

ANALISIS DEVIASI SINYAL 4-20mA PADA SISTEM METERING DI PT. X MENGGUNAKAN PERBANDINGAN KONFIGURASI CURRENT-SPLITTER DAN RESISTOR PADA *FLOW COMPUTER*

Aldora Helga Zivatha¹, Muhammad Hafiz¹

¹Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl Gajah Mada No.38, Kabupaten Blora Jawa Tengah, 58315

*E-mail: btmhafiz@gmail.com

ABSTRAK

Permasalahan utama dalam sistem metering di industri energi dan migas adalah terjadinya deviasi sinyal arus 4–20 mA pada proses konversi ke sinyal tegangan 1–5 Volt menggunakan resistor 250 Ω . Deviasi ini menyebabkan penurunan akurasi pembacaan *Flow Computer*, seperti yang ditemukan di PT. X dengan deviasi mencapai 0,4545%, melebihi batas toleransi Ditmet sebesar 0,25%. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan deviasi sinyal arus 4–20 mA antara dua konfigurasi sistem metering, yaitu current splitter dengan resistor 250 Ω dan *current splitter* dengan sistem *cascade*, guna menentukan konfigurasi yang paling akurat dan stabil untuk menjaga integritas sinyal arus. Metode penelitian meliputi studi literatur, simulasi laboratorium, diskusi dengan tenaga ahli, serta analisis hasil pengujian. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan resistor 250 Ω menghasilkan rata-rata deviasi sebesar 6,97%, sedangkan konfigurasi tanpa resistor hanya 0,14%. Sementara itu, konfigurasi current splitter cascade memberikan performa terbaik dengan deviasi rata-rata 0,1–0,2%. Kesimpulan-nya, konfigurasi cascade mampu mempertahankan kestabilan sinyal arus 4–20 mA dengan tingkat akurasi tinggi, sehingga direkomendasikan untuk aplikasi metering yang membutuhkan presisi tinggi tanpa menambah beban resistif pada loop.

Kata kunci: *Current splitter*, *Flow Computer*, Sistem Metering

1. PENDAHULUAN

Sistem metering merupakan komponen penting dalam industri energi dan migas yang berfungsi untuk mengukur jumlah fluida, baik cair maupun gas, yang dipindahtanggankan dalam transaksi komersial maupun operasional. Akurasi sistem ini sangat krusial karena berpengaruh langsung terhadap nilai ekonomi dan kepatuhan terhadap regulasi *custody transfer*, seperti pada standar internasional OIML R117, ANBT NBR 16020 dan API MPMS 21.2[1], [2]. Dalam praktiknya, alat yang digunakan yaitu *flow computer* untuk menghitung laju alir, massa, serta total volume fluida dengan kompensasi terhadap tekanan, suhu dan faktor kompresibilitas[3], [4]. Salah satu perangkat yang banyak digunakan di industri adalah Emerson S600, yang dikenal memiliki tingkat akurasi tinggi dan memenuhi standar *custody transfer*[5].

Dalam sistem instrumentasi, sinyal analog 4–20 mA sering digunakan untuk transmisi data jarak jauh karena ketahanannya terhadap noise[6]. Namun, perangkat penerima seperti modul input pada *Flow Computer* atau DCS umumnya memerlukan sinyal tegangan (misalnya, 1–5 Volt) sebagai input[7]. Proses konversi sinyal arus ke tegangan dilakukan menggunakan sebuah resistor dengan nilai standar, seperti 250 ohm. Berdasarkan prinsip Hukum Ohm, resistor 250 ohm akan mengubah sinyal 4–20 mA menjadi 1–5 Volt, Lalu standar internasional seperti IEC[8], [9]. Nilai resistor ini juga dipilih karena kompatibel dengan sinyal komunikasi HART berbasis *Frequency Shift Keying*[10]. Namun pada beberapa aplikasi ditemukan bahwa penggunaan resistor dapat menimbulkan deviasi arus akibat penambahan beban pada loop, terutama jika nilai toleransinya tidak ideal atau kondisi komponennya menurun[11]. Untuk

mengatasi keterbatasan pengukuran multi-channel, PT. XYZ menerapkan *signal duplicator* atau *current splitter* yang menduplikasi sinyal 4 – 20 mA menjadi beberapa output arus terisolasi [12].

Dalam sistem metering di PT. X, ditemukan bahwa nilai pembacaan *Flow Computer* melalui resistor ini menunjukkan deviasi sinyal yang melebihi batas toleransi Ditmet sebesar 0,25%, yakni mencapai 0,4545%. Deviasi ini menunjukkan adanya penurunan akurasi yang kemungkinan disebabkan oleh toleransi resistor yang kurang ideal atau kondisi komponen yang menurun [13]. Penelitian sebelumnya telah meneliti desain, kalibrasi dan stabilitas sistem loop 4 – 20 mA serta karakteristik arus pada berbagai beban resistif [14], [15]. Namun, belum ada studi yang secara eksperimental membandingkan dua konfigurasi nyata pada sistem metering industri, yaitu konfigurasi dengan resistor 250 ohm dan konfigurasi *current splitter cascade* tanpa resistor, terutama tentang konteks akurasi sinyal pada proses *custody transfer*. Oleh karena itu, penelitian dan percobaan ini dilakukan untuk menganalisis dan membandingkan deviasi sinyal arus 4 – 20 mA antara konfigurasi tersebut guna memperoleh konfigurasi yang paling akurat dan stabil untuk diterapkan dalam sistem metering PT. X.

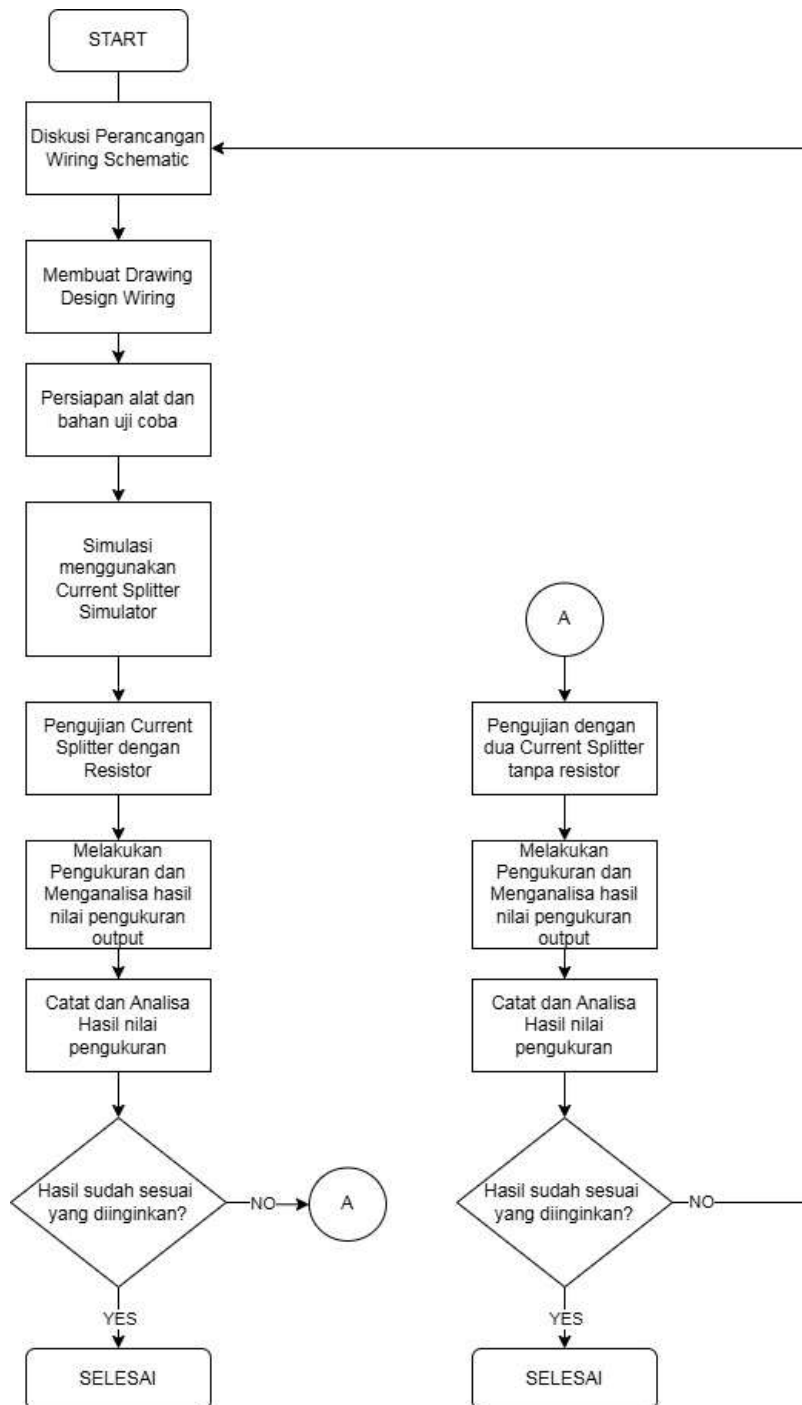
2. METODE

Metode penelitian ini dirancang untuk menganalisis dan membandingkan akurasi pembacaan sinyal arus (4-20mA) pada konfigurasi sistem *metering*. Untuk mencapai tujuan tersebut, penulis membuat serangkaian langkah metodologis yang telah dilakukan, yang mengikuti studi literatur, pengumpulan data melalui simulasi laboratorium, berdiskusi dengan beberapa pihak tersertifikasi dan analisis hasil.

Parameter uji yang akan penulis gunakan adalah membandingkan data nilai pengukuran sistem rangkaian *Current splitter* dengan resistor yang dimana sudah terpasang di PT. X dan *Current splitter* dengan sistem cascade dari kedua rangkaian tersebut manakah yang menghasilkan nilai error mendekati $\pm 0\%$.

A. Metode Kerja

Gambar 1 menunjukkan *flowchart* proses pengujian rangkaian *current splitter* pada sistem instrumentasi. Proses dimulai dari tahap diskusi dan perancangan *wiring schematic*, dilanjutkan dengan pembuatan desain wiring serta persiapan alat dan bahan uji coba. Setelah itu dilakukan simulasi menggunakan *current splitter simulator* untuk memastikan rancangan berfungsi sesuai harapan. Pengujian dilakukan dalam dua skenario, yaitu menggunakan resistor dan dua *current splitter*, dengan tujuan membandingkan hasil pengukuran dan performa masing-masing konfigurasi. Setiap hasil pengujian kemudian dicatat dan dianalisis untuk menentukan apakah nilai output sudah sesuai dengan yang diharapkan. Jika hasil belum sesuai, proses akan diulang dari tahap perancangan hingga diperoleh hasil yang optimal dan stabil sesuai standar pengukuran sinyal 4–20 mA.



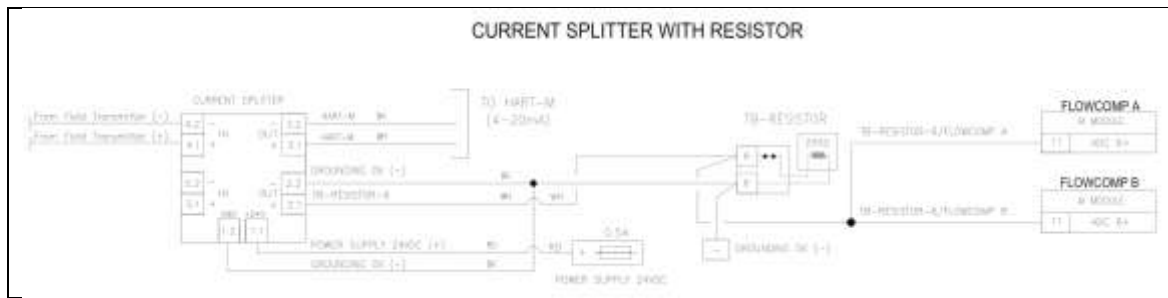
Gambar 1. Flowchart Metode Kerja

B. Schematic Diagram

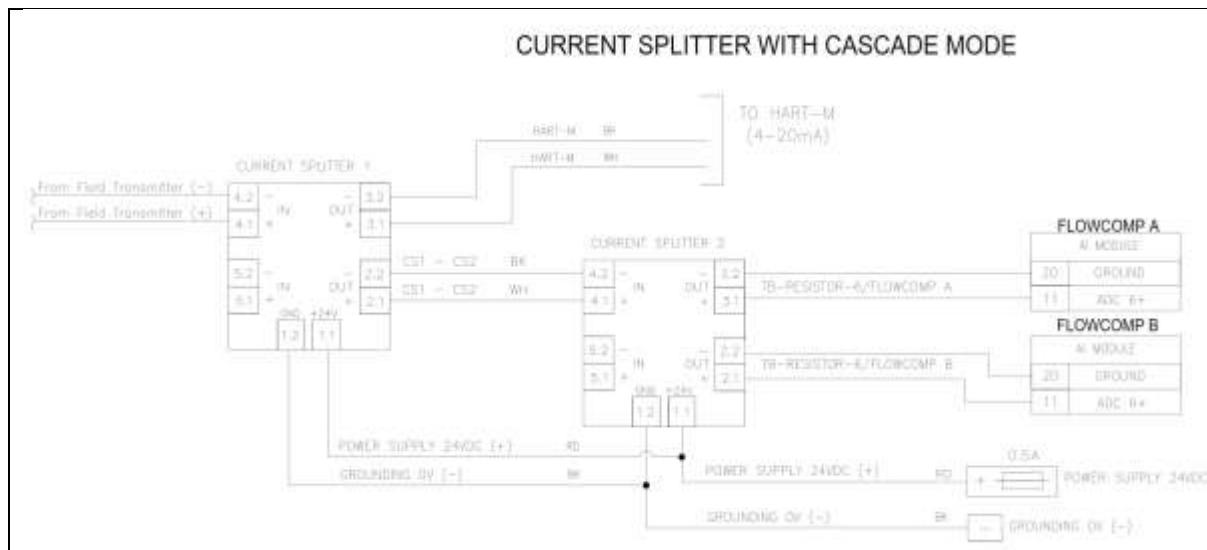
Gambar 2 menunjukkan rangkaian *current splitter* dengan resistor $250\ \Omega$ pada sistem metering PT. X, di mana sinyal 4–20 mA dari *field transmitter* dibagi menjadi dua output, satu menuju HART-MUX untuk kebutuhan DCS, dan satu lagi melalui resistor $250\ \Omega$ pada terminal block (TB – Resistor) untuk dikonversi menjadi tegangan 1–5 V yang dibaca oleh *Flowcomp A* dan *Flowcomp B* melalui modul analog input.

Gambar 3 menunjukkan rangkaian *current splitter* dengan sistem *cascade*, yang dimana sinyal arus 4 – 20 mA dari field transmitter menuju dua modul *current splitter*. Modul pertama output 1 menuju HART – MUX, sedangkan output 2 menuju input modul kedua *current splitter*

lalu output tersebut dibagi ke dua *Flowcomp* A dan B. Kedua current Splitter disuplai 24VDC dengan *grounding* sehingga sinyal tetap stabil.



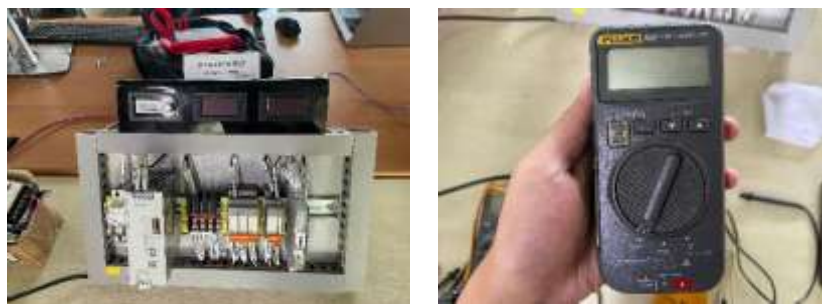
Gambar 2. Schematic Diagram Current Splitter with Resistor



Gambar 3. Schematic Diagram Current Splitter with Cascade Mode

C. Rangkaian Sistem Uji Coba

Dalam sebuah percobaan PT. XYZ menggunakan sebuah simulator atau alat tes uji untuk memperhatikan bahwasanya tidak ada kesalahan kecil atau *minor issue* sebelum diserahkan kepada customer (PT.X). Maka dari itu PT. XYZ mempersiapkan simulator khusus untuk *current splitter* pada *function test* seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Simulator Current Splitter dan Loop Calibrator

Penjelasan dan alat pada Simulator meliputi:

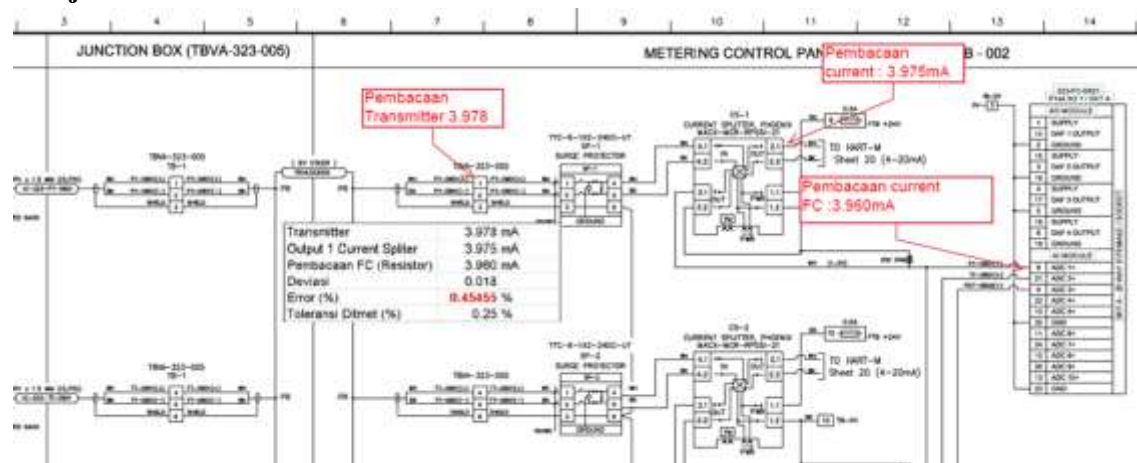
1. MCB AC 240 VAC, untuk menyalakan *Power Supply*.

2. Power supply 24VDC sebagai input untuk menyalakan *Current splitter*.
3. Terminal Block, tempat connector resistor 250 Ohm.
4. Fuse, alat pengaman yang terletak pada rangkaian simulator.
5. *Current splitter*, Alat untuk menduplikasikan sinyal berupa arus menjadi dua output.
6. Loop Calibrator, Alat yang berfungsi untuk menghasilkan, mengukur dan mensimulasikan sinyal arus 4 – 20 mA guna mengkalibrasi perangkat transmitter atau *control valve* [16].

Selain tersebut diatas, terdapat juga *multimeter* untuk membaca nilai arus 4-20 mA pada output *current splitter*. Pada dasarnya *current splitter* terdapat dua output dimana pada seri Phoenix Contact MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I dimana satu output dengan keluaran sinyal 4-20 mA untuk pembacaan pada *Flowcomp* dan satu output tambahan yang telah didukung HART – MUX untuk kebutuhan pada DCS sebagai keinginan PT.X tersebut.

3. PEMBAHASAN

A. Tinjauan Masalah di PT. X



Gambar 5 .Diagram Rangkaian pada PT.X

Sistem metering di PT. X menggunakan sinyal 4–20 mA dari transmitter menuju *flow computer* melalui *current splitter* dan *resistor shunt* 250 Ω seperti tampak pada Gambar 5. Hasil pengukuran menunjukkan deviasi 0,018 mA dengan error 0,4545%, sedikit melebihi batas toleransi Ditmet 0,25%. Deviasi ini kemungkinan disebabkan oleh toleransi resistor, beban loop, atau karakteristik internal splitter. Meski kecil, perbedaan ini penting dievaluasi karena dapat memengaruhi akurasi pengukuran pada sistem *custody transfer*.

B. Hasil Uji Coba Rangkaian

1. Pengujian Uji Coba *Current splitter* dengan Resistor

Pada tahap ini pengujian dilakukan dengan menambahkan resistor pada rangkaian seperti pada Tabel 1. Penambahan resistor digunakan untuk melihat pengaruh komponen tersebut terhadap nilai keluaran arus yang dihasilkan oleh *Current splitter*.

Tabel 1 Percobaan Pengujian *Current splitter* dengan Resistor

Input Signal Referensi	Output Signal Actual
Signal 4mA	
Signal 20mA	

Terdapat pula perhitungan deviasi error meliputi sebagai berikut:

- a. Input 4mA dengan Output Aktual 3,645mA

$$Error = \left[\frac{4 - 3,645}{4} \right] \times 100\% = 8,875\% \quad (1)$$

- b. Input 20mA dengan Output Aktual 18,215mA

$$Error = \left[\frac{20 - 18,215}{20} \right] \times 100\% = 8,925\% \quad (2)$$

Berdasarkan hasil pengujian *Current splitter* dengan resistor, pada input 4 mA diperoleh keluaran 3,645 mA dengan error 8,88%, sedangkan pada input 20 mA diperoleh keluaran 18,215 mA dengan error 8,93%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan resistor menyebabkan penurunan nilai keluaran arus dengan rata-rata error sekitar 9%, namun hasilnya masih dapat digunakan sebagai data pembanding performa rangkaian.

2. Pengujian Uji Coba *Current splitter* dengan Dua *Current splitter*

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan metode *cascade*, yaitu menghubungkan beberapa *Current splitter* secara berurutan seperti pada Tabel 2. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kinerja rangkaian ketika digunakan pada konfigurasi bertingkat. Berdasarkan hasil pengujian *Current splitter* dengan konfigurasi *cascade*, diperoleh bahwa nilai keluaran arus masih sangat mendekati nilai referensi. Pada input 4 mA, keluaran aktual sebesar 3,98 mA dengan error 0,5%. Pada input 8 mA, keluaran sama dengan referensi yaitu 8,00 mA sehingga error 0%. Sedangkan pada input 12 mA, keluaran sebesar 11,98 mA dengan error sekitar 0,17%.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan *Current splitter* secara *cascade* tidak menimbulkan deviasi yang signifikan. Nilai error yang muncul relatif kecil (kurang dari 1%), sehingga rangkaian dapat dikatakan bekerja dengan baik pada konfigurasi bertingkat ini.

Tabel 2. Percobaan Pengujian *Current splitter* dengan Sistem Cascade

Input Signal Referensi	Output Signal Actual
Signal 4mA	
Signal 8mA	
Signal 12mA	
Signal 16mA	
Signal 20mA	

C. Hasil Perhitungan Persentasi Error

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian *current splitter* dengan penambahan resistor 250 Ω . Berdasarkan data, nilai arus keluaran pada Out 1 (dengan resistor) cenderung lebih rendah dibanding Out 2 (tanpa resistor). Rata-rata deviasi error yang dihasilkan pada Out 1 sebesar 6,97%, sedangkan pada Out 2 hanya 0,14%. Hasil percobaan menunjukkan bahwa penggunaan resistor menyebabkan penurunan akurasi sinyal arus 4-20 mA, terutama pada nilai input rendah, akibat adanya tambahan beban pada rangkaian loop.

Tabel 3. Percobaan *Current splitter* dengan Resistor (250 ohm)

Percobaan <i>Current splitter</i> dengan Resistor (250 ohm)					
No	Input (mA)	Out 1 (mA) <i>Current splitter</i> + Resistor	Out 2 (mA) <i>Current splitter</i> tanpa Resistor	Dev Error Out 1	Dev Error Out 2
1	4	3,645	3,988	8,88%	0,30%
2	8	7,324	7,992	8,45%	0,10%
3	12	11,22	11,998	6,50%	0,02%
4	16	15,448	15,978	3,45%	0,14%
5	20	18,488	19,967	7,56%	0,17%
6	Mean Error (%)			6,97%	0,14%

Adapun perhitungan Mean Error seperti dibawah ini:

a. Rumus Menghitung Nilai Rata – rata Error

$$\text{Rata – rata error} = \frac{\sum \text{Nilai error}}{\text{Jumlah Data}} \quad (3)$$

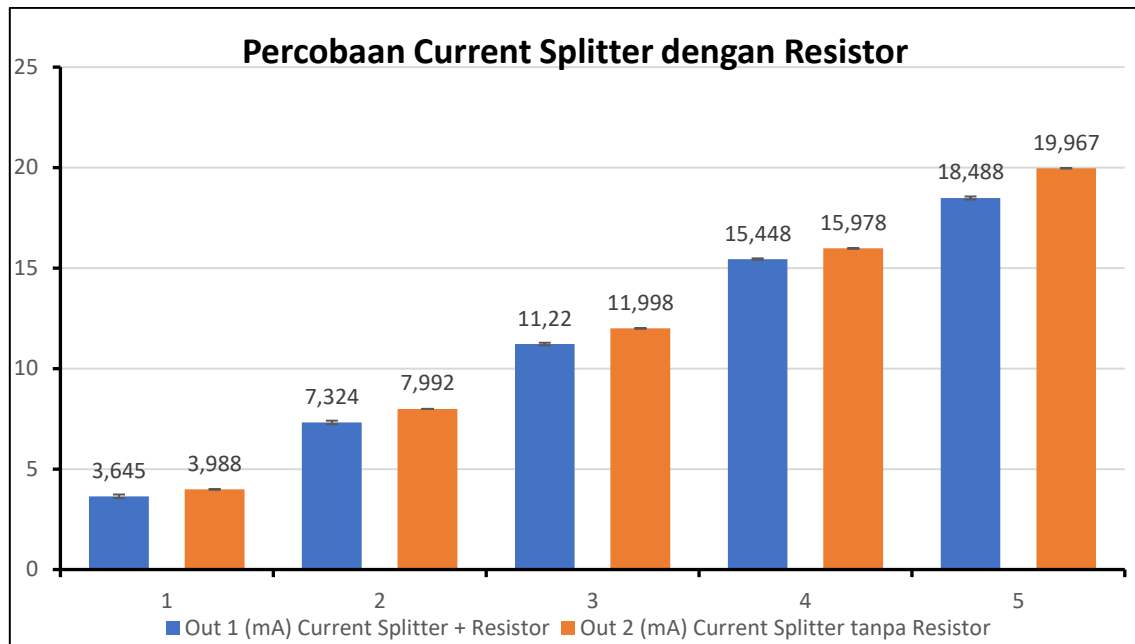
b. Nilai Rata – rat Error Output 1 *Current splitter* + Resistor

$$\text{Rata – rata error} = \frac{\sum 8,88 + 8,45 + 6,50 + 4,45 + 7,56}{5} = 6,97\% \quad (4)$$

c. Nilai Rata – rata Error Output 1 *Current splitter*

$$\text{Rata – rata error} = \frac{\sum 0,30 + 0,10 + 0,02 + 0,14 + 0,17}{5} = 0,14\% \quad (5)$$

Gambar 6 memperlihatkan hasil pengujian arus keluaran pada *current splitter* dengan penambahan resistor 250 Ω . Terlihat bahwa nilai arus Out 1 (dengan resistor) sedikit lebih rendah dibanding Out 2 (tanpa resistor) di setiap titik input. Selisih ini menunjukkan adanya penurunan sinyal akibat beban tambahan dari resistor pada rangkaian loop. Meskipun tren kenaikan arus tetap linear terhadap input, nilai deviasi yang cukup besar menandakan bahwa penggunaan resistor dapat memengaruhi akurasi sistem pengukuran arus.

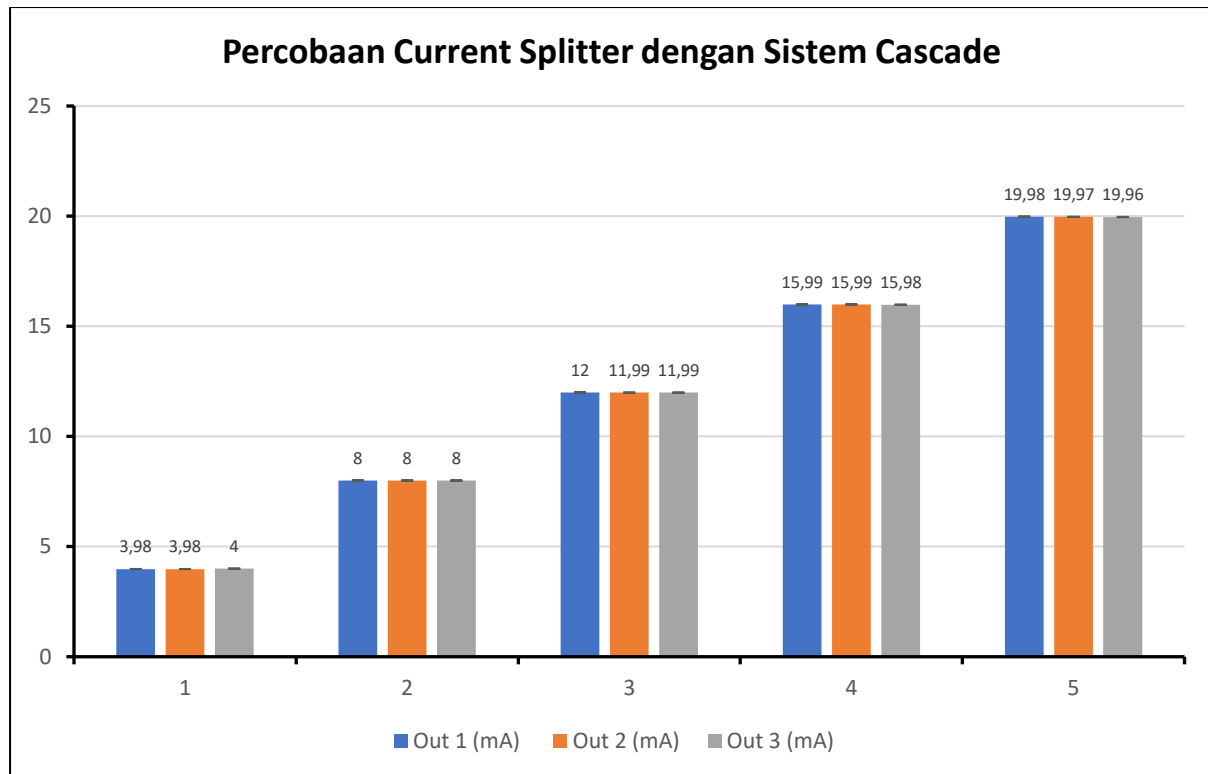


Gambar 6. Percobaan *Current splitter* dengan Resistor

Tabel 4 Percobaan Current splitter dengan Sistem Cascade

Percobaan <i>Current splitter</i> dengan Sistem Cascade							
No	Input (mA)	Out 1 (mA)	Out 2 (mA)	Out 3 (mA)	Dev Error Out 1	Dev Error Out 2	Dev Error Out 3
1	4	3,98	3,98	4	0,5%	0,5%	0,0%
2	8	8	8	8	0,0%	0,0%	0,0%
3	12	12	11,99	11,99	0,00%	0,1%	0,1%
4	16	15,99	15,99	15,98	0,1%	0,1%	0,1%
5	20	19,98	19,97	19,96	0,1%	0,2%	0,2%
6	Mean Error (%)				0,1%	0,2%	0,1%

Tabel 4 menyajikan hasil eksperimen *Current splitter* dengan Sistem Cascade pada rentang input 4 mA hingga 20 mA. Data menunjukkan akurasi sinyal arus yang sangat tinggi, di mana nilai keluaran (*Out 1*, *Out 2*, *Out 3*) sangat mendekati nilai masukan. Deviasi error yang terukur secara konsisten sangat rendah (sebagian besar di bawah 0,5%), menegaskan bahwa konfigurasi *cascade* ini cukup baik dalam memabagi atau menduplikasi arus 2 atau lebih output. Adapun untuk grafik dapat terlihat pada Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7 Percobaan *Current splitter* dengan Sistem Cascade

D. Pembahasan dan analisis

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan penulis, sistem *current splitter* menunjukkan performa yang cukup baik dalam mempertahankan kestabilan sinyal arus 4–20 mA. Pada konfigurasi dengan resistor 250 Ω , ditemukan adanya deviasi arus yang relatif lebih besar, yaitu antara 3,45–8,88%, disebabkan oleh penurunan tegangan akibat beban tambahan dari resistor yang memungkinkan *current splitter* mendeteksi bahwa resistor sebagai beban. Hal ini menandakan bahwa penggunaan resistor dapat memengaruhi akurasi pembacaan arus, terutama pada arus. Sebaliknya, pada pengujian tanpa resistor, nilai deviasi jauh lebih kecil, hanya sekitar 0,02–0,30%, yang menunjukkan bahwa sinyal arus lebih stabil ketika tidak ada tambahan beban resistif pada jalur output. Sementara itu, hasil pengujian pada sistem *cascade* memperlihatkan kinerja terbaik dengan nilai arus output hampir identik dengan input, serta deviasi error yang sangat kecil yaitu hanya 0,00–0,8%. Ini membuktikan bahwa konfigurasi *cascade* mampu mempertahankan kestabilan arus meskipun sinyal diteruskan melalui beberapa tahap pembagian.

Secara keseluruhan, dari ketiga konfigurasi yang diuji, sistem *current splitter* tanpa resistor dan sistem *cascade* menunjukkan hasil yang paling akurat dan stabil. Namun, resistor tetap dibutuhkan pada kondisi tertentu seperti untuk keperluan pembacaan analog oleh *flow computer*, sehingga kompromi antara akurasi dan kebutuhan sistem tetap harus diperhatikan.

4. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan resistor 250 Ω pada konfigurasi *current splitter* menurunkan akurasi sinyal 4–20 mA dengan rata-rata deviasi sebesar 6,97%, sedangkan tanpa resistor hanya 0,14%. Konfigurasi *current splitter cascade* memberikan hasil paling akurat dengan deviasi 0,1–0,2% dan kestabilan mencapai 99,8% terhadap nilai input, sehingga direkomendasikan untuk sistem metering yang menuntut presisi tinggi. Ke depan, penelitian dapat dikembangkan melalui uji lapangan, penerapan pemantauan berbasis *IoT*, perbandingan

performa antar merek *current splitter*, serta analisis keekonomian untuk implementasi di industri.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. O. Almeida, E. A. Aguiar Júnior, and R. P. B. Costa-Felix, "Regulation of flow computers for the measurement of biofuels," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 975, p. 012017, Mar. 2018, doi: 10.1088/1742-6596/975/1/012017.
- [2] Y. Zhang and J. Wang, "Review of metering and gas measurements in high-volume shale gas wells," *J. Pet. Explor. Prod. Technol.*, vol. 12, no. 6, pp. 1561–1594, June 2022, doi: 10.1007/s13202-021-01395-9.
- [3] U. N. Edi, "SISTEM KOMPUTER DI METERING SYSTEM," vol. 06, no. 4, Dec. 2016.
- [4] S. N. Ramadas, G. Harvey, and A. Tweedie, "Finite element modelling study to explore the possibilities of ultrasonic gas flow measurement in wet-gas applications," in *2016 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS)*, Tours, France: IEEE, Sept. 2016, pp. 1–4. doi: 10.1109/ULTSYM.2016.7728420.
- [5] O. Mohammed, H. Abdelkader, and B. Ali, "Analysis of industrial measurement uncertainty of the gas mass flow using the ultrasonic metering system," in *2018 International Conference on Applied Smart Systems (ICASS)*, Medea, Algeria: IEEE, Nov. 2018, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICASS.2018.8651951.
- [6] D. Xu, P. Udupudi, and J. Schneider, "Isolated Loop Powered 4 to 20mA Field Transmitter Designs," 2024.
- [7] Y. Guan, C. Cecati, J. M. Alonso, and Z. Zhang, "Review of High-Frequency High-Voltage-Conversion-Ratio DC–DC Converters," *IEEE J. Emerg. Sel. Top. Ind. Electron.*, vol. 2, no. 4, pp. 374–389, Oct. 2021, doi: 10.1109/JESTIE.2021.3051554.
- [8] J. Arumun and E. Eronu, "Low-Cost 4-20 mA Loop Calibrator," *J. Flow Control Meas. Amp Vis.*, vol. 11, no. 03, pp. 49–63, 2023, doi: 10.4236/jfcmv.2023.113004.
- [9] E. Y. Song, M. Burns, A. Pandey, and T. Roth, "IEEE 1451 Smart Sensor Digital Twin Federation for IoT/CPS Research," in *2019 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)*, Sophia Antipolis, France: IEEE, Mar. 2019, pp. 1–6. doi: 10.1109/SAS.2019.8706111.
- [10] Y. Li, Y. Wang, and C. Ma, "Design of communication system in intelligent instrument based on HART protocol," in *2015 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA)*, Beijing, China: IEEE, Aug. 2015, pp. 351–356. doi: 10.1109/ICMA.2015.7237510.
- [11] S. Abdussamad, "Implementasi Pengukuran Beban Resistif Pada Lampu Pijar," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 83–86, Jan. 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i1.12064.
- [12] "MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I - Repeater power supply - 2865340 | Phoenix Contact." Accessed: Nov. 11, 2025. [Online]. Available: <https://www.phoenixcontact.com/en-pc/products/power-input-isolating-amplifier-macx-mcr-ex-sl-rpssi-i-2865340>
- [13] Fadlil, "Desain Alat Ukur Kuat Medan Listrik dengan Sensor Elektroda Kapasitif dan Metode Kalibrasi Regresi Linier," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 23, no. 2, Nov. 2024, doi: 10.31358/techné.v23i2.476.
- [14] B. Aggarwal and V. Sharma, "A New Improved Current Splitter OTA with Higher Transconductance and Slew Rate," *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 131, no. 4, pp. 2477–2492, Aug. 2023, doi: 10.1007/s11277-023-10547-5.
- [15] P. B. Petrović, "New current-mode RMS-to-DC converters and four-quadrant multiplier/divider based on VDTA," *IET Circuits Devices Syst.*, vol. 14, no. 4, pp. 490–497, July 2020, doi: 10.1049/iet-cds.2019.0373.
- [16] M. Irsyam and N. Nopriadi, "ANALISA PROSES KALIBRASI KATUP PENUTUP PADA PEMBANGKIT LISTRIK DI PT. MITRA ENERGI BATAM," *SIGMA Tek.*, vol. 3, no. 2, pp. 160–170, Nov. 2020, doi: 10.33373/sigma.v3i2.2745.