, temperature, dll.*) secara langsung akan menghasilkan output sebanding dengan hasil pengukurannya, atau mempunyai hubungan matematis dengan output transmitter dan untuk setiap kenaikan variabel proses dapat dihitung outputnya. Salah satu parameter yang diukur hampir di setiap proses industri adalah level, ada banyak cara mengukurnya, salah satunya adalah menggunakan metode *hydrostatic pressure*.

Setiap zat cair yang menempati sebuah bejana/vessel/tangki, akan memiliki tekanan hidrostatik yang besarnya sebanding dengan level zat cair tersebut, dengan asumsi masa jenis ( $sg$ =specific gravity)-nya tetap.



Gambar 1. Tekanan hidrostatik

Gambar di atas adalah sebuah tangki terbuka (permukaannya terhubung ke atmosfer), dimana disitu akan bekerja tekanan P1 sebesar tekanan atmosfer, yang kemudian akan kita abaikan karena kita akan mengukur tekanan “gauge”. Tekanan hidrostatik (P2) yang dihasilkan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P = \rho \times g \times h$$

Dimana :

$\rho$  = masa jenis air,  $\text{kg/m}^3$

$g$  = gaya gravitasi bumi,  $\text{m/s}^2$

$h$  = ketinggian air dasar tangki ,m

Sebagai contoh : zat cairnya adalah air, dengan masa jenis  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ . Dengan ketinggian permukaan dari dasar tangki tempat pengukuran tekanan adalah 10 meter. Maka tekanan P2 yang bekerja pada pressure gauge adalah:

$$P2 = \rho \times g \times h$$

$$P2 = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 10 \text{ m}$$

$$P2 = 98000 \text{ kg/m}^3 \times \text{m/s}^2 \times \text{m}$$

$$P2 = 98000 \text{ kgmm/m}^3\text{s}^2$$

$$P2 = 98000 \text{ kgm/s}^2\text{m}^2$$

$$P2 = 98000 \text{ Nm}^2$$

$$P2 = 98000 \text{ Pascal}$$

$$P2 = 98 \text{ kilopascal} = 14.2136983 \text{ PSI} = 0.9993218887 \text{ kg/cm}^2$$

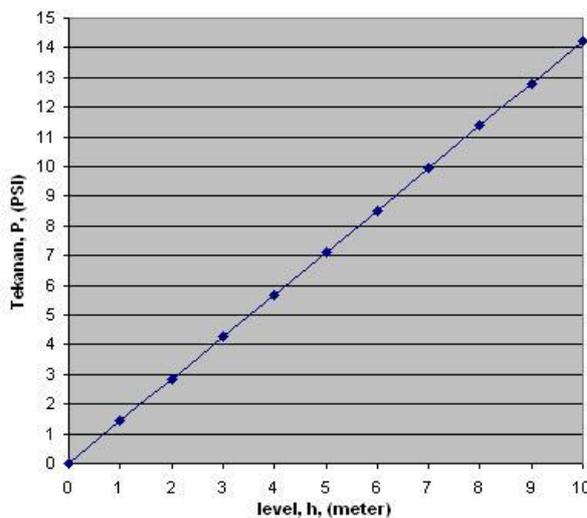
$$1 \text{ kilopascal} = 0.1450377377 \text{ PSI (pound per square inch)} = 0.01019716213 \text{ kg/cm}^2$$

Sehingga pada setiap kenaikan level, maka akan dihasilkan tekanan hidrostatik yang sebanding dengan kenaikan tersebut. Seperti diperlihatkan pada tabel berikut ini :

Tabel 1. Hasil perhitungan

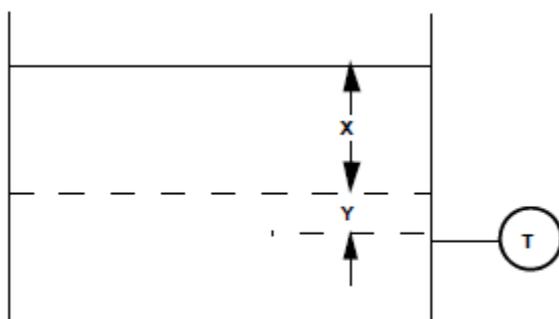
$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	g (m/s <sup>2</sup> )	h (m)	P (KiloPascal)	P (PSI)	P (kg/cm <sup>2</sup> )
1000	9.8	0	0.0	0.0000	0.0000
1000	9.8	1	9.8	1.4214	0.0999
1000	9.8	2	19.6	2.8427	0.1999
1000	9.8	3	29.4	4.2641	0.2998
1000	9.8	4	39.2	5.6855	0.3997
1000	9.8	5	49.0	7.1068	0.4997
1000	9.8	6	58.8	8.5282	0.5996
1000	9.8	7	68.6	9.9496	0.6995
1000	9.8	8	78.4	11.3710	0.7995
1000	9.8	9	88.2	12.7923	0.8994
1000	9.8	10	98.0	14.2137	0.9993

Dari tabel hasil perhitungan di atas dapat dibuat grafik berikut :



Gambar 2. Grafik Hubungan level dengan pressure

Dari tabel dan dari grafik, terlihat bahwa level (h) berbanding lurus dengan pressure (P), sehingga dengan mengukur pressure pada titik dasar tangki, kita dapat mengetahui level dari fluida cair yang ada di dalam tangki. Misalnya hasil pengukura



pressure pada dasar tangki, kita mendapat 4,2641 PSI, maka dengan membalikkan perhitungan di atas, kita akan mendapatkan level sebesar 3 meter. Atas dasar tekanan hidrostatik di atas, maka digunakan sebagai dasar prinsip kerja d/p Cell Level Transmitter.

Perhitungan range transmitter pada pengukuran level dengan tangki tertutup dibedakan pada metode instalasinya, yaitu *Dry Outside Leg* dan *Wet Outside Leg* dimana masing-masing metode mempunyai cara perhitungan range yang berbeda-beda.

• **Dry Outside Leg :**

Perhitungan range dengan menggunakan Dry Outside Leg baik pada tangki terbuka maupun tangki tertutup adalah :

$$H = x.G_L$$

$$e = d.G_L + z.G_S$$

$$\text{Range} = e \text{ s.d } (e+H)$$

Dimana :

X = jarak vertikal antara minimum terhadap maksimum level yang diukur (in.)

Y = jarak vertikal antara tapping pressure transmitter terhadap level minimum yang diukur (in.)

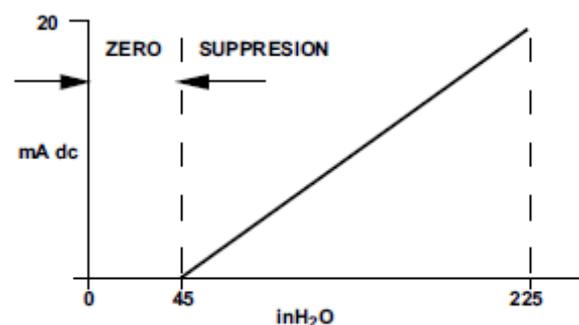
GL = specific gravity fluida yang diukur.

GS = specific gravity fill liquid.

H = maximum head pressure yang diukur (inches H2O).

h = jarak antara process tapping point dengan transmitter (inch.)

e (zero suppression) = head pressure yang dihasilkan oleh Y (inches H2O).



Gambar 3. Zero Suppression

• **Wet Outside Leg :**

Perhitungan range dengan menggunakan *Wet Outside Leg* adalah :

$$h = (X)(G_L)$$

$$e = (Y)(G_L)$$

$$s = (z)(G_S)$$

$$\text{Range} = e - s \text{ s.d } h + e - s.$$

Dimana :

X = jarak vertikal antara minimum terhadap maksimum level yang diukur (in.)

Y = jarak vertikal antara tapping pressure transmitter terhadap level minimum yang diukur (in.)

z = jarak vertikal antara wet leg bagian atas terhadap tapping pressure transmitter (in.)

GL = specific gravity cairan fluida yang diukur.

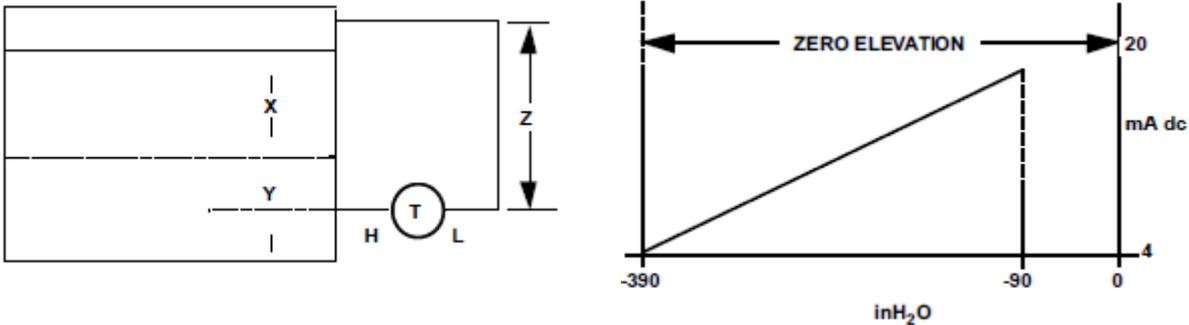
GS = specific gravity fill liquid pada wet leg.

H = maximum head pressure yang diukur (inches H<sub>2</sub>O).

h = jarak antara process tapping point dengan transmitter = 40 inch.

e (zero suppression) = head pressure yang dihasilkan oleh Y (inches H<sub>2</sub>O).

s (zero elevation) = head pressure yang dihasilkan oleh z (inches H<sub>2</sub>O).



Gambar 4. Zero Elevation

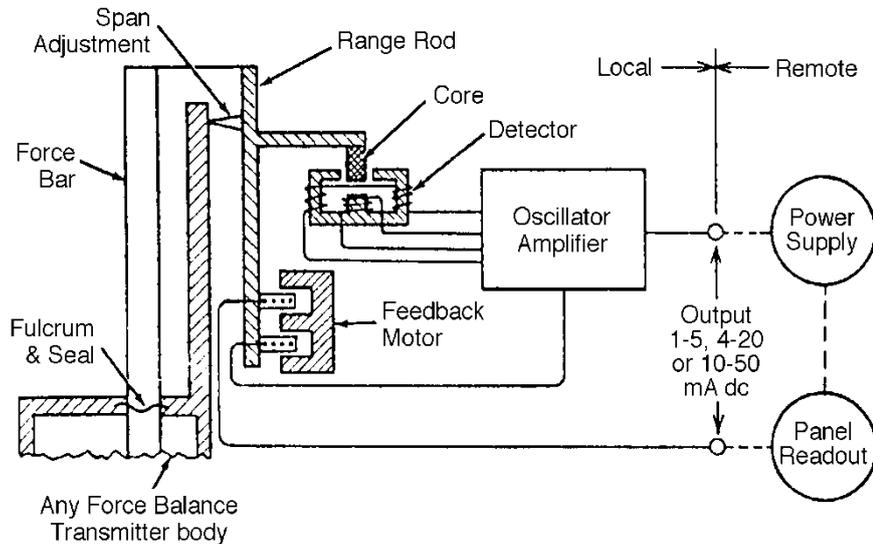
**III. PEMBAHASAN**

**a. Cara Kerja d/p Level Transmitter**

Elemen sensor tekanan yang digunakan sama dengan sistem pneumatic, dan sebagian dimodifikasi sehingga gaya atau gerakan yang ditimbulkan oleh variabel

proses diubah menjadi output arus searah untuk dibaca alat kendali yang terpasang di tempat terpisah.

Transmitter tekanan diferensial elektronik diilustrasikan pada gambar 5.



Gambar 5. Skema d/p Cell Transmitter

Penambahan pada level proses akan menghasilkan tekanan diferensial yang lebih besar sepanjang kapsul diaphragma, sebagaimana pada tipe pneumatik, dan gaya yang lebih besar diberikan pada bagian ujung yang lebih rendah dari force bar, yang berputar pada flexure. Gaya ini dikirim ke sistem penyeimbang gaya elektronik melalui lever.

Sistem penyeimbang elektronik mempunyai tiga komponen utama yaitu : sebuah detector, feedback motor, dan sebuah oscillator-amplifier. Detektor adalah transformer diferensial yang kumparan utamanya digerakkan oleh sebuah oscillator. Perubahan tekanan diferensial menyebabkan gerakan core yang dihilangkan untuk menguatkan kopleng induktif yang menyebabkan peningkatan tegangan ke amplifier dc. Output arus dari amplifier melalui feedback motor yang dihubungkan seri dengan suplai tenaga dc dan remote readout. Ketika arus menuju feedback motor meningkat, gaya tolak bertambah besar dibentuk dengan me-reposisi core pada detektor. Feedback coil menggunakan gaya yang sama dan berlawanan ke gaya yang ditimbulkan oleh perubahan pada tekanan diferensial, sehingga menjaga sistem dalam keadaan seimbang secara terus menerus.

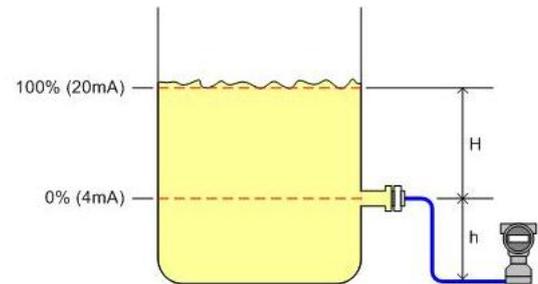
### b. Perhitungan Range d/p Cell Level Transmitter

Ada dua istilah yang umum digunakan pada perhitungan *level transmitter* dengan *differential pressure transmitter* yaitu Dry Outside Leg (zero Suppression) dan Wet Outside Leg (zero Elevation).

#### ➤ Dry Outside Leg (Zero Suppression)

Mengkalibrasi Transmitter Sistem Satu Seal dengan *Suppressed Zero* diperlukan jika *transmitter* tekanan *gauge* atau *absolute* dipasang di bawah *tapping* sisi tekanan tingginya (koneksi proses sisi bawah). Jika *transmitter* dipasang di bawah *tapping* sisi tekanan tingginya, maka liquid pengisi (*fill fluid*) pada kapiler menimbulkan tekanan pada sensor

*transmitter* sehingga memberikan bacaan tekanan positif walaupun tangki dalam keadaan kosong, seperti gambar di bawah ini



Dari gambar di atas, diketahui sebuah tangki terbuka diukur levelnya dengan sebuah d/p cell level transmitter dengan menggunakan satu buah remote seal dengan data sbb. :

$s_f$  = specific gravity fill fluid = 0,93 in  $H_2O/inch$ .

$h$  = jarak antara process tapping point dengan transmitter = 40 inch.

$s_p$  = specific gravity fluida yang ada di tangki = 1,2 in  $H_2O/inch$ .

$H$  = Rentang level yang akan diukur = 120 inch.

Langkah-langkah untuk menghitung level transmitter adalah :

#### Langkah 1

Hitung besarnya zero suppression dengan cara mengalikan jarak antara process connection dan transmitter ( $h$ ) dengan specific gravity liquid pengisi remote seal ( $s_f$ ):

$$\text{Zero Suppression} = (h)(s_f) = (40 \text{ in}) (0.93 \text{ inH}_2\text{O/in}) = 37.2 \text{ inH}_2\text{O}$$

#### Langkah 2

Hitung span dengan cara mengalikan rentang level yang akan diukur ( $H$ ) dengan specific gravity dari process media yang berada pada tanki. specific gravity ( $s_p$ ):

$$\text{Span} = (H)(s_p) = (120 \text{ in}) (1.2 \text{ inH}_2\text{O/in}) = 144 \text{ inH}_2\text{O}$$

**Langkah 3**

Tentukan/hitung calibration untuk transmitter, yaitu hasil pada langkah 1 (zero suppression) sebagai LRV Lower Range Value (LRV) dan hasil pada langkah 1 ditambah hasil pada langkah 2 sebagai Upper Range Value (URV).

Calibration = "Zero Suppression" sampai dengan ("Zero Suppression" + "Span") =  $37.2 \text{ inH}_2\text{O}$  s.d  $(37.2 + 144) \text{ inH}_2\text{O} = 37.2 \text{ inH}_2\text{O}$  s.d  $181.2 \text{ inH}_2\text{O}$

**Kesimpulan :**

Dari hasil perhitungan tersebut di atas didapatkan range transmitter :

Lower Range Value (LRV) =  $37.2 \text{ inH}_2\text{O}$

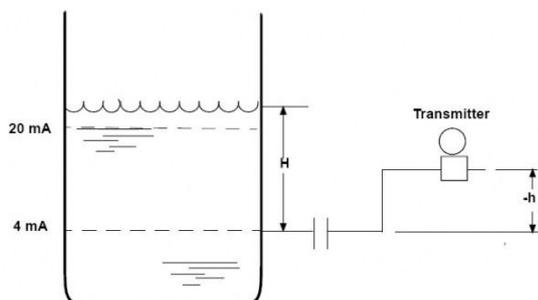
Upper Range Value (URV) =  $181.2 \text{ inH}_2\text{O}$

Sehingga kalibrasi output transmitter, jika transmitter di beri tekanan sebesar  $37.2 \text{ inH}_2\text{O}$ , maka outputnya harus menunjuk pada  $4 \text{ mA}$ . Begitu juga apabila transmitter diberi tekanan sebesar  $181,2 \text{ inH}_2\text{O}$ , maka outputnya harus menunjuk pada  $20 \text{ mA}$ .

**➤ Wet Outside Leg (Zero Elevation)**

Sebaliknya, *Elevated Zero* diperlukan jika transmitter tekanan gauge atau absolute dipasang di atas tapping sisi tekanan tingginya (koneksi proses sisi bawah) atau pada aplikasi *differential transmitter* dua seal (sisi low dan sisi high). Pada kasus ini, transmitter membaca tekanan negatif saat tangki dalam keadaan kosong sekalipun. Hal ini disebabkan oleh efek *head pressure* pada fluida pengisi (*fill fluid*) pada pipa kapiler *remote seal*.

- a. Kalibrasi ini dilakukan jika transmitter dipasang di atas (lebih tinggi dari) *high side tap*.



Dari gambar di atas, diketahui sebuah tangki terbuka diukur *level*nya dengan sebuah transmitter yang menggunakan satu buah *remote seal* dengan transmitter ditempatkan di atas *high side tapping point*.

$G_s$  = specific gravity fill fluid =  $1,9 \text{ H}_2\text{O}/\text{inch}$

-h = jarak antara *process tapping point* dengan transmitter =  $-30 \text{ inches}$

$G_L$  = specific gravity fluida yang berada di dalam tanki =  $1,1 \text{ in H}_2\text{O}/\text{inch}$ .

H = Rentang *level* yang akan diukur =  $120 \text{ inches}$

Langkah-langkah untuk menghitung level transmitter adalah :

**Langkah 1**

Hitung besarnya *zero elevation* dengan cara mengalikan jarak antara *process connection* dan transmitter (-h) dengan *specific gravity liquid* pengisi *remote seal* ( $G_s$ ):

*Zero Suppression* =  $(-h)(G_s) = (-30 \text{ in}) (1.9 \text{ inH}_2\text{O}/\text{in}) = -57 \text{ inH}_2\text{O}$

**Langkah 2**

Hitung span dengan cara mengalikan rentang *level* yang akan diukur (H) dengan *specific gravity* dari *process media* yang berada pada tanki, *pecific gravity* ( $G_L$ ):

Span =  $(H)(G_L) = (120 \text{ in}) (1.1 \text{ inH}_2\text{O}/\text{in}) = 132 \text{ inH}_2\text{O}$

**Langkah 3**

Tentukan/hitung *calibration* untuk transmitter, yaitu hasil pada langkah 1 (*zero elevation*) sebagai LRV (*Lower Range Value*) dan hasil pada langkah 1 ditambah hasil pada langkah 2 sebagai URV (*Upper Range Value*).

Calibration = "Zero Elevation" s.d ("ZeroElevation" + "Span")

=  $-57 \text{ inH}_2\text{O}$  s.d  $(-57 + 132) \text{ inH}_2\text{O} = -57 \text{ inH}_2\text{O}$  s.d  $75 \text{ inH}_2\text{O}$

**Kesimpulan :**

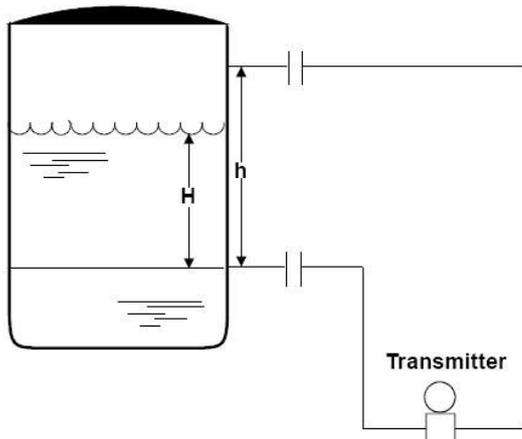
Dari hasil perhitungan tersebut di atas didapatkan range transmitter :

Lower Range Value (LRV) =  $-57 \text{ inH}_2\text{O}$

Upper Range Value (URV) =  $75 \text{ inH}_2\text{O}$

Sehingga kalibrasi output transmitter, jika transmitter di beri tekanan sebesar  $-57 \text{ inH}_2\text{O}$ , maka outputnya harus menunjuk pada  $4 \text{ mA}$ . Begitu juga apabila transmitter diberi tekanan sebesar  $75 \text{ inH}_2\text{O}$ , maka outputnya harus menunjuk pada  $20 \text{ mA}$ .

- b. Kalibrasi ini dilakukan jika transmitter dengan sistem *dua seal* dipasang satu level dengan *tapping point* atau di atas atau di bawah *high pressure side tap*.



Dari gambar di atas, diketahui sebuah tangki terbuka diukur levelnya dengan sebuah transmitter yang menggunakan dua buah *remote seal* masing-masing untuk *high* dan *low side pressure*-nya, dengan transmitter ditempatkan di bawah *high side tapping point*.

$G_S = \text{specific gravity fill fluid} = 1,07 \text{ in H}_2\text{O/inch}$ .

$-h = \text{jarak antara process tapping point dengan transmitter} = -400 \text{ inches}$

$G_L = \text{specific gravity fluida di dalam tangki} = 0,9 \text{ in H}_2\text{O/inch}$ .

$H = \text{Rentang level yang akan diukur} = 350 \text{ inches}$

Langkah-langkah untuk menghitung level transmitter adalah :

### Langkah 1

Hitung besarnya *zero elevation* dengan cara mengalikan jarak antara *process connection* dan transmitter ( $-h$ ) dengan *specific gravity liquid* pengisi *remote seal* ( $G_S$ ):

$$\text{Zero Elevation} = -(h)(G_S) = -(400 \text{ in}) (1,07 \text{ inH}_2\text{O/in}) = -428 \text{ inH}_2\text{O}$$

### Langkah 2

Hitung *span* dengan cara mengalikan ketinggian maksimum dari fluida proses ( $H$ ) dengan *specific gravity* dari *process media* yang berada pada tangki, *specific gravity* ( $s_p$ ):

$$\text{Span} = (H)(G_L) = (350 \text{ in}) (0,9 \text{ inH}_2\text{O/in}) = 315 \text{ inH}_2\text{O}$$

### Langkah 3

Tentukan/hitung *calibration* untuk transmitter, yaitu hasil pada langkah 1 (*zero elevation*) sebagai LRV (*Lower Range Value*) dan hasil pada langkah 1 ditambah hasil pada langkah 2 sebagai URV (*Upper Range Value*).

$$\begin{aligned} \text{Calibration} &= \text{"Zero Elevation"} \text{ sampai} \\ &\quad \text{"Zero Elevation"} + \text{"Span"} \\ &= -428 \text{ inH}_2\text{O s.d } (-428 + 315) \\ &\quad \text{inH}_2\text{O} \\ &= -428 \text{ inH}_2\text{O s.d } -113 \text{ inH}_2\text{O} \end{aligned}$$

### Kesimpulan

Dari hasil perhitungan tersebut di atas didapatkan range transmitter :

Lower Range Value (LRV) =  $-428 \text{ inH}_2\text{O}$

Upper Range Value (URV) =  $-113 \text{ inH}_2\text{O}$

Sehingga kalibrasi output transmitter, jika transmitter di beri tekanan sebesar  $-428 \text{ inH}_2\text{O}$ , maka outputnya harus menunjuk pada  $4 \text{ mA}$ . Begitu juga apabila transmitter diberi tekanan sebesar  $-113 \text{ inH}_2\text{O}$ , maka outputnya harus menunjuk pada  $20 \text{ mA}$ .

## IV. KESIMPULAN

1. Sebelum transmitter dipasang di lapangan terlebih dahulu harus dihitung rangenya berdasarkan data enjineriing di lapangan.
2. Untuk menghitung range d/p *Cell Level Transmitter*, seorang teknisi terlebih dahulu harus memahami metode instalasinya *Dry Outsie Leg* dengan *Wet Outside Leg*, karena apabila terjadi kesalahan pada saat perhitungan rangenya akan mendapatkan hasil pengukuran yang tidak baik, sehingga mengakibatkan sinyal yang dihasilkan tidak sesuai dengan kondisi proses di lapangan.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Foxboro, 13A d/p Cell® Transmitter (MI 022-310), April 1999.
2. Mar-In Control BV, Instruction Manual Electronic Differential Pressure and Level Transmitter.
3. Mar-In Control BV, Instruction Manual Pneumatic Differential Pressure and Level Transmitter.
4. Yokogawa Electric Corporation, Pressure Transmitters (No. IM 1C21C1-01E), 5th Edition.

\*) Penulis adalah Widyaiswara Pusdiklat Migas