

TUGAS AKHIR

ANALISA PERHITUNGAN *RANGE DIFFERENTIAL PRESSURE CELL* *TRANSMITTER* UNTUK PENGUKURAN LEVEL TANGKI MINYAK DENGAN METODE *WET OUTSIDE LEG*

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Sebagai Persyaratan Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S.T.) Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Oleh :

HENDRO KURNIADI

NPM : 1307220093



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**“ANALISA PERHITUNGAN RANGE DIFFERENTIAL PRESSURE CELL
TRANSMITTER UNTUK PENGUKURAN LEVEL TANGKI MINYAK
DENGAN METODE WET OUTSIDE LEG”**

*Diajukan untuk memenuhi tugas-tugas dan syarat-syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

HENDRO KURNIADI
NPM : 1307220093

Telah Diuji dan Disahkan Pada Tanggal
25 Oktober 2017

Pembimbing I

(Noorly Evalina, S.T., M.T.)

Pembimbing II

(M. Saffil, S.T., M.T.)

Penguji I

(Dr. Ir. Suwarno, M.T.)

Penguji II

(Solly Ariza, S.T., M.Eng.)

Diketahui dan Disahkan
Program Studi Teknik Elektro

(Faisal Iwan R., S.T., M.T.)

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Hendro Kurniadi
NPM : 1307220093
Tempat / Tgl Lahir : Rawa Sari / 06 Februari 1996
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir (skripsi) saya ini yang berjudul :

“ANALISA PERHITUNGAN RANGE DIFFERENTIAL PRESSURE CELL TRANSMITTER UNTUK PENGUKURAN LEVEL TANGKI MINYAK DENGAN METODE WET OUTSIDE LEG”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena berhubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 30 Oktober 2017

Menyatakan

(HENDRO KURNIADI)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

*Allah SWT yang telah menjadikan saya sampai seperti saat ini,
yang memberi kasih sayang-Nya, petunjuk-Nya, bimbingan-Nya, dan segalanya yang terbaik untuk
saya yang penuh salah dan dosa ini.*

Tak lupa pada kekasih Allah, Rasulullah SAW, yang telah memberi

Kepada kita semua dan membawa kita dari jaman kegelapan menuju

Jaman yang terang benderang, yaitu islam. Amiin. . .

*Ayahanda Eko Sutopo, Ibunda Hermawati, yang dengan cinta kasih & sayang setulus jiwa mengasuh,
mendidik dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga saya bisa
seperti saat ini.*

*Abangda Fadly Rizky yang telah banyak membantu dan memberi arahan dalam penyelesaian tugas
akhir ini.*

*Cut Yusvianda yang tidak pernah lelah terus memberi semangat dan motivasi kepada penulis hingga
selesaiannya tugas akhir ini.*

*Ketua Program Studi Teknik Elektro, dosen-dosen Teknik Elektro yang senantiasa membimbing
dengan penuh kesabaran.*

Semua pihak yang membantu terselesaikannya kuliah saya dan tugas akhir saya ini

Almamater Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

*Teman-teman sekaligus dulur-dulur FATEK UMSU 2013 dan kakak-kakak angkatan yang
banyak membantu dari pertama masuk Fakultas Teknik Elektro sampai sekarang.*

ABSTRAK

Pengukuran level merupakan hal yang penting dalam kegiatan industri. Pengukuran level tangki produksi di PT Pertamina EP *Field* Rantau dilakukan oleh operator dengan cara manual menggunakan meteran bandul dan stik dengan pasta. Penelitian dengan judul “Analisa Perhitungan *Range Differential Pressure Cell Transmitter* Untuk Pengukuran Level Tangki Minyak Dengan Metode *Wet Outside Leg*” memiliki rumusan masalah bagaimana menganalisa *range differential pressure cell transmitter* agar didapat hasil yang akurat dan juga mengintegrasikannya dengan sistem PLC. Penelitian ini menggunakan sistem *differential pressure* yaitu tekanan hidrostatik yang dihasilkan oleh cairan. Adapun sumber data yang digunakan adalah data *observasi* riset yang didapat dari PT Pertamina EP *Field* Rantau. Data akan dianalisa dengan metode *wet outside leg*. Landasan teori yang digunakan adalah teori tekanan hidrostatik. Berdasarkan analisa data yang dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa *range* untuk *transmitter* adalah -4,683 mH₂O untuk LRV dan 3,763 untuk URV. *Range* ini yang akan menjadi input dari level transmitter. Level transmitter akan membaca pressure dari cairan dan output dari transmitter berupa tegangan 0-10 volt atau 4-20 mA yang akan menjadi input PLC.

Kata kunci : Pengukuran level, *Transmitter*, Level, *Wet outside leg*

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum wr.wb

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya Allah berguna bagi semesta alam. Shalawat berangkaikan salam kita hadiahkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad.SAW yang mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua dan telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah “**Analisa Perhitungan Range Differential Pressure Cell Transmitter Untuk Pengukuran Level Tangki Minyak Dengan Metode Wet Outside Leg**”.

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda Eko Sutopo dan Ibunda Hermawati, S.Pd. SD., yang dengan penuh keikhlasan, cinta, dan kasih sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik, membimbing, dan mendoakan dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan P., S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Partaonan H., S.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Noorly Evalina, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Bapak M. Syafril, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing II dalam penyusunan tugas akhir ini.

7. Bapak Dr. Ir. Suwarno, M.T. selaku Dosen Penguji I.
8. Bapak Solly Ariza, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji II.
9. Bapak dan Ibu Dosen pada Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Karyawan Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Seluruh Staf dan Karyawan PT. Pertamina EP *Field* Rantau, khususnya kepada staf RAM.
12. Abangda Fadly Rizky, S.T yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
13. Cut Yusvianda, S.Kom. yang telah banyak memberi masukan dan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
14. Teman-teman sejawat dan seperjuangan Fakultas Teknik, khususnya Program Studi Teknik Elektro angkatan 2013 yang selalu memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alakum wr.wb

Medan, 25 Oktober 2017

Penulis

Hendro Kurniadi

1307220103

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTARGAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Metode Pendekatan	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Penelitian relevan	8
2.2 Dasar Teori	10
2.3 Tangki Timbun (<i>Storage Tank</i>)	14
2.3.1 <i>Fixed Roof Tank</i>	14
2.3.2 <i>Floating Roof Tank</i>	14
2.3.3 <i>Spherical tank</i>	15
2.4 Pengukuran Level	16
2.5 Pengukuran Level Titik (point) dan Kontinu	16
2.5.1 Pengukuran Level Titik (point)	17
2.5.2 Pengukuran Level Kontinu	17
2.6 Pengukuran Level Cara Langsung dan Cara Tidak Langsung	18
2.7 Pengertian <i>Transmitter</i>	19
2.8 <i>Differential Pressure Transmitter</i> Untuk Pengukuran Level	20
2.9 Pengukuran Tangki Tertutup dengan Metode Wet Outside Leg	23
2.10 Prinsip Dasar Pengukuran	24
2.11 <i>Level Transmitter</i>	28
2.12 Cara Kerja <i>Differential Pressure Level Transmitter</i>	29

2.13 Sistem Kendali	30
2.14 Klasifikasi Sistem Kontrol/Kendali	31
2.15 <i>Programmable Logic Controller (PLC)</i>	32
2.16 <i>Human Machine Interface (HMI)</i>	33
2.17 Pengoperasian HMI.....	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	35
3.2 Data Penelitian	35
3.2.1 Data Fluida	35
3.2.2 Data Tangki	36
3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian	36
3.3.1 Peralatan Penelitian	36
3.3.2 Bahan Penelitian	37
3.4 Perancangan Perangkat Keras	40
3.5 Perancangan Perangkat Lunak	41
3.6 Metode Penelitian	44
3.7 <i>Flowchart Analisa Data Range Differential Pressure Transmitter</i> ...	45
3.6 <i>Flowchart Cara Kerja Prototipe</i>	46
3.6 <i>Flowchart Penelitian</i>	48
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Perhitungan <i>Range Differential Pressure Cell Level Transmitter</i>	49
4.2 <i>Calibration error</i>	50
4.3 Cara Kerja Sistem	54
4.4 Pengujian dan Analisa Sistem	56
BAB V PENUTUP	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Perhitungan.....	12
Tabel 4.1 Hasil Pengujian	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tekanan Hidrostatik	10
Gambar 2.2. Grafik Hubungan <i>Level</i> dengan <i>Pressure</i>	12
Gambar 2.3. Representasi Parameter	13
Gambar 2.4. <i>Fixed Roof Tank</i>	14
Gambar 2.5. <i>Floating Roof Tank</i>	15
Gambar 2.6. <i>Spherical Tank</i>	15
Gambar 2.7. Metode Pengukuran Langsung.....	18
Gambar 2.8. Metode Pengukuran Tidak Langsung	19
Gambar 2.9. Contoh Penggunaan <i>Level Transmitter</i>	19
Gambar 2.10. Instalasi <i>transmitter differential pressure</i> untuk tangki terbuka ...	21
Gambar 2.11. Instalasi <i>transmitter differential pressure</i> untuk tangki tertutup ...	22
Gambar 2.12. Tekanan pada Bagian Bawah Tangki Tertutup	23
Gambar 2.13. <i>Closed Tank Wet Reference Leg</i>	24
Gambar 2.14. Pengukuran Besar Tekanan Dengan <i>Pressure Gauge</i>	25
Gambar 2.15. <i>Level Transmitter</i>	28
Gambar 2.16. Konstruksi <i>Level Transmitter</i>	28
Gambar 2.17. Skema <i>Differential Pressure Cell Transmitter</i>	29
Gambar 2.18. Deskripsi Sederhana Sistem Kendali	30
Gambar 2.19. Sistem Kontrol <i>Open Loop</i>	31
Gambar 2.20. Sistem Kontrol <i>Closed Loop</i>	32
Gambar 2.21. Fisik PLC	32
Gambar 2.22. Skema Pengoperasian HMI.....	34
Gambar 3.1. <i>Tool Box</i>	36
Gambar 3.2. Multitester merk Fluke type 78	37
Gambar 3.3. Sensor Omron 61F- AG	37
Gambar 3.4. Rangkaian sensor TTL	38
Gambar 3.5. Pompa.....	38
Gambar 3.6. Wadah Panel.....	39
Gambar 3.7. Ember	39
Gambar 3.8. Terminal unit Kontrol Omron 61F-AG.....	40
Gambar 3.9. Rangkaian sensor	41

Gambar 3.10. <i>Flowchart</i> analisa <i>range differential pressure</i>	45
Gambar 3.11. <i>Flowchart</i> cara kerja prototipe	46
Gambar 3.12. <i>Flowchart</i> Penelitian	48
Gambar 4.1. Diagram Blok Sistem	54
Gambar 4.2. Konsep Skema Sistem.....	55
Gambar 4.3. Indikator level berupa Lampu LED	56
Gambar 4.4. Grafik Hubungan Level dengan LED	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tangki merupakan suatu peralatan diberbagai industri yang berfungsi sebagai wadah tempat menyimpan (menimbun) air dan minyak yang terbuat dari logam. Tangki dapat digunakan untuk penyimpanan pada tekanan rendah (< 15 psi – API 620) maupun tekanan atmosfer.

Fluida merupakan senyawa hidrokarbon yang terdapat di patahan lempeng bumi (basin) dan mengalir di lapisan *reservoir rock*. Fluida terpisah dalam tiga fase yaitu air, minyak mentah, dan gas. Sumur produksi merupakan sumur yang mampu menghasilkan minyak dan gas bumi serta memiliki tekanan dari *reservoir* ke permukaan. Sumur yang memiliki tekanan *reservoir* cukup besar akan mampu mendorong fluida ke permukaan disebut sembur alam (*natural flow*). Sembur buatan dilakukan apabila sumur sembur alam telah menurun tingkat tekanan *reservoir*nya sehingga tidak akan mampu mendorong fluida ke permukaan. Sembur buatan dilakukan dengan cara memasang *artificial lifting* di sumur yang tekanan *reservoir*nya turun. *Artificial lifting* bermacam-macam antara lain : *gas lift*, *Electric Submersible Pump* (ESP), dan *Sucker Rod Pump* (SRP).

Fluida dari sumur-sumur produksi akan mengalir ke Stasiun Pengumpul (SP). Di stasiun pengumpul, fluida akan masuk ke *header manifold* lalu mengalir ke separator tes dan separator gabungan. Di dalam separator terjadi proses pemisahan antara cairan dan gas (separator dua fase). Cairan terbagi dua yaitu air dan minyak mentah, cairan ini akan mengalir ke tangki produksi sedangkan gas akan mengalir ke *scrubber*. *Scrubber* berfungsi untuk menghilangkan cairan yang

masih terdapat dalam gas, kemudian gas yang sudah bersih masuk ke *engine compressor* untuk dikirim ke *High Pressure Control Station* (HPCS). Operator SP harus mengecek level ketinggian cairan pada tangki secara kontinu sampai tangki terisi penuh, kemudian akan dikirim dengan pompa ke Pusat Pengumpul Produksi (PPP). Pengukuran level cairan ini masih dilakukan secara manual, yaitu dengan menggunakan meteran bandul dan stik dengan pasta. Operator harus naik ke atas tangki, lalu stik yang telah dilumuri dengan pasta dicelupkan ke dalam tangki. Menurut penulis hal ini kurang efisien, karena memerlukan waktu yang lama dan berisiko bahaya bagi operator .

Pengukuran level merupakan salah satu variabel proses yang hampir ada dalam setiap kegiatan proses industri terutama dalam kegiatan industri perminyakan, dimana cara pengukurannya tergantung dari instalasi sistem. Sistem instrumen mempunyai peran sangat penting dalam kegiatan industri. Sistem instrumen berperan sebagai pengukur, pengontrol, dan pencegah suatu bahaya atau kesalahan yang ditimbulkan dari suatu kegiatan. Salah satu sistem instrumen pengukuran level adalah *differential pressure transmitter*. *Differential pressure transmitter* menggunakan tekanan hidrostatis dari cairan dalam tangki sebagai parameter untuk pengukuran level. Tekanan hidrostatis ini akan dihitung sebagai input untuk menentukan *range transmitter*. Cara pemasangan *transmitter* yang digunakan 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 sehingga secara sistem akan mengganggu jalannya pengendalian dari level tersebut. Pengukuran level pada tangki tertutup

dapat menggunakan dua metode yaitu, *dry outside leg* dan *wet outside leg*, dimana masing-masing metode menunjukkan daerah ukur (*range*) dari level yang akan diukur. Pada metode *dry outside leg*, sisi *sensing line low pressure level transmitter* akan dibiarkan kering, sedangkan pada metode *wet outside leg* sisi *sensing line low pressure level transmitter* akan diisi dengan cairan yang massa jenisnya sudah diketahui.

Berdasarkan permasalahan di atas, muncul gagasan untuk menganalisa perhitungan *range cell transmitter* untuk pengukuran level tangki minyak sesuai dengan data enjineri yang ada dengan metode *wet outside leg*. *Range* yang telah didapatkan akan menjadi input dari *transmitter*, kemudian *output* dari *transmitter* akan dihubungkan dengan sistem *Programmable Logic Controller (PLC)* yang akan memberi informasi level minyak dalam tangki kepada operator.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana menganalisa *range cell transmitter* dalam pengukuran level tangki minyak dengan metode *wet outside leg*.
2. Bagaimana jenis level transmitter yang dapat digunakan?
3. Bagaimana cara menghubungkan dan membaca *output* dari *transmitter* ke sistem PLC.
4. Bagaimana hasil dari prototipe sistem pengukuran level tersebut.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menganalisa *range cell transmitter* pengukuran level tangki minyak dengan metode *wet outside leg*.
2. Untuk mendapatkan jenis level transmitter yang tepat digunakan dalam pengukuran level sesuai dengan analisa data dan data riset.
3. Untuk mengetahui cara menghubungkan dan membaca *output* dari *transmitter* ke sistem PLC.
4. Untuk menjalankan prototipe tersebut untuk memberi informasi level cairan.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Penulis membatasi penulisan tugas akhir yaitu hanya untuk mendapatkan *range* yang akan digunakan pada *level transmitter*.
2. Sistem pengukuran level yang digunakan yaitu *differential pressure transmitter*.
3. Metode yang digunakan dalam analisa yaitu *wet outside leg*.
4. Cairan yang digunakan dalam simulasi sistem adalah air.
5. Sensor yang digunakan yaitu omron 61F-AG dan rangkaian sensor TTL.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi Mahasiswa, dapat mengetahui bagaimana proses mendapatkan *range cell transmitter* untuk pengukuran level tangki minyak dengan metode *wet outside leg* secara akurat, yang kemudian dapat ditampilkan ke dalam *touchscreen* sebagai media informasi level minyak dalam tangki.
2. Bagi Universitas, dapat dijadikan sebagai referensi untuk mengetahui kajian mengenai proses pengukuran level minyak pada tangki secara otomatis.
3. Bagi PT PERTAMINA EP *Field* Rantau, dapat mengetahui secara akurat *range cell transmitter* untuk pengukuran level tangki minyak dengan metode *wet outside leg*.

1.6. Metode Pendekatan

1. Langkah pertama dalam metodologi pengerjaan tugas akhir ini adalah memahami dimensi dari tangki, *density* minyak, sensor-sensor instrumen dan sistem *controller*. Hal ini dapat dilakukan dengan mempelajari dimensi tangki, sensor instrumen , tekanan hidrostatik, dan sistem kendali.
2. Langkah kedua adalah melakukan riset, tinjauan lapangan, mempelajari, dan memahami teknik pengukuran level cairan pada tangki yang ada di SP dan melakukan wawancara dengan pihak operator.

3. Langkah ketiga adalah mengolah data dan menghitung *range cell transmitter* untuk pengukuran level tangki minyak dengan metode *wet outside leg*.
4. Langkah keempat adalah merancang prototipe yang dapat menampilkan informasi level cairan.
5. Langkah terakhir adalah mengintegrasikan sensor level *transmitter* dengan sistem PLC sehingga menjadi kesatuan untuk membentuk sistem pengukuran level cairan secara otomatis.

1.7. Sistematika Penulisan

Gambaran singkat penulisan tugas akhir ini dapat diuraikan dalam sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Bab ini menguraikan latar belakang penulisan, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah yang dibahas dalam penulisan, manfaat penelitian, metode pendekatan, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini memuat tentang kutipan dari penelitian terdahulu serta menguraikan tentang teori tentang tangki, pengertian pengukuran level, sistem instrumen level, metode pengukuran level, metode *wet outside leg*, dan teori tentang tekanan hidrostatik.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini berisikan waktu, tempat, dan data riset serta metode pemecahan masalah, meliputi langkah-langkah pengumpulan data, cara-cara pengolahan data, dan perancangan simulasi sistem.

BAB IV Analisa Data dan Pembahasan

Bab ini akan menguraikan perhitungan *range cell transmitter* untuk pengukuran level tangki minyak dengan metode *wet outside leg*, dan hasil dari prototipe.

BAB V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penulisan tugas akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSATAKA

2.1. Penelitian relevan

Transmitter adalah salah satu instrumen yang fungsinya untuk merubah besaran fisis yang dihasilkan oleh sensor (*sensing element*) menjadi suatu sinyal standar yang besarnya tergantung dari besarnya variabel proses yang dirasakan oleh *sensing element* tersebut. Pada pengukuran level, *transmitter* merupakan instrumen 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*/indikator hasil pengukuran.

Beberapa penelitian yang dilakukan tentang pengukuran level cairan dalam tangki yaitu :

Dwi Heri Sudaryanto (2013), meneliti tentang perhitungan *range pneumatic level transmitter* sesuai dengan data enjinering yang ada dengan metode *dry outside leg dan wet outside leg*. Dengan mengetahui *range* pengukuran yang akurat akan menghasilkan sistem pengukuran level yang handal dan efisien.

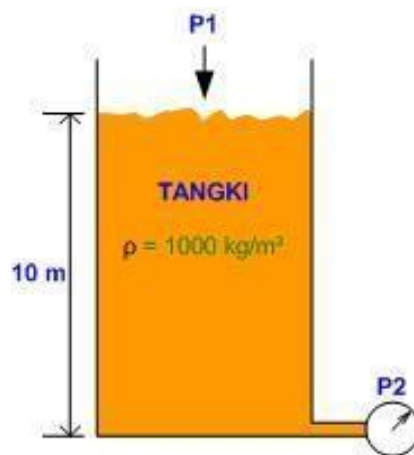
Indra Saputra,dkk (2013), meneliti tentang sistem otomasi *water level control* yang diaplikasikan pada *feed water tank* menggunakan PLC Omron *Sysmac C200H* yang dilengkapi dengan sistem SCADA (*Supervisory Control and Data Aqcuisition*) menggunakan *software Wonderware InTouch* versi 10.5. “Selama ini operator masih memantau secara langsung level air pada *feed water tank*. Sehingga diperlukan sistem otomasi *water level control* yang dapat membantu operator dalam mengontrol dan memantau level air pada *feed water*

tank. Sistem otomasi *water level control* dikendalikan oleh PLC Omron *Syrmac* C200H dengan menggunakan panel *push button* yang terpasang pada *plant* atau juga dapat dikendalikan dan dimonitor melalui PC menggunakan *software* SCADA *Wonderware InTouch 10.5*.”

Riska Utami, Totok Soehartanto (2013) meneliti tentang sistem koreksi untuk memperbaiki hasil pengukuran level soda *water* pada *net gas wash column* C-5-05 di PT Pertamina (Persero) RU V. “*Differential pressure transmitter* bekerja berdasarkan prinsip beda tekanan diantara tekanan *high* dan tekanan *low* yang kemudian direpresentasikan dengan persen sehingga didapatkan pembacaan level tanpa memperhatikan pengaruh perubahan densitas. Sistem koreksi dirancang berdasarkan *error* yang dihasilkan dari sinyal *output level transmitter* sebelum masuk ke *controller*. Perancangan sistem koreksi dibuat dengan membandingkan sinyal *output level transmitter* yang benar dan yang salah ketika diberikan debit *input wash water* yang berubah-ubah sehingga diperoleh suatu fungsi. *Set point* yang digunakan pada *plant* untuk mengendalikan level adalah 40% (2,432 meter). Dengan menggunakan sistem koreksi, maka sistem pengendalian level menjadi lebih baik. Hal ini terbukti dari *error* yang dihasilkan pada saat diberikan *set point* 2,432 menjadi 0,29%, sedangkan tanpa sistem koreksi adalah 7%.”

2.2. Dasar teori

Transmitter merupakan *secondary element* dari suatu *loop* pengendalian yang berfungsi mengubah besaran fisis yang dihasilkan oleh *sensing element* (sensor) ke dalam suatu sinyal *standard* dan kemudian ditransmisikan ke instrument lain (*controller/recorder*) yang besarnya sinyal *standart* tersebut sebanding dengan besarnya besaran fisis yang diterima oleh sensor. Sinyal pengukuran variabel proses (*pressure, flow, level, temperature, dll.*) secara langsung akan menghasilkan *output* sebanding dengan hasil pengukurannya, atau mempunyai hubungan matematis dengan *output transmitter*. Salah satu parameter yang diukur hampir di setiap proses industri adalah level. Salah satu metode pengukuran level adalah menggunakan metode tekanan hidrostatik. Setiap zat cair yang menempati sebuah bejana/*vessel*/tangki, akan memiliki tekanan hidrostatik yang besarnya sebanding dengan level zat cair tersebut, dengan asumsi massa jenisnya tetap.



Gambar 2.1 Tekanan hidrostatik
(Dwi Heri Sudaryanto, 2013)

Gambar 2.1 adalah sebuah tangki terbuka (permukaannya terhubung ke atmosfer), dimana akan bekerja tekanan P1 sebesar tekanan atmosfer, yang kemudian diabaikan karena akan mengukur tekanan *gauge*. Tekanan hidrostatik P2 yang dihasilkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P = \rho \times g \times h \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

ρ = masa jenis air, kg/m³

g = gaya gravitasi bumi, m/s²

h = ketinggian air dasar tangki ,m

Bila 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* dapat dihitung berdasarkan persamaan (2.1) :

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

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

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

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

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

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

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

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

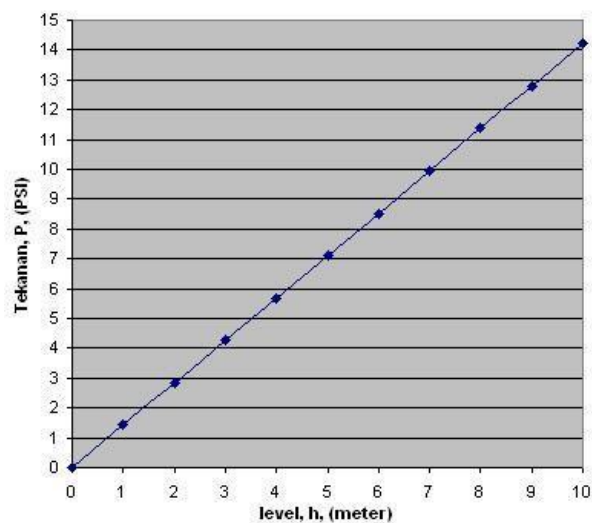
1 kilopascal = 0.1450377377 PSI (pound per square inch) = 0.01019716213 kg/cm².

Sehingga pada setiap kenaikan level, maka akan dihasilkan tekanan hidrostatik yang sebanding dengan kenaikan tersebut. Seperti diperlihatkan pada tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Hasil perhitungan
(Dwi Heri Sudaryanto, 2013)

ρ (kg/m ³)	g (m/s ²)	h (m)	P (KiloPascal)	P (PSI)	P (kg/cm ²)
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 seperti pada gambar 2.2 :

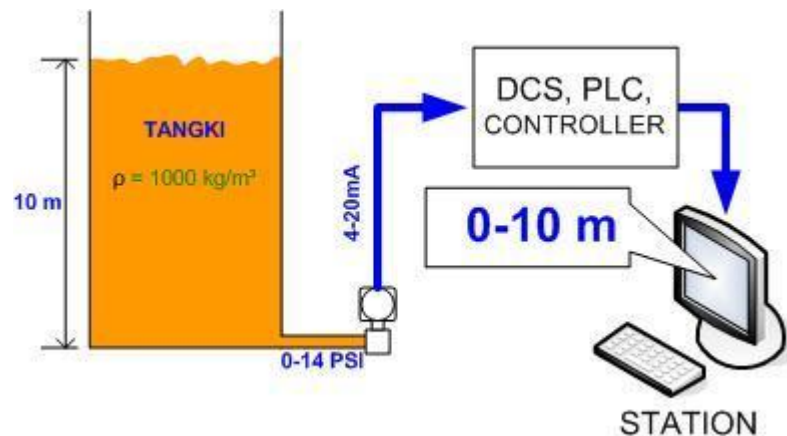


Gambar 2.2 Grafik hubungan level dengan *pressure*
(Dwi Heri Sudaryanto, 2013)

Dari tabel 2.1 dan gambar 2.2, terlihat bahwa level (*h*) berbanding lurus dengan *pressure* (*P*), sehingga dengan mengukur *pressure* pada titik dasar tangki,

dapat diketahui level dari fluida cair yang ada di dalam tangki. Misalnya hasil pengukuran *pressure* pada dasar tangki adalah 4,2641 PSI, maka dengan membalikkan perhitungan di atas, dapat diketahui level sebesar 3 meter. Atas dasar tekanan hidrostatik tersebut, maka digunakan sebagai dasar prinsip kerja *differential pressure cell level transmitter*.

Pressure gauge yang terpasang di dasar tangki, dapat diganti dengan menggunakan sebuah *pressure transmitter* yang dikalibrasi dengan rentang ukur (*range*) *input* 0-14 PSI dan *output* 4-20 mA. Dapat terlihat pada gambar 2.3 representasi parameter (sinyal).



Gambar 2.3 Representasi parameter (sinyal)

(Dwi Heri Sudaryanto, 2013)

Sinyal 4-20 mA yang merepresentasikan sinyal *input* dari *pressure transmitter*, diteruskan ke *receiver* berupa PLC sebagai *controller* yang terhubung dengan *station* yang berfungsi sebagai *Human Machine Interface* (HMI). Pada PLC, sinyal 4-20 mA tersebut di-*scaling* menjadi bentuk *engineering unit* (meter) sehingga dengan variasi 0-10 meter level pada tangki, bisa ditampilkan 0-10 meter pada HMI.

2.3. Tangki timbun (*storage tank*)

Tangki timbun (*storage tank*) adalah tempat yang digunakan untuk menyimpan produk minyak sebelum didistribusikan kepada konsumen. Tangki memiliki desain yang beraneka ragam berdasarkan fungsi atau jenis fluida yang ditampung. Untuk jenis tangki berdasarkan atap, diantaranya adalah *fixed roof* dan *floating roof*.

2.3.1. *Fixed roof tank*

Tangki jenis *fixed roof* adalah tangki silinder dengan konfigurasi atap bersatu dengan dinding (*shell*). Bentuk *roof* dapat berbentuk kerucut (*cone*) atau kubah (*dome*). Tangki ini digunakan untuk fluida bertekanan rendah. Dapat terlihat seperti pada gambar 2.4, *Fixed roof tank*.



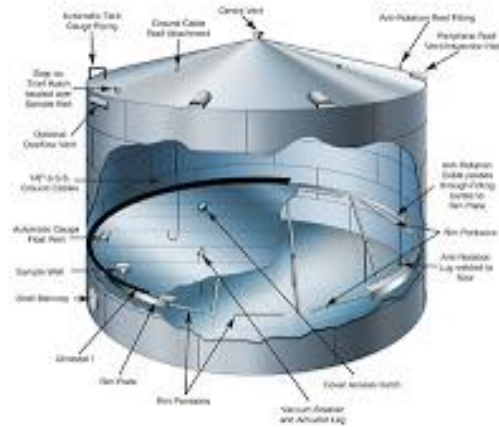
Gambar 2.4 *Fixed roof tank*

(avturblog.blogspot.com)

2.3.2. *Floating roof tank*

Floating roof tank adalah tangki jenis silinder yang mempunyai konstruksi yang berbeda dari *fixed roof tank*. Atap pada *floating roof* tidak menyatu dengan dinding (*shell*). *Roof* ini dapat bergerak naik atau turun tergantung dari level fluida di dalam tangki. *Floating* ini akan berada di atas jika fluida didalamnya

tinggi (*high*) dan akan berada dibawah ketika level fluida didalamnya rendah (*low*). Dapat terlihat seperti gambar 2.5, *Floating roof tank*.



Gambar 2.5 *Floating roof tank*
(avturblog.blogspot.com)

2.3.3. *Spherical Tank*

Spherical tank disebut juga tangki bola karena kontruksinya yang menyerupai bola. Tangki ini digunakan untuk menampung gas seperti butane, propane, gas alam, asam sulfat, dan lain sebagainya. Dapat terlihat seperti gambar 2.6, *Spherical tank*.



Gambar 2.6 *Spherical tank*
(avturblog.blogspot.com)

2.4. Pengukuran level

Operasi di industri seperti kilang minyak (*refinery*) dan petrokimia (*petrochemical*) sangat bergantung pada pengukuran dan pengendalian besaran proses. Besaran proses yang harus diukur dan dikendalikan pada suatu industri, yaitu permukaan (*level*) zat cair disebuah tangki. Penerapan alat ukur dan sistem pengendalian pada suatu obyek untuk tujuan mengetahui harga numerik variabel suatu besaran proses dan juga untuk tujuan mengendalikan besaran proses supaya berada dalam batas daerah tertentu atau pada nilai besaran yang diinginkan (*set point*). Pengukuran level cairan merupakan pengukuran yang mempunyai tujuan untuk mengetahui ketinggian level cairan pada suatu titik atau pada range tertentu.

2.5. Pengukuran Level Titik (*Point*) dan Kontinu

Pengukuran level dibagi menjadi dua bentuk, yaitu level kontinu dan level titik (*point*). Pengukuran level kontinu merupakan pengukuran level untuk mengetahui level dari cairan pada rentang (*range*) tertentu, sedangkan pengukuran level titik merupakan pengukuran level untuk mengetahui level pada titik tertentu dipasangnya sensor.

Beberapa sistem mungkin menggunakan pengukuran kontinu dan titik (*point*) pada sistem yang sama (misalnya pada tangki atau *vessel*), dan ini sangat tergantung pada keperluan pengukurannya. Sistem pengukuran titik biasanya dirancang sebagai *back up* pada sistem pengukuran secara kontinu, yaitu diwujudkan untuk sistem *alarm* atau *shutdown*.

2.5.1. Pengukuran Level Titik (*Point*)

Pengukuran level titik adalah pengukuran level secara diskrit pada titik tertentu dalam sistem. Sebagai contoh, alarm level rendah dan alarm level tinggi terpicu jika level dalam tangki mengalami tinggi yang berlebihan atau rendah yang berlebihan. Demikian juga untuk sistem *shutdown*, dengan menggunakan pengukuran level titik digunakan untuk menghentikan suatu sistem. Pengukuran level titik dapat juga digunakan pada sistem kontrol *on/off*. Oleh karena itu fungsi dari pengukuran level titik adalah digunakan untuk input system alarm dan shutdown, switching on/off dan indikasi level titik (*point*).

Beberapa pengukuran level titik (*point*) adalah sebagai berikut :

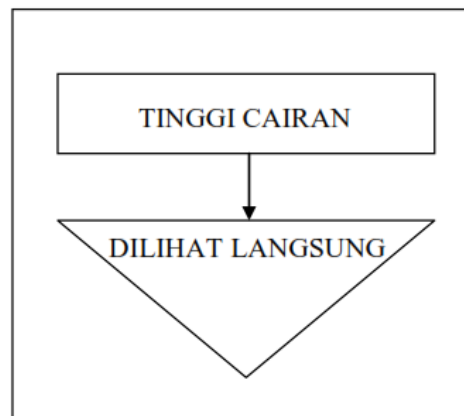
1. *Switch* Pelampung
2. Pelat Kapasitansi
3. *Switch* Konduktansi
4. Pedal Rotasi
5. *Switch* Level Magnet

2.5.2. Pengukuran Level Kontinu

Pengukuran level kontinu memberikan pengukuran level secara kontinu (analog) dalam sistem. Sebuah sensor konstan digunakan untuk mengukur level. Pada saat level naik atau turun, sensor akan merasakan perubahan level ini dan menghasilkan *output* yang sebanding dengan perubahan level tersebut. sinyal *output* dalam bentuk sinyal standard 3-15 psi atau 4 - 20 mA dc. Tipe pengukuran ini sangat tepat digunakan untuk sistem pengendalian loop tertutup (closed loop), dimana pengukuran level dalam rentang (*range*) tertentu diperlukan.

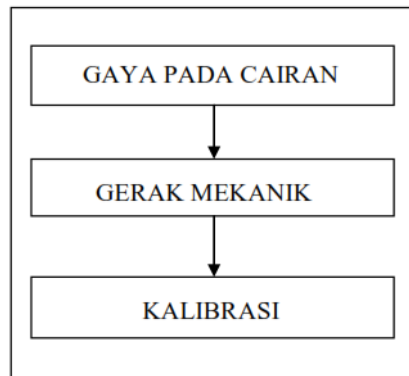
2.6. Pengukuran Level Cara Langsung dan Cara Tidak Langsung

Pengukuran secara langsung dimana instrumennya berkontak secara langsung dengan elemen sensor, dan sebuah gerakan level diukur secara langsung oleh instrumen. Pengukuran langsung tinggi permukaan cairan dapat dilihat dari penggunaan gelas penglihat atau gelas ukur biasa dalam bejana. Metode ini merupakan metode yang paling sederhana untuk mengukur tinggi permukaan cairan. Metode ini sangat efektif digunakan dalam pengukuran langsung. Dapat terlihat pada gambar 2.7 metode pengukuran langsung.



Gambar 2.7 Metode pengukuran langsung
(dinus.ac.id)

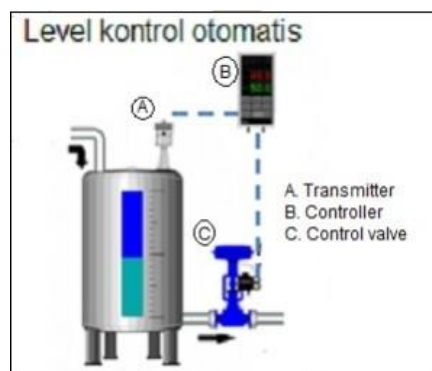
Pengukuran level tidak langsung adalah pengukuran level menggunakan media. Sebuah *tranduser* digunakan untuk mentransfer pengukuran level ke instrumen penunjuk. Contoh pengukuran level secara tidak langsung adalah *differential pressure level transmitter*. Parameter pengukuran level yaitu perubahan beda tekanan dalam sistem. Kenaikan level akan menaikkan tekanan bagian bawah dari tangki, dan akibatnya akan menaikkan output transmiter. Dapat terlihat pada gambar 2.8 metode pengukuran tidak langsung.



Gambar 2.8 Metode pengukuran tidak langsung
(dinus.ac.id)

2.7. Pengertian *Transmitter*

Transmitter adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menyampaikan kondisi besaran proses suatu *plant*, sehingga keadaan pada *plant* tersebut dapat dilihat, diawasi, dan dikendalikan dari suatu tempat. *Transmitter* mempunyai banyak jenis, salah satu jenis *transmitter* adalah *pressure transmitter* (PT). *Pressure transmitter* berfungsi untuk mengawasi besaran proses berdasarkan *pressure* atau tekanan. *Pressure transmitter* dapat mengukur ketinggian permukaan cairan dalam tangki dengan alat ukur *level transmitter* (LT) seperti terlihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Contoh penggunaan *level transmitter*
(www.jasaservis.net)

2.8. *Differential pressure transmitter* untuk pengukuran level tangki

Differential pressure (DP) merupakan perbedaan antara tekanan tinggi (*high pressure*) dan tekanan rendah (*low pressure*). *Differential pressure transmitter* berfungsi sebagai metode untuk mengukur level cairan yang ada di dalam tangki dengan memanfaatkan tekanan hidrostatis cairan yang masuk ke input *high pressure* dan *low pressure* pada level *transmitter*. Metode pengukuran tersebut akan mengkonversi besaran tekanan (*head pressure*) ke besaran ketinggian (*distance*). Tekanan cairan di dalam tangki berbanding lurus dengan ketinggian cairan tersebut. Satuan unit yang digunakan dalam pengukuran besaran level adalah persentase. Persentase merupakan perbandingan antara bagian tangki yang berisi cairan dengan tinggi tangki keseluruhan dalam *range* 0-100%. *Range* tersebut dapat dirubah dalam unit tekanan seperti *pascal*, *mBar*, *psi*, *mmH₂O*, dan lain-lain.

Pengukuran level dengan metode *differential pressure* menggunakan prinsip tekanan hidrostatis. Tekanan hidrostatis adalah tekanan dari cairan berdasarkan pada berat jenis cairan tersebut dan ketinggian cairan di atas *point* pengukuran. Hal ini dapat digambarkan dengan persamaan :

$$P = \rho \times g \times h \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

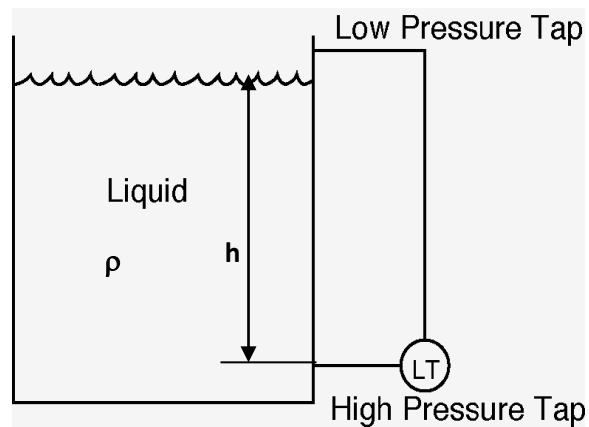
P = Tekanan Hidrostatik

ρ = Density Cairan

g = Konstanta percepatan gravitasi

h = Ketinggian cairan diatas point pengukuran

Transmitter tekanan *differential* dapat dipasang pada dua situasi, yaitu pada sistem tangki terbuka atau sistem tangki tertutup. Pada sistem tangki terbuka, untuk *tapping* tekanan tinggi dari *transmitter* dipasang pada *point level nol* dan *tapping* tekanan rendah terbuka ke atmosfer, seperti pada gambar 2.10.

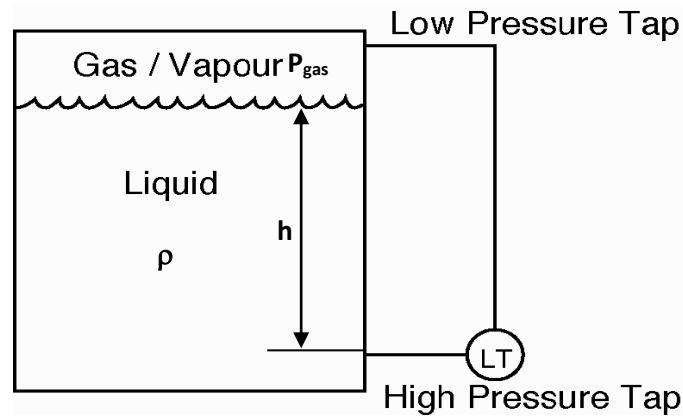


Gambar 2.10 Instalasi *transmitter differential pressure* untuk tangki terbuka
(pusdiklatmigas.esdm.go.id)

Tekanan *differential* sama dengan tekanan pada *tapping* tekanan yang tinggi, yaitu dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan Differential (d/p)} &= \text{Tekanan Tinggi} - \text{Tekanan Rendah} \\
 &= (\rho \times g \times h + P_{\text{atm}}) - P_{\text{atm}} \\
 &= \rho \times g \times h \dots\dots\dots (2.3)
 \end{aligned}$$

Pada sistem tangki tertutup, *tapping* tekanan tinggi dari *transmitter* disambungkan *point level nol* dan *tapping* tekanan rendah dipasangkan diatas level cairan yang paling tinggi. Tekanan pada tangki tertutup ini menekan ke bawah cairan yang menambah tekanan total hidrostatis pada *point level nol*. Oleh karena itu, tekanan ini dikurangi dari nilai *tapping* tekanan rendahnya. Instalasi *transmitter d/p* pada bejana tertutup dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Instalasi transmitter *differential pressure* untuk tangki tertutup
(pusdiklatmigas.esdm.go.id)

Sehingga dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan Differential (d/p)} &= \text{Tekanan Tinggi} - \text{Tekanan Rendah} \\
 &= (\rho \times g \times h + P_{\text{gas}}) - P_{\text{gas}} \\
 &= \rho \times g \times h \dots\dots\dots (2.4)
 \end{aligned}$$

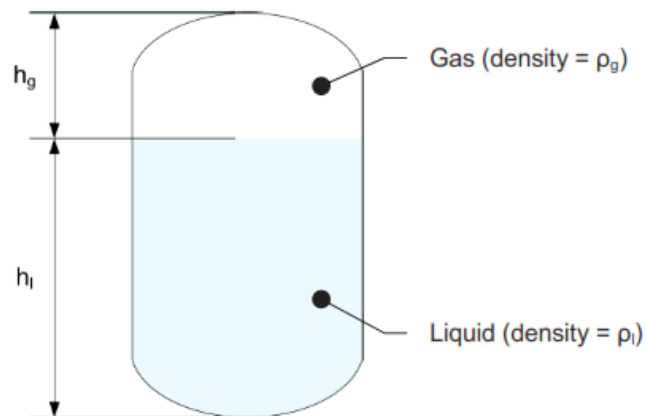
Untuk *Closed tank* ada dua macam instalasi yaitu :

1. *Dry Leg* : dimana untuk *P low transmitter* kontak langsung dengan fluida, dalam hal ini adalah gas fluida. Hal ini terutama digunakan dalam situasi dimana uap cairan atau gas tidak korosif dan memiliki tingkat kondensasi rendah pada suhu kerja. *Dry leg* memungkinkan *cell differential pressure* untuk mengkompensasi tekanan pada permukaan cairan, dengan cara yang sama seperti efek tekanan barometrik di tangki terbuka. Saluran *dry leg* harus tetap dalam keadaan kering agar tidak mengganggu keakuratan pengukuran level transmitter.

2. *Wet Leg* : dimana untuk *P low transmitter* diberi media fluida yang berbeda seperti (glycol / silicone oil / water-common) untuk kompensasi dari kondensasi media fluida yang korosif. Untuk menanggulangi uap cairan atau gas yang mengkondensasi pada kaki referensi, maka digunakan sistem *wet leg* yaitu pada kaki referensi diisi dengan media yang telah diketahui nilai massa jenisnya.

2.9. Pengukuran level pada tangki tertutup dengan metode *wet outside leg*

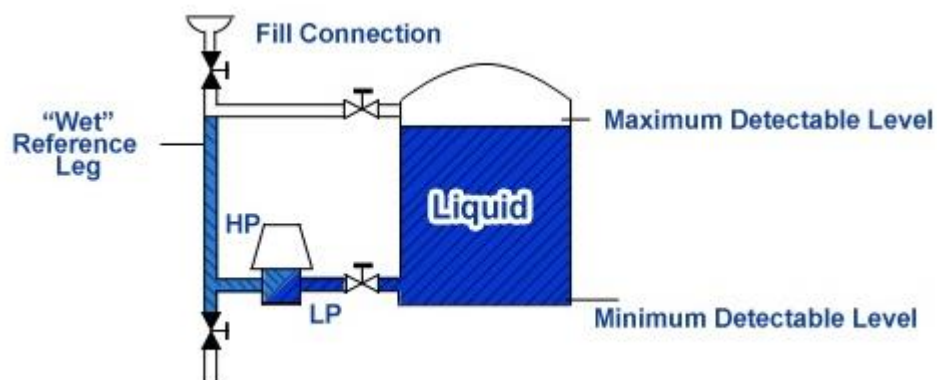
Pada tangki tertutup, dapat dilakukan pengukuran level dengan menggunakan *differential pressure transmitter*. Namun, harus diperhatikan tekanan dari dalam tangki. Tekanan yang bekerja pada bagian bawah tangki tertutup merupakan tekanan hidrostatis. Tekanan tersebut merupakan tekanan dari cairan yang ada dalam tangki. Dapat terlihat pada gambar 2. Tekanan pada bagian bawah tangki tertutup.



Gambar 2.12 Tekanan pada bagian bawah tangki tertutup

(www.labvolt.com)

Dalam situasi di mana uap cairan atau gas cenderung mengembun pada suhu kerja atau terjadi korosif dan tidak stabil, kaki referensi tidak dapat dijaga tetap kering. Kemudian harus diisi dengan cairan untuk menghasilkan rujukan kaki yang basah. Untuk kaki referensi basah, selalu disarankan agar cairan pengisi yang dipilih harus memiliki tingkat ekspansi termal yang rendah. Pada metode *wet outside leg*, sisi *sensing line low pressure level transmitter* akan diisi dengan cairan yang massa jenisnya sudah diketahui dan sisi high pressure akan di hubungkan di bagian tangki. Sistem *wet outside leg* atau kaki referensi basah dapat dilihat pada gambar 2.13.

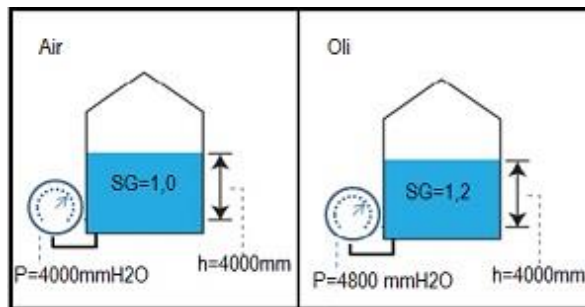


Gambar 2.13 *Closed Tank Wet Reference Leg*
(jasaservis.net)

2.10. Prinsip dasar pengukuran

Sebuah bejana dengan tinggi 5 meter diisi dengan air setinggi 4 meter, jika di bawah bejana dipasang *pressure gauge* dengan unit mmH₂O maka *pressure gauge* akan menunjukkan angka 4000 mmH₂O. Kemudian jika pada bejana diisi oli setinggi 4 meter, maka *pressure gauge* akan menunjukkan angka 4800 mmH₂O. Angka 4800 mmH₂O adalah besaran tekanan yang menjadi

rujukan sebagai indikasi level. Dapat terlihat seperti gambar 2.8, pengukuran besaran tekanan dengan *pressure gauge*.



Gambar 2.14 Pengukuran besar tekanan dengan *pressure gauge*
(jasaservis.net)

Gambar 2.14 menjelaskan bahwa untuk ketinggian cairan yang sama besar tekanan cairan dalam bejana dapat berbeda. Terdapat parameter lain yang berpengaruh pada proses pengukuran level dengan metode ini. Parameter tersebut adalah *specific gravity* (SG). *Specific gravity* adalah perbandingan antara massa jenis (*density*) zat tertentu dengan *density* zat referensi. Zat referensi yang dipakai adalah air. Bila nilai *density* air adalah 1000 g/cm^3 dan nilai *density* oli adalah 1200 g/cm^3 .

maka *specific gravity* oli adalah :

$$SG = \frac{\text{density oli}}{\text{density air}} = \frac{1200 \text{ g/cm}^3}{1000 \text{ g/cm}^3} = 1,2 \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan tiga parameter tersebut yaitu tinggi, tekanan, dan *specific gravity*, ditemukan rumus yang berkaitan dengan pengukuran level yaitu sebagai berikut :

a. Untuk oli dalam contoh diatas perhitungannya seperti berikut ini :

$$P = SG \times h = 1,2 \times 4000 \text{ mm} = 4800 \text{ mmH}_2\text{O} \dots\dots\dots (2.6)$$

b. Untuk air dalam contoh diatas perhitungannya seperti berikut ini :

$$P = SG \times h = 1,0 \times 4000 \text{ mm} = 4000 \text{ mmH}_2\text{O} \dots\dots\dots (2.7)$$

c. Rumus *density* :

Density adalah massa jenis. Massa jenis adalah perbandingan antara massa suatu zat dengan volumenya.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{kg}{m^3} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

$$\rho = \text{density (kg/m}^3 = \text{g/cm}^3)$$

$$m = \text{massa (kg atau g)}$$

$$V = \text{volume (m}^3 \text{ atau cm}^3)$$

d. *Specific Gravity* (SG) :

Specific gravity merupakan perbandingan *density* suatu fluida terhadap fluida standar (*reference*).

$$SG = \frac{\rho \text{ objek}}{\rho \text{ air}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

$$\rho \text{ objek} = \text{density objek}$$

$$\rho \text{ air} = \text{density air (1000 g/cm}^3)$$

e. Tekanan (P) :

Tekanan adalah besaran gaya yang diberikan ke suatu area permukaan tertentu.

$$P = \rho \times g \times h \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

P = tekanan (Pa)

ρ = massa jenis cairan (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

h = ketinggian (m)

Nilai *density* (ρ) dan percepatan gravitasi (g) selalu konstan, sedangkan ketinggian (h) merupakan variabel yang berbanding lurus dengan tekanan (P). Satuan tekanan mmH_2O muncul dari perhitungan dengan menggunakan *specific gravity*. *Specific gravity* merupakan perbandingan *density* suatu fluida terhadap fluida standar (*reference*). Air digunakan sebagai fluida *reference* (1 kg/m^3 atau 1000 g/cm^3). Bejana berisi air dengan ketinggian 1 m (1000 mm), $\rho = 1000 \text{ g/m}^3$ dan $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Maka tekanan hidrostatisnya dapat dihitung berdasarkan persamaan 2.10 :

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

$$P = 1000 \text{ g/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 1 \text{ m}$$

$$P = 9800 \text{ Pascal}$$

Satuan tekanan (*Pascal*) tersebut dapat dinyatakan dalam satuan mH_2O , cmH_2O , atau mmH_2O . Berdasarkan persamaan 2.6 dapat di hitung :

$$P = SG \times h$$

$$P = \frac{\rho_{\text{objek}}}{\rho_{\text{air}}} \times h$$

$$P = \frac{1000 \text{ g/m}^3}{1000 \text{ g/m}^3} \times 1 \text{ m}$$

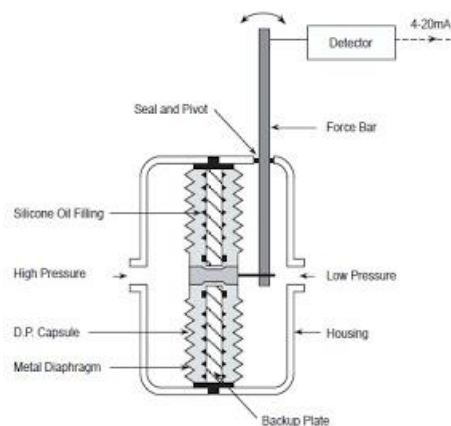
$$P = 1 \text{ mH}_2\text{O} = 100 \text{ cmH}_2\text{O} = 1000 \text{ mmH}_2\text{O}$$

2.11. Level Transmitter

Level *transmitter* adalah suatu alat ukur elektronik yang berfungsi untuk mengukur ketinggian fluida berdasarkan tekanan hidrostatik. Tekanan hidrostatik adalah tekanan yang diakibatkan oleh gaya yang ada pada cairan terhadap suatu luas bidang tekan pada kedalaman tertentu. Level *transmitter* terdiri atas dua bagian, yaitu sensor dan *transmitter*. Sensor terdiri dari *sisi high pressure* dan *low pressure*. *High pressure* dihubungkan pada bagian bawah tangki, sedangkan *low pressure* dihubungkan pada bagian atas tangki. *Transmitter* berfungsi sebagai output yang mengkonversi tekanan hidrostatik cairan dengan *range* 0-100% menjadi 4-20 mA. Dapat terlihat pada gambar 2.15 *level transmitter* dan pada gambar 2.16 konstruksi *level transmitter*.



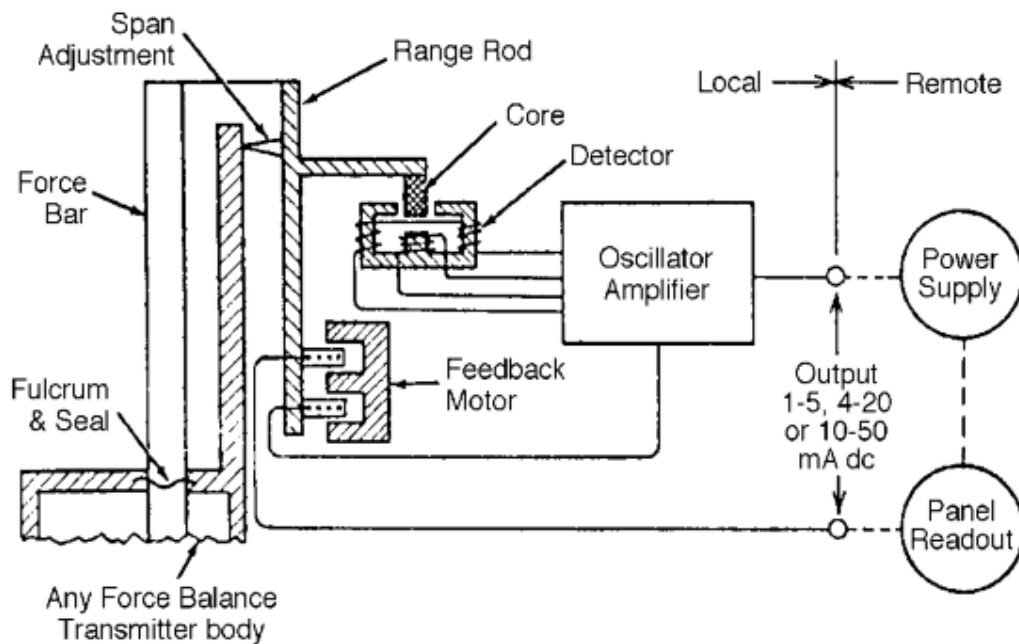
Gambar 2.15 Level *transmitter*
(devinuryadi.blogspot.co.id)



Gambar 2.16 Konstruksi level *transmitter*
(devinuryadi.blogspot.co.id)

2.12. Cara Kerja *Differential Pressure 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 2.17.



Gambar 2.17 Skema *differential pressure cell transmitter*

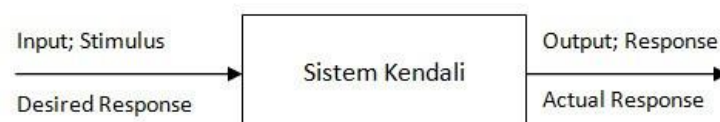
(Dwi Heri Sudaryanto, 2013)

Penambahan pada level proses akan menghasilkan tekanan diferensial yang lebih besar sepanjang kapsul diaphragma, sebagaimana pada tipe *pneumatic* 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. Detector adalah *transformer* diferensial yang kumparan utamanya digerakkan oleh sebuah *oscillator*. Perubahan tekanan diferensial menyebabkan gerakan *core* yang dihilangkan untuk menguatkan kopling induktif yang menyebabkan peningkatan tegangan ke *amplifier* dc. Output arus dari *amplifier* melalui *feedback* motor yang dihubungkan seri dengan suplai tenaga vdc dan *remotread out*. Ketika arus menuju *feedback* motor meningkat, gaya tolak bertambah besar dibentuk dengan me-reposisi *core* pada *detector*. *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.

2.13. Sistem Kendali

Sistem kendali adalah suatu susunan komponen fisik yang terhubung atau terkait sedemikian rupa sehingga dapat memerintah, mengarahkan, dan mengatur diri sendiri atau sistem lain. Sistem kendali merupakan suatu sistem yang memiliki output yang dapat dikendalikan pada suatu nilai tertentu atau untuk mengubah beberapa ketentuan yang telah ditetapkan oleh masukan ke sistem. Sistem kendali dibagi menjadi dua yaitu sistem kendali *loop* terbuka dan sistem kendali *loop* tertutup. Dapat dilihat pada gambar 2.18 deskripsi sederhana sistem kendali.



Gambar 2.18 Deskripsi sederhana sistem kendali

(serbatelekomunikasi.wordpress.com)

2.14. Klasifikasi sistem kontrol/kendali

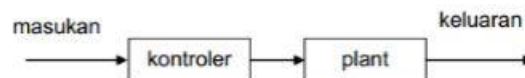
Secara umum, sistem kontrol dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Sistem kontrol manual dan otomatis

Sistem kontrol manual adalah pengontrolan yang dilakukan oleh manusia yang bertindak sebagai operator, sedangkan sistem kontrol otomatis adalah pengontrolan yang dilakukan oleh peralatan yang bekerja secara otomatis dan beroperasi dibawah pengawasan manusia.

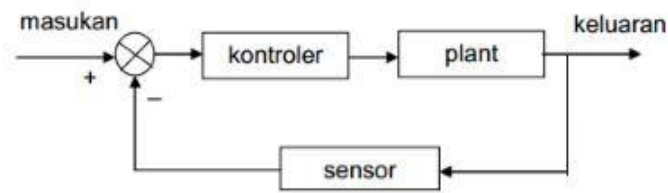
2. Sistem lingkaran terbuka (*open loop*) dan lingkaran tertutup (*closed loop*)

Sistem kontrol lingkaran terbuka (*open loop*) adalah sistem pengontrolan yang memiliki besaran keluaran tidak memberikan efek terhadap besaran masukan, sehingga variabel yang dikontrol tidak dapat dibandingkan terhadap harga yang diinginkan. Dapat dilihat pada gambar 2.19 sistem control *open loop*.



Gambar 2.19 Sistem kontrol *open loop*
(serbatelekomunikasi.wordpress.com)

Sistem kontrol lingkaran tertutup (*closed loop*) adalah sistem pengontrolan yang memiliki besaran keluaran memberikan efek terhadap besaran masukan. Sehingga besaran yang dikontrol dapat dibandingkan terhadap harga yang diinginkan. Perbedaan harga yang terjadi antara besaran yang dikontrol dengan harga yang diinginkan digunakan sebagai koreksi yang merupakan sasaran pengontrolan. Dapat dilihat pada gambar 2.20 sistem control *closed loop*.



Gambar 2.20 Sistem kontrol *closed loop*
(serbatelekomunikasi.wordpress.com)

2.15. Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Controller menurut Capiel (1982) adalah sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan didesain untuk pemakaian di lingkungan industri. Sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan secara internal instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, perwaktuan, pencacahan, dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog. Dapat dilihat pada gambar 2.22 fisik PLC.



Gambar 2.21 Fisik *Programmable Logic Controller*
(ia.omron.com)

Berdasarkan namanya konsep PLC adalah sebagai berikut :

1. *Programmable*, menunjukkan kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan program yang telah dibuat dan dapat dengan mudah diubah-ubah fungsi atau kegunaannya.
2. *Logic*, menunjukkan kemampuan dalam memproses input secara aritmatik dan *logic*, melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, mengurangi, negasi, dan lain sebagainya.
3. *Controller*, menunjukkan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan *output* yang diinginkan.

2.16. *Human Machine Interface (HMI)*

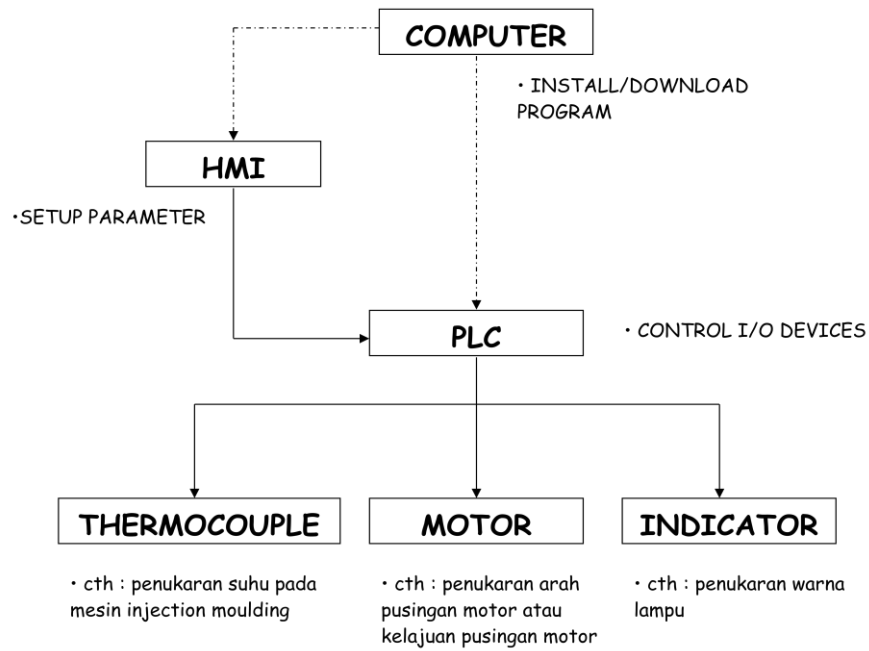
Human Machine Interface (HMI) merupakan suatu perantara penghubung antara *machine* dan manusia. *Human Machine Interface* bertujuan untuk memberi manusia kendali mengenai keadaan *machine* maupun keluaran sesuatu *machine*. Perantara ini meliputi gabungan *controller*, yaitu mengatur keseluruhan produksi mesin dan petunjuk (*indicator*) yang bertindak terhadap *output* dari mesin. *Human Machine Interface* memudahkan operator dalam mengawasi pengoperasian mesin secara langsung menggunakan suatu *interface*.

2.17. Pengoperasian HMI

Pengoperasian HMI terdiri dari tiga komponen utama, yaitu :

- a. *Computer*
- b. *HMI Panel (interface)*
- c. *Perisian (software)*

Dapat dilihat pada gambar 2.22 skema pengoperasian HMI.



Gambar 2.22 Skema pengoperasian HMI

(www.scribd.com)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Adapun penelitian ini dilaksanakan di PT Pertamina EP *Field* Rantau, Kuala Simpang, Aceh Tamiang. Penelitian dimulai dari bulan juni dan selesai pada bulan September 2017.

3.2 Data Penelitian

Proses pengambilan data dilakukan dengan cara observasi, wawancara, dan juga melihat data literature yang nantinya digunakan untuk proses analisa dan perhitungan lebih lanjut. Setelah dilakukan survei lapangan di SP V mengenai spesifikasi tangki dan data fluida, adapun data-data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

3.2.1 Data Fluida

Fluida kerja	: <i>Crude oil</i> (minyak mentah)
Temperatur kerja	: 130°F (54,4°C)
<i>API gravity</i> (SG)	: 0,82
<i>Density crude oil</i> (ρ)	: 808,7168 kg/m ³
<i>Viscositas absolute</i> (μ)	: 2Cp (2 x 10 ⁻³ N.s/m ²)
<i>Viscositas kinematik</i> (ν)	: 2,47 x 10 ⁻⁶ m ² /s
<i>Vapor pressure</i> (P_v)	: 103 kPa

3.2.2 Data Tangki

Tinggi tangki	: 10,3 m
Diameter tangki	: 24,8 m
Tinggi minimum volume <i>crude oil</i>	: 4,683 m
Panjang pipa <i>section A-B</i>	: 89,61 m
Diameter pipa <i>section A-B</i>	: 12 <i>inch</i>
Panjang pipa <i>section B-C</i>	: 3,65 m
Diameter pipa <i>section B-C</i>	: 8 <i>inch</i>

3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian

Adapun dalam penelitian ini telah dirancang sebuah alat sebagai simulasi sistem pengukuran level dengan peralatan dan bahan sebagai berikut :

3.3.1 Peralatan penelitian

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain :

1. *Tool box*

Berfungsi sebagai alat pendukung dalam perakitan alat pengukuran level dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Tool box*
(thebestofzambia.com)

2. *Multitester merk Fluke type 78*

Berfungsi untuk mengukur tegangan keluaran dari rangkaian sensor, dapat dilihat *multitester* pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Multitester merk Fluke type 78*

3.3.2 Bahan penelitian

Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain :

1. Sensor omron 61F-AG

Berfungsi sebagai sensor pendeteksi level cairan dan kontrol pompa, dapat dilihat sensor omron 61F-AG pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Sensor omron 61F-AG

2. Rangkaian sensor TTL

Berfungsi sebagai sensor pendeteksi setiap kenaikan level cairan didalam ember. Rangkaian ini terdiri dari baterai 9 VDC, resistor 1 K Ω , resistor 10 K Ω , transistor NPN TN 2222, dan lampu led sebagai indikator level dan keluaran dari sensor. Rangkaian sensor dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Rangkaian sensor TTL

3. Pompa

Berfungsi untuk menghisap cairan dari ember yang satu ke ember yang lain. Dapat terlihat pompa pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Pompa

4. Wadah panel

Berfungsi sebagai wadah tempat rangkaian sensor. Dapat terlihat wadah panel pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Wadah panel

5. Ember

Berfungsi sebagai wadah tempat cairan. Dapat terlihat ember pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Ember

6. Terminal

Berfungsi sebagai tempat pembagi arus masuk dari PLN ke sensor omron 61F-AG.

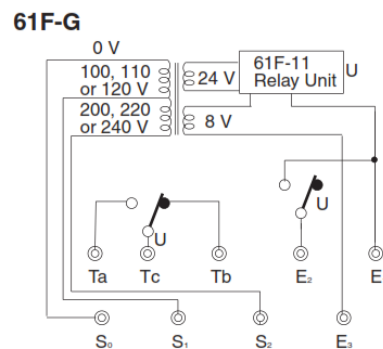
7. Kabel

Befungsi sebagai penghubung arus antar komponen.

3.4 Perancangan Perangkat Keras

a. Omron 61F-G-AP

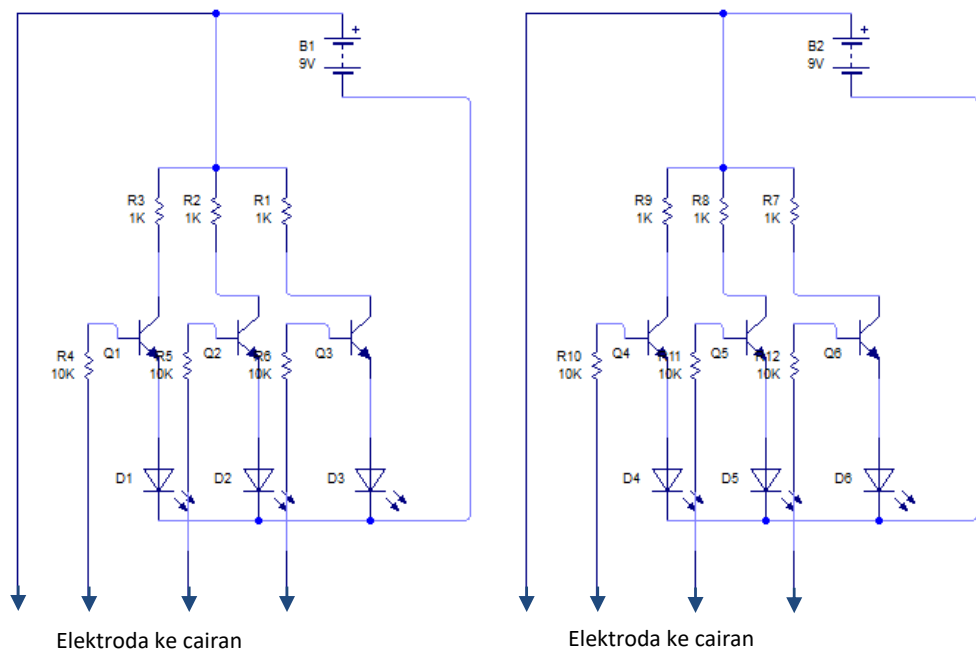
Omron 61F-G-AP merupakan peralatan pengontrol level cairan yang efisien dengan *input* tegangan 220 volt dan 110 volt. Selain bekerja on-off sensor ini bisa diintegrasikan dengan sensor elektronika agar dapat mengetahui setiap kenaikan level sesuai *pressure* dari cairan. Berikut terminal pada unit kontrol dapat dilihat sesuai gambar 3.8.



Gambar 3.8 Terminal unit kontrol omron 61F-AG

b. Rangkaian sensor

Rangkaian sensor ini berfungsi sebagai sensor yang mendeteksi *pressure* dari cairan dalam ember dengan *input* tegangan baterai 9 VDC. Nilai *pressure* ini sebanding dengan level cairan dalam ember. Sensor akan merasakan *pressure* dari cairan yang kemudian akan mengirim sinyal ke PLC berupa tegangan 0-10 volt untuk kemudian akan diolah PLC menjadi data yang dapat dilihat pada layar *touchscreen*. Dapat dilihat rangkaian sensor pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Rangkaian sensor

3.5 Perancangan Perangkat Lunak

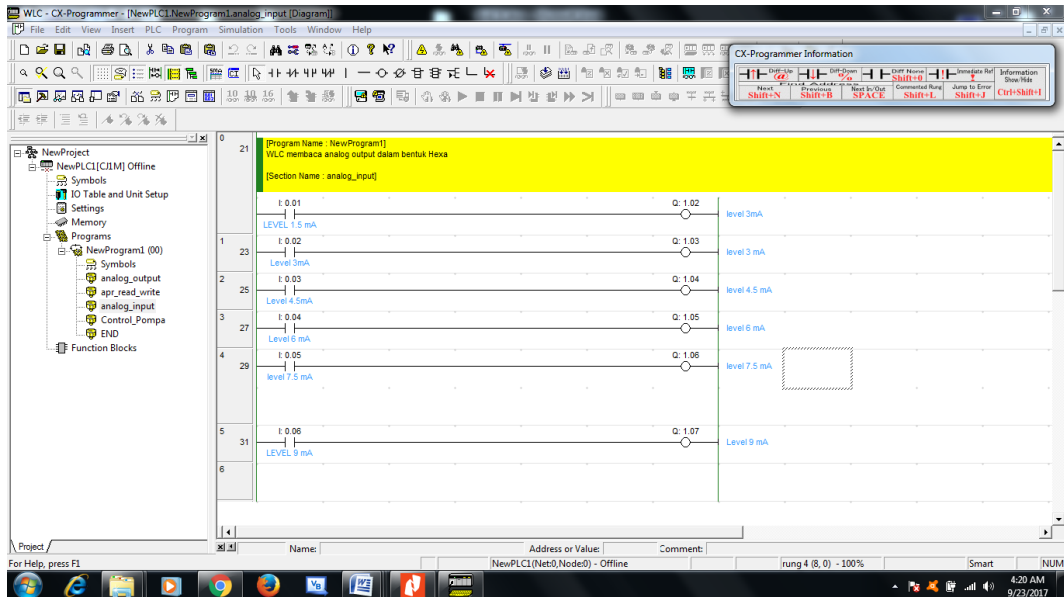
Perancangan perangkat lunak ini berfokus pada penggunaan *software* CX-

Programmer yang meliputi :

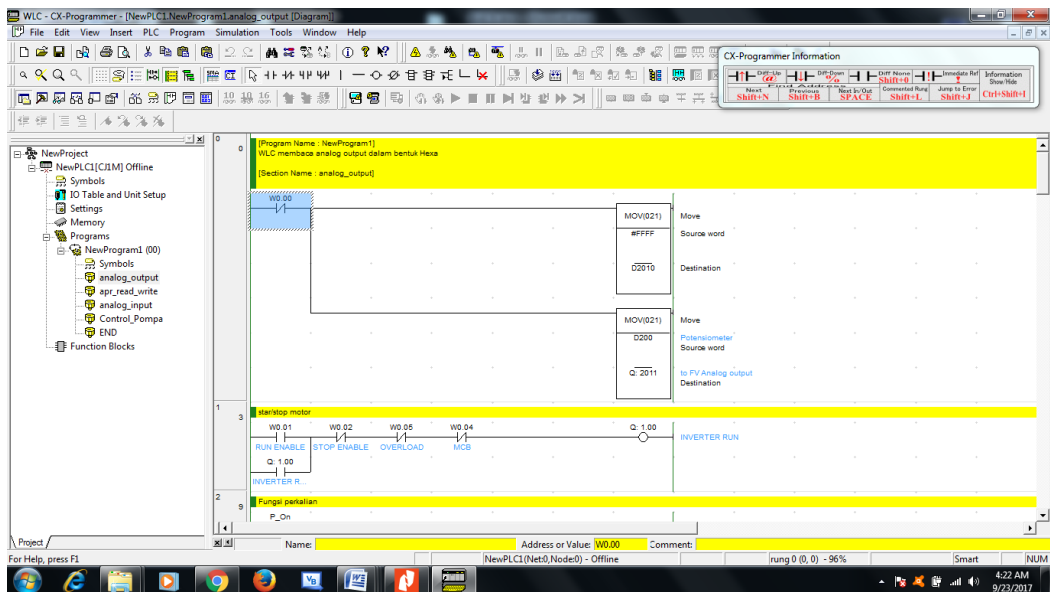
- Analog input
- Analog output

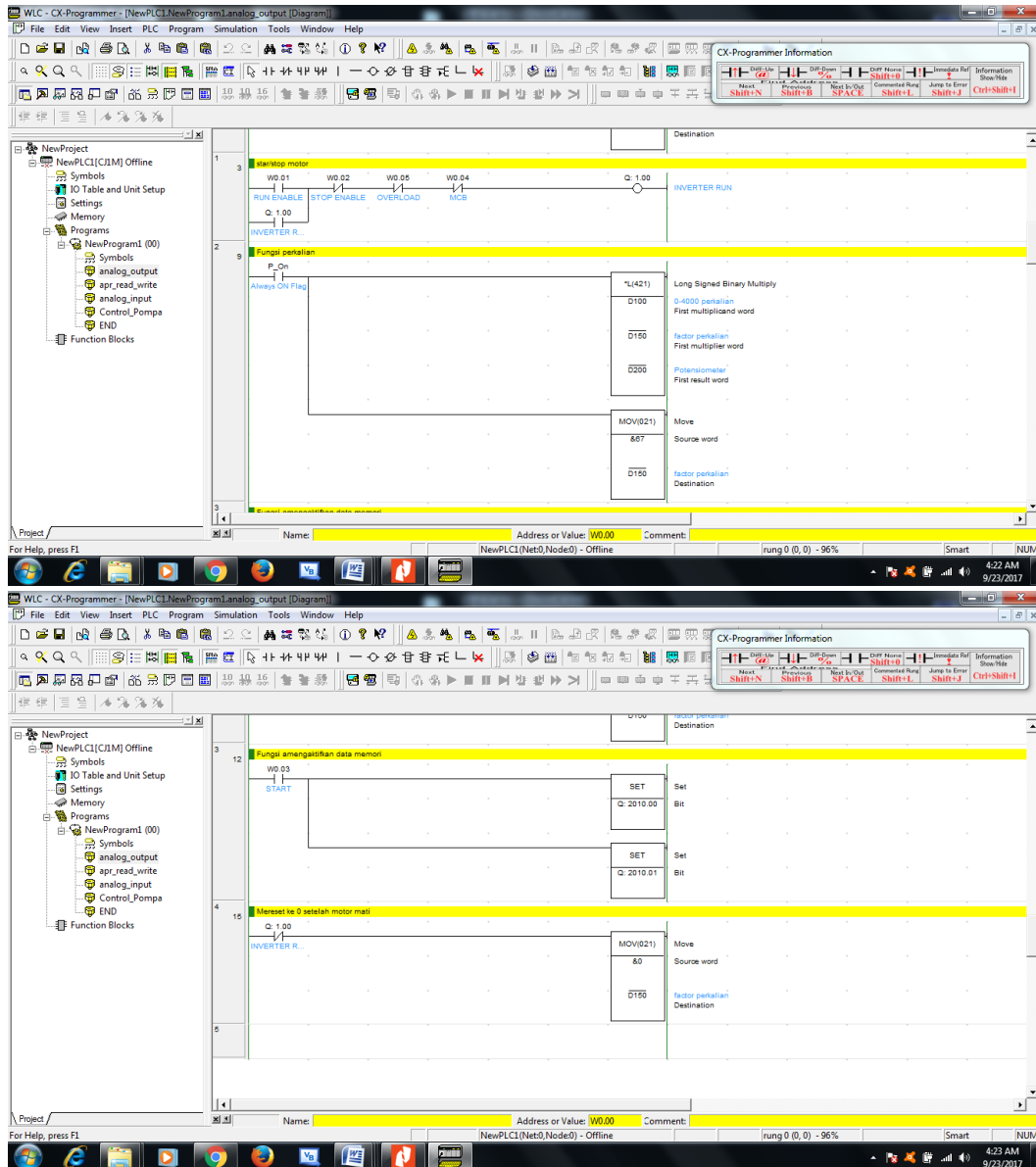
Berikut ini program *ladder* perancangan sistem pengukuran level :

- Analog input



- Analog output





3.6 Metode Penelitian

Adapun langkah-langkah metode penelitian dalam penulisan tugas akhir, yaitu :

1. Studi Literatur

Meliputi studi definisi *differential pressure cell transmitter* untuk pengukuran level minyak dengan metode *wet outside leg*.

2. Pengumpulan Data

Meliputi pengambilan dan pengumpulan data yang didapat pada PT Pertamina EP *Field Rantau*.

3. Pengolahan Data dan Analisa

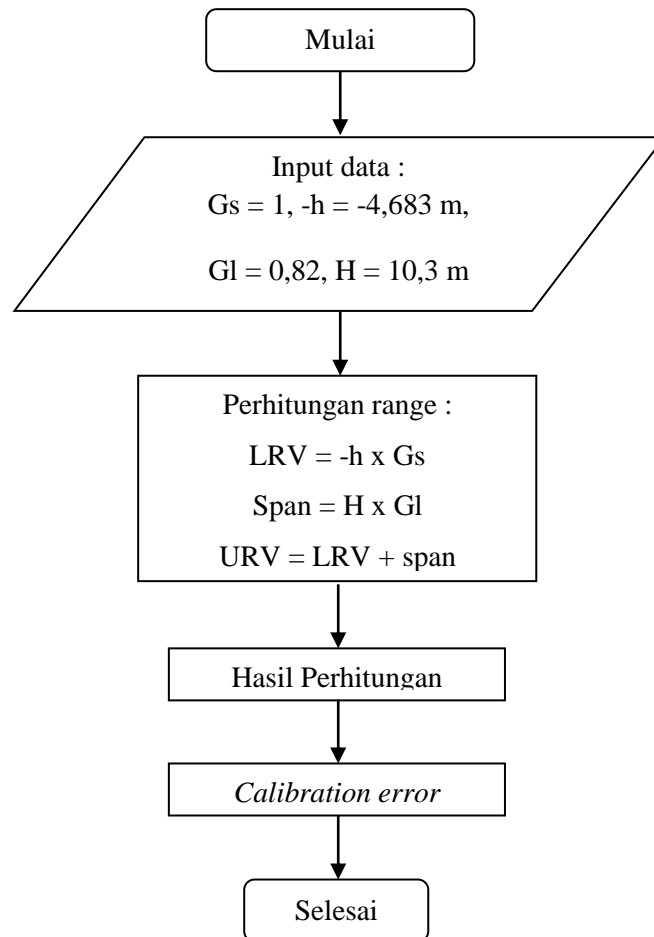
Menganalisis besar *range differential pressure cell transmitter* untuk pengukuran level minyak dengan metode *wet outside leg*.

4. Perancangan Prototipe

Perancangan prototipe sistem pengukuran level menggunakan sensor omron 61F-AG.

3.7 Flowchart Analisa Data Range Differential Pressure Transmitter

Adapun proses berlangsungnya analisa perhitungan *range differential pressure transmitter* akan dijelaskan dalam *flowchart* berikut ini :



Gambar 3.10 *Flowchart* analisa *range differential pressure transmitter*

Dimana :

Gs = *specific gravity fill fluid*

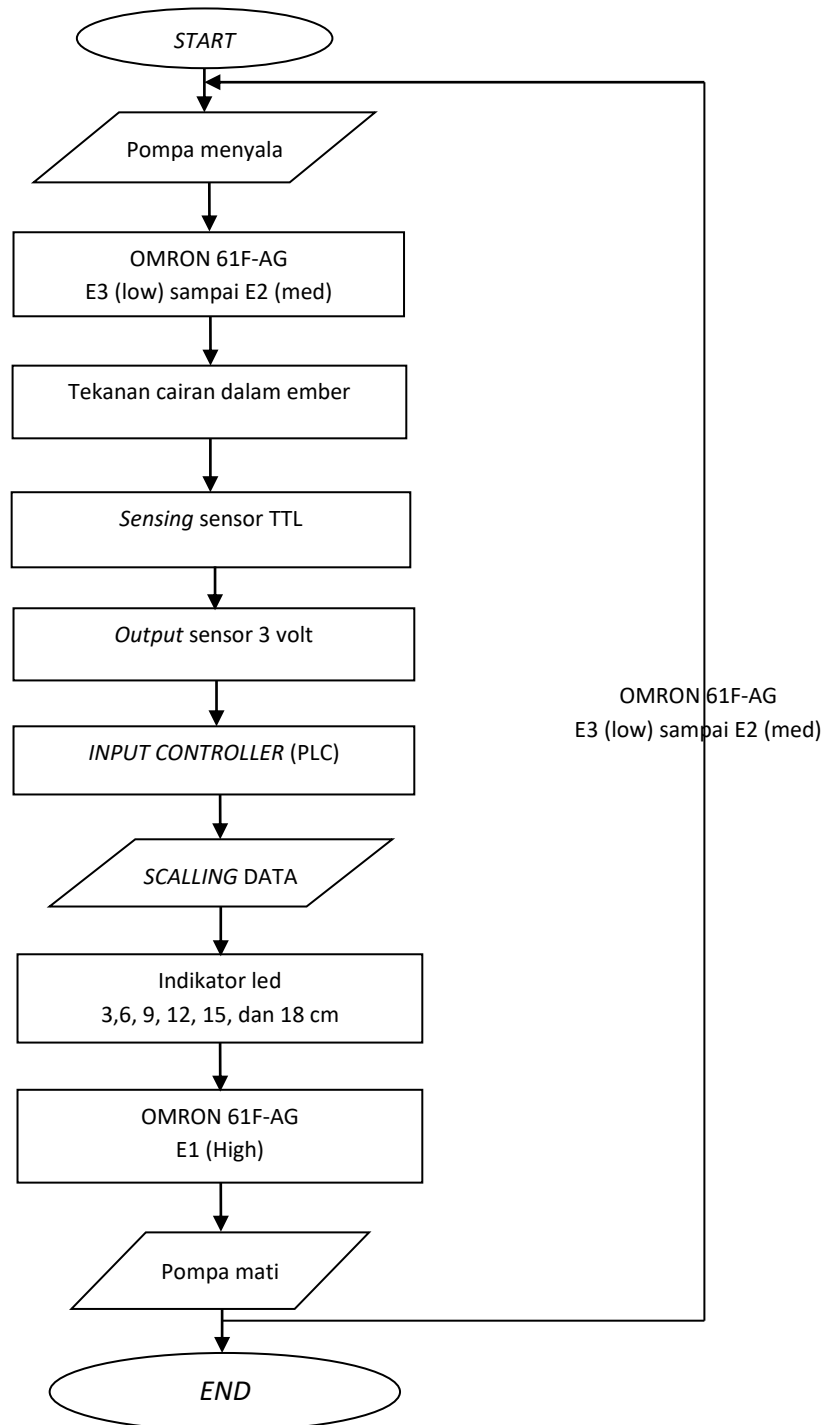
-h = jarak antara proses *tapping point* dengan *transmitter*

G1 = *specific gravity* fluida di dalam tangki

H = rentang level yang akan diukur

3.8 *Flowchart* Cara Kerja Prototipe

Adapun proses cara kerja sistem pengukuran level dapat dilihat pada *flowchart* berikut ini :

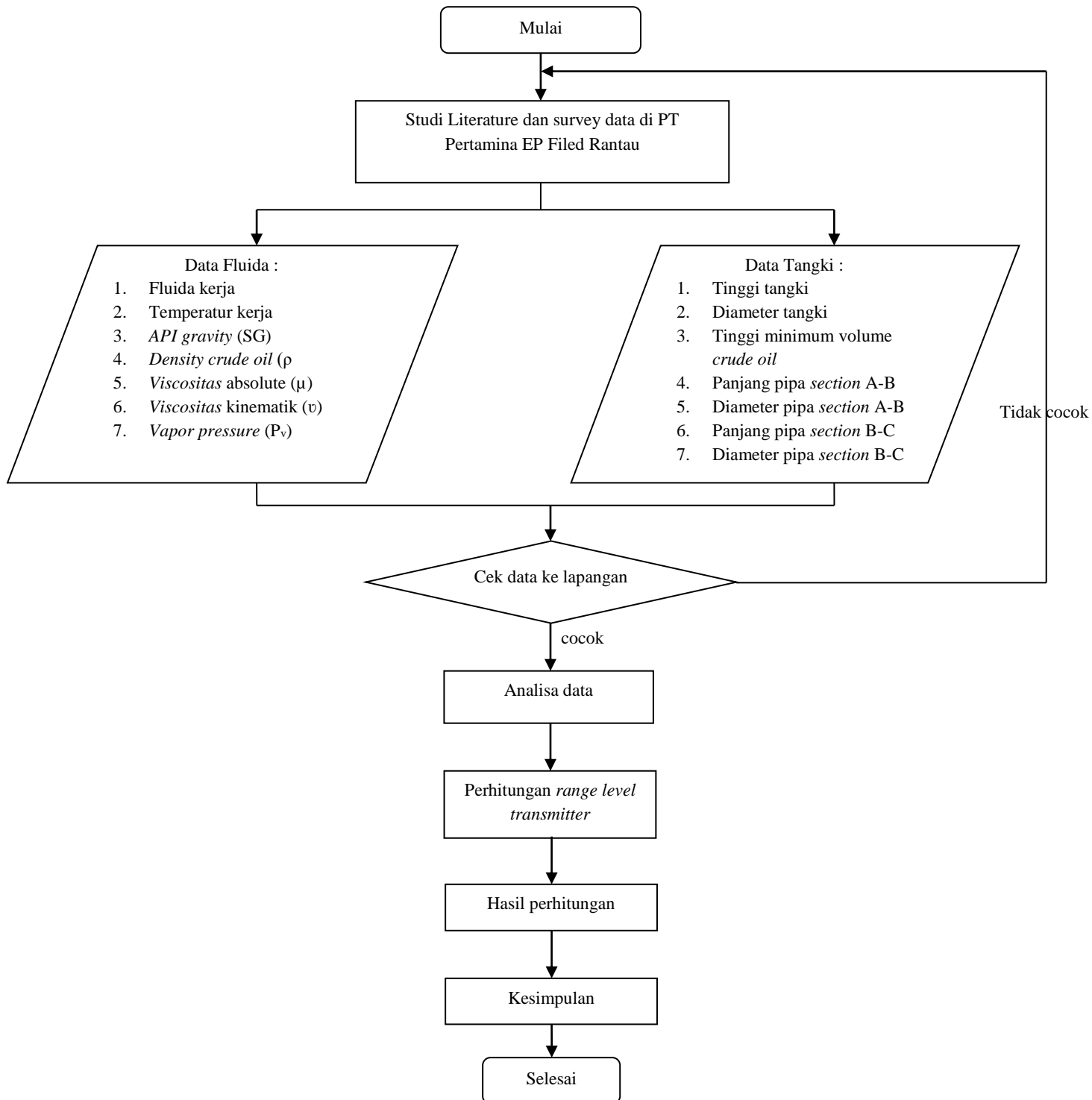


Gambar 3.11 *Flowchart* cara kerja prototipe

Dari *flowchart* diatas dapat dijelaskan cara kerja prorotipe yaitu dimulai dengan pompa menyala mengisi ember penampung dengan cairan. Omron 61F-AG mempunyai 3 buah keluaran elektroda sebagai kontrol pompa. Ketika cairan masih berada pada level E3 (*low*) dan E2 (*med*) pompa masih akan menyala. Rangkaian sensor TTL akan mendeteksi dan merasakan tekanan dari cairan yang ada di dalam ember yang telah diatur pada level 3, 6, 9, 12, 15, dan 18 cm. Keluaran dari sensor berupa tegangan 3 volt yang akan menjadi input dari PLC. Tegangan tersebut akan di olah PLC menjadi keluaran yang akan ditampilkan dalam bentuk indikator lampu led. Saat cairan menyentuh elektroda E1 (*high*) Omron 61F-AG maka pompa akan mati, ketika cairan turun sampai E2 dan E3 maka pompa akan otomatis menyala kembali dan selesai.

3.9 Flowchart Penelitian

Adapun proses berlangsungnya pelaksanaan penelitian ini akan dijelaskan dalam bentuk *flowchart* berikut ini :



Gambar 3.12 *Flowchart* penelitian

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan *Range Differential Pressure Cell Level Transmitter*

Sebelum sensor digunakan harus terlebih dahulu menentukan *range* yang tepat agar hasil pengukuran akurat. Sesuai dengan data yang telah didapat, perhitungan *range* dengan menggunakan metode *wet outside leg* dapat dilakukan sebagai berikut :

Gs = *specific gravity fill fluid* = 1

-h = jarak antara proses *tapping point* dengan *transmitter* = -4,683 m

G1 = *specific gravity* fluida di dalam tangki = 0,82

H = rentang level yang akan diukur = 10,3 m

Langkah-langkah untuk menghitung level *transmitter* adalah :

Langkah 1

Menghitung besar *zero elevation* dengan cara mengalikan jarak antara *process connection* dan *transmitter* (-h) dengan *specific gravity fill fluid* (Gs) :

$$\text{Zero elevation} = -h \times G_s = -4,683 \text{ m} \times 1 = -4,683 \text{ mH}_2\text{O}$$

Langkah 2

Menghitung *span* dengan cara mengalikan ketinggian maksimum dari fluida proses (H) dengan *specific gravity* dari proses media yang berada dalam tangki :

$$\text{Span} = H \times G_1 = 10,3 \text{ m} \times 0,82 = 8,446 \text{ mH}_2\text{O}$$

Langkah 3

Menghitung kalibrasi untuk *transmitter*, yaitu hasil pada langkah 1 (*zero elevation*) sebagai *Lower Range Value* (LRV) dan hasil pada langkah 1 ditambah hasil pada langkah 2 (*span*) sebagai *Upper Range Value* (URV).

Kalibrasi = zero elevation sampai (zero elevation + span)
 = -4,683 mH₂O sampai (-4,683 mH₂O+8,446 mH₂O)
 = -4,683 mH₂O sampai 3,763 mH₂O

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan *range transmitter* :

Lower Range Value (LRV) = -4,683 mH₂O

Upper Range Value (URV) = 3,763 mH₂O

Sehingga kalibrasi *output transmitter*, jika *transmitter* diberi tekanan sebesar -4,683 mH₂O maka *output* harus menunjuk 4 mA (0%). Begitu juga apabila *transmitter* diberi tekanan sebesar 3,763 mH₂O maka *output* harus menunjuk pada 20 mA (100%).

4.2 Calibration error

Berdasarkan data perhitungan diatas, dapat dilakukan perhitungan kalibrasi error untuk output dari *transmitter*. Dimana pada keadaan *output minimum* 0% akan menunjukkan *output* 4 mA dan pada keadaan *output maximum* 100% akan menunjukkan *output* 20 mA. Output *differential pressure transmitter* juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Output\ mA = \left(\frac{\sqrt{x\%}}{\sqrt{100\%}} x (out\ max - out\ min) \right) + out\ min \dots\dots\dots 4.1$$

Dengan menggunakan persamaan 4.1 dapat dihitung *output* dari *transmitter* sebagai berikut :

- Pada output 0% (4 mA)

$$\text{Output mA} = \left(\frac{\sqrt{x}\%}{\sqrt{100}\%} x(\text{out max} - \text{out min}) \right) + \text{out min}$$

$$\text{Output mA} = \left(\frac{\sqrt{0}\%}{\sqrt{100}\%} x(20 - 4) \right) + 4$$

$$\text{Output mA} = \left(\frac{0}{10} x(16) \right) + 4$$

$$\text{Output mA} = (0) + 4$$

$$\text{Output mA} = 4 \text{ mA}$$

- Pada output 100% (20 mA)

$$\text{Output mA} = \left(\frac{\sqrt{x}\%}{\sqrt{100}\%} x(\text{out max} - \text{out min}) \right) + \text{out min}$$

$$\text{Output mA} = \left(\frac{\sqrt{100}\%}{\sqrt{100}\%} x(20 - 4) \right) + 4$$

$$\text{Output mA} = \left(\frac{10}{10} x(16) \right) + 4$$

$$\text{Output mA} = (160) + 4$$

$$\text{Output mA} = 20 \text{ mA}$$

Berdasarkan *data sheet type level transmitter Rosemount 3051SAL* didapat data sebagai berikut :

- *Input 0%*; deviation up=4,0015 mA; deviation down=3,9997 mA
- *Input 100%*; deviation up=20,0025 mA; deviation down=19,9995 mA

Calibration error dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Calibration error}\% = \frac{(a-b)}{\text{span}} \times 100 \dots\dots\dots 4.2$$

Dimana :

a = sinyal tes

b = sinyal ideal

span = *output max-output min* (20-4=16)

1. Pada *input 0% (4 mA)*

- *Up test calibration error :*

$$\text{Calibration error}\% = \frac{(a-b)}{\text{span}} \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = \frac{(4,0015-4)}{16} \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = 0,00009375 \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = 0,009375\%$$

- *Down test calibration error :*

$$\text{Calibration error}\% = \frac{(a-b)}{\text{span}} \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = \frac{(3,9997-4)}{16} \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = -0,00001875 \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = -0,001875\%$$

2. Pada input 100% (20 mA)

- *Up test calibration error :*

$$\text{Calibration error}\% = \frac{(a-b)}{\text{span}} \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = \frac{(20,0025-20)}{16} \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = 0,00015625 \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = 0,015625\%$$

- *Down test calibration error :*

$$\text{Calibration error}\% = \frac{(a-b)}{\text{span}} \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = \frac{(19,9995-20)}{16} \times 100$$

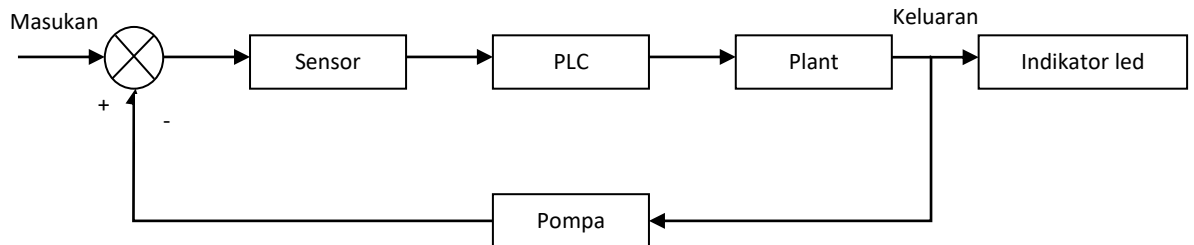
$$\text{Calibration error}\% = -0,00003125 \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = -0,003125\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapat *calibration error* untuk *output 0%* yaitu *up test calibration error* sebesar 0,009375% dan *down test calibration error* sebesar -0,001875%. Untuk *output 100%* yaitu *up test calibration error* sebesar 0,015625% dan *down test calibration error* sebesar -0,003125%.

4.3 Cara Kerja Sistem

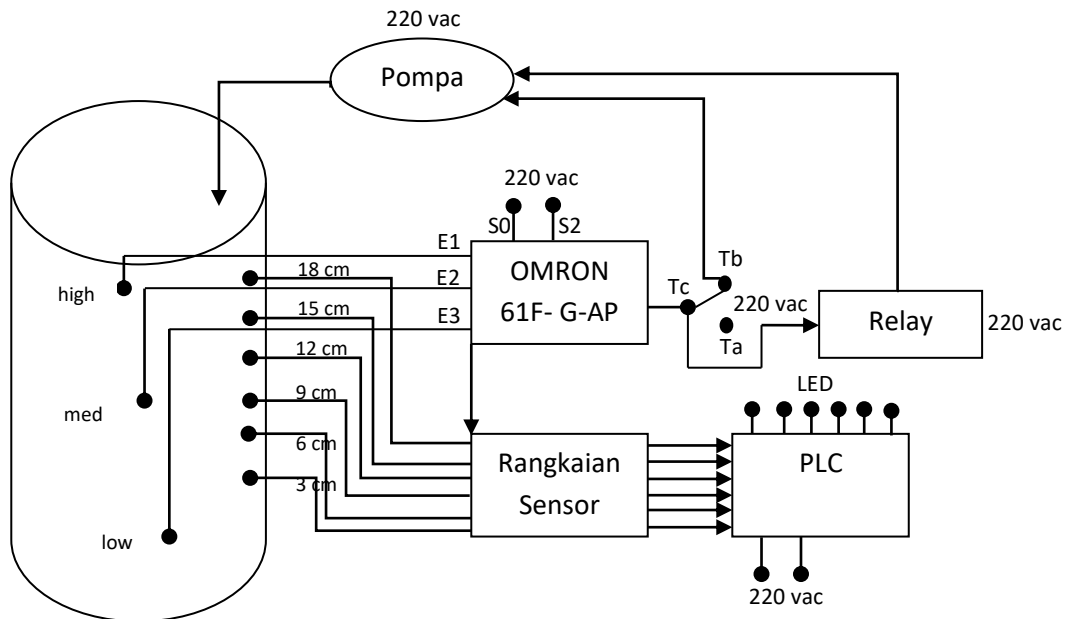
Cara kerja sistem pengukuran level secara singkat dapat ditunjukkan pada diagram blok gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram blok sistem

- Masukan berupa *pressure* cairan dari dalam tangki dan sensor akan merespon besar *pressure*.
- Sensor akan menerima *pressure* dan mengirim sinyal ke PLC sebagai kontrol.
- PLC akan mengolah data *plant* yang telah diterima dari sensor dan akan mengirim data analog ke *touchscreen* untuk menampilkan level cairan dalam tangki.
- Saat cairan dalam tangki habis maka pompa akan menyala untuk memompa cairan ke *plant* dan saat cairan dalam tangki penuh pompa akan otomatis mati.

Untuk lebih mudah memahami prinsip kerja sistem pengukuran level ini, akan di jelaskan berdasarkan gambar konsep skema sistem pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Konsep skema sistem

- Omron 61F-G-AP terhubung dengan 3 buah elektroda yang masuk kedalam ember sebagai indikator kenaikan level cairan. Saat cairan berada di E3 maka pompa akan menyala memompa cairan ke dalam ember. Dan saat cairan sudah mencapai E1 maka kontak NC Tb akan aktif menjadi NO dan memutuskan arus untuk mematikan pompa.
- Rangkaian sensor berfungsi sebagai sensor yang menerima *pressure* dari cairan. Saat *pressure* bekerja ke sensor maka sensor akan mengirim sinyal berupa tegangan 0-10 volt ke *input* PLC.
- Pada PLC akan bekerja mengola data sinyal dari sensor untuk di *scalling* dan keluarannya akan ditampilkan dalam bentuk led sebagai indikator kenaikan level cairan dalam ember yang sesuai dengan *pressure* cairan.

4.4 Pengujian dan Analisa Sistem

Tujuan pengujian sistem ini adalah untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini meliputi pengujian setiap titik sensor level dan juga pengujian kerja sensor omron 61F-G-AP. Sistem akan menampilkan data level dalam bentuk keluaran ke lampu led sebagai indikator kenaikan level tiap titik. Dapat dilihat berikut indikator level berupa lampu LED pada gambar 4.3.



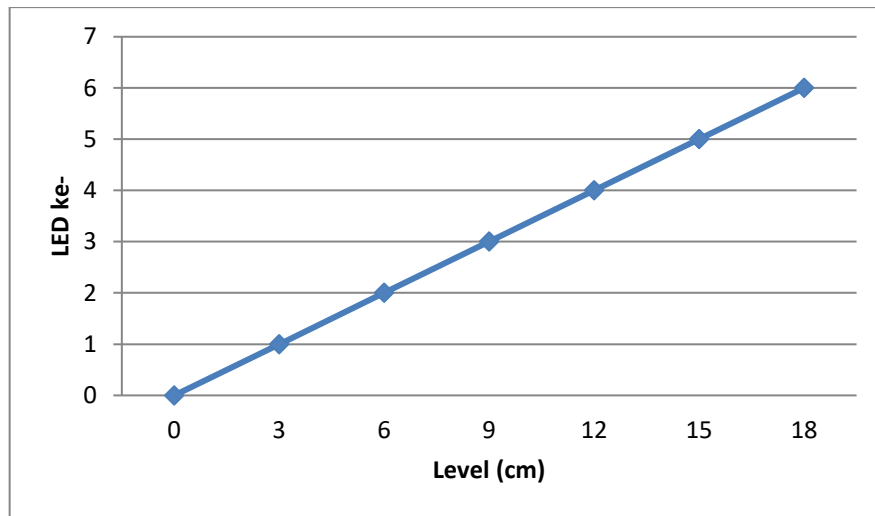
Gambar 4.3 Indaktor level berupa Lampu LED

Berikut dapat dilihat data hasil pengujian pengukuran level dengan omron 61F-G-AP pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengujian

Tegangan (volt)	LED	Level
0	Ke- 0	0 cm
3	Ke- 1	3 cm
3	Ke- 2	6 cm
3	Ke- 3	9 cm
3	Ke- 4	12 cm
3	Ke- 5	15 cm
3	Ke- 6	18 cm

Hubungan antara level dengan LED juga dapat dibuat dalam grafik seperti gambar 4.3 berikut :



Gambar 4.4 Grafik hubungan level dengan LED

Dari tabel 4.1 dan gambar 4.4, terlihat bahwa level berbanding lurus dengan LED, sehingga setiap kenaikan LED yang menyala akan diketahui level cairan yang ada di dalam ember.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Setelah dilakukan perhitungan secara akurat sesuai dengan data enjinering yang didapat, *range cell transmitter* yang digunakan dengan metode *wet outside leg* yaitu LRV sebesar -4,683 mH₂O dan URV sebesar 3,763 mH₂O. Untuk *output 0%* yaitu *up test calibration error* sebesar 0,009375% dan *down test calibration error* sebesar -0,001875%. Untuk *output 100%* yaitu *up test calibration error* sebesar 0,015625% dan *down test calibration error* sebesar -0,003125%.
2. *Level transmitter* yang dapat digunakan yaitu *Rosemount 3051SAL Transmitter* dengan *coplanar gage* -250 to 250 InH₂O, dan *temperature limit* -49 to 401 °F (-45 to 205 °C).
3. Sensor akan merasakan *pressure* dari cairan yang kemudian akan mengirim sinyal berupa tegangan 3 volt ke PLC. Sinyal yang diterima PLC akan discalling menjadi data analog yang dapat ditampilkan berupa indikator led.
4. Setiap kenaikan *pressure* yang dirasakan sensor maka level cairan yang tampil dalam bentuk led juga mengalami kenaikan. Hal ini terjadi karena besar nilai *pressure* sebanding dengan kenaikan level cairan tersebut.

5.2. Saran

Untuk pengembangan sistem lebih lanjut ke depan, hal-hal yang bisa dilakukan adalah dengan menambahkan beberapa fungsi lain, seperti kontrol hidup dan mati pompa transfer dan penggunaan level *transmitter* sesuai dengan *range* yang telah dihitung dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- G. Liptak, Bela. 1963. "*Process Measurement and Analysis*". Pennsylvania : *Chilton Book Company*.
- Dwi Heri Sudaryanto.2013."Penentuan Range Differential Pressure Transmitter menggunakan metode dry outside leg dan wet outside leg". *Jurnal Forum Teknologi*, vol.03 no.1.
- Sutrisno.2008."Penyegaran Sertifikasi Migas Operasi Produksi (OPLP)-Tangki Minyak Mentah".Tim Instruktur Intam Widya Karya.
- Saputra I, Hakim L, dan Ratna S. Sri.2013."Perancangan *Water Level Control Menggunakan PLC Omron Sysmac C200H Yang Dilengkapi Software SCADA Wonderware Intouch 10.5*". *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, Vol. 7, No. 1.
- Riska Utami, Totok Soehartanto.2013."PERANCANGAN SISTEM KOREKSI *LEVEL TRANSMITTER PADA SISTEM PENGENDALIAN LEVEL SODA WATER DI NET GAS WASH COLUMN C-5-05, PT PERTAMINA (PERSERO) RU V*". *Jurnal ITS Paper*.
- Greene, G.1967. "Measure and Sell Gas by the Pound".*Pipeline Industry*.
- Hubbard, A.B. 1963. "Density Measurement and Its Application to Orifice Metering".23rd Annual Appalachian Gas Measurement Short Course.
- Magaris, P. 1981. "*On-line Density Measurement Is Fast And Accurate.*" *Control Engineering*.
- November, M.H. 1975. "*Measuring Fluid Density and Specivic Weight.*" *Instrumentation Insight*. ITT Barton.
- Moran, M.J., dkk. 2003. "Introduction to Thermal System Engineering". Jons Wilwy dan Sons,Inc.

ANALISA PERHITUNGAN RANGE DIFFERENTIAL PRESSURE CELL TRANSMITTER UNTUK PENGUKURAN LEVEL TANGKI MINYAK DENGAN METODE WET OUTSIDE LEG

Hendro Kurniadi¹, Noorly Evalina, S.T., M.T.², M. Syafiril, S.T., M.T.³
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3, Medan 20238
hendrokurniadi@gmail.com
teknik@umsu.ac.id

Abstrak— Pengukuran level merupakan hal yang penting dalam kegiatan industri. Pengukuran level tangki produksi di PT Pertamina EP Field Rantau dilakukan oleh operator dengan cara manual menggunakan meteran bandul dan stik dengan pasta. Penelitian dengan judul “Analisa Perhitungan Range Differential Pressure Cell Transmitter Untuk Pengukuran Level Tangki Minyak Dengan Metode Wet Outside Leg” memiliki rumusan masalah bagaimana menganalisa range differential pressure cell transmitter agar didapat hasil yang akurat dan juga mengintegrasikannya dengan sistem PLC. Penelitian ini menggunakan sistem differential pressure yaitu tekanan hidrostatik yang dihasilkan oleh cairan. Adapun sumber data yang digunakan adalah data observasi riset yang didapat dari PT Pertamina EP Field Rantau. Data akan dianalisa dengan metode wet outside leg. Landasan teori yang digunakan adalah teori tekanan hidrostatik. Berdasarkan analisa data yang dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa range untuk transmitter adalah -4,683 mH₂O untuk LRV dan 3,763 untuk URV. Range ini yang akan menjadi input dari level transmitter. Level transmitter akan membaca pressure dari cairan dan output dari transmitter berupa tegangan 0-10 volt atau 4-20 mA yang akan menjadi input PLC.

Kata kunci: Pengukuran level, Transmitter, Level, Wet outside leg

Abstract— Level measurement is important in industrial activities. Measurement of tank production level at PT Pertamina EP Field Rantau is done by operator by manual using meter pendulum and stick with pasta. The research titled "Analyze of Range Differential Pressure Cell Transmitter for Measuring Oil Tank Level with Wet Outside Leg Method" has problem formulation how to analyze range differential pressure cell transmitter to get accurate result and also integrate with PLC system. This study uses a differential pressure system that is hydrostatic pressure generated by the liquid. The data source used is research observation data obtained from PT Pertamina EP Field Rantau. Data will be analyzed by wet outside leg method. The theoretical basis used is the theory of hydrostatic pressure. Based on data analysis, it can be concluded that the range for transmitter is -4,683 mH₂O for LRV and 3,763 for URV. This range will be the input of the transmitter level. The transmitter level reads the pressure from the liquid and the output of the transmitter is a voltage of 0-10 volts or 4-20 mA which will be the PLC input.

Keywords: Level measurement, Transmitter, Level, Wet outside leg

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tangki merupakan suatu peralatan diberbagai industri yang berfungsi sebagai wadah tempat menyimpan (menimbun) air dan minyak yang terbuat dari logam. Tangki dapat digunakan untuk penyimpanan pada tekanan rendah (< 15 psi – API 620) maupun tekanan atmosfer.

Fluida merupakan senyawa hidrokarbon yang terdapat di patahan lempeng bumi (basin) dan mengalir di lapisan *reservoir rock*. Fluida terpisah dalam tiga fase yaitu air, minyak mentah, dan gas. Sumur produksi merupakan sumur yang mampu menghasilkan minyak dan gas bumi serta memiliki tekanan dari *reservoir* ke permukaan. Sumur yang memiliki tekanan *reservoir* cukup besar akan mampu mendorong fluida ke permukaan disebut sembur alam (*natural flow*). Sembur buatan dilakukan apabila

sumur sembur alam telah menurun tingkat tekanan *reservoirnya* sehingga tidak akan mampu mendorong fluida ke permukaan. Sembur buatan dilakukan dengan cara memasang *artificial lifting* di sumur yang tekanan *reservoirnya* turun. *Artificial lifting* bermacam-macam antara lain : *gas lift*, *Electric Submersible Pump* (ESP), dan *Sucker Rod Pump* (SRP).

Fluida dari sumur-sumur produksi akan mengalir ke Stasiun Pengumpul (SP). Di stasiun pengumpul, fluida akan masuk ke *header manifold* lalu mengalir ke separator tes dan separator gabungan. Di dalam separator terjadi proses pemisahan antara cairan dan gas (separator dua fase). Cairan terbagi dua yaitu air dan minyak mentah, cairan ini akan mengalir ke tangki produksi sedangkan gas akan mengalir ke *scrubber*. *Scrubber* berfungsi untuk menghilangkan cairan yang masih terdapat dalam gas, kemudian gas yang sudah bersih masuk ke *engine*

compressor untuk dikirim ke *High Pressure Control Station* (HPCS). Operator SP harus mengecek level ketinggian cairan pada tangki secara kontinu sampai tangki terisi penuh, kemudian akan dikirim dengan pompa ke Pusat Pengumpul Produksi (PPP). Pengukuran level cairan ini masih dilakukan secara manual, yaitu dengan menggunakan meteran bandul dan stik dengan pasta. Operator harus naik ke atas tangki, lalu stik yang telah dilumuri dengan pasta dicelupkan ke dalam tangki. Menurut penulis hal ini kurang efisien, karena memerlukan waktu yang lama dan berisiko bahaya bagi operator .

Pengukuran level merupakan salah satu variabel proses yang hampir ada dalam setiap kegiatan proses industri terutama dalam kegiatan industri perminyakan, dimana cara pengukurannya tergantung dari instalasi sistem. Sistem instrumen mempunyai peran sangat penting dalam kegiatan industri. Sistem instrumen berperan sebagai pengukur, pengontrol, dan pencegah suatu bahaya atau kesalahan yang ditimbulkan dari suatu kegiatan. Salah satu sistem instrumen pengukuran level adalah *differential pressure transmitter*. *Differential pressure transmitter* menggunakan tekanan hidrostatik dari cairan dalam tangki sebagai parameter untuk pengukuran level. Tekanan hidrostatik ini akan dihitung sebagai input untuk menentukan *range transmitter*. Cara pemasangan *transmitter* yang digunakan 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 sehingga secara sistem akan mengganggu jalannya pengendalian dari level tersebut. Pengukuran level pada tangki tertutup dapat menggunakan dua metode yaitu, *dry outside leg* dan *wet outside leg*, dimana masing-masing metode menunjukkan daerah ukur (*range*) dari level yang akan diukur. Pada metode *dry outside leg*, sisi *sensing line low pressure level transmitter* akan dibiarkan kering, sedangkan pada metode *wet outside leg* sisi *sensing line low pressure level transmitter* akan diisi dengan cairan yang massa jenisnya sudah diketahui.

Berdasarkan permasalahan di atas, muncul gagasan untuk menganalisa perhitungan *range cell transmitter* untuk pengukuran level tangki minyak sesuai dengan data enjineri yang ada dengan metode *wet outside leg*. *Range* yang telah didapatkan akan menjadi input dari *transmitter*, kemudian *output* dari *transmitter* akan dihubungkan dengan sistem *Programmable Logic Controller* (PLC) yang akan memberi informasi level minyak dalam tangki kepada operator.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

5. Bagaimana menganalisa *range cell transmitter* dalam pengukuran level tangki minyak dengan metode *wet outside leg*.
6. Bagaimana jenis level transmitter yang dapat digunakan?
7. Bagaimana cara menghubungkan dan membaca *output* dari *transmitter* ke sistem PLC.
8. Bagaimana hasil dari prototipe sistem pengukuran level tersebut.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

5. Untuk menganalisa *range cell transmitter* pengukuran level tangki minyak dengan metode *wet outside leg*.
6. Untuk mendapatkan jenis level transmitter yang tepat digunakan dalam pengukuran level sesuai dengan analisa data dan data riset.
7. Untuk mengetahui cara menghubungkan dan membaca *output* dari *transmitter* ke sistem PLC.
8. Untuk menjalankan prototipe tersebut untuk memberi informasi level cairan.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

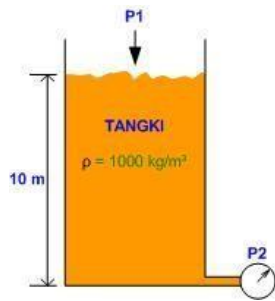
6. Penulis membatasi penulisan tugas akhir yaitu hanya untuk mendapatkan *range* yang akan digunakan pada *level transmitter*.
7. Sistem pengukuran level yang digunakan yaitu *differential pressure transmitter*.
8. Metode yang digunakan dalam analisa yaitu *wet outside leg*.
9. Cairan yang digunakan dalam simulasi sistem adalah air.
10. Sensor yang digunakan yaitu omron 61F-AG dan rangkaian sensor TTL.

STUDI PUSTAKA

2.1. Dasar teori

Transmitter merupakan *secondary element* dari suatu *loop* pengendalian yang berfungsi mengubah besaran fisis yang dihasilkan oleh *sensing element* (sensor) ke dalam suatu sinyal *standard* dan kemudian ditransmisikan ke instrument lain (*controller/recorder*) yang besarnya sinyal *standart* tersebut sebanding dengan besarnya besaran fisis yang diterima oleh sensor. Sinyal pengukuran

variabel proses (*pressure, flow, level, temperature*, dll.) secara langsung akan menghasilkan *output* sebanding dengan hasil pengukurannya, atau mempunyai hubungan matematis dengan *output transmitter*. Salah satu parameter yang diukur hampir di setiap proses industri adalah level. Salah satu metode pengukuran level adalah menggunakan metode tekanan hidrostatik. Setiap zat cair yang menempati sebuah bejana/*vessel*/tangki, akan memiliki tekanan hidrostatik yang besarnya sebanding dengan level zat cair tersebut, dengan asumsi massa jenisnya tetap.



Gambar 2.1 Tekanan hidrostatik

(Dwi Heri Sudaryanto, 2013)

Gambar 2.1 adalah sebuah tangki terbuka (permukaannya terhubung ke atmosfer), dimana akan bekerja tekanan P1 sebesar tekanan atmosfer, yang kemudian diabaikan karena akan mengukur tekanan *gauge*. Tekanan hidrostatik P2 yang dihasilkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P = \rho \times g \times h \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

ρ = masa jenis air, kg/m³

g = gaya gravitasi bumi, m/s²

h = ketinggian air dasar tangki ,m

Bila zat cairnya adalah air, dengan masa jenis $\rho = 1000$ kg/m³. Dengan ketinggian permukaan dari dasar tangki tempat pengukuran tekanan adalah 10 meter. Maka tekanan P2 yang bekerja pada *pressure gauge* dapat dihitung berdasarkan persamaan (2.1) :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

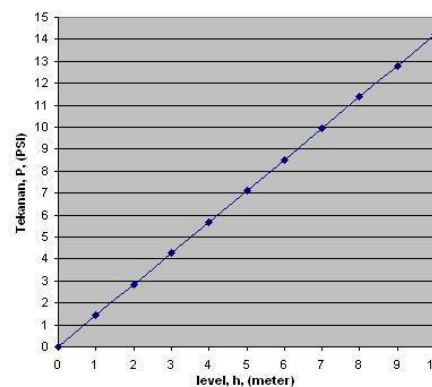
Sehingga pada setiap kenaikan level, maka akan dihasilkan tekanan hidrostatik yang sebanding dengan kenaikan tersebut. Seperti diperlihatkan pada tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Hasil perhitungan

(Dwi Heri Sudaryanto, 2013)

ρ (kg/m ³)	g (m/s ²)	h (m)	P (KiloPascal)	P (PSI)	P (kg/cm ²)
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 seperti pada gambar 2.2 :



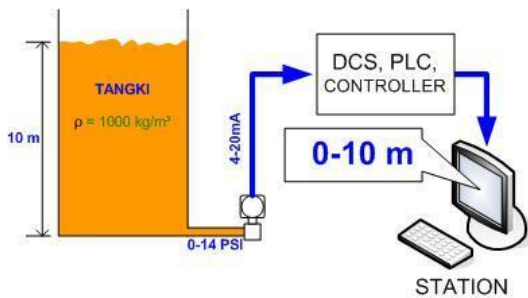
Gambar 2.2 Grafik hubungan level dengan *pressure*

(Dwi Heri Sudaryanto, 2013)

Dari tabel 2.1 dan gambar 2.2, terlihat bahwa level (h) berbanding lurus dengan *pressure* (P), sehingga dengan mengukur *pressure* pada titik dasar tangki, dapat

diketahui level dari fluida cair yang ada di dalam tangki. Misalnya hasil pengukuran *pressure* pada dasar tangki adalah 4,2641 PSI, maka dengan membalikkan perhitungan di atas, dapat diketahui level sebesar 3 meter. Atas dasar tekanan hidrostatik tersebut, maka digunakan sebagai dasar prinsip kerja *differential pressure cell level transmitter*.

Pressure gauge yang terpasang di dasar tangki, dapat diganti dengan menggunakan sebuah *pressure transmitter* yang dikalibrasi dengan rentang ukur (*range*) input 0-14 PSI dan output 4-20 mA. Dapat terlihat pada gambar 2.3 representasi parameter (sinyal).



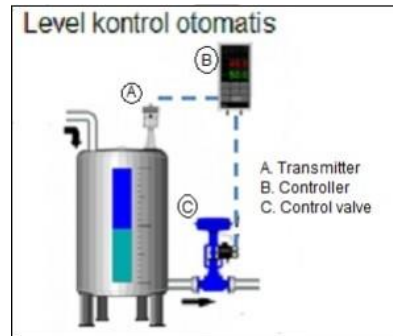
Gambar 2.3 Representasi parameter (sinyal)

(Dwi Heri Sudaryanto, 2013)

Sinyal 4-20 mA yang merepresentasikan sinyal input dari *pressure transmitter*, diteruskan ke receiver berupa PLC sebagai *controller* yang terhubung dengan *station* yang berfungsi sebagai *Human Machine Interface* (HMI). Pada PLC, sinyal 4-20 mA tersebut di-*scaling* menjadi bentuk *engineering unit* (meter) sehingga dengan variasi 0-10 meter level pada tangki, bisa ditampilkan 0-10 meter pada HMI.

2.2. Pengertian Transmitter

Transmitter adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menyampaikan kondisi besaran proses suatu *plant*, sehingga keadaan pada *plant* tersebut dapat dilihat, diawasi, dan dikendalikan dari suatu tempat. *Transmitter* mempunyai banyak jenis, salah satu jenis *transmitter* adalah *pressure transmitter* (PT). *Pressure transmitter* berfungsi untuk mengawasi besaran proses berdasarkan *pressure* atau tekanan. *Pressure transmitter* dapat mengukur ketinggian permukaan cairan dalam tangki dengan alat ukur *level transmitter* (LT) seperti terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Contoh penggunaan level transmitter

(www.jasaservis.net)

2.3. Differential pressure transmitter untuk pengukuran level tangki

Differential pressure (DP) merupakan perbedaan antara tekanan tinggi (*high pressure*) dan tekanan rendah (*low pressure*). *Differential pressure transmitter* berfungsi sebagai metode untuk mengukur level cairan yang ada di dalam tangki dengan memanfaatkan tekanan hidrostatik cairan yang masuk ke input *high pressure* dan *low pressure* pada level transmitter. Metode pengukuran tersebut akan mengkonversi besaran tekanan (*head pressure*) ke besaran ketinggian (*distance*). Tekanan cairan di dalam tangki berbanding lurus dengan ketinggian cairan tersebut. Satuan unit yang digunakan dalam pengukuran besaran level adalah persentase. Persentase merupakan perbandingan antara bagian tangki yang berisi cairan dengan tinggi tangki keseluruhan dalam *range* 0-100%. *Range* tersebut dapat dirubah dalam unit tekanan seperti *pascal*, *mBar*, *psi*, *mmH₂O*, dan lain-lain.

Pengukuran level dengan metode *differential pressure* menggunakan prinsip tekanan hidrostatik. Tekanan hidrostatik adalah tekanan dari cairan berdasarkan pada berat jenis cairan tersebut dan ketinggian cairan di atas *point* pengukuran. Hal ini dapat digambarkan dengan persamaan :

$$P = \rho \times g \times h \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

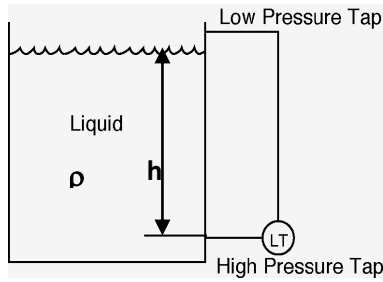
P = Tekanan Hidrostatik

ρ = Density Cairan

g = Konstanta percepatan gravitasi

h = Ketinggian cairan diatas point pengukuran

Transmitter tekanan *differential* dapat dipasang pada dua situasi, yaitu pada sistem tangki terbuka atau sistem tangki tertutup. Pada sistem tangki terbuka, untuk *tapping* tekanan tinggi dari transmitter dipasang pada *point* level nol dan *tapping* tekanan rendah terbuka ke atmosfer, seperti pada gambar 2.5.

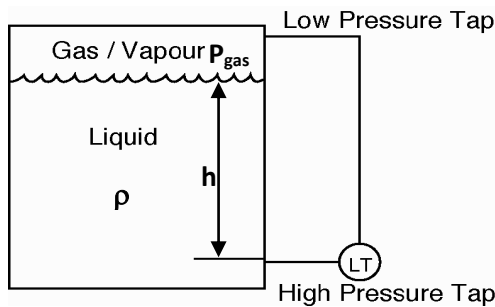


Gambar 2.5 Instalasi transmitter differential pressure untuk tangki terbuka (pusdiklatmigas.esdm.go.id)

Tekanan differential sama dengan tekanan pada tapping tekanan yang tinggi, yaitu dapat dilihat pada persamaan berikut :

Tekanan Differential (d/p)
 = Tekanan Tinggi – Tekanan Rendah
 = $(\rho \times g \times h + P_{atm}) - P_{atm}$
 = $\rho \times g \times h$ (2.3)

Pada sistem tangki tertutup, tapping tekanan tinggi dari transmitter disambungkan point level nol dan tapping tekanan rendah dipasangkan diatas level cairan yang paling tinggi. Tekanan pada tangki tertutup ini menekan ke bawah cairan yang menambah tekanan total hidrostatik pada point level nol. Oleh karena itu, tekanan ini dikurangi dari nilai tapping tekanan rendahnya. Instalasi transmitter d/p pada bejana tertutup dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Instalasi transmitter differential pressure untuk tangki tertutup (pusdiklatmigas.esdm.go.id)

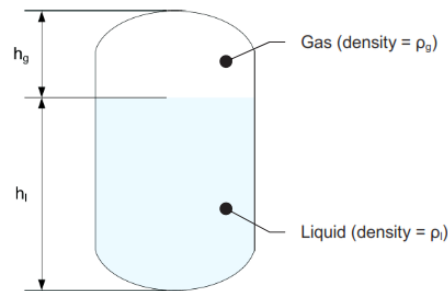
Sehingga dapat dihitung dengan persamaan berikut :

Tekanan Differential (d/p)
 = Tekanan Tinggi – Tekanan Rendah
 = $(\rho \times g \times h + P_{gas}) - P_{gas}$
 = $\rho \times g \times h$ (2.4)

2.4. Pengukuran level pada tangki tertutup dengan metode wet outside leg

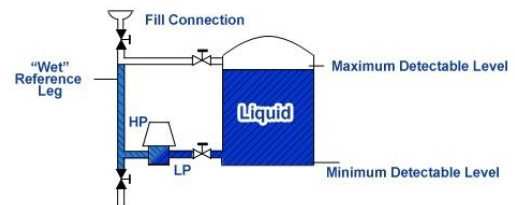
Pada tangki tertutup, dapat dilakukan pengukuran level dengan menggunakan differential pressure

transmitter. Namun, harus diperhatikan tekanan dari dalam tangki. Tekanan yang bekerja pada bagian bawah tangki tertutup merupakan tekanan hidrostatik. Tekanan tersebut merupakan tekanan dari cairan yang ada dalam tangki. Dapat terlihat pada gambar 2. Tekanan pada bagian bawah tangki tertutup.



Gambar 2.7 Tekanan pada bagian bawah tangki tertutup (www.labvolt.com)

Dalam situasi di mana uap cairan atau gas cenderung mengembun pada suhu kerja atau terjadi korosif dan tidak stabil, kaki referensi tidak dapat dijaga tetap kering. Kemudian harus diisi dengan cairan untuk menghasilkan rujukan kaki yang basah. Untuk kaki referensi basah, selalu disarankan agar cairan pengisi yang dipilih harus memiliki tingkat ekspansi termal yang rendah. Pada metode wet outside leg, sisi sensing line low pressure level transmitter akan diisi dengan cairan yang massa jenisnya sudah diketahui dan sisi high pressure akan di hubungkan di bagian tangki. Sistem wet outside leg atau kaki referensi basah dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Closed Tank Wet Reference Leg (jasaservis.net)

METODE

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Adapun penelitian ini dilaksanakan di PT Pertamina EP Field Rantau, Kuala Simpang, Aceh Tamiang. Penelitian dimulai dari bulan juni dan selesai pada bulan September 2017.

3.2 Data Penelitian

Proses pengambilan data dilakukan dengan cara observasi, wawancara, dan juga melihat data literature yang nantinya digunakan untuk proses analisa dan perhitungan lebih lanjut. Setelah dilakukan survei lapangan di SP V mengenai spesifikasi tangki dan data fluida, adapun data-data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

3.2.1 Data Fluida

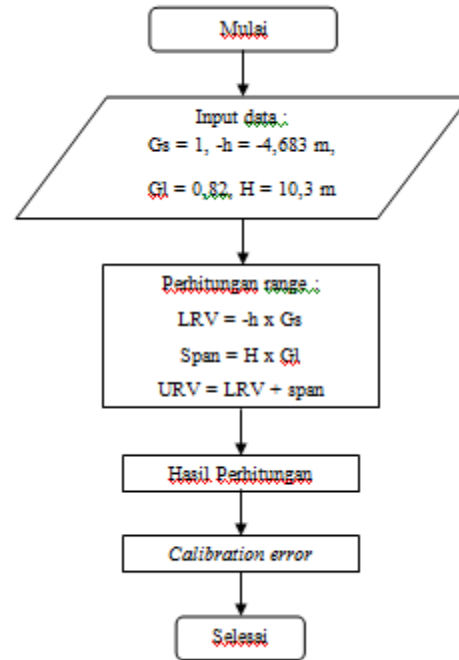
Fluida kerja	: Crude oil (minyak mentah)
Temperatur kerja	: 130°F (54,4°C)
API gravity (SG)	: 0,82
Density crude oil (ρ)	: 808,7168 kg/m ³
Viscositas absolute (μ)	: 2Cp (2×10^{-3} N.s/m ²)
Viscositas kinematik (ν)	: 2,47 x 10 ⁻⁶ m ² /s
Vapor pressure (P_v)	: 103 kPa

3.2.2 Data Tangki

Tinggi tangki	: 10,3 m
Diameter tangki	: 24,8 m
Tinggi minimum volume crude oil	: 4,683 m
Panjang pipa section A-B	: 89,61 m
Diameter pipa section A-B	: 12 inch
Panjang pipa section B-C	: 3,65 m
Diameter pipa section B-C	: 8 inch

3.3 Flowchart Analisa Data Range Differential Pressure Transmitter

Adapun proses berlangsungnya analisa perhitungan range differential pressure transmitter akan dijelaskan dalam flowchart berikut ini :



Gambar 3.1 Flowchart analisa range differential pressure transmitter

Dimana :

Gs = specific gravity fill fluid

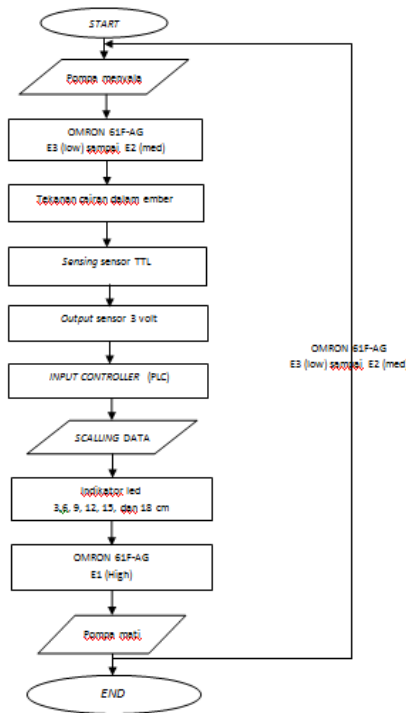
-h = jarak antara proses tapping point dengan transmitter

Gf = specific gravity fluida di dalam tangki

H = rentang level yang akan diukur

3.4 Flowchart Cara Kerja Prototipe

Adapun proses cara kerja sistem pengukuran level dapat dilihat pada flowchart berikut ini :

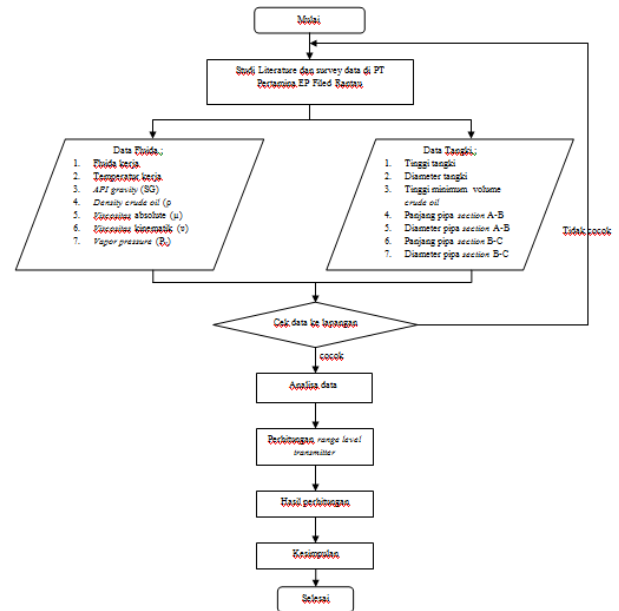


Gambar 3.2 Flowchart cara kerja prototipe

Dari flowchart diatas dapat dijelaskan cara kerja prorotipe yaitu dimulai dengan pompa menyala mengisi ember penampung dengan cairan. OMRON 61F-AG mempunyai 3 buah keluaran elektroda sebagai kontrol pompa. Ketika cairan masih berada pada level E3 (*low*) dan E2 (*med*) pompa masih akan menyala. Rangkaian sensor TTL akan mendeteksi dan merasakan tekanan dari cairan yang ada di dalam ember yang telah diatur pada level 3, 6, 9, 12, 15, dan 18 cm. Keluaran dari sensor berupa tegangan 3 volt yang akan menjadi input dari PLC. Tegangan tersebut akan di olah PLC menjadi keluaran yang akan ditampilkan dalam bentuk indikator lampu led. Saat cairan menyentuh elektroda E1 (*high*) OMRON 61F-AG maka pompa akan mati, ketika cairan turun sampai E2 dan E3 maka pompa akan otomatis menyala kembali dan selesai.

3.5 Flowchart Penelitian

Adapun proses berlangsungnya pelaksanaan penelitian ini akan dijelaskan dalam bentuk flowchart berikut ini :



Gambar 3.12 Flowchart penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Range Differential Pressure Cell Level Transmitter

Sebelum sensor digunakan harus terlebih dahulu menentukan *range* yang tepat agar hasil pengukuran akurat. Sesuai dengan data yang telah didapat, perhitungan *range* dengan menggunakan metode *wet outside leg* dapat dilakukan sebagai berikut :

$$G_s = \text{specific gravity fill fluid} = 1$$

$$-h = \text{jarak antara proses tapping point dengan transmitter} = -4,683 \text{ m}$$

$$G_l = \text{specific gravity fluida di dalam tangki} = 0,82$$

$$H = \text{rentang level yang akan diukur} = 10,3 \text{ m}$$

Langkah-langkah untuk menghitung level transmitter adalah :

Langkah 1

Menghitung besar *zero elevation* dengan cara mengalikan jarak antara *process connection* dan *transmitter* (-h) dengan *specific gravity fill fluid* (G_s) :

$$\text{Zero elevation} = -h \times G_s = -4,683 \text{ m} \times 1 = -4,683 \text{ mH}_2\text{O}$$

Langkah 2

Menghitung *span* dengan cara mengalikan ketinggian maksimum dari fluida proses (H) dengan *specific gravity* dari proses media yang berada dalam tangki :

$$\text{Span} = H \times G1 = 10,3 \text{ m} \times 0,82 = 8,446 \text{ mH}_2\text{O}$$

Langkah 3

Menghitung kalibrasi untuk *transmitter*, yaitu hasil pada langkah 1 (*zero elevation*) sebagai *Lower Range Value* (LRV) dan hasil pada langkah 1 ditambah hasil pada langkah 2 (*span*) sebagai *Upper Range Value* (URV).

$$\begin{aligned} \text{Kalibrasi} &= \text{zero elevation sampai (zero elevation} \\ &\quad + \text{span)} \\ &= -4,683 \text{ mH}_2\text{O sampai } (-4,683 \\ &\quad \text{mH}_2\text{O} + 8,446 \text{ mH}_2\text{O)} \\ &= -4,683 \text{ mH}_2\text{O sampai } 3,763 \text{ mH}_2\text{O} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan *range transmitter*:

$$\text{Lower Range Value (LRV)} = -4,683 \text{ mH}_2\text{O}$$

$$\text{Upper Range Value (URV)} = 3,763 \text{ mH}_2\text{O}$$

Sehingga kalibrasi *output transmitter*, jika *transmitter* diberi tekanan sebesar -4,683 mH₂O maka *output* harus menunjuk 4 mA (0%). Begitu juga apabila *transmitter* diberi tekanan sebesar 3,763 mH₂O maka *output* harus menunjuk pada 20 mA (100%).

4.2 Calibration error

Berdasarkan data perhitungan diatas, dapat dilakukan perhitungan kalibrasi error untuk output dari *transmitter*. Dimana pada keadaan *output minimum* 0% akan menunjukkan *output* 4 mA dan pada keadaan *output maximum* 100% akan menunjukkan *output* 20 mA. Output *differential pressure transmitter* juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Output mA} = \left(\frac{\sqrt{x}\%}{\sqrt{100}\%} x (\text{out max} - \text{out min}) \right) + \text{out min} \dots\dots\dots 4.1$$

Dengan menggunakan persamaan 4.1 dapat dihitung *output* dari *transmitter* sebagai berikut :

- Pada output 0% (4 mA)

$$\text{Output mA} = \left(\frac{\sqrt{x}\%}{\sqrt{100}\%} x (\text{out max} - \text{out min}) \right) + \text{out min}$$

$$\text{Output mA} = \left(\frac{\sqrt{0}\%}{\sqrt{100}\%} x (20 - 4) \right) + 4$$

$$\text{Output mA} = \left(\frac{0}{10} x (16) \right) + 4$$

$$\text{Output mA} = (0) + 4$$

$$\text{Output mA} = 4 \text{ mA}$$

- Pada output 100% (20 mA)

$$\text{Output mA} = \left(\frac{\sqrt{x}\%}{\sqrt{100}\%} x (\text{out max} - \text{out min}) \right) + \text{out min}$$

$$\text{Output mA} = \left(\frac{\sqrt{100}\%}{\sqrt{100}\%} x (20 - 4) \right) + 4$$

$$\text{Output mA} = \left(\frac{10}{10} x (16) \right) + 4$$

$$\text{Output mA} = (160) + 4$$

$$\text{Output mA} = 20 \text{ mA}$$

Berdasarkan *data sheet type level transmitter Rosemount 3051SAL* didapat data sebagai berikut :

- *Input* 0%; *deviation up*=4,0015 mA; *deviation down*=3,9997 mA
- *Input* 100%; *deviation up*=20,0025 mA; *deviation down*=19,9995 mA

Calibration error dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Calibration error}\% = \frac{(a-b)}{\text{span}} x 100 \dots\dots\dots 4.2$$

Dimana :

a = sinyal tes

b = sinyal ideal

span = *output max-output min* (20-4=16)

3. Pada input 0% (4 mA)

- Up test calibration error :

$$\text{Calibration error}\% = \frac{(a-b)}{\text{span}} \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = \frac{(4,0015-4)}{16} \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = 0,00009375 \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = 0,009375\%$$

- Down test calibration error :

$$\text{Calibration error}\% = \frac{(a-b)}{\text{span}} \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = \frac{(3,9997-4)}{16} \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = -0,00001875 \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = -0,001875\%$$

4. Pada input 100% (20 mA)

- Up test calibration error :

$$\text{Calibration error}\% = \frac{(a-b)}{\text{span}} \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = \frac{(20,0025-20)}{16} \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = 0,00015625 \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = 0,015625\%$$

- Down test calibration error :

$$\text{Calibration error}\% = \frac{(a-b)}{\text{span}} \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = \frac{(19,9995-20)}{16} \times 100$$

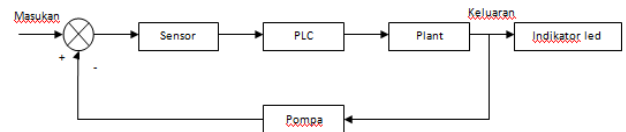
$$\text{Calibration error}\% = -0,00003125 \times 100$$

$$\text{Calibration error}\% = -0,003125\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapat calibration error untuk output 0% yaitu up test calibration error sebesar 0,009375% dan down test calibration error sebesar -0,001875%. Untuk output 100% yaitu up test calibration error sebesar 0,015625% dan down test calibration error sebesar -0,003125%.

4.3 Cara Kerja Sistem

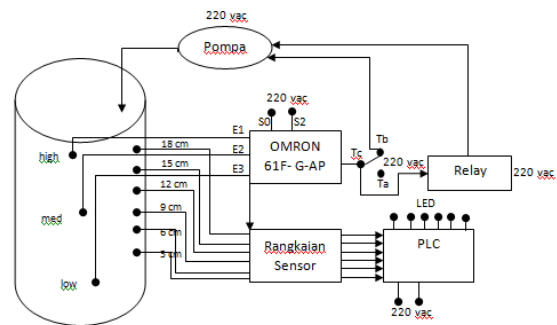
Cara kerja sistem pengukuran level secara singkat dapat ditunjukkan pada diagram blok gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram blok sistem

- Masukan berupa *pressure* cairan dari dalam tangki dan sensor akan merespon besar *pressure*.
- Sensor akan menerima *pressure* dan mengirim sinyal ke PLC sebagai kontrol.
- PLC akan mengolah data *plant* yang telah diterima dari sensor dan akan mengirim data analog ke *touchscreen* untuk menampilkan level cairan dalam tangki.
- Saat cairan dalam tangki habis maka pompa akan menyala untuk memompa cairan ke *plant* dan saat cairan dalam tangki penuh pompa akan otomatis mati.

Untuk lebih mudah memahami prinsip kerja sistem pengukuran level ini, akan di jelaskan berdasarkan gambar konsep skema sistem pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Konsep skema sistem

- Omron 61F-G-AP terhubung dengan 3 buah elektroda yang masuk kedalam ember sebagai indikator kenaikan level cairan. Saat cairan berada di E3 maka pompa akan menyala memompa cairan ke dalam ember. Dan saat cairan sudah mencapai E1 maka kontak NC Tb akan aktif menjadi NO dan memutuskan arus untuk mematikan pompa.
- Rangkaian sensor berfungsi sebagai sensor yang menerima *pressure* dari cairan. Saat *pressure* bekerja ke sensor maka sensor akan mengirim sinyal berupa tegangan 0-10 volt ke *input* PLC.

- Pada PLC akan bekerja mengolah data sinyal dari sensor untuk di *scalling* dan keluarannya akan ditampilkan dalam bentuk led sebagai indikator kenaikan level cairan dalam ember yang sesuai dengan *pressure* cairan.

4.4 Pengujian dan Analisa Sistem

Tujuan pengujian sistem ini adalah untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini meliputi pengujian setiap titik sensor level dan juga pengujian kerja sensor omron 61F-G-AP. Sistem akan menampilkan data level dalam bentuk keluaran ke lampu led sebagai indikator kenaikan level tiap titik. Dapat dilihat berikut indikator level berupa lampu LED pada gambar 4.3.



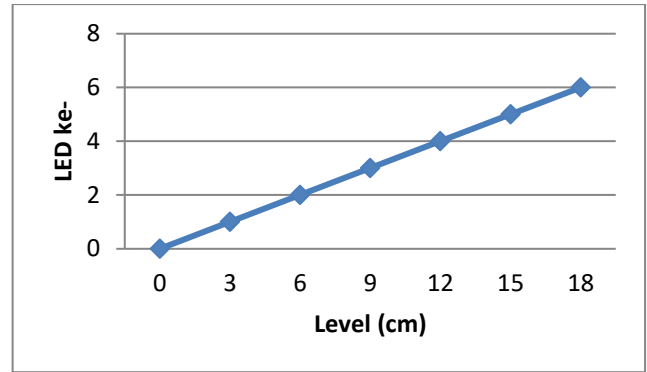
Gambar 4.3 Indikator level berupa Lampu LED

Berikut dapat dilihat data hasil pengujian pengukuran level dengan omron 61F-G-AP pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengujian

Tegangan (volt)	LED	Level
0	Ke- 0	0 cm
3	Ke- 1	3 cm
3	Ke- 2	6 cm
3	Ke- 3	9 cm
3	Ke- 4	12 cm
3	Ke- 5	15 cm
3	Ke- 6	18 cm

Hubungan antara level dengan LED juga dapat dibuat dalam grafik seperti gambar 4.3 berikut :



Gambar 4.4 Grafik hubungan level dengan LED

Dari tabel 4.1 dan gambar 4.4, terlihat bahwa level berbanding lurus dengan LED, sehingga setiap kenaikan LED yang menyala akan diketahui level cairan yang ada di dalam ember.

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

5. Setelah dilakukan perhitungan secara akurat sesuai dengan data engineering yang didapat, *range cell transmitter* yang digunakan dengan metode *wet outside leg* yaitu LRV sebesar -4,683 mH₂O dan URV sebesar 3,763 mH₂O. Untuk *output 0%* yaitu *up test calibration error* sebesar 0,009375% dan *down test calibration error* sebesar -0,001875%. Untuk *output 100%* yaitu *up test calibration error* sebesar 0,015625% dan *down test calibration error* sebesar -0,003125%.
6. *Level transmitter* yang dapat digunakan yaitu *Rosemount 3051SAL Transmitter* dengan *coplanar gage* -250 to 250 InH₂O, dan *temperature limit* -49 to 401 °F (-45 to 205 °C).
7. Sensor akan merasakan *pressure* dari cairan yang kemudian akan mengirim sinyal berupa tegangan 3 volt ke PLC. Sinyal yang diterima PLC akan *discalling* menjadi data analog yang dapat ditampilkan berupa indikator led.
8. Setiap kenaikan *pressure* yang dirasakan sensor maka level cairan yang tampil dalam bentuk led juga mengalami kenaikan. Hal ini terjadi karena besar nilai *pressure* sebanding dengan kenaikan level cairan tersebut.

5.2. Saran

Untuk pengembangan sistem lebih lanjut ke depan, hal-hal yang bisa dilakukan adalah dengan menambahkan beberapa fungsi lain, seperti kontrol hidup dan mati pompa transfer dan penggunaan level transmitter sesuai dengan range yang telah dihitung dalam penelitian ini.

Riwayat Pendidikan :
SDN 015929 Rawa Sari (2001-2007)
MTSs Nurul Hidayah (2007-2010)
SMAN 1 Aek Kuasan (2010-2013)
Jurusan Teknik Elektro UMSU (2013-2017)

Referensi

- [1] G. Liptak, Bela. 1963. "Process Measurement and Analysis". Pennsylvania : Chilton Book Company.
- [2] Dwi Heri Sudaryanto.2013."Penentuan Range Differential Pressure Transmitter menggunakan metode dry outside leg dan wet outside leg". Jurnal Forum Teknologi, vol.03 no.1.
- [3] Sutrisno.2008."Penyegaran Sertifikasi Migas Operasi Produksi (OPLP)-Tangki Minyak Mentah".Tim Instruktur Intam Widya Karya.
- [4] Saputra I, Hakim L, dan Ratna S. Sri.2013."Perancangan Water Level Control Menggunakan PLC Omron Sysmac C200H Yang Dilengkapi Software SCADA Wonderware Intouch 10.5". Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, Vol. 7, No. 1.
- [5] Riska Utami, Totok Soehartanto.2013."PERANCANGAN SISTEM KOREKSI LEVEL TRANSMITTER PADA SISTEM PENGENDALIAN LEVEL SODA WATER DI NET GAS WASH COLUMN C-5-05, PT PERTAMINA (PERSERO) RU V". Jurnal ITS Paper.
- [6] Greene, G.1967. "Measure and Sell Gas by the Pound".Pipeline Industry.
- [7] Hubbard, A.B. 1963. "Density Measurement and Its Application to Orifice Metering".23rd Annual Appalachian Gas Measurement Short Course.
- [8] Magaris, P. 1981. "On-line Density Measurement Is Fast And Accurate." Control Engineering.
- [9] November, M.H. 1975. "Measuring Fluid Density and Specivic Weight." Instrumentation Insight. ITT Barton.
- [10] Moran, M.J., dkk. 2003. "Introduction to Thermal System Engineering". Jons Wilwy dan Sons,Inc.

Bioadata Penulis



Nama : Hendro Kurniadi
TTL : Rawa Sari, 6 Februari 1996
Alamat Asahan : Rawa Sari Dsn V Kec. Aek Kuasan Kab Asahan
Alamat Medan : Jl. Pasar III Gg. Delimuran No. 5a Kec. Medan Perjuangan

