

Simulasi dan Pengukuran Rangkaian Konverter Analog ke Digital Resolusi 8 Bit Berbasis IC ADC0804 dan IC ADC0809

Simulation and Measurement of 8 Bit Resolution Analog to Digital Converter Circuits Based on IC ADC0804 and IC ADC0809

Catra Indra Cahyadi¹, Kurniaty Atmia², Panangian Mahadi Sihombing^{3*}

^{1,2}Program Studi Teknik Listrik Bandar Udara,

³Program Studi Teknik Elektro,

Universitas Al-Azhar, Medan, Indonesia

Jl. Penerbangan No.85 Jamin Ginting KM.8,5 Medan, Indonesia

*Corresponding author: mahadinababan@gmail.com

ABSTRAK

DOI;
10.30595/jrst.v7i1.15939

Histori Artikel:

Diajukan:
20/12/2022

Diterima:
07/02/2023

Diterbitkan:
01/03/2023

Konverter analog ke digital telah memainkan peranan penting karena sistem digital memiliki banyak keunggulan yang tidak dimiliki oleh sistem analog. Hal tersebut dibuktikan oleh sistem digital yang telah banyak diaplikasikan di berbagai bidang yang meliputi sistem telekomunikasi dan navigasi serta sistem kontrol. Keakuratan konverter dalam mengkonversi analog ke digital menentukan kualitas suatu sistem digital. Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja dua rangkaian konverter analog ke digital yang masing-masing berbasis *integrated circuit* (IC) ADC0804 dan IC ADC0809. Metode yang digunakan adalah metode simulasi dan metode pengukuran. Formula statistik berupa *mean error* dan *standard deviation error* (SDE) juga digunakan untuk menentukan tingkat keakuratan setiap rangkaian konverter. Jumlah sampel yang digunakan sebanyak 200 sampel yang terdiri dari 100 sampel hasil simulasi dan 100 sampel hasil pengukuran. Berdasarkan hasil percobaan diperoleh bahwa ME dan SDE hasil simulasi rangkaian konverter berbasis IC ADC0809 adalah 0,60₁₀ dan 0,51₁₀. Sedangkan berdasarkan hasil pengukuran diperoleh ME 1,30₁₀ dan standar deviasi 1,38₁₀. Rangkaian konverter berbasis IC ADC0804 memiliki ME dan SDE masing-masing 1,53₁₀ dan 0,61₁₀ untuk hasil simulasi sedangkan untuk hasil pengukuran 2,37₁₀ dan 1,44₁₀. Nilai *mean error* dan standar deviasi rangkaian konverter berbasis IC ADC0809 lebih kecil baik berdasarkan hasil simulasi maupun hasil pengukuran. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa rangkaian konverter berbasis IC ADC0809 lebih akurat dari pada rangkaian konverter berbasis IC ADC0804.

Kata Kunci: Konverter Analog ke Digital, *Mean Error*, Standar Deviasi, IC ADC0804 dan IC ADC0809

ABSTRACT

Analog to digital converters have played an important role because digital systems have many advantages that analog systems do not have. This is evidenced by digital systems that have been widely applied in various fields including telecommunications and navigation systems and control systems. The accuracy of the converter determines the quality of a digital system. This study aims to analyze the performance of two analog-to-digital converter circuits, each based on the ADC0804 integrated circuit (IC) and the ADC0809 IC. The methods used are simulation methods and measurement methods. Statistical formulas i.e. mean error (ME) and standard deviation error (SDE) are also used to determine the accuracy level of each converter circuit. The number of samples used was 200 samples consisting of 100 simulation samples and 100 measurement samples. Based on the results of the experiment, it was obtained that the ME and SDE of the

simulation results of the ADC0809 IC-based converter circuit were $0,60_{10}$ and $0,51_{10}$. Meanwhile, based on the measurement results, a ME of $1,30_{10}$ and a SDE of $1,38_{10}$ were obtained. The ADC0804 IC-based converter circuit has ME and SDE of $1,53_{10}$ and $0,61_{10}$ respectively for simulation results while for measurement results of $2,37_{10}$ and $1,44_{10}$, respectively. The ME and SDE values of the ADC0809 IC-based converter circuit are smaller based on both simulation results and measurement results. Based on this, it can be seen that the ADC0809 IC-based converter circuit is more accurate than the ADC0804 IC-based converter circuit.

Keywords: Analog to digital converter, mean error, standard deviation, IC ADC0804 and IC ADC0809

1. PENDAHULUAN

Konverter analog ke digital umumnya diaplikasikan untuk mengkonversi sinyal analog dari keluaran suatu sensor (transduser) menjadi sinyal digital. Selanjutnya sinyal digital tersebut dikirimkan ke suatu mikroprosesor atau mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut. Mikroprosesor dan sensor adalah komponen-komponen penting penyusun teknologi *internet of things* (IoT) (Mollah et al., 2021; S. Verma, S. Zeadally, 2022). Teknologi IoT memiliki potensi dan kapasitas yang besar untuk menjadikan sistem transportasi cerdas (*intelligent transportation systems* – ITS) menjadi efisien, aman, cerdas, andal dan berkelanjutan (Zhu et al., 2020). Hal ini disebabkan karena teknologi IoT dapat mengintegrasikan kendaraan dengan jaringan internet serta komponen lain yang terkait dengan lingkungan. Komponen tersebut dapat berupa infrastruktur publik, sensor, *global positioning systems* (GPS), pejalan kaki, dan kendaraan lainnya. Dengan demikian, konverter analog ke digital yang diimplementasikan pada teknologi ITS mampu meningkatkan efisiensi trafik lalu lintas di pusat kota dan keamanan pengguna jalan (C. Chen et al., 2021; S. Verma, S. Zeadally, 2022). Berdasarkan hal tersebut, kecepatan dan keakuratan sebuah konverter untuk mengkonversi sinyal analog menjadi sinyal digital dapat mempengaruhi kinerja sistem ITS. Selain itu, penggunaan konverter yang sesuai dengan kebutuhan berdasarkan penggunaan daya, biaya dan ukuran konverter yang sederhana (*low profile*) juga perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan efisiensi pada sistem ITS.

Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja rangkaian konverter analog ke digital berbasis IC ADC0804 dan IC ADC0809. Analisis kinerja meliputi perbandingan tingkat keakuratan kedua rangkaian konverter dalam mengkonversi sinyal analog menjadi sinyal digital. Dengan demikian, dapat diketahui jenis IC ADC yang lebih baik dalam mengkonversi sinyal analog menjadi sinyal digital. Walaupun sudah tersedia dipasaran sistem ADC yang tertanam (*embedded*) di dalam mikrokontroler

atau mikroprosesor sehingga menjadikan sistem semakin kompak (*compact*), namun penelitian ini tetap menganalisis kinerja IC ADC yang tidak tertanam di dalam mikrokontroler ataupun mikroprosesor. Hal ini disebabkan karena keterbatasan jumlah pin analog yang terdapat pada mikrokontroler atau prosesor. Sehingga diperlukan tambahan rangkaian untuk mengatasi kebutuhan pin analog yang berlebih dalam suatu proyek tertentu (Richardo et al., 2022).

IC ADC0804 dan IC ADC0809 merupakan teknologi *complementary metal-oxide-semiconductor* (CMOS) yang mengaplikasikan metode *successive approximation* untuk mengkonversi sinyal analog menjadi sinyal digital. Kedua IC tersebut telah banyak diaplikasikan pada berbagai sistem kontrol karena memiliki beberapa keunggulan seperti kecepatan, keakuratan dan fleksibilitas yang tinggi, serta konsumsi daya rendah, (D. Chen et al., 2022; Sihombing et al., 2022). Untuk mengetahui kinerja kedua rangkaian konverter tersebut maka digunakan dua metode, yaitu metode simulasi menggunakan Simulator Proteus dan metode pengukuran menggunakan modul kit konverter analog ke digital. Selanjutnya, kedua hasil metode tersebut dianalisis terhadap hasil teori (perhitungan) menggunakan formula statistika, yaitu *mean error* dan standar deviasi.

Terdapat beberapa penelitian yang pernah dilakukan terkait rangkaian konverter analog ke digital. Yidong telah mengaplikasikan IC ADC0804 pada sistem pengontrolan sumber arus searah (*direct current*–DC). Berdasarkan hasil penelitian tersebut, IC ADC0804 memiliki akurasi yang tinggi dalam mengkonversi sinyal analog menjadi sinyal digital (Du, 2018). Sacko telah meneliti rangkaian konverter berbasis IC ADC0804 dengan hasil bahwa IC ADC0804 sensitif terhadap pergeseran komparator dan linearitas dari ADC sehingga mempengaruhi kinerja IC tersebut. Namun pada penelitian tersebut belum disertakan data sample pengujian kinerja IC ADC0804 (Sacko et al., 2018). Hongwu Jiang telah mengembangkan rancangan ADC konvensional untuk aplikasi *compute-in-memory* (CIM). Rancangan ADC

tersebut memiliki resolusi 6 bit sementara pada penelitian ini mengaplikasikan rancangan ADC dengan resolusi 8 bit (Jiang et al., 2022). (Bang et al., 2017) Huiling juga telah meneliti kinerja IC ADC0809 yang diaplikasikan dalam sistem pengukuran tegangan. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa IC ADC0809 memiliki beberapa keunggulan, yaitu mampu mengkonversi tegangan dengan akurat, rentang pengukuran yang lebar, dan konsumsi daya yang rendah. Namun pada Penelitian Huiling belum membandingkan dengan kinerja IC ADC0804. Dimana kedua IC merupakan ADC dengan resolusi 8 bit (Jin & Zhang, 2022).

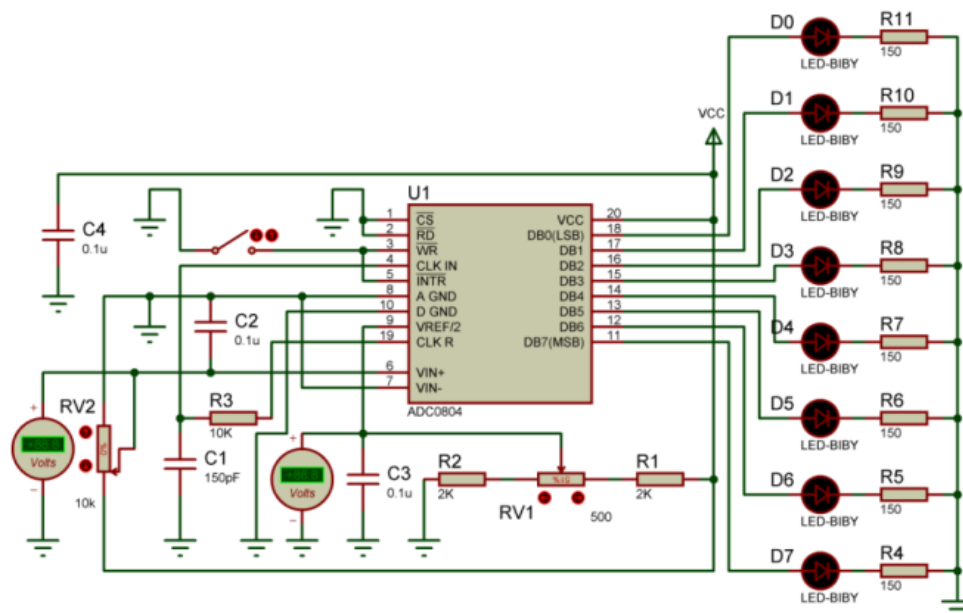
2. METODE PENELITIAN

Terdapat tiga metode yang dilakukan pada penelitian ini untuk menganalisis kinerja masing-masing rangkaian konverter berbasis IC

ADC0804 dan IC ADC0809. Ketiga metode tersebut adalah metode simulasi, metode pengukuran, dan metode analisis.

2.1 Metode Simulasi

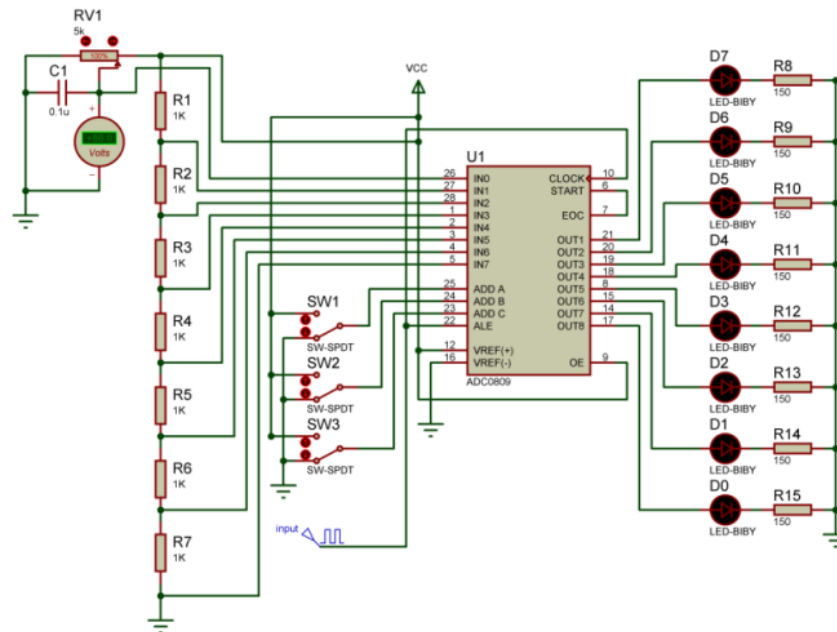
Simulator ISIS Proteus 8.11 telah digunakan pada penelitian ini untuk mensimulasi dua rangkaian konverter analog ke digital. Simulator tersebut banyak diaplikasi pada penelitian-penelitian sebelumnya karena memiliki keakuratan yang tinggi dalam mensimulasi rangkaian elektronika (Ávila et al., 2018; Hernandez et al., 2022; Shuvo et al., 2019). Tahapan simulasi dimulai dengan mendesain rangkaian konverter berbasis IC ADC0804 dan berbasis IC ADC0809 menggunakan simulator. Hasil desain kedua rangkaian konverter tersebut masing-masing diperlihatkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Rangkaian Konverter Berbasis IC ADC0804 pada Simulator (*Analog Communication Systems Applications and Measurements*, 2014)

Tahapan kedua adalah menentukan masukan analog berupa tegangan DC pada masing-masing rangkaian konverter secara sampling. Pada penelitian ini digunakan data sampling sebanyak 100 data. Data sampling tersebut ditentukan dari rentang tegangan masukan analog dari 0,0 V – 5,0 V dengan

peningkatan 50 mV tiap tahapan. Rentang 0,0 V – 5,0 V digunakan karena sesuai dengan kapasitas kinerja dari kedua IC ADC. Sedangkan peningkatan sebesar 50 mV dipilih untuk mendapatkan 100 data sampling dari total data keseluruhan sebanyak 255 data (Sihombing et al., 2022).



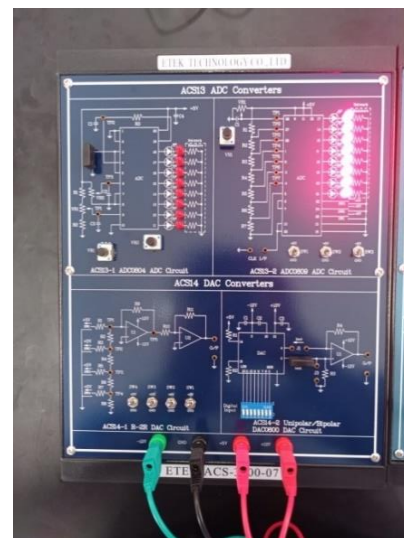
Gambar 2. Rangkaian Konverter Berbasis IC ADC0809 pada Simulator (*Analog Communication Systems Applications and Measurements*, 2014)

Selain itu, 50 mV telah melebihi batas nilai tegangan masukan analog minimal yang dapat dikonversi menjadi sinyal digital bernilai 1 *least significant bit* (LSB), yaitu sebesar 20 mV (Instruments, 2013b, 2013a).

Berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2, tegangan masukan analog pada rangkaian konverter berbasis IC ADC0804 diberikan melalui Pin 6 (Vin+) dengan potensiometer RV2 berfungsi memvariasikan besar tegangan masukan analog yang diberikan. Sedangkan pada rangkaian konverter berbasis IC ADC0809, tegangan masukan analog diberikan melalui Pin 20 (IN0) dengan potensiometer RV1 bertindak sebagai pengatur tegangan masukan analog. Tahapan terakhir metode simulasi adalah mengumpulkan data hasil konversi sinyal analog ke sinyal digital. Selanjutnya, mengkonversi sinyal digital berupa bilangan biner yang diperoleh dari indikator LED menjadi bilangan desimal agar mudah untuk dianalisis.

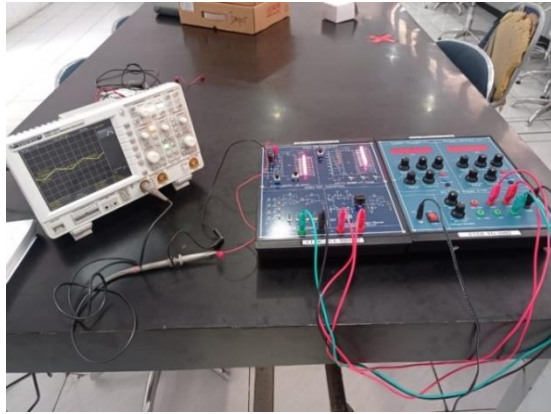
2.2. Metode Pengukuran

Modul Kit ETEK ACS-3000-07 digunakan pada penelitian ini untuk menguji kinerja kedua IC ADC secara langsung dalam mengkonversi sinyal analog menjadi sinyal digital. Kedua rangkaian konverter pada Modul Kit ETEK ACS-3000-07 diperlihatkan pada Gambar 3. Tahapan pertama yang dilakukan adalah merangkai modul kit seperti diperlihatkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 3. Modul Kit ETEK ACS-3000-07

Modul ACS13-1 adalah rangkaian konverter berbasis IC ADC0804, sedangkan Modul ACS13-2 adalah rangkaian konverter berbasis IC ADC0809. Untuk merangkai modul tersebut agar dapat bekerja, maka digunakan sumber eksternal berupa *function generator* dan beberapa kabel penghubung. Berdasarkan Gambar 3, tegangan masukan analog rangkaian konverter berbasis IC ADC0804 diberikan melalui Pin 6 dan diatur menggunakan VR2.



Gambar 4. Modul Kit ETEK ACS-3000-07

Selanjutnya, berdasarkan Gambar 4, Pin 26 digunakan sebagai masukan analog untuk rangkaian konverter berbasis IC ADC0809 dan masukan analog tersebut diatur oleh VR1. Alat ukur osiloskop digunakan pada penelitian ini untuk memastikan tegangan pada bagian *test paid* 1 (TP 1) bernilai 2,5 V. Pada keadaan tersebut, rangkaian konverter berbasis IC ADC0804 memiliki rentang tegangan masukan analog sebesar 0,0 V–5,0 V. Selain itu, osiloskop juga berfungsi untuk memastikan masukan frekuensi *clock* pada rangkaian konverter berbasis IC ADC0809 bernilai 120 KHz. Nilai tersebut digunakan untuk mencapai kinerja yang maksimum dari rangkaian konverter berbasis IC ADC0809 (Instruments, 2013b). Sama halnya pada metode simulasi, tegangan masukan analog diukur menggunakan multimeter digital dan tegangan keluaran digital yang diindikasikan oleh lampu LED dikonversi menjadi bilangan desimal.

2.3 Metode Analisis Data

Terdapat tiga jenis data penelitian pada penelitian ini, yaitu data penelitian hasil perhitungan, hasil simulasi dan hasil pengukuran. Data hasil perhitungan konversi sinyal analog menjadi sinyal digital digunakan sebagai tolak ukur untuk menentukan kinerja kedua rangkaian konverter. Untuk memperoleh data hasil perhitungan maka digunakan metode perhitungan yang telah dilakukan pada Penelitian (Sihombing et al., 2022).

Tahapan analisis data dilakukan dengan membandingkan data hasil perhitungan terhadap data hasil simulasi dan data hasil perhitungan terhadap data hasil pengukuran. Dua buah formula statistik digunakan untuk menganalisis kedua perbandingan data penelitian tersebut, yaitu *mean error* dan standar deviasi yang masing-masing diperlihatkan pada Persamaan 1 dan Persamaan 2.

$$ME = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |D_{hit.i} - D_{cob.i}| \quad (1)$$

$$SDE = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (|D_{hit.i} - D_{cob.i}| - ME)^2} \quad (2)$$

dimana,

ME = *mean error* (10).

SDE = *standard deviation error* (10).

n = jumlah data penelitian.

Dhit.i = data hasil perhitungan ke - i (10).

Dcob.i = data hasil percobaan ke - i (10).

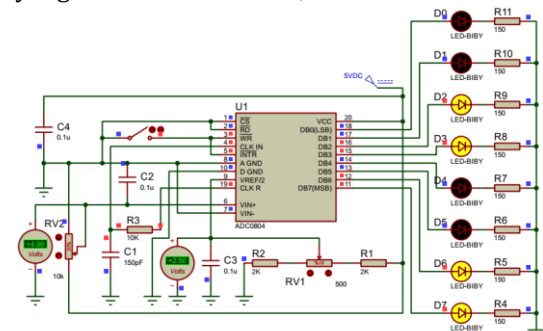
Data percobaan dari kedua formula tersebut dapat berupa data percobaan hasil simulasi dan hasil pengukuran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan metodologi penelitian, maka terdapat dua buah analisis data penelitian, yaitu analisis data hasil simulasi dan analisis data hasil pengukuran.

3.1 Analisis Data Simulasi

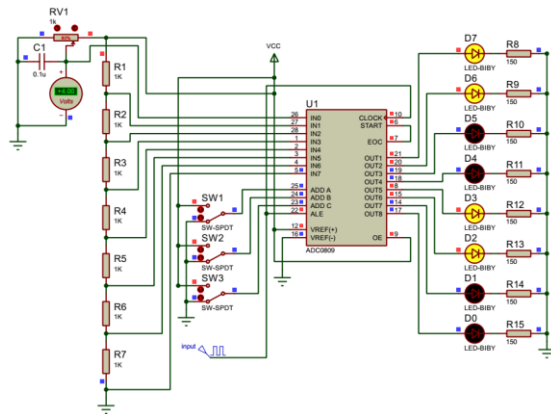
Gambar 5 adalah salah satu data hasil simulasi rangkaian konverter berbasis IC ADC0804 dengan tegangan masukan analog yang diberikan sebesar 4,00 V.



Gambar 5. Hasil Simulasi Konversi Tegangan Masukan 4,0V Berbasis IC ADC0804

Berdasarkan Gambar 5, D0 adalah *least significant bit* (LSB) sedangkan D7 adalah *most significant bit* (MSB) sehingga dapat diketahui keluaran sinyal digital berupa bilangan biner yang direpresentasikan melalui indikator LED adalah 11001100₂. Dengan mengkonversi bilangan biner tersebut ke dalam bilangan desimal maka diperoleh konversi tegangan masukan analog 4,00V sebesar 204₁₀.

Gambar 6 adalah hasil simulasi rangkaian konverter berbasis IC ADC0809 untuk tegangan masukan analog sebesar 4,00 V.



Gambar 6. Hasil Simulasi Konversi Tegangan Masukan 4,0 V Berbasis IC ADC0809

Berdasarkan Gambar 6, D7 adalah MSB dan D0 adalah LSB. Dengan demikian, diperoleh bilangan biner hasil konversi adalah 11001100₂ atau jika dikonversi ke bilangan desimal menjadi 204₁₀.

Selanjutnya, dengan menggunakan Persamaan 3 maka dapat dihitung konversi tegangan masukan analog 4,00V sebagai berikut (Sihombing et al., 2022; Wang et al., 2022).

$$D_{\text{perhit},i} = \frac{V_{\text{in},i}}{Q}$$

$$D_{\text{perhit},4,50V} = \frac{4000 \text{ mV}}{19,6 \text{ mV}}$$

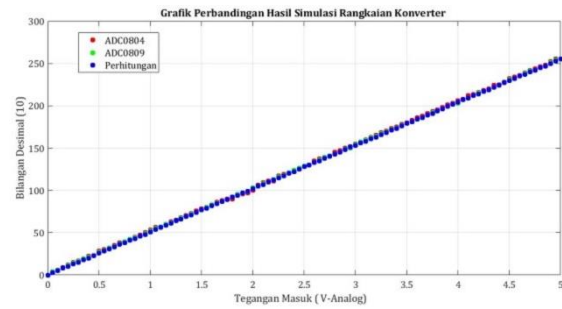
$$D_{\text{perhit},4,50V} = 204,08 \approx 204_{10}$$

dimana,

$V_{\text{in},i}$ = tegangan masukan analog ke – i (mV).

Q = kuantisasi 8 bit dengan skala penuh 5 V.

Pembulatan telah dilakukan pada setiap data bilangan desimal untuk mempermudah konversi ke bilangan biner dan representasi lampu indikator LED. Berdasarkan data hasil simulasi pada Gambar 5 dan Gambar 6 bahwa pemberian tegangan masukan analog sebesar 4,00 V menghasilkan keluaran nilai digital yang sama dalam satuan desimal yaitu 204₁₀. Nilai desimal tersebut juga sesuai dengan hasil perhitungan. Namun, dengan menggunakan metode yang sama maka dapat diperoleh perbandingan data hasil perhitungan dan hasil simulasi sebanyak 100 sample seperti pada grafik Gambar 7.



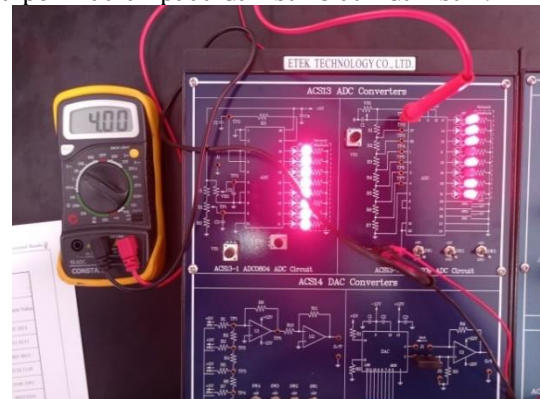
Gambar 7. Perbandingan Data Hasil Simulasi Rangkaian Konverter

Berdasarkan Gambar 7, data hasil simulasi kedua rangkaian konverter berimpit dengan data hasil perhitungan. Sehingga terlihat secara umum bahwa kinerja kedua rangkaian konverter sangat akurat. Namun, jika kedua data hasil simulasi tersebut dianalisis menggunakan Persamaan 1 dan Persamaan 2, maka diperoleh nilai *mean error* dan standar deviasi hasil simulasi kedua rangkaian konverter pada Tabel 1. Simulator Matlab digunakan untuk mengaplikasikan Persamaan 1 dan Persamaan 2. Nilai *mean error* dan standar deviasi terjadi karena terdapat beberapa hasil simulasi yang tidak sesuai dengan hasil perhitungan. (3)

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa simulasi rangkaian konverter berbasis IC ADC0804 memiliki *mean error* sebesar 1,53₁₀ dan standar deviasi sebesar 0,61₁₀. Di sisi lain, *mean error* dan standar deviasi yang lebih kecil dimiliki oleh hasil simulasi rangkaian konverter berbasis IC ADC0809, yaitu masing-masing, sebesar 0,60₁₀ dan 0,51₁₀. Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa rangkaian konverter berbasis IC ADC0809 lebih akurat.

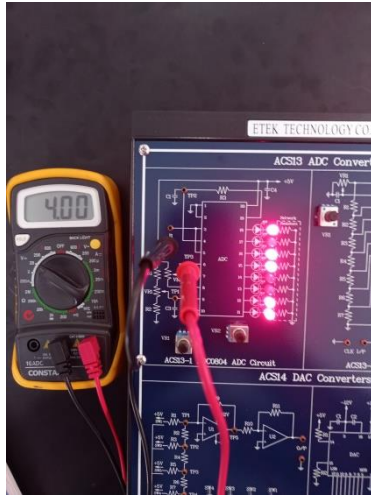
3.2 Analisis Data Pengukuran

Salah satu data sampel hasil pengukuran kedua rangkaian konverter masing-masing diperlihatkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Hasil Pengukuran Konversi Tegangan Masukan 4,00 V Berbasis IC ADC0804

Berdasarkan hasil pengukuran rangkaian konverter berbasis IC ADC0804 pada Gambar 8 diketahui bahwa masukan tegangan analog sebesar 4,00 V dikonversi ke dalam bilangan biner menjadi 11010111_2 . Dimana posisi *light emitting diode* (LED) paling atas merupakan LSB dan posisi paling bawah adalah MSB. Jika nilai biner tersebut dikonversi menjadi bilangan desimal maka bernilai 215_{10} .



Gambar 9. Hasil Pengukuran Konversi Tegangan Masukan 4,00 V Berbasis IC ADC0809

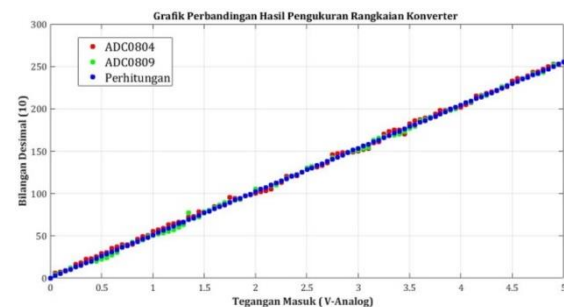
Berdasarkan Gambar 9, konversi tegangan masukan analog 4,00 V pada rangkaian konverter berbasis IC ADC0809 menghasilkan keluaran digital berupa bilangan biner sebesar 11001101_2 atau jika dikonversi ke dalam bilangan desimal menjadi 205_{10} . Dimana posisi MSB dan LSB pada LED serupa dengan rangkaian konverter berbasis IC ADC0804, yaitu posisi LED bagian atas adalah LSB dan posisi LED bagian bawah adalah MSB.

Hasil pengukuran kinerja kedua rangkaian konverter untuk mengkonversi masukan tegangan analog sebesar 4,00 V menjadi keluaran digital berbeda dengan hasil perhitungan yaitu 204_{10} . Perbedaan yang paling besar terdapat pada rangkaian konverter berbasis IC ADC0804 yang memiliki bilangan desimal 215_{10} sehingga memiliki selisih sebesar 11_{10} . Sedangkan, rangkaian konverter berbasis IC ADC0809 memiliki hasil konversi 205_{10} sehingga memiliki selisih dengan hasil perhitungan sebesar 1_{10} .

Selisih 1_{10} dan 11_{10} jika dikonversi kembali menjadi keluaran berupa tegangan analog pada resolusi 8 bit maka menghasilkan nilai 19,6 mV dan 215,6 mV. Nilai tersebut diperoleh dengan mengalikan nilai kuantisasi sebesar 19,6 mV. Selanjutnya, nilai 19,6 mV dan 215,6 mV tidak memiliki pengaruh yang signifikan jika digunakan untuk menggerakkan *actuator* seperti digunakan untuk membuka/

menutup katup (*valve*). Namun, nilai tersebut akan memiliki pengaruh yang signifikan jika diaplikasikan pada pengolahan sinyal digital. Dimana, sinyal analog berupa sinyal pembawa (*carrier*) dengan daya yang rendah dikonversi menjadi sinyal digital untuk diekstrak menjadi sinyal informasi (Manganaro, 2022; Neuhaus et al., 2021). Dengan demikian, konverter yang akurat sangat diperlukan untuk mendukung teknologi IoT (Wadatsumi et al., 2021).

Selanjutnya, dengan menggunakan metode yang sama untuk menghasilkan data hasil pengukuran maka telah diperoleh seluruh sampel hasil pengukuran untuk masing-masing rangkaian konverter seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan Data Hasil Pengukuran Rangkaian Konverter

Berdasarkan Gambar 10 diketahui bahwa kurva hasil pengukuran kedua rangkaian konverter sedikit tidak berimpit dengan hasil perhitungan. Namun, dengan menggunakan Persamaan 1 dan Persamaan 2 maka dapat ditentukan nilai *mean error* dan standar deviasi dari masing-masing rangkaian konverter seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan *Mean Error* dan Standar Deviasi Tiap Percobaan

No.	Percobaan	ME	SDE
1.	Simulasi ADC0804	$1,53_{10}$	$0,61_{10}$
2.	Simulasi ADC0809	$0,60_{10}$	$0,51_{10}$
3.	Pengukuran ADC0804	$2,37_{10}$	$1,44_{10}$
4.	Pengukuran ADC0809	$1,30_{10}$	$1,38_{10}$

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa *mean error* (ME) dan *standard deviation error* (SDE) hasil pengukuran pada rangkaian konverter berbasis IC ADC0804 masing-masing bernilai $2,37_{10}$ dan $1,44_{10}$. Sedangkan pada hasil pengukuran rangkaian konverter berbasis IC ADC0809 memiliki ME dan SDE yang lebih kecil, yaitu masing-masing $1,30_{10}$ dan $1,38_{10}$.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data percobaan berupa simulasi maupun pengukuran telah diketahui bahwa rangkaian konverter berbasis IC ADC0809 lebih akurat mengkonversi sinyal analog ke sinyal digital dari pada rangkaian konverter berbasis IC ADC0804. Hal tersebut dibuktikan oleh nilai ME dan SDE rangkaian konverter berbasis IC ADC0809 lebih kecil, yaitu 0,6₁₀ dan 0,51₁₀ untuk hasil simulasi. Sedangkan nilai ME dan SDE hasil pengukuran juga memiliki nilai yang lebih kecil, yaitu masing-masing 1,30₁₀ dan 1,38₁₀.

DAFTAR PUSTAKA

- Analog Communication Systems Applications and Measurements*. (2014). Etek Technology Co., Ltd.
- Ávila, R., Martínez, A., Barcenas, E., & Rangel, A. J. (2018). Electronic Emulator Circuit to the Muscle Movement in Response to a Stimulus. *IEEE Latin America Transactions*, 16(4), 1030–1035. <https://doi.org/10.1109/TLA.2018.8362133>
- Bang, J. H., Kim, W. J., & Ahn, B. C. (2017). Two-Element Conformal Antenna for Multi-GNSS Reception. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 16(c), 796–799. <https://doi.org/10.1109/LAWP.2016.2604396>
- Chen, C., Liu, B., Wan, S., Qiao, P., & Pei, Q. (2021). An Edge Traffic Flow Detection Scheme Based on Deep Learning in an Intelligent Transportation System. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(3), 1840–1852. <https://doi.org/10.1109/TITS.2020.3025687>
- Chen, D., Cui, X., Zhang, Q., Li, D., Cheng, W., Fei, C., & Yang, Y. (2022). A Survey on Analog-to-Digital Converter Integrated Circuits for Miniaturized High Resolution Ultrasonic Imaging System. *Micromachines*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/mi13010114>
- Du, Y. (2018). Design of High Precision and Wide Range Current Source Based on Microcontroller. *Proceedings of 2018 2nd IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference, IMCEC 2018*, 2521–2525. <https://doi.org/10.1109/IMCEC.2018.8469519>
- Hernandez, W., Mendez, A., Gonzalez-Posadas, V., Jimenez-Martin, J. L., & Arques-Orobon, F. J. (2022). Current-to-Frequency Converter Based Photometer Circuit. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 71. <https://doi.org/10.1109/TIM.2022.3144746>
- Instruments, T. (2013a). *8-Bit μ P Compatible A/D Converters*. www.ti.com
- Instruments, T. (2013b). *ADC0808/ADC0809 8-Bit μ P Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer*. www.ti.com
- Jiang, H., Li, W., Huang, S., Cosemans, S., Catthoor, F., & Yu, S. (2022). Analog-to-Digital Converter Design Exploration for Compute-in-Memory Accelerators. *IEEE Design and Test*, 39(2), 48–55. <https://doi.org/10.1109/MDAT.2021.3050715>
- Jin, H., & Zhang, Z. (2022). Design and Simulation of Voltage Measurement System Based on ADC0809. *Forest Chemicals Review*, 314–323. <https://doi.org/10.17762/jfcr.vi.214>
- Manganaro, G. (2022). An Introduction to High Sample Rate Nyquist Analog-to-Digital Converters. *IEEE Open Journal of the Solid-State Circuits Society*, 2(July), 82–102. <https://doi.org/10.1109/ojsscs.2022.3212028>
- Mollah, M. B., Zhao, J., Niyato, D., Guan, Y. L., Yuen, C., Sun, S., Lam, K. Y., & Koh, L. H. (2021). Blockchain for the Internet of Vehicles towards Intelligent Transportation Systems: A Survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(6), 4157–4185. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3028368>
- Neuhaus, P., Shlezinger, N., Dörpinghaus, M., Eldar, Y. C., & Fettweis, G. (2021). Task-Based Analog-to-Digital Converters. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 69(c), 5403–5418. <https://doi.org/10.1109/TSP.2021.3095726>
- Richardo, H., Maria, P. S., & Mudia, H. (2022). Alat Proteksi Kebakaran Rumah Menggunakan Wemos D1 Mini dengan Alarm dan Notifikasi Email dari Thinger.IO. *IJEERE*, 2(1), 47–56.
- S. Verma, S. Zeadally, S. K. and A. K. S. (2022). Intelligent and Secure Clustering in

- Wireless Sensor Network (WSN)-Based Intelligent Transportation Systems. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(8), 13473–13481. <https://doi.org/10.1109/TITS.2021.3124730>
- Sacko, D., Keita, A., & Traore, D. (2018). Study and Simulation of an Analogical-to-Digital Converter 8 Bits. *International Journal of New Technology and Research*, 4(1), 263159.
- Shuvo, S., Hossain, E., Islam, T., Akib, A., Padmanaban, S., & Khan, M. Z. R. (2019). Design and Hardware Implementation Considerations of Modified Multilevel Cascaded H-Bridge Inverter for Photovoltaic System. *IEEE Access*, 7(c), 16504–16524. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2894757>
- Sihombing, P. M., Pratama, R. A., Sari, I. V., Lubis, D. T., Susilawati, & Novalianda, S. (2022). Evaluasi Kinerja Modul Praktikum Pengkonversi Sinyal Analog ke Sinyal Digital Resolusi 8 Bit 1. *Jurnal Informatika Dan Perancangan Sistem*, 4(2), 1–7.
- Wadatsumi, T., Miki, T., & Nagata, M. (2021). A dual-mode successive approximation register analog to digital converter to detect malicious off-chip power noise measurement attacks. *Japanese Journal of Applied Physics*, 60(SB). <https://doi.org/10.35848/1347-4065/abde26>
- Wang, L., Chen, W., Chen, K., He, R., & Zhou, W. (2022). The Research on the Signal Generation Method and Digital Pre Processing Based on Time Interleaved Digital to Analog Converter for Analog to Digital Converter Testing. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/app12031704>
- Zhu, F., Lv, Y., Chen, Y., Wang, X., Xiong, G., & Wang, F. Y. (2020). Parallel Transportation Systems: Toward IoT-Enabled Smart Urban Traffic Control and Management. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 21(10), 4063–4071. <https://doi.org/10.1109/TITS.2019.2934991>