

PELUANG PENGGUNAAN SENSOR ELEKTROKIMIA SEBAGAI INSTRUMEN PEMANTAUAN KUALITAS UDARA AMBIEN

Ikha Rasti Julia Sari* dan Januar Arif Fatkhurrahman

Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri

Jl. Ki Mangunsarkoro No.6 Semarang 50136

*Email: ikharasti@kemenperin.go.id

Abstrak

Pencemaran udara memberikan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat. Udara ambien merupakan udara bebas yang ada di lingkungan. Saat ini pemantauan udara ambien dilakukan secara manual dengan menggunakan bahan kimia yang dapat mencemari lingkungan. Seiring dengan perkembangan industri 4.0, pemantauan udara lingkungan secara elektronika banyak dikembangkan diantaranya penggunaan gas analyzer dengan sensor elektrokimia. Penelitian ini merupakan penelitian awal untuk mengetahui kinerja sensor SO_2 dan NO_2 ambien. Tujuan penelitian ini adalah melakukan verifikasi sensor elektrokimia parameter SO_2 dan NO_2 pada skala laboratorium. Verifikasi sensor dilakukan dengan membuat korelasi hasil pembacaan nilai keluaran data sensor terhadap konsentrasi gas standar. Hasil verifikasi menunjukkan penggunaan sensor SO_2 dan NO_2 mempunyai signifikansi korelasi yang cukup baik ditunjukkan dengan nilai $R > 0.995$ untuk kedua sensor yang digunakan. Deviasi pembacaan respon beda tegangan pada konsentrasi blanko, menengah, dan tinggi untuk parameter SO_2 dan NO_2 menunjukkan nilai deviasi $< 2\%$ diperbandingkan dengan uncertainty dari gas standar yang digunakan. Hal ini menunjukkan peluang pemanfaatan sensor elektrokimia sebagai instrumen pemantauan karena memberikan nilai yang akurat.

Kata kunci: sensor elektrokimia, ambien, sulfur dioksida, nitrogen dioksida

1. PENDAHULUAN

Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, mendefinisikan udara ambien sebagai udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan berpengaruh terhadap kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur Lingkungan Hidup lainnya.

Beberapa kota di Indonesia sudah mengalami penurunan kualitas udara ambien, hal ini dapat dilihat pada aplikasi Indeks Kualitas Udara (AQI) yang berisi data 5 (lima) parameter polutan udara yaitu Particulate Matter (PM), Sulphur Dioksida (SO_2), Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Dioksida (NO_2), and Ozone (Ox). Nilai AQI di Jakarta pernah menunjukkan nilai 200 pada tanggal 4 Juni 2019 menunjukkan indikator kondisi kualitas udara ambien “sangat tidak sehat”. Nilai ini lebih tinggi bila dibandingkan dengan ibukota lain yang merupakan kota dengan polutan tertinggi seperti Beijing, Dubai, and New Delhi (Walton, 2019).

Pencemar udara ambien seperti SO_2 dan NO_2 merupakan pencemar utama yang ada di udara yang menimbulkan efek lingkungan. Umumnya parameter ini berasal dari proses pembakaran baik dari industri maupun transportasi. Pencemaran udara ambien dari parameter SO_2 dan NO_2 menimbulkan gangguan pernafasan (Masito, 2018). Parameter ini keberadaannya dibatasi di lingkungan berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 yaitu maksimal konsentrasi $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ untuk parameter SO_2 dan $200 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ untuk parameter NO_2 . Saat ini pemantauan kualitas udara ambien dilakukan secara manual dengan mengacu pada SNI 7119.7:2017 untuk pengukuran SO_2 dan SNI 7119.2:2017 untuk pengukuran NO_2 . Pengukuran dengan metode SNI masih menggunakan bahan kimia yang berpotensi mencemari lingkungan.

Salah satu alternatif metode pemantauan lingkungan ramah lingkungan yang banyak dikembangkan adalah metode pengukuran berbasis elektronika (Simbolon dkk., 2021). Hal ini sejalan dalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 pada Lampiran VII pada Baku Mutu Udara

Ambien yang menyatakan bahwa beberapa pengukuran udara ambien menggunakan metode aktif kontinu serta kondisi saat ini guna mengurangi penyebaran virus COVID 19 yang mengharuskan menjaga jarak dan mengurangi mobilitas.

Pengembangan pengukuran udara berbasis elektronika menghasilkan data kontinu yang membutuhkan verifikasi untuk menjamin keakuratan hasil pengukuran. Verifikasi dengan metode pengukuran sudah dilakukan untuk parameter partikulat (Januar Arif Fatkhurrahman dkk., 2016) (Januar Arif Fatkhurrahman dkk., 2019) dan SO₂, NO₂, CO (Han dkk., 2021). Pengembangan pengukuran berbasis elektronika sejalan dengan perkembangan industri 4.0 sehingga diperoleh hasil pengukuran kontinu, cepat dan akurat.

Verifikasi umumnya dilakukan dengan membandingkan nilai pembacaan sensor pada rentang kalibrasi spesifikasi sensor dengan menggunakan gas standar dengan konsentrasi yang telah diketahui. Penelitian ini merupakan penelitian awal untuk mengetahui kinerja sensor SO₂ dan NO₂ ambien. Tujuan penelitian ini adalah melakukan verifikasi sensor elektrokimia parameter SO₂ dan NO₂ dengan penggunaan gas standar pada skala laboratorium serta menganalisis kelayakan sebagai instrumen pemantauan udara ambien.

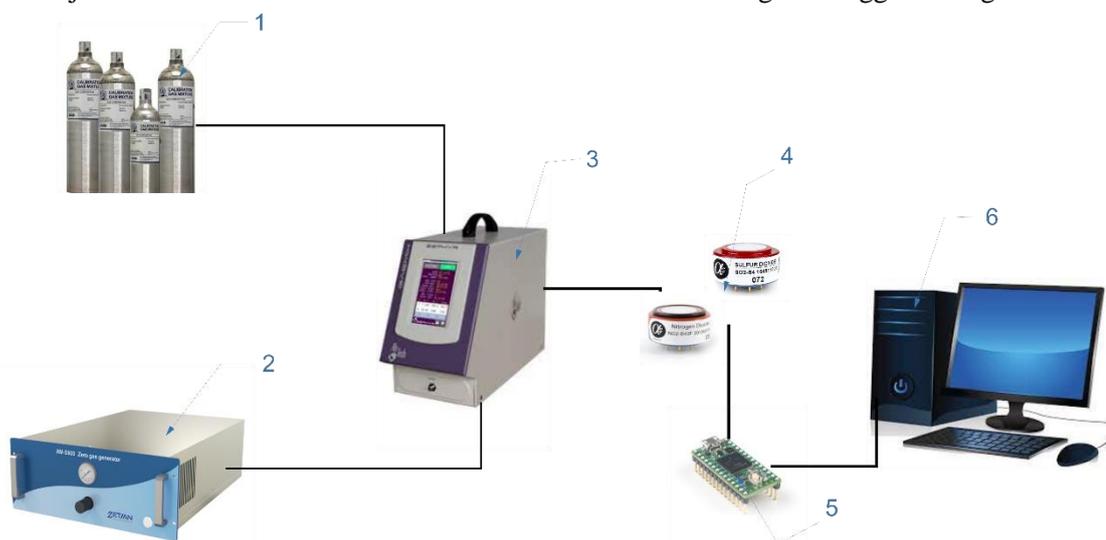
2. METODOLOGI

2.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sensor Elektrokimia Merk. Alphasense untuk parameter NO₂ Tipe B43F, parameter SO₂ tipe B4; Gas diluter Merk. ZEPHYR; Gas Standar Merk. MESA untuk parameter untuk SO₂ dan NO₂ dengan konsentrasi 50 ppm; Zero gas Generator.

2.2 Lingkup Penelitian

Sensor yang digunakan merupakan sensor elektrokimia untuk parameter SO₂ dan NO₂ di udara ambien. Uji verifikasi sensor dilakukan di laboratorium BBTPI dengan menggunakan gas standar.



Gambar 1. Alur Proses Verifikasi Sensor Elektrokimia;
 (1) Gas Standar (NO₂ dan NO₂), (2) Zero Gas Generator, (3) Gas Diluter,
 (4) Sensor NO₂ dan SO₂, (5) Mikrokontroller, (6) PC

2.3 Prosedur Penelitian

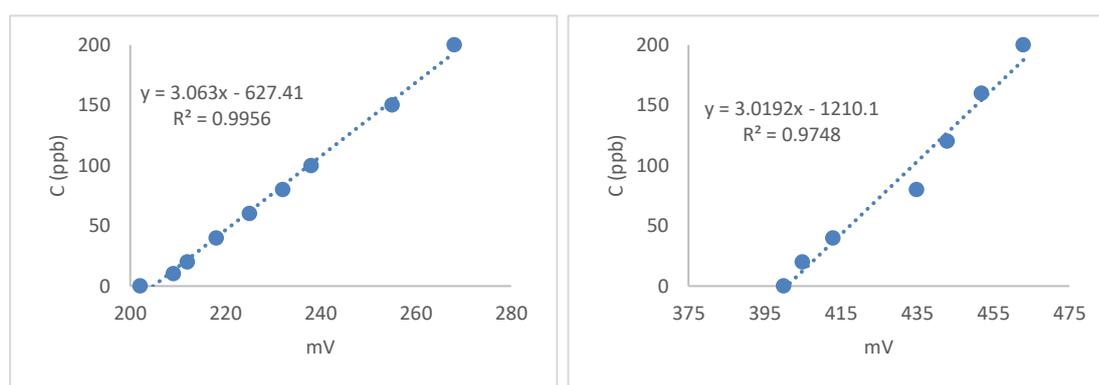
Prosedur penelitian ini dilakukan dimana sensor elektrokimia yang dilengkapi dengan pompa dilewatkan pada gas standar dengan konsentrasi sesuai spesifikasi sensor. Hasil pembacaan sensor berupa beda tegangan (millivolt) dibaca setiap 500 milidetik dan di rata-rata sebagai data 5 menit. Hasil rata-rata ini dibandingkan dengan data konsentrasi gas standar yang mengacu pada spesifikasi

rentang kalibrasi sensor dengan total waktu verifikasi selama 30 menit. Kemudian dibuat korelasi antara beda tegangan versus konsentrasi

Gas standar SO₂ dan NO₂ yang akan digunakan diencerkan menggunakan gas diluter sesuai spesifikasi rentang kalibrasi sensor. Spesifikasi rentang kalibrasi untuk sensor SO₂ adalah 0; 20; 40; 80; 120; 160; 200 ppb dan untuk sensor NO₂ adalah 0; 10; 20; 40; 60; 80; 100; 150; 200 ppb

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu ukuran untuk menguji performa dari sebuah metode pengukuran adalah mengukur akurasi pembacaan terhadap nilai (CSA Group, 2016). Pada kegiatan penelitian ini dilakukan uji akurasi dengan membandingkan pembacaan raw data sensor electrochemical dalam millivolt terhadap nilai acuan gas standar sebagai nilai benar. Digunakan masing – masing gas standar NO₂ dan SO₂ dengan konsentrasi 50 ppm. Untuk memperoleh capaian nilai konsentrasi yang digunakan dalam uji akurasi ini digunakan gas diluter untuk mengencerkan konsentrasi masing – masing gas. Pengenceran konsentrasi gas standar ini dilakukan menggunakan N₂ sebagai pengencer yang dihasilkan dari zero gas generator.

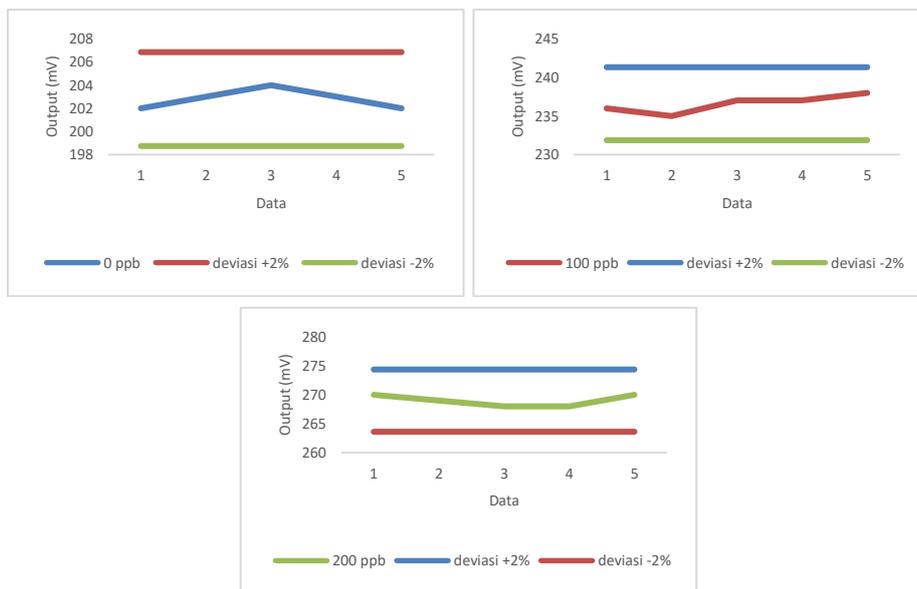


Gambar 2. Uji Akurasi Sensor NO₂ (kiri) dan SO₂ (kanan)

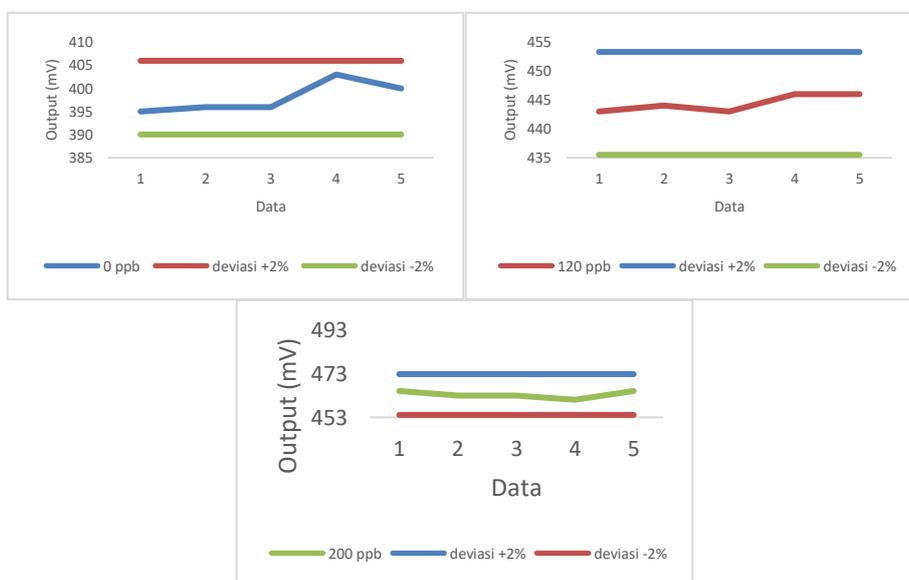
Sensor electrochemical yang digunakan merupakan Alphasense NO₂ B43F dan SO₂ B4 yang dikoneksikan ke mikrokontroler berbasis Arduino dengan nilai keluaran sensor berupa respon beda tegangan dalam satuan millivolt (J. A. Fatkhurrahman & Sari, 2019). Beda tegangan ini akan berubah seiring dengan berubahnya nilai konsentrasi gas yang terdifusi ke dalam membrane elektrolit pada sensor, sehingga respon beda tegangan inilah yang digunakan untuk menguji akurasi pengukuran.

Hasil uji akurasi seperti terlihat pada gambar 1 dan 2. Terlihat dari gambar 1 dan 2 terdapat korelasi yang signifikan antara pembacaan beda tegangan sensor terhadap konsentrasi gas standar, yang ditunjukkan dengan koefisien korelasi (R) > 0.995. Signifikansi nilai korelasi ini dapat dijadikan acuan akurasi pembacaan sensor (Hasenfratz dkk., 2012). Deviasi pengukuran untuk konsentrasi rendah, menengah, dan tinggi seperti terlihat pada gambar di bawah.

Gambar 3 dan 4 menunjukkan deviasi pengukuran beda tegangan untuk sensor NO₂ dan SO₂ masih dalam rentang ketidakpercayaan konsentrasi gas standar yang digunakan sebesar 2%. Hal ini menunjukkan, sensor NO₂ dan SO₂ mempunyai deviasi yang tidak signifikan terhadap pengukuran konsentrasi. Berdasarkan analisis korelasi dan deviasi tersebut, sensor electrochemical Alphasense NO₂ dan SO₂ dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi NO₂ dan SO₂ pada rentang kurva kalibrasi dengan korelasi nilai konsentrasi dapat dihitung berbasis persamaan linier $y=mx+c$.



Gambar 3. Deviasi pengukuran respon beda tegangan konsentrasi NO₂



Gambar 4. Deviasi pengukuran respon beda tegangan konsentrasi SO₂

Analisis deviasi pengukuran tersebut menunjukkan peluang pemanfaatan sensor elektrokimia sebagai basis pemantauan pengukuran udara ambien yang dapat diintegrasikan ke dalam sistem pemantauan secara digital. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan beberapa tahun terakhir mulai mengembangkan SISPEK sebagai sistem informasi pelaporan emisi di industri dan tidak menutup kemungkinan akan dikembangkan ke arah sistem pelaporan kualitas udara ambien. Demikian juga dengan Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri yang telah mengembangkan SINDI sebagai sistem informasi digital yang mampu menjembatani pelaporan data lingkungan dan pengujian secara elektronik. Dengan perkembangan sistem informasi seperti saat ini, perlu disiapkan lembaga pengujian dan kalibrasi perangkat sensor elektronik sebagai pemantauan lingkungan perlu dikembangkan sebagai lembaga yang mengkalibrasi berkala peralatan pemantauan lingkungan secara elektronik tersebut.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengevaluasi peluang pemanfaatan sensor electrochemical sebagai basis pemantauan pengukuran udara ambien. Hasil verifikasi menunjukkan penggunaan sensor SO₂ dan NO₂ mempunyai signifikansi korelasi yang cukup baik ditunjukkan dengan nilai $R > 0.995$ untuk kedua sensor yang digunakan. Deviasi pembacaan respon beda tegangan pada konsentrasi blanko, menengah, dan tinggi untuk parameter SO₂ dan NO₂ menunjukkan nilai deviasi $< 2\%$ dibandingkan dengan uncertainty dari gas standar yang digunakan. Hal ini menunjukkan peluang pemanfaatan sensor elektrokimia sebagai instrumen pemantauan karena memberikan nilai yang akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- CSA Group, C. (2016). Performance Standards and Test Procedures for Continuous Emission Monitoring Systems For gaseous, particulate and flow-rate monitoring systems Environment Agency. www.mcerts.net
- Fatkhurrahman, J. A., & Sari, I. R. J. (2019). Affordable Metal Oxide Gas Sensor as Environmental Friendly Method for Ammonia Gas Measurement. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 366(1), 12027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/366/1/012027>
- Fatkhurrahman, Januar Arif, Julia Sari, I. R., & Zen, N. (2016). Verifikasi Low Cost Particulate Sensor Sebagai Sensor Partikulat Pada Modifikasi Teknologi Wet Scrubber. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 7(1), 31–38. <https://doi.org/10.21771/jrtppi.2016.v7.no1.p31-38>
- Fatkhurrahman, Januar Arif, Sari, I. R. J., & Pratiwi, N. I. (2019). Verifikasi Sensor Partikulat sebagai Instrumentasi Pemantauan PM2.5 dan PM10 Berbasis Low Cost Sensor. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1).
- Han, P., Mei, H., Liu, D., Zeng, N., Tang, X., Wang, Y., & Pan, Y. (2021). Calibrations of low-cost air pollution monitoring sensors for CO, NO₂, O₃, and SO₂. *Sensors (Switzerland)*, 21(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/s21010256>
- Hasenfratz, D., Saukh, O., & Thiele, L. (2012). On-the-fly calibration of low-cost gas sensors. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 7158 LNCS, 228–244. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28169-3_15
- Masito, A. (2018). Risk Assessment Ambient Air Quality (NO₂ And SO₂) and The Respiratory Disorders to Communities in the Kalianak Area of Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(4), 394. <https://doi.org/10.20473/jkl.v10i4.2018.394-401>
- Simbolon, A. M., Fatkhurrahman, J. A., Mariani, A., Sari, I. R. J., Syafrudin, & Sudarno. (2021). Challenge of integrated low-cost emission monitoring system into a digital information system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 623(1), 012076. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/623/1/012076>
- Walton, K. (2019, Juli). Jakarta's air quality kills its residents – and it's getting worse | The Interpreter. Lowy Institute.