

# Akuisisi Data *Pressure Transmitter* melalui CX Supervisor pada STEM *Pressure Measurement and Control Plant*

Muhammad Syafei Gozali<sup>1,2\*</sup>, Aditya Gautama Darmoyono<sup>1</sup>, Heru Wijanarko<sup>1,2</sup>, Asrizal Deri Futra<sup>1</sup>, Kamarudin<sup>1,2</sup>, dan Clara Anastasya Br Lumban Tobing<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

<sup>2</sup>Anggota Persatuan Insinyur Indonesia (PII), Indonesia

\*Email: syafei@polibatam.ac.id

**Abstrak**—Kontrol proses adalah salah satu teknik otomasi yang telah umum digunakan untuk mengontrol tekanan, temperatur, aliran dan level fluida di pabrik-pabrik industri, yang bertujuan untuk memaksimalkan produksi, menjaga tingkat kualitas produk, keamanan dalam produksi, dan menciptakan proses produksi yang lebih ekonomis. Berdasarkan kebutuhan dan situasi tersebut Politeknik Negeri Batam mulai mengembangkan modul praktikum untuk mahasiswa. Salah satu modul tersebut adalah STEM *Pressure Measurement and Control Plant* dengan pengembangan berupa penambahan sistem akuisisi data berbasis PLC CPH dan aplikasi CX Supervisor sebagai perangkat presentasi data. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan CX Supervisor dan PLC CPH telah mendukung pengembangan pembelajaran khususnya pada praktik pengukuran dan pengendalian proses. Dari hasil pengujian terlihat bahwa ketiga *pressure transmitter* yang digunakan memiliki karakteristik linier sesuai dengan spesifikasi perangkatnya. Dari hasil pengujian sistem akuisisi data yang diusulkan, hasil pengukuran menunjukkan nilai yang mendekati nilai sebenarnya dengan rentang nilai deviasi -0.1–0.17 dengan *standard deviations* sebesar 0.088, 0.075, dan 0.107 serta *standard errors* sebesar 0.024, 0.021, dan 0.030, secara berurutan untuk *pressure transmitter* dengan tipe *capacitance*, *piezoresistive*, dan *extensimetric*.

**Kata kunci:** Akuisisi Data, CX Supervisor, *Pressure Transmitter*, PLC CPH

**Abstract**—Process control is one of the automation techniques that has been commonly used to control pressure, temperature, flow and fluid level in industrial factories, which aims to maximize production, maintain product quality levels, safety in production, and create a more economical production process. Based on these needs and situation Politeknik Negeri Batam begin to developing laboratorial module for the students. One of these modules is STEM *Pressure Measurement and Control Plant* with developed by adding a data acquisition system based on PLC CPH and CX Supervisor application as data presentation element. The results of this study indicate that the application of the CX Supervisor and PLC CPH has supported the development of learning, especially in the practice of process measurement and control. From the test results it can be seen that the three pressure transmitters used have linear characteristics according to the specifications of the

device. From the test results of the proposed data acquisition system, the measurement results show a value that is close to the actual value with a deviation value of -0.1–0.17 and standard deviations of 0.088, 0.075, and 0.107 and standard errors of 0.024, 0.021, and 0.030, respectively for pressure transmitter with capacitance, piezoresistive, and extensimeter types

**Keywords:** CX Supervisor, Data Acquisition, Pressure Transmitter, PLC CPH

## I. PENDAHULUAN

TEKNOLOGI otomasi berkembang semakin cepat pada saat ini. Hal ini terjadi seiring dengan kebutuhan dari industri untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas di lantai produksi. Kebutuhan akan *zero defect*, penggunaan metoda produksi JIT serta berkembangnya teknologi 4.0 memicu percepatan dalam pengaplikasian teknologi otomasi.

Kontrol proses adalah salah satu teknik otomasi yang umumnya digunakan untuk mengontrol tekanan, temperatur, aliran, dan ketinggian permukaan fluida. Tujuan dari kontrol proses ini adalah untuk memaksimalkan produksi, mempertahankan tingkat kualitas dari produk, keamanan produksi dan membuat proses produksi lebih ekonomis. Oleh karena adanya kebutuhan di industri akan pemahaman mengenai kontrol proses, maka Politeknik Negeri Batam berusaha mengembangkan peralatan praktikum yang mendukung proses pembelajaran pada bidang otomasi kontrol proses. Pengembangan peralatan praktikum yang dilakukan pada penelitian ini adalah modul STEM *Pressure Measurement and Control Plant*. Dengan adanya perangkat yang dikembangkan ini dapat membantu mahasiswa dalam mempelajari teknik akuisisi data dari sensor yang diolah menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC).

Yahya pada tahun 2020 telah melakukan pengolahan akuisisi data menggunakan PLC CPH untuk aplikasi modul kontrol level. Pada penelitian ini PLC CPH digunakan sebagai kontroler dengan metode kontrol yang dipakai PID. Untuk mengatur motor pompa DC, Sinyal kontrol dari PLC di kirim ke mikrokontroler untuk diubah menjadi sinyal PWM sehingga motor pompa dapat dapat beroperasi dengan kecepatan yang

berbeda. Sinyal *input* dari sensor level dimasukkan ke *port* analog dari PLC CP1H. GUI tampilan yang digunakan masih menggunakan *software* CX-Designer [1]. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Martin pada tahun 2019 dengan membuat sistem pemadam api di bangunan menggunakan PLC CP1H. Pada penelitian ini PLC CP1H digunakan untuk membuka dan menutup *valve* pada tangki penyimpanan gas CO<sub>2</sub>. Analog input PLC CP1H dihubungkan ke sensor tekanan. Penekanannya adalah desain sebuah sistem *soft agent* yang dapat mengkoordinasi seluruh sistem pemadam kebakaran secara otomatis dan *wireless*. Untuk tampilan GUI digunakan JADE-Framework [2]. Penelitian lainnya dilakukan oleh Chen pada tahun 2022 dimana PLC CP1H digunakan dalam simulasi sistem pengukuran kedalaman dasar laut menggunakan sensor akustik. Pada penelitian ini didesain sebuah *chamber* yang mensimulasikan tekanan dan temperatur dasar laut yang mempengaruhi ketelitian sensor akustik dalam mengukur kedalaman dasar laut. Untuk GUI yang ditampilkan pada data dikomputer didesain menggunakan C# pada visual studio [3].

Sinyal *output pressure transmitter* sangat dipengaruhi oleh temperatur, sehingga banyak pengembangan *sensing element* pada *pressure transmitter* untuk aplikasi pada temperatur tinggi, perubahan temperatur yang cepat dengan *sensing element*, yang digunakan *capacitance*, *piezoresistive*, *inductance* [4]–[6]. *Pressure transmitter* dapat digunakan sebagai sensor untuk pengukuran *level* ketinggian air yaitu dengan mengolah data tekanan menjadi ketinggian dengan menerapkan persamaan tekanan fluida statis, seperti yang dilakukan oleh Darmoyono pada tahun 2022. Tegangan *output* dari *pressure transmitter* sangat kecil sehingga diperlukan rangkaian pengkondisi sinyal yang dapat dibangun dengan menggunakan *instrumentation amplifier* [7]. Penerapan *pressure transmitter* juga sebagai sensor *level* ketinggian air dilakukan oleh Hartanto pada tahun 2020 [8] pada kendali proses berbasis LabVIEW [8].

Peneliti lain mengenai akuisisi data menggunakan alat kontrol selain PLC CP1H juga sudah dilakukan. Pada tahun 2019 Setiawan [9] menggunakan PLC LS Master 120s sebagai perangkat akuisisi data. Pada penelitian tersebut juga digunakan HMI dan SCADA sebagai perangkat tampilan data. Jumlah input yang digunakan pada sistem ini ada delapan buah, 2 diantaranya adalah dari sensor tekanan. Sementara untuk *output* terdapat 12 relay yang digunakan [9]. Alat kontrol berupa mikrokontroler Arduino juga sudah digunakan sebagai sistem akuisisi data. Salah satu penelitian yang dilakukan oleh Bruno pada tahun 2021 [10] dengan menggunakan arduino dan SCADA untuk menyusun sebuah *water distribution network*

(WDN) [10]. Perbedaan penelitian yang dilakukan dengan penelitian terdahulu adalah pada penelitian ini difokuskan pada akuisisi data dengan menggunakan PLC dari tiga buah *pressure transmitter* yang berbeda elemen, yaitu: *capacitance*, *piezoresistive*, dan *extensimetric* untuk pembacaan tekanan pada sebuah tangki *vessel*. Perbedaan lainnya adalah pembacaan tekanan ditampilkan pada komputer menggunakan aplikasi CX Supervisor.

II. METODE

A. Perancangan Perangkat Elektrik

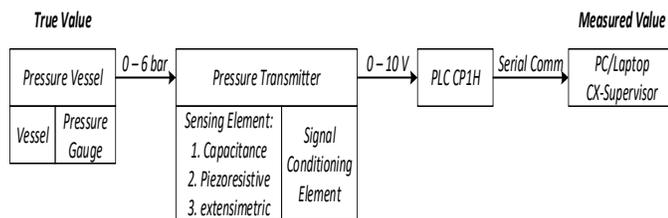
Topologi sistem akuisisi data pada penelitian ini ditampilkan pada Gambar. 1. *Plant* yang digunakan adalah modul *Pressure Measurement and Control Plant*. Tangki *vessel* dilengkapi dengan *pressure gauge* untuk mengukur nilai tekanan didalam tangki *vessel* tersebut. Rentang pengaturan tekanan didalam tangki *vessel* pada sistem yang digunakan sebesar 0–6 bar.

Pada bagian perangkat *pressure transmitter*, terdapat tiga jenis *sensing element* yang terpasang pada masing-masing *Pressure transmitter* yaitu: *Capacitance*, *Piezoresistive*, dan *Extensi-metric*. Sinyal *output* dari masing-masing *pressure transmitter* berupa tegangan (0–10) Vdc. Sinyal *output* tersebut diteruskan ke PLC CP1H sebagai perangkat pengolah data. *Pressure transmitter* terhubung ke PLC CP1H pada *built-in analog* input. Data hasil pengolahan ditampilkan pada PC/Laptop dengan menggunakan aplikasi yang dibuat menggunakan *software* CX Supervisor. Pengiriman data dikirim melalui komunikasi serial.

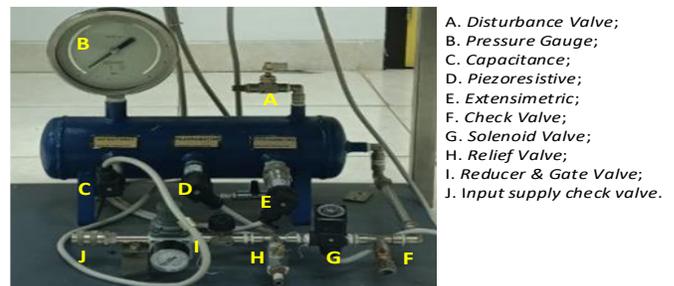
B. Perancangan Perangkat Keras

*Plant* yang digunakan pada penelitian ini merupakan modul miniatur dari *plant* proses pengukuran tekanan dan pengaturan katup. Ilustrasi dari *plant* yang digunakan ditampilkan pada Gambar. 2. Tekanan yang diukur merupakan tekanan didalam sebuah tangki *vessel* yang terpasang 3 buah *pressure transmitter* dan dilengkapi dengan dengan *pressure gauge*. Kapasitas pembacaan *pressure gauge* dapat mencapai 10 bar.

Suplai udara bertekanan berasal dari kompresor dengan kapasitas 8 bar. Untuk menjaga tangki *vessel* kelebihan tekanan, maka sistem dilengkapi dengan *relief valve* dengan tekanan kerja 6–7 bar, sehingga udara yang masuk ke dalam tangki maksimal 7 bar untuk mensimulasikan kebocoran tangki *vessel* maka disediakan *disturbance valve*. Simulasi kebocoran tangki *vessel* dilakukan dengan mengatur bukaan *disturbance valve* sehingga udara terlepas dari dalam tangki *vessel*.



Gambar. 1. Topologi sistem akuisisi data



Gambar. 2. Pressure measurement and control plant

C. Akuisisi Data

Akuisisi data *pressure transmitter* dilakukan dengan menggunakan PLC Omron CP1H. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah *ladder diagram* pada *software CX-Programmer*. Tegangan *output pressure transmitter* terhubung ke *built-in Analog I/O*, pada alamat CH 200, 201, 202, seperti yang tampil pada *wiring diagram* gambar 3. Pengaturan *built-in Analog I/O* pada *software CX-Programmer* berupa pengaturan tegangan input 0-10 Vdc sesuai dengan spesifikasi masing-masing *pressure transmitter*, pengaturan lain adalah resolusi dengan nilai 6000<sub>(Desimal)</sub>. *Pressure transmitter* yang digunakan bersifat linier sesuai dengan spesifikasi masing-masing *pressure transmitter* yang tertera pada Tabel I, yang meliputi nilai tekanan, tegangan *output* dan tegangan *Supply*.

Dalam disain pemrograman digunakan fungsi *scaling SCL* (194). *SCL* (194) merupakan fungsi untuk mengkonversi nilai *unsigned binary* menjadi *unsigned BCD* yang ditentukan oleh persamaan linier. Dalam penelitian yang dilakukan proses pengolahan data linier dalam mengkonversi nilai tegangan *output pressure transmitter* menjadi nilai tekanan, maka fungsi *SCL* (194) seperti yang dijelaskan dalam *programming manual PLC CP1H* [11] menggunakan Persamaan (1, 2).

$$Slope = B_d - \frac{(B_d - A_d)}{BCD\ conversion\ of\ (B_s - A_s)} \dots\dots\dots (1)$$

$$R = Slope \times BCD\ conversion\ of\ (B_s - S) \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

*Slope*: Kemiringan (BCD)

*R*: Tekanan hasil (BCD)

*B<sub>d</sub>*: Tekanan maksimum (BCD)

*A<sub>d</sub>*: Tekanan minimum (BCD)

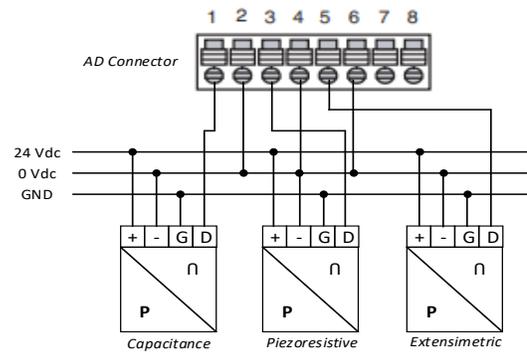
*S*: Tegangan *output pressure transmitter* bebas (HEX)

*B<sub>s</sub>*: Tegangan *output pressure transmitter* maksimum (HEX)

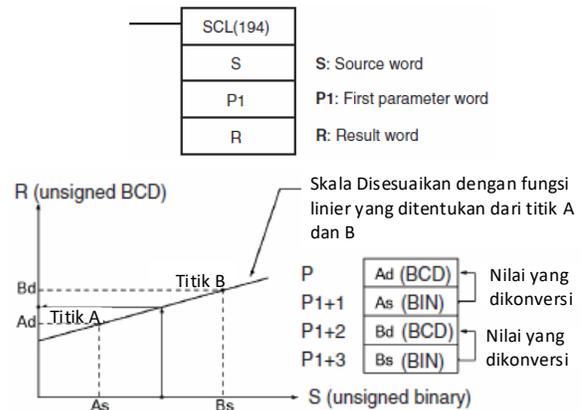
*A<sub>s</sub>*: Tegangan *output pressure transmitter* minimum (HEX)

Panjang data yang digunakan pada fungsi *SCL* (194) sebesar 16 bit (1 word). Simbol fungsi *SCL* (194) dan grafik linieritas dari konversi dengan menggunakan fungsi *SCL* (194) yang digunakan untuk akuisisi data ditunjukkan pada Gambar. 4, dimana data pada fungsi *SCL* (194) terdiri dari 3 data, yaitu:

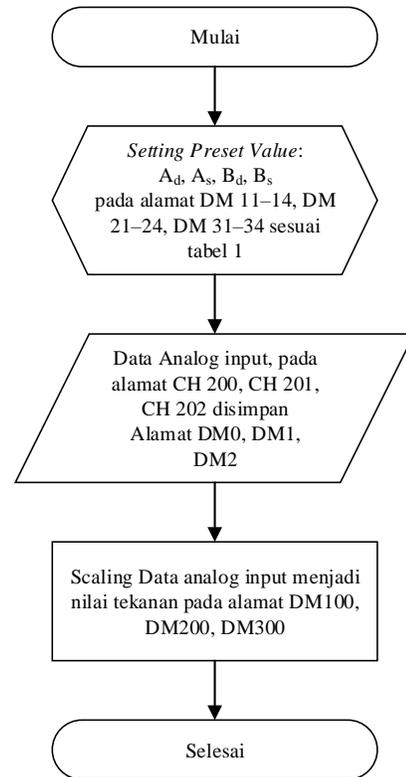
- **S (source)**: merupakan data sumber, dalam penelitian ini akan berasal dari alamat analog *input* dengan tipe data hexadesimal dengan panjang data 1 *word*.
- **P1 (1<sup>st</sup> Parameter)**: merupakan data parameter pertama yaitu nilai *A<sub>d</sub>* panjang data 1-word dengan tipe data BCD. Parameter P1 diikuti oleh P1+1 untuk nilai *A<sub>s</sub>* tipe data heksadesimal, P1+2 untuk nilai *B<sub>d</sub>* tipe data BCD, dan P1+3 untuk nilai *B<sub>s</sub>* dengan tipe data Hexadesimal. Pada penelitian ini *A<sub>s</sub>* dan *B<sub>s</sub>* merupakan nilai minimum dan maksimum tegangan *output pressure transmitter*, serta nilai *A<sub>d</sub>* dan nilai *B<sub>d</sub>* secara berurutan merupakan nilai minimum dan maksimum tekanan. *Preset value* *A<sub>d</sub>*, *B<sub>d</sub>*, *A<sub>s</sub>*, *B<sub>s</sub>*, pada penelitian ini diambil dari spesifikasi *pressure transmitter* sesuai yang tertera didalam Tabel I.
- **R (Result)**: merupakan data hasil konversi, dengan panjang data 1-word dan tipe data BCD. Pada penelitian ini merupakan nilai tekanan hasil konversi dari tegangan *output pressure transmitter*.



Gambar. 3. Wiring diagram built-in analog input



Gambar. 4. Simbol SCL (194) dan grafik linier SCL



Gambar. 5. Diagram alir akuisisi data pada PLC CP1H

TABEL I  
SPESIFIKASI DAN SKALA PRESET VALUE PRESSURE TRANSMITTER

	Capacitance	Piezoresistive	Extensimetric
Pressure	0–10 bar	0–6 bar	0–6 bar
Output	0–10 V	0–10 V	0–10 V
Supply	14–30 V	14–30 V	14–30 V
PV Ad	0 <sub>(BCD)</sub>	0 <sub>(BCD)</sub>	0 <sub>(BCD)</sub>
PV As	0 <sub>(16)</sub>	0 <sub>(16)</sub>	0 <sub>(16)</sub>
PV Bd	10 <sub>(BCD)</sub>	6 <sub>(BCD)</sub>	6 <sub>(BCD)</sub>
PV Bs	1770 <sub>(16)</sub>	1770 <sub>(16)</sub>	1770 <sub>(16)</sub>

Alur disain pemrograman akuisisi data dengan bahasa *ladder diagram* pada PLC CP1H ditunjukkan pada *flowchart* Gambar. 5. Langkah pertama menyimpan nilai *preset value* A<sub>d</sub>, A<sub>s</sub>, B<sub>d</sub>, B<sub>s</sub> pada alamat *Data Memory* DM11–DM14 untuk *capacitance*, *piezoresistive* pada DM21–DM24, serta DM31–DM34 untuk *extensimetric*. Data tersebut dimasukkan dengan menggunakan fungsi pemindahan data MOV (021). Fungsi MOV (021) juga digunakan untuk membaca nilai ADC dari ketiga *pressure transmitter* yang masing-masing disimpan pada alamat DM0, DM1, dan DM2. Langkah terakhir mengkonversi nilai hexadecimal dari *pressure transmitter* menjadi nilai BCD dari tekanan dengan menggunakan fungsi SCL (194). Hasil *scaling* disimpan didalam DM100, DM200, dan DM300 dari masing-masing *pressure transmitter*.

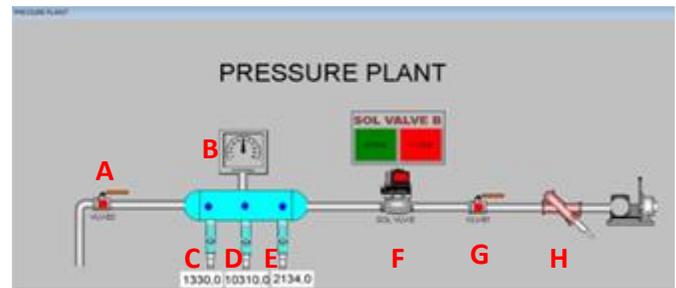
D. Presentasi Data

Hasil pengolahan data ditampilkan melalui PC/Laptop dengan menggunakan software CX Supervisor. Nilai tekanan dari hasil pembacaan masing-masing *pressure transmitter* secara langsung dapat dilihat pada aplikasi tersebut. Bentuk tampilan dari disain CX Supervisor disajikan pada gambar 6. Komponen yang disajikan pada aplikasi disesuaikan dengan komponen yang ada pada *pressure measurement and control plant*, yaitu: A. *Disturbance valve*; B. *Pressure gauge*; C. *Capacitance pressure transmitter*; D. *Piezoresistive pressure transmitter*; E. *Extensimetric pressure transmitter*; F. *Solenoid valve*; G. *Gate valve*; H. *Check valve reducer*.

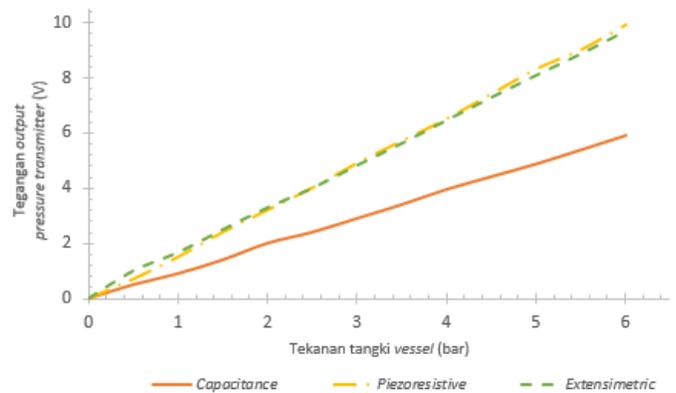
Disain aplikasi CX Supervisor masih terbatas pada penyajian data tekanan serta skema dari *plant*, tanpa dilengkapi dengan *user menu*. Saat aplikasi dijalankan nilai tekanan dari masing-masing hasil pengolahan data *pressure transmitter* ditampilkan dibagian bawah dari setiap *pressure transmitter*. Selain nilai tekanan *user* dapat membuka dan menutup *solenoid valve* dengan menekan tombol *open* dan *close*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

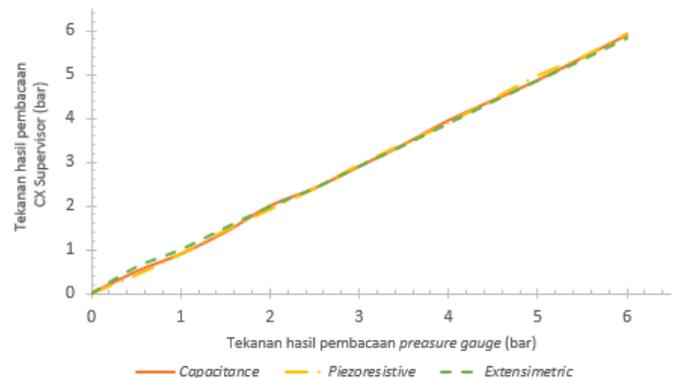
Pengujian dilakukan dengan memberi udara bertekanan pada tangki *vessel* pada variasi tekanan (0–6) bar dengan perubahan sebesar 0.5 bar. Variasi tekanan dalam tangki *vessel* didapat dengan cara membuka *disturbance valve* sebagai simulasi kebocoran tangki *vessel*. Frekuensi pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali untuk setiap perubahan tekanan. Pengukuran yang dilakukan berupa pengukuran tegangan *output pressure transmitter* dan pengukuran nilai tekanan pada *pressure gauge*



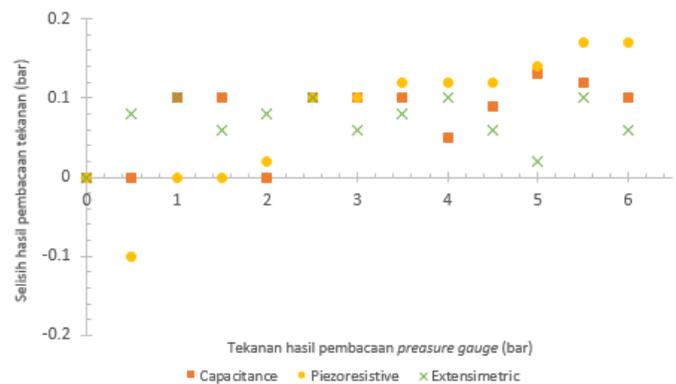
Gambar. 6. Desain presentasi data pada CX Supervisor



Gambar. 7. Grafik hubungan tegangan output pressure transmitter terhadap tekanan tangki



Gambar. 8. Grafik hubungan tekanan hasil pembacaan pada CX Supervisor terhadap pressure gauge



Gambar. 9. Deviasi hasil pembacaan tekanan pada CX Supervisor dan pressure gauge

serta nilai tekanan yang tampil pada aplikasi CX Supervisor. Nilai hasil pengukuran *pressure gauge* sebagai acuan nilai sebenarnya dari tekanan tangki *vessel* dan nilai yang terbaca pada aplikasi CX Supervisor merupakan nilai hasil pengukuran pada sistem yang dibuat.

Grafik Gambar. 7. merupakan hasil dari pengujian dan pengukuran tegangan *output pressure transmitter*, pada gambar grafik tersebut terlihat perubahan tegangan *output* semakin bertambah seiring perubahan tekanan udara pada tangki *vessel*. Pembacaan *full-scale* dari nilai tekanan tangki sebesar 6 bar didapatkan tegangan *output pressure transmitter* dari *capacitance* sebesar ± 6 V dan ± 10 V untuk *piezoresistif* dan *extensimetric*. Garis lurus hasil pengukuran pada grafik Gambar. 7. menunjukkan linieritas dari tegangan *output pressure transmitter*, dimana persamaan regresi linier yang didapat dari masing-masing *pressure transmitter* tertera pada persamaan (3–5) berikut:

$$\text{Capacitance: } Y = 0.9847X - 0.0303 \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Piezoresistive: } Y = 1.6637X - 0.1066 \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{Extensimetric: } Y = 1.6016X + 0.0712 \dots\dots\dots (5)$$

Grafik Gambar. 8. menunjukkan perbandingan hasil pembacaan dari *pressure gauge* sebagai representasi data nilai sebenarnya terhadap nilai hasil pembacaan dari aplikasi CX Supervisor yang merupakan representasi data nilai dari sistem yang diajukan. Melihat dari *trend* garis dari grafik Gambar. 8. yang membentuk garis lurus miring kearah positif dengan perbandingan 1:1, serta tiga buah garis yang saling bertumpuk, hal tersebut menunjukkan nilai hasil pengukuran sistem yang diajukan dengan menggunakan tiga *pressure transmitter* yang berbeda *sensing element*-nya telah mendekati nilai hasil pengukuran dengan menggunakan *pressure gauge*. Selain itu dapat juga dikatakan bahwa ketiga *pressure transmitter* serta metode akuisisi data yang digunakan telah bekerja dengan baik. Walaupun tampak tiga garis yang saling bertumpuk, tetapi tetap terdapat perbedaan diantara ketiga *pressure transmitter*, dengan melihat deviasi hasil pengukuran dari sistem yang dibuat terhadap hasil pengukuran *pressure gauge*, seperti yang disajikan pada grafik deviasi Gambar. 9.

Pada grafik deviasi Gambar. 9. sebaran deviasi tidak memiliki pola atau acak, dimana nilai yang ditunjukkan pada grafik tersebut tersebut merupakan nilai dari hasil pembacaan pada aplikasi CX Supervisor dikurangi nilai hasil pembacaan pada *pressure gauge*. Nilai deviasi lebih dominan ke arah positif, tetapi juga terdapat deviasi yang bernilai negatif, dengan nilai deviasi tertinggi 0.17 pada tekanan 5.5 dan 6 bar dan terendah pada nilai -0.1 untuk tekanan 0.5 bar, dimana kedua deviasi tersebut merupakan hasil pengukuran *piezoresistive pressure transmitter*. Selain itu, melihat rentang deviasi yang cukup lebar dapat dikatakan *piezoresistive pressure transmitter* yang digunakan memiliki tingkat presisi yang lebih rendah dari dua *pressure transmitter* lainnya yang memiliki rentang yang lebih pendek dan berada pada nilai positif saja. Akan tetapi dengan melihat nilai deviasi yang rendah dapat dikatakan ketiga *pressure transmitter* memiliki

tingkat akurasi yang tinggi.

Hasil pengujian dari 13 titik pengukuran tekanan dari masing-masing *pressure transmitter* dengan frekuensi pengukuran 10 kali pada masing-masing titik pengukuran, diperoleh rentang deviasi yang cukup lebar. Dari data hasil pengukuran tersebut dapat dianalisa secara statistik dengan menghitung *variance population*, *standard deviation* serta *standard error* dengan menggunakan persamaan (6–8) yang dijelaskan oleh Mendehal [12].

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \dots\dots\dots (6)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \dots\dots\dots (7)$$

$$S_E = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \dots\dots\dots (8)$$

- Dimana:
- $\sigma^2$ : Variance of a population
- N: Number of a population
- $x_i$ : i-th value
- $\mu$ : Mean of a population
- $\sigma$ : Standard deviation
- $S_E$ : Standard error

Dari hasil perhitungan didapat nilai *variance population*, *standard deviations*, dan *standard error* yang tersaji pada Tabel II. Nilai *standard deviation* yang kecil menunjukkan bahwa data hasil pengukuran dari pembacaan aplikasi CX Supervisor tersebar tidak terlalu jauh dari nilai data hasil pengukuran dengan *pressure gauge*. Serta nilai *standard error* yang kecil juga menunjukkan bahwa hasil pengukuran dari sistem yang dibuat memiliki kualitas data yang baik atau dapat dikatakan memiliki tingkat akurasi pengukuran yang tinggi.

TABEL II  
VARIANCE POPULATION, STANDARD DEVIATION DAN STANDARD ERROR

	Capacitance	Piezoresistive	Extensimetric
Variance	0.007	0.005	0.011
Standard deviation	0.088	0.075	0.107
Standard Error	0.024	0.021	0.030

IV. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan CX Supervisor dan PLC CP1H telah menunjang dalam pengembangan pembelajaran khususnya dalam praktek pengukuran dan kendali proses, serta dapat dikembangkan lebih lanjut untuk sistem *Supervisory, Control and Data Acquisition* (SCADA), serta berbasis *Internet of Things* (IoT). Dari hasil pengujian *pressure transmitter* terlihat ketiga sensor tekanan memiliki sifat linier, dimana semakin tinggi tekanan udara, tegangan *output pressure transmitter* semakin besar. Dari hasil pengujian sistem akuisisi data yang dibuat, hasil pengukuran menunjukkan nilai yang mendekati nilai sebenarnya dengan rentang deviasi -0.1–0.17 dengan *standard deviations* sebesar 0.088, 0.075, dan 0.107 serta *standard errors* sebesar 0.024, 0.021, dan 0.030, secara berurutan untuk *pressure transmitter* dengan tipe *capacitance*, *piezoresistive*, dan *extensimetric*.

## REFERENSI

- [1] A. Bhardwaj *et al.*, “Design and implementation of training module for control liquid level on tank using PID method-based PLC,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 830, no. 3, p. 032065, Apr. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/830/3/032065.
- [2] R. Garcia-Martin, A. González-Briones, and J. M. Corchado, “Smartfire: Intelligent platform for monitoring fire extinguishers and their building environment,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 10, May 2019, doi: 10.3390/S19102390.
- [3] J. Zhang *et al.*, “Design and Application of Seabed Sediment Temperature and Pressure Measurement and Control Software,” *J Phys Conf Ser*, vol. 2366, no. 1, p. 012012, Nov. 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2366/1/012012.
- [4] C. Li, B. Sun, P. Jia, Y. Xue, M. Jia, and J. Xiong, “Capacitive Pressure Sensor with Integrated Signal-Conversion Circuit for Higherature Applications,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 212787–212793, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3027951.
- [5] M. Tykhan and V. Teslyuk, “Metrology and Measurement Systems New Type of Piezoresistive Pressure Sensors For Environments With Rapidly Changing Temperature,” *Metrol. Meas. Syst*, vol. 24, no. 1, pp. 185–192, 2017, doi: 10.1515/mms-2017-0010.
- [6] L. Narayana and A. B. Rao, “Design and Development of a Pressure Transmitter Using Modified Inductance Measuring Network and Bellow Sensor.” 2013.
- [7] “View of Desain Prototype Instrumentation Amplifier untuk Sensor SKU SEN0257 pada Kit Couple Tank.” <https://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAEE/article/view/4828/1849> (accessed Jun. 19, 2023).
- [8] A. Hartanto and K. K., “Analisa Pressure dan Level pada CE33 Electronic Process Control Berbasis PID,” *Journal of Applied Sciences, Electrical Engineering and Computer Technology*, vol. 1, no. 2, pp. 13–18, Aug. 2020, doi: 10.30871/ASEECT.V1I2.2360.
- [9] A. Setiawan, Sugeng, K. I. Koesoema, S. Bakhri, and J. Aditya, “The SCADA system using PLC and HMI to improve the effectiveness and efficiency of production processes,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 550, no. 1, p. 012008, Jul. 2019, doi: 10.1088/1757-899X/550/1/012008.
- [10] F. Bruno, M. De Marchis, B. Milici, D. Saccone, and F. Traina, “A Pressure Monitoring System for Water Distribution Networks Based on Arduino Microcontroller,” *Water 2021, Vol. 13, Page 2321*, vol. 13, no. 17, p. 2321, Aug. 2021, doi: 10.3390/W13172321.
- [11] Omron, 2014 “USER'S Manual Sysmac CP Series CP1E CPU Unit Software”.
- [12] W. 'Mendenhall, R. J. ' 'Beaver, and B. M. ' 'Beaver, *Introduction to Probability and Statistics*, 13 th. California: Cengage Learning, 2009