

Pemeliharaan Tahunan *Pressure Transmitter Area Steam Generation* Industri Petrokimia di PT. X

Muhammad Hafiz^{*a)}, Novan Akhiriyanto^{a)}

(Received 26 Oktober 2024 || Revised 12 Februari 2025 || Accepted 30 Juni 2025)

Abstract: Monitoring steam generation systems in the petrochemical industry is essential because small pressure changes can significantly affect product quality and pose safety risks. This study focuses on calibrating the Endress+Hauser Cerabar M PMC41 pressure Transmitter at PT. X, a leading Indonesian fatty alcohol and oleochemical producer. Calibration was performed to ensure accurate pressure measurement of steam generation processes using a zero calibration technique to correct reading Errors. Measurement data were collected before and after calibration at 0%, 25%, 50%, and 100% pressure levels. The initial Error in pressure measurement was 31.799 bar (4.47%), while the current output Error was 16.76 mA (3.8%). After calibration, these Errors reduced to 30.266 bar (0.72%) and 16.023 mA (0.115%), respectively. These results indicate a significant improvement in the Transmitter's performance, aligning with the International Electrotechnical Commission (IEC) No. 13B-23 standards. The calibration process effectively minimized measurement Errors, ensuring precise monitoring of pressure parameters in the steam generation system and maintaining operational stability. Accurate pressure control is crucial to optimizing production efficiency and maintaining safety standards at PT. X.

Keywords: Calibration, Pressure Transmitter Calibration, Steam Generation, Zero Calibration, IEC Standards.

1. Pendahuluan

Industri petrokimia merupakan sektor industri yang memproduksi bahan-bahan kimia dari bahan baku utama berupa minyak bumi dan gas alam. Bahan kimia yang dihasilkan dari proses ini memiliki peran yang signifikan dalam menyediakan bahan baku untuk berbagai produk akhir seperti plastik, karet sintesis, deterjen, pelarut, serta berbagai produk yang berperan penting dalam kehidupan sehari-hari – hari dan berbagai sektor industri [1]. Proses pengolahan dalam industri ini sering kali melibatkan reaksi kimia dan pemrosesan yang memerlukan suhu dan tekanan tinggi, sehingga memerlukan pemantauan yang ketat untuk memastikan efisiensi dan keselamatan operasi [2].

Peralatan instrumentasi seperti *transmitter*, *valve* dan sensor digunakan untuk memantau variabel proses dalam sistem petrokimia, seperti level cairan, suhu, aliran, dan tekanan, guna menjaga stabilitas dan keamanan proses di reaktor dan kolom destilasi. Salah satu komponen penting dalam industri petrokimia adalah sistem pembangkit uap, yang menyediakan uap untuk berbagai proses industri [3] [4]. Keakuratan alat ukur, seperti *Pressure Transmitter*, sangat penting untuk menjaga kestabilan tekanan uap dalam sistem pembangkit. Alat ini mengubah tekanan menjadi sinyal elektrik yang diteruskan ke sistem kontrol untuk analisis lebih lanjut dan memastikan keselamatan serta efisiensi proses [5] [6].

Fatimah & Hidayat (2024) menyoroti pentingnya metode *Zero Calibration* untuk meningkatkan akurasi pengukuran tekanan, menurunkan kesalahan pengukuran dari 2,702% menjadi 0,148% [7]. Penelitian ini belum melihat bagaimana metode ini berdampak pada efisiensi operasional dalam industri petrokimia. Tidak ada penelitian sebelumnya yang berfokus pada akurasi tanpa mempertimbangkan efisiensi operasional dalam industri petrokimia. Tidak berfokus juga dalam mempertimbangkan pemeliharaan dan stabilitas alat, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak kalibrasi terhadap operasional dengan mengintegrasikan *Zero Calibration* dengan strategi pemeliharaan berbasis keandalan (*Reliability-Centered Maintenance*) [8]. Penelitian ini juga akan melihat bagaimana kalibrasi ini berdampak pada pengurangan gangguan produksi dalam industri petrokimia.

Pada industri petrokimia, pemantauan tekanan pada sistem pembangkit uap sangatlah penting karena perubahan kecil pada

tekanan dapat mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan. Selain itu, ketidakstabilan tekanan dapat menyebabkan risiko keselamatan seperti ledakan atau kebocoran uap, yang dapat berdampak serius pada lingkungan kerja dan keselamatan pekerja [9].

Di antara sekian banyak petrokimia yang diproduksi di Indonesia, PT. X menonjol sebagai yang terdepan [10]. Demi kelancaran proses produksinya, perusahaan ini menggunakan sistem pembangkit uap yang dilengkapi dengan berbagai alat instrumentasi untuk memantau dan mengendalikan variabel proses seperti tekanan, suhu, dan aliran. Salah satu alat instrumentasi yang digunakan adalah *Pressure Transmitter* 502PT2133, yang berfungsi untuk mengukur tekanan uap pada area 502 Steam Generation.

2. Metode

2.1 Zero Calibration atau Tuning Zero

Hubungan antara dua nilai acuan, satu dari perangkat atau sistem pengukuran dan satu dari yang lain, dapat didefinisikan dengan menggunakan nilai standar. Mengenai definisi yang diberikan oleh *Basic and General Vocabulary in Metrology*, prosedur ini disebut kalibrasi. Kalibrasi adalah proses menentukan nilai proyeksi yang tepat dengan membandingkannya dengan pembacaan perangkat pengukuran atau bahan pengukuran yang digunakan sebagai acuan [11] [12].

Salah satu metode kalibrasi yang umum diterapkan di industri adalah *zero calibration*, yang memungkinkan perangkat untuk menentukan titik nol tanpa adanya input eksternal. Proses ini memastikan alat ukur dan sensor tetap memiliki titik nol yang stabil dan andal, sehingga memungkinkan pengukuran yang akurat. "Kalibrasi nol" ini sangat penting karena membantu mencegah terjadinya pembacaan yang salah atau bias yang disebabkan oleh faktor lingkungan, fluktuasi suhu, atau pengaturan awal yang tidak tepat. Dengan melakukan penyesuaian nol secara berkala, operator dapat menjaga kinerja alat ukur tetap optimal dan memastikan hasil pengukuran tetap konsisten serta valid [7].

2.2 Data Penelitian

Dalam penelitian ini, data pengukuran tekanan *Transmitter* diambil dalam kondisi yang belum terkalibrasi di area Steam

*Korespondensi: btmhafiz@gmail.com

a) Prodi Teknik Instrumentasi Kilang, Jurusan Instrumentasi dan Elektronika, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas Cepu, Indonesia

Generation 502 pada PT. X, dan kemudian dikalibrasi ulang oleh teknisi di workshop. Ini akan mengukur keluaran arus *Transmitter* dengan nilai tekanan 0%, 25%, 50%, dan 100%. Nilai *Transmitter* yang telah dikalibrasi akan dihitung dan diproses [13]. Tabel 2.1 menunjukkan hasil pengukuran *pressure transmitter* sebelum dilakukan kalibrasi. Terlihat pada multimeter bahwa nilai arus dan *Test Gauge* untuk nilai tekanan yang akan diinjeksi menuju *Transmitter* untuk mencapai nilai tekanan yang diinginkan dan output hasil *Transmitter* adalah sinyal elektrik 4 – 20 mA.

Tabel 2.2 berisikan spesifikasi dari *Pressure Transmitter* dari Endress Hauser Cerabar M PMC41, yang akan diuji kalibrasi dan dilakukan perawatan secara berkala pada perusahaan PT. X Batam.

TABEL 2.1 PENGUKURAN *PRESSURE TRANSMITTER* SEBELUM KALIBRASI

Masukan		Keluaran (Hasil Pembacaan Pengukuran)		
(%)	(Bar)	(Bar)	Ideal (mA)	Terukur (mA)
0	0	0,035	4	4,46
25	10	10,41	8	8,5
50	20	21,23	12	12,24
75	30	31,786	16	16,76
100	40	40,112	20	20,12

TABEL 2.2 SPESIFIKASI *PRESSURE TRANSMITTER* ENDRESS HAUSER CERABAR

Parameter	Variabel
<i>Measuring Range</i>	a. Cerabar M menyediakan berbagai model dengan sensor keramik dan logam, masing-masing cocok untuk rentang pengukuran yang berbeda: PMC41/PMC45: Hingga 40 bar untuk sensor keramik; PMP41/PMP45/PMP46/PMP48: Hingga 400 bar untuk sensor logam. b. Rentang pengukuran untuk setiap model dapat dikonfigurasi dan bergantung pada jenis sensor serta segel diafragma yang digunakan.
<i>Onsite Operation</i>	a. Operasi di lokasi dapat dilakukan menggunakan protokol komunikasi analog, HART, atau PROFIBUS PA. b. Kalibrasi dan konfigurasi lokal dapat dilakukan menggunakan terminal genggam atau melalui perangkat lunak PC seperti FieldCare atau Commuwin II.
<i>Terminals</i>	a. Opsi koneksi listrik termasuk colokan M12 atau colokan Harting Han7D. b. Perangkat dilindungi dengan persetujuan keselamatan yang sesuai, seperti ATEX dan FM, yang memastikan koneksi listrik aman di area berbahaya.
<i>Output Signal</i>	Sinyal keluaran standar meliputi: 4 hingga 20 mA (analog); 4 hingga 20 mA dengan protokol HART; Sinyal komunikasi digital (PROFIBUS PA)
<i>Signal Range</i>	Tersedia dua rentang sinyal HART 4–20 mA yang berbeda: 3,8 hingga 20,5 mA (standar). Dapat disesuaikan untuk peringatan dan pengaturan pabrik khusus.
4 to 20 mA and 4 to 20 mA HART Load	a. Resistansi beban maksimum bergantung pada tegangan suplai dan persyaratan komunikasi. b. Untuk perangkat di area non-bahaya, suplai daya berkisar dari 11,5 hingga 45 V DC, sedangkan untuk area bahaya berkisar dari 11,5 hingga 30 V DC.
<i>Cycle Time</i>	<i>Cycle time depends on the number of devices and PLC cycle time. Minimum cycle time: approx. 20 ms per device.</i>

2.3 Spesifikasi *Pressure Transmitter* Endress Hauser

Pemancar tekanan Endress Hauser Cerabar M PMC41, yang dicirikan oleh rentang operasi sinyal 4–20 mA dan spesifikasi nilai tekanan 0–40 bar, berfungsi sebagai peralatan yang akan diperiksa dalam penelitian ini. *Transmitter* ini digunakan untuk mengukur tekanan uap pada *Steam Generation* untuk kebutuhan proses plant EOB1 seperti tampak pada Gambar 2.1.



GAMBAR 2.1 *PRESSURE TRANSMITTER* ENDRESS HAUSER

Gambar *nameplate* spesifikasi untuk "*Pressure Transmitter*" dapat dilihat di Gambar 2.2 untuk memberikan informasi lebih lanjut tentang perangkat tersebut termasuk nomor model, rentang pengukuran, tekanan maksimum yang dapat ditangani, dan standar komunikasi yang digunakan. Informasi ini sangat penting untuk memastikan bahwa alat dioperasikan sesuai dengan spesifikasi teknis yang tepat. Selain itu, mereka akan memudahkan proses instalasi, kalibrasi, dan pemeliharaan *Transmitter* agar performanya tetap optimal untuk mendukung proses industri.



GAMBAR 2.2 *NAMEPLATE PRESSURE TRANSMITTER* ENDRESS HAUSER

2.4 Pengukuran dan Pengambilan Data

Salah satu cara untuk mengukur sifat-sifat kelistrikan seperti tegangan, arus, dan resistansi adalah menggunakan multimeter, yang merupakan instrumen dengan beberapa fungsi [14]. Proses pengukuran dan pengambilan data pada penelitian ini ditunjukkan di Gambar 2.3. Dengan multimeter, Anda dapat memverifikasi bahwa output sinyal listrik dari *Transmitter* sesuai dengan tekanan yang diberikan, biasanya antara 4-20 mA yang mewakili 0% hingga 100% tekanan, untuk memastikan akurasi rentang kalibrasi.



GAMBAR 2.3 PENGUKURAN *TRANSMITTER* MENGGUNAKAN MULTIMETER DIGITAL

2.5 Metode Kerja Kalibrasi *Pressure Transmitter*

Pelaksanaan pengukuran dan kalibrasi *Transmitter* membutuhkan prosedur kerja standar perusahaan untuk mengurangi risiko kesalahan. Tabel 2.2 menunjukkan metode kerja kalibrasi tersebut.

TABEL 2.2. METODE KERJA KALIBRASI

Sub Kompetensi	Kegiatan Kerja
Persiapan	<p>a. Melapor kepada pihak operasi setempat sebelum pekerja dilaksanakan agar pekerjaan yang dilakukan jelas dan tercatat dalam daftar <i>maintenance</i> serta konsekuensi risiko pekerjaan yang sudah disetujui oleh pekerja dan pemberi izin.</p> <p>b. Pastikan dengan benar nomor TAG <i>Pressure Transmitter</i> yang akan dikalibrasi.</p> <p>c. Pastikan sistem pada mode manual dan <i>tapping Transmitter</i> telah ditutup / diblok.</p> <p>d. Drain line <i>tapping Transmitter</i>.</p> <p>e. Lepas kabel power dari <i>Transmitter</i> pastikan kabel power telah diisolasi dengan baik.</p> <p>f. Lepas <i>pressure Transmitter</i> dari sistem dan bawa ke workshop instrument.</p>
Pengukuran	<p>g. Pasang/hubungkan <i>Transmitter</i> ke power supply dan multimeter digital untuk memantau respons dari <i>pressure Transmitter</i>.</p> <p>h. Nyalakan <i>maximator test rig</i> dan pastikan bahwa sumber tekanan yang dikontrol telah diisi dan berfungsi dengan baik.</p> <p>i. Sebelum menghubungkan alat uji <i>maximator</i> ke pemancar, periksa kembali apakah semua pengaturan dan parameter sesuai dengan lembar data. Pastikan untuk memasukkan LRV (Nilai Rentang Rendah) dan URV (Nilai Rentang Atas).</p> <p>j. Beri tekanan sebesar LRV (<i>Low Range Value</i>) dengan menggunakan <i>maximator test rig</i>.</p> <p>k. Jika penunjukan pada <i>Transmitter</i> tidak menunjukkan hasil yang sesuai, maka lakukan tuning pada zero <i>Transmitter</i>.</p> <p>l. Beri tekanan sebesar URV dengan menggunakan <i>maximator test rig</i>.</p> <p>m. Lakukan hal yang sama seperti point k jika tidak menunjukkan hasil.</p> <p>n. Lakukan percobaan dengan memberikan nilai tekanan 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dari nilai URV (<i>Upper Range Value</i>).</p>
Pengambilan Data	<p>o. Tulis dan catat hasil kalibrasi dengan bentuk dokumen rekaman mutu.</p> <p>p. Pasang kembali perlengkapan <i>Transmitter</i> pada sistem.</p> <p>q. Laporkan kepada pihak operasi setelah pekerjaan selesai dilaksanakan.</p>

2.6 Prinsip Kerja *Pressure Endress Hauser*

Prinsip pengukuran tekanan *Transmitter* Cerabar M PMC41 menggunakan sensor diafragma keramik (Ceraphire®). Alat ini bekerja dengan mengukur perubahan kapasitansi yang disebabkan oleh defleksi diafragma keramik saat tekanan proses secara langsung diberikan kepadanya [15]. Tampilan bagian dalam sensor diafragma dapat dilihat di Gambar 2.4. Tanpa media cairan pengisi, diafragma keramik kering sensor PMC41 terkena tekanan proses secara langsung. Diafragma keramik akan terdefleksi saat tekanan digunakan, mengubah kapasitansi elektroda yang berada di antara lapisan keramik dan diafragma. Kapasitansi yang berubah ini sebanding dengan tekanan yang diterima.



GAMBAR 2.2 BAGIAN DALAM SENSOR DIAFRAGMA

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengukuran

Pengukuran *pressure* perlu dicatat menggunakan multimeter untuk memantau keluaran arus (4 – 20 mA) selama pemeliharaan tahunan. Pengukuran dilakukan pada workshop dan uji tes *Transmitter* serta beberapa pengujian tekanan pada *Transmitter* sebagaimana tercantum pada Tabel 2.1. Setelah dilakukan kalibrasi dan penyesuaian parameter tekanan dan arus pada *pressure Transmitter*, hasil pengukuran ditampilkan pada Tabel 3.1. Proses ini bertujuan memastikan bahwa nilai terukur sesuai dengan standar yang diharapkan.

TABEL 3.1 PENGUKURAN *PRESSURE TRANSMITTER* SETELAH DIKALIBRASI

Input		Output (Hasil Pembacaan Pengukuran)		
Input (%)	Value (bar)	Value (bar)	Output Ideal (mA)	Output Terukur (mA)
0	0	0,041	4	4,027
25	10	10,052	8	8,028
50	20	20,063	12	12,021
75	30	30,286	16	16,023
100	40	40,071	20	20,026

3.2 Hasil Perhitungan Persentase Error Sebelum dan Sesudah Kalibrasi

Nilai *error* dihitung untuk mengevaluasi akurasi *Transmitter* pasca-kalibrasi dengan hasil menunjukkan keakuratan yang memenuhi kriteria untuk aplikasi pengukuran tekanan proses. Nilai *error* sebelum kalibrasi ditampilkan di Tabel 3.2.

TABEL 3.2 DATA NILAI ERROR *PRESSURE TRANSMITTER* SEBELUM DIKALIBRASI

Input		Output (Hasil Pembacaan Pengukuran)				
Input (%)	Value (bar)	Value (bar)	Output Ideal (mA)	Output Terukur (mA)	Error (%)	Error (mA)
0	0	0,035	4	4,46	0,09	2,3
25	10	10,431	8	8,5	1,08	2,5
50	20	21,23	12	12,24	3,08	1,2
75	30	31,786	16	16,76	4,47	3,8
100	40	40,112	20	20,12	0,28	0,6
Rata – Rata Error (%)					1,80	2,08

Berdasarkan hasil perhitungan persentase *Error* pada nilai tekanan dan arus output *Transmitter*, terlihat bahwa kesalahan pembacaan masih kurang signifikan dibandingkan nilai standar. Penyimpangan pengukuran tekanan mencapai 31,799 bar dengan *Error* 4,47%, dan penyimpangan arus sebesar 16,76 mA dengan *Error* 3,8%. Hal ini menunjukkan bahwa *Transmitter* di PT. X memerlukan kalibrasi dan penyesuaian (*adjustment*) agar kinerjanya sesuai standar.

Kalibrasi diperlukan agar *Transmitter* bekerja optimal dan memberikan pengukuran yang akurat sesuai spesifikasi. Berdasarkan analisis, *Transmitter* perlu dikalibrasi ulang sebelum dipasang dan dioperasikan kembali. Tabel 2.1 dan Tabel 3.1 memperlihatkan kelemahan ini secara mendalam, sedangkan Tabel 3.3 mencantumkan peningkatan akurasi setelah kalibrasi.

Setelah dilakukan kalibrasi pada *pressure Transmitter*, nilai *Error* tekanan dan arus output mengalami perbaikan yang

signifikan. Nilai penyimpangan tekanan yang sebelumnya sebesar 31,799 bar dengan persentase *Error* 4,47% berhasil dikurangi menjadi nilai pembacaan tekanan sebesar 30,266 dengan persentase *Error* 0,72%. Contoh perhitungan *error* setelah kalibrasi ditunjukkan sebagai berikut.

$$Error(\%) = \left(\frac{31,286 - 30}{40 - 0} \right) \times 100\% = 0,72\%$$

TABEL 3.3 DATA NILAI ERROR *PRESSURE TRANSMITTER* SESUDAH DIKALIBRASI

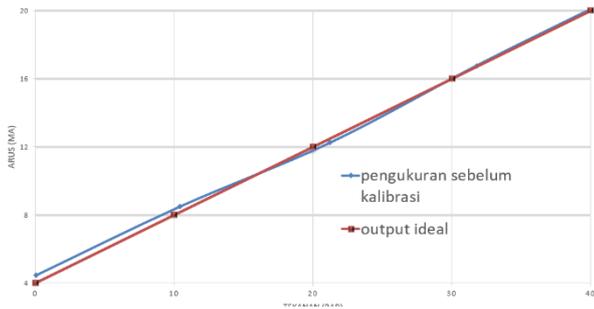
Input		Output (Hasil Pembacaan Pengukuran)				
Input (%)	Value (bar)	Value (bar)	Output Ideal (mA)	Output Terukur (mA)	Error (%)	Error (mA)
0	0	0,041	4	4,027	0,10	0,135
25	10	10,052	8	8,028	0,13	0,14
50	20	20,063	12	12,021	0,16	0,105
75	30	30,286	16	16,023	0,72	0,115
100	40	40,071	20	20,026	0,18	0,13
Rata – Rata Error (%)					1,80	2,08

Kalibrasi ini menghasilkan akurasi pengukuran tekanan lebih mendekati nilai standar yang ditetapkan. Begitu pula dengan nilai arus keluaran, penyimpangan yang semula sebesar 16,76 mA dengan *Error* 3,8% menjadi nilai pembacaan arus sebesar 16,023 mA dengan persentase *Error* 0,115%.

Proses penyesuaian atau *adjustment* menggunakan metode tuning pada *zero Transmitter* dengan mencari nilai URV dan LRV yang sesuai sehingga mendapatkan nilai toleransi *Error* yang kecil atau sedikit. Hal ini juga menunjukkan bahwa kinerja pemancar tekanan ditingkatkan melalui kalibrasi dan penyesuaian, sehingga dapat digunakan kembali dalam proses di PT. X. Untuk mendapatkan hasil pengamatan yang lebih baik, pengujian linearitas dilakukan sebagai representasi visual dari respons data pengukuran pemancar tekanan.

3.3 Pengujian Linearitas

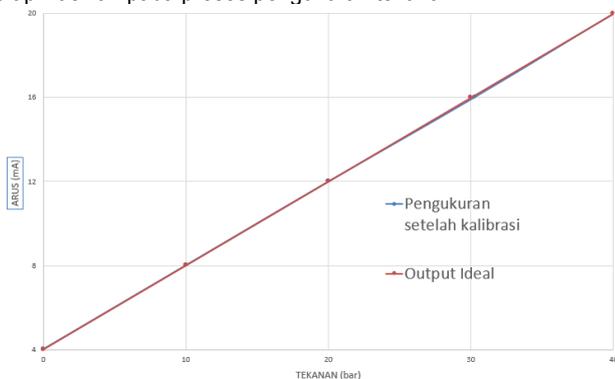
Gambar 3.1 menyediakan temuan uji linearitas pemancar tekanan sebelum kalibrasi menggunakan pendekatan penyetulan berbasis nol. Pada grafik, garis merah menunjukkan keluaran yang diprediksi secara teoritis atau ideal, sedangkan garis biru menunjukkan data pengukuran sebelum kalibrasi transduser. Grafik ini dengan jelas menunjukkan bahwa dari semua lokasi pengukuran, lokasi dengan tekanan 21,23 bar dan arus 12,24 mA memiliki perbedaan terbesar. Hal ini mengindikasikan bahwa garis biru, yang merepresentasikan pengukuran sebelum kalibrasi, menunjukkan deviasi yang cukup besar dari garis merah yang mewakili output ideal. Akibatnya, garis biru tampak tidak linear dan tidak mengikuti pola yang seharusnya. Meskipun terdapat penyimpangan nilai *error* yang kecil membuat garis biru tetap linear di beberapa bagian. Ketidakstabilan ini dikarenakan oleh kecilnya akurasi pembacaan sebelum alat di kalibrasi. Oleh karena itu kalibrasi dan tuning zero ini pada *Transmitter* sangat penting untuk meningkatkan linearitas dan akurasi pengukuran.



GAMBAR 3.1 HASIL PENGUJIAN LINEARITAS PENGUKURAN *TRANSMITTER* SEBELUM DIKALIBRASI

Setelah memeriksa hasil uji linearitas pada pengukuran pemancar tekanan sebelum kalibrasi, langkah berikutnya adalah menguji ulang pemancar setelah kalibrasi untuk memastikan bahwa prosedur penyetelan secara efektif menghilangkan segala ketidaksesuaian. Untuk mengevaluasi seberapa baik prosedur kalibrasi bekerja, kita dapat melihat Tabel 3.3, yang menunjukkan hasil uji linearitas pengukuran pemancar tekanan setelah kalibrasi. Penelitian mengungkapkan bahwa setelah prosedur kalibrasi, hasil uji linearitas pemancar tekanan menunjukkan peningkatan yang substansial. Tampaknya garis biru yang menampilkan hasil pengukuran setelah kalibrasi dan garis merah yang mewakili nilai keluaran ideal (pengukuran teoritis) berjalan secara linear dan hampir paralel dengan ketidakakuratan atau kesalahan rata-rata 0,125 persen. Karena itu, temuan pengukuran lebih andal dan akurat karena kesalahan atau penyimpangan pemancar tekanan minimal selama kalibrasi.

Gambar 3.2 menunjukkan hasil dimana proses kalibrasi telah berhasil memperbaiki kesalahan pengukuran pada *pressure Transmitter*, yang sebelumnya terlihat menyimpang dari garis ideal. Dengan hasil galat rata-rata sebesar 0,125%, *pressure Transmitter* ini telah memenuhi standar akurasi yang ditetapkan. Batasan toleransi kesalahan berikut diizinkan untuk setiap nilai pengukuran: $\pm 0,05\%$, $\pm 0,1\%$, $\pm 0,2\%$, $\pm 0,5\%$, $\pm 1,0\%$, $\pm 1,5\%$, $\pm 2,5\%$, dan $\pm 5\%$ dari nilai terukur maksimum, sebagaimana dinyatakan dalam standar Komisi Elektroteknik Internasional (IEC) No. 13B - 23 tentang akurasi alat ukur. Berdasarkan standar tersebut, *pressure Transmitter* Endress+Hauser M PMC41 yang diuji di laboratorium PT. X dinyatakan memenuhi kriteria akurasi yang diperlukan untuk diaplikasikan pada proses pengukuran tekanan.



GAMBAR 3.2 HASIL PENGUJIAN LINEARITAS PENGUKURAN *TRANSMITTER* SESUDAH DIKALIBRASI

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode kalibrasi zero secara signifikan meningkatkan keakuratan tekanan *transmitter*, dengan kesalahan rata – rata pengukuran turun dari 4,47% menjadi 0,72, Peningkatan keakuratan ini membuat sistem kontrol uap di PT. X lebih stabil, meminimalkan risiko gangguan operasional, dan meningkatkan efisiensi energi. Kalibrasi rutin mengurangi frekuensi perawatan secara mendadak dan menurunkan biaya operasional. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya di industri kertas, namun dengan cakupan yang terletak pada industri petrokimia. Dengan prediksi kedepannya diharapkan penerapan dapat di integrasikan dengan metode *Artificial Intelligence (AI)* atau sistem kalibrasi berbasis *Internet Of Things (IoT)* yang berpotensi meningkatkan efisiensi untuk berbagai industri lainnya.

4. Kesimpulan

Untuk menjaga sistem operasi tetap stabil dan pengukuran tetap akurat, sangat penting untuk mengkalibrasi dan memelihara pemancar tekanan secara teratur, seperti yang telah dibahas dan dianalisis. Jika kalibrasi tidak dilakukan secara teratur, kesalahan pengukuran dapat meningkat seiring waktu, yang dapat berdampak negatif pada efisiensi dan keamanan proses industri. Proses zero calibration yang diterapkan pada tekanan *transmitter* PT. X menunjukkan bahwa itu meningkatkan ketepatan alat. Hasil menunjukkan bahwa kalibrasi tanpa kalibrasi mampu meningkatkan kinerja alat hingga mendekati standar internasional yang ditetapkan oleh IEC, sehingga alat dapat digunakan kembali dengan keandalan yang lebih baik. Hasil ini menunjukkan bahwa penyimpangan tekanan turun dari 4.47% menjadi 0.72%, dan penyimpangan arus turun dari 3.8% menjadi 0.26%. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa dari penelitian sebelumnya yang dilakukan di industri kertas dengan nilai *pressure* rendah, namun pada industri petrokimia dengan *pressure* tinggi juga dapat diterapkan dan menghasilkan nilai *error* yang kecil. Diharapkan pengembangan metode *zero calibration* dapat lebih lanjut dikembangkan dengan *Artificial Intelligence (AI)* untuk prediksi kalibrasi otomatis, serta diintegrasikan dengan *Internet Of Things (IoT)* untuk melakukan kalibrasi jarak jauh (*remote control*). Metode *zero calibration* juga berpotensi diterapkan di industri lain, sehingga meningkatkan efisiensi dan akurasi untuk berbagai industri tersebut.

Referensi

- [1] P. Meilita, R. G. Lina, Restii, and A. Dhiyafakhri, "Industri Petrokimia Indonesia," Apr. 30, 2019, *INA-Rxiv*. doi: 10.31227/osf.io/gdxjr.
- [2] N. Ninasafitri *et al.*, "Kimia Industri," May 21, 2024, *Yayasan Tri Edukasi Ilmiah*. doi: 10.5281/ZENODO.13203126.
- [3] D. Susanto, V. A. R. Pratiwi, A. Rosyidah, and I. D. Mahardika, "TEKNIK PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK," 2023.
- [4] Salsabila Gina Nursyfa, Ika Yuliyani, and Ratu Fenny Muldiani, "Pengaruh Main Overhaul pada Boiler Terhadap Kinerja Menggunakan Metode Direct," *J. Surya Tek.*, vol. 11, no. 1, pp. 357–362, Jun. 2024, doi: 10.37859/jst.v11i1.7325.
- [5] A. U. Rahmawati, L. Wikendi, Y. Maryanty, and N. K. Yusuf,

- “ANALISIS PROSES KIMIA DALAM SIKLUS UAP AIR DI PLTU PAITON UNIT 1 DAN 2,” *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 10, no. 3, pp. 562–571, Sep. 2024, doi: 10.33795/distilat.v10i3.6238.
- [6] L. K. Munandar, “MENGENAL JENIS – JENIS SENSOR DAN PEMANFAATANNYA DI DUNIA INDUSTRI,” 2023.
- [7] L. A. Fatimah and R. Hidayat, “Analisis Hasil Studi Kasus Kalibrasi Pressure Transmitter dengan Metode Zero Calibration,” *ELECTRON J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 1, pp. 21–29, May 2024, doi: 10.33019/electron.v5i1.109.
- [8] E. D. Suminta, “IMPLEMENTASI METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) II PADA CLOSE COOLING WATER SYSTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP,” 2020.
- [9] C. Sihombing, P. R. Rumahorbo, and R. Situmorang, “ANALISIS SISTEM INTERLOCK MOTOR FORCE / INDUCED DRAFT FAN PADA BOILER DENGAN PENGENDALIAN DCS DI PT UNILEVER OLEOCHEMICAL INDONESIA,” 2024.
- [10] K. O. Purnama, D. Setyaningsing, E. Hambali, and D. Taniwiryono, “PELUANG PALM FATTY ACID DISTILLATE DARI INDUSTRI MINYAK SAWIT DALAM PEMBUATAN MONO-DIGLISERIDA The Opportunities of Palm Fatty Acid Distillate from Palm Oil Industry in Production of Mono-Diglyceride,” *Perspektif*, vol. 20, no. 1, p. 11, Nov. 2021, doi: 10.21082/psp.v20n1.2021.11-25.
- [11] A. Irawan, “Kalibrasi Spektrofotometer Sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran dalam Kegiatan Penelitian dan Pengujian,” *Indones. J. Lab.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–9, Apr. 2019.
- [12] M. J. Rezky, “TESTING DAN KALIBRASI MESIN CNC ENGRAVER MACH-MILL DENGAN RANGE,” vol. 8, no. 2, 2024.
- [13] A. M. Purba, M. F. Fahlevi, and A. M. Simanjuntak, “Analisa Verifikasi Dan Kalibrasi Alat Instrumentasi Level Displacer Interface Di Pt. Domas Agroiinti Prima,” *Ilm. Tenaga List.*, vol. 1 (2), pp. 65–74, 2022.
- [14] E. A. Prastyo, “Multimeter: Penggunaan dan Cara Mengukur Tegangan, Arus, dan Resistansi - Edukasi Elektronika | Electronics Engineering Solution and Education,” 2024.
- [15] Endress, “Process pressure measurement Pressure transmitter with ceramic and metal sensors Overload-resistant and function-monitored With Analog, HART or PROFIBUS PA Electronics,” 2022.