

Detektor Analisis dan Perekaman Database Konsentrasi Gas Hasil Reaksi Fischer-Tropsch Berbiaya Murah Menggunakan Sensor Gas Berbasis Arduino

Jimmy¹ Aryunto Soetedjo²

¹ Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Lambung Mangkurat

² Program Studi Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang

✉ j_roring@yahoo.com

Perkembangan teknologi sensor dan antarmuka komputer yang sangat pesat dapat dimanfaatkan untuk membangun suatu peralatan yang dapat digunakan untuk pengukuran dan perekaman konsentrasi gas hasil penelitian secara cepat. Pengembangan peralatan sensor gas sekaligus perekaman data secara kontinyu berbiaya murah, diperlukan untuk meningkatkan performa penelitian khususnya dalam pengolahan hasil penelitian. Salah satu penelitian yang memerlukan data konsentrasi gas secara kontinyu adalah reaksi *Fischer-Tropsch*. Gas yang lolos dari kondensor terakhir terdiri dari CO, H₂, N₂, CO₂, CH₄, C₂₋₄ yang diencerkan dengan udara pada pada rasio udara/gas buang sebesar 150, selanjutnya dilewatkan kotak yang berisi sensor gas CO (Arduino MQ-7, kapasitas pembacaan 20-2000 ppm), CO₂ (Arduino MG-811, kapasitas pembacaan 350-10.000 ppm) dan CH₄ (Arduino MQ-4, kapasitas pembacaan 200-10.000 ppm). Pengenceran dilakukan untuk mengakomodasi batas pembacaan masing-masing sensor. Ketiga sensor ini dihubungkan dengan sebuah komputer untuk perekaman data kadar CO sisa dan CO₂ dan CH₄ yang terbentuk. Hasil implementasi pengukuran sensor yang diproses menggunakan Arduino ditampilkan dalam sebuah layar *Liquid Crystal Display* (LCD) dalam satuan ppm (*part per million*) dan datanya disimpan dalam Microsoft Excel. Jarak waktu perekaman dapat diatur dalam program tersebut. Kalibrasi diperlukan untuk mengukur akurasi sensor. Tingkat kesalahan (*error*) pada kalibrasi yang membandingkan konsentrasi gas standar dengan konsentrasi gas sampel adalah 14,91% untuk CH₄; 17,98% untuk CO₂ dan 14,60% untuk CO.

Kata kunci: detektor gas, karbonmonoksida, karbon-dioksida, metana, Arduino.

Diajukan: 25 Januari 2023

Direvisi: 28 April 2023

Diterima: 28 Juli 2023

Dipublikasikan online: 30 Juli 2023

Pendahuluan

Pengukuran konsentrasi gas merupakan kebutuhan utama berbagai penelitian yang berhubungan dengan reaksi yang melibatkan gas maupun penelitian yang berhubungan dengan kondisi lingkungan yang dipengaruhi oleh gas-gas berbahaya. Selama ini, konsentrasi gas diperoleh menggunakan analisis *Gas Chromatography* dengan detektor TCD (GC-TCD) yang memiliki keterbatasan seperti biaya analisis yang tinggi, perlu waktu untuk analisis dan ada jeda penyimpanan sampel sebelum dianalisis. Permasalahan ini dapat diatasi dengan GC-TCD yang dihubungkan secara online dengan produk gas luaran reaktor. Namun kondisi ini memerlukan biaya yang relatif mahal dan masih belum bisa dipenuhi oleh semua penelitian yang ada (Andrew Oktorzal 2010; Jati and Lelono 2013)

Heng et al (US 2015/0010438A1) merancang peralatan portabel untuk deteksi bahan kimia menggunakan antarmuka peralatan pintar (*smart device*) yang terdiri dari sebuah sensor, sebuah

mikrokontroler dan modul bluetooth. Peralatan tersebut diaplikasikan dalam pengukuran temperatur, kelembaban, konsentrasi gas CO, CO₂, elpiji yang dapat dilakukan dalam sebuah sensor. Aplikasi lainnya adalah pengukuran temperatur, kelembaban, konsentrasi gas CO dan NO₂. Namun invensi ini tidak mengakomodasi perekaman data untuk analisis khusus (Daugela et al. 2021; Heng and Shaojin Zhang 2015; Tahir, Ridwan, and Nasibu 2020).

Wiseman et al (US 8,185,101 B1) merancang sebuah peralatan deteksi gas portabel yang memanfaatkan teknologi sensor berbasis Arduino menggunakan real-time tracking secara nirkabel. Peralatan tersebut diaplikasikan pada deteksi kondisi lingkungan secara umum (James M. Wiseman et al. 2012).

Gonia et al (US 9,978,251 B2) merancang sebuah detektor konsentrasi gas yang dibangun secara nirkabel dan pelacakan berdasarkan posisi (GPS) untuk mendeteksi kondisi akibat gas-gas berbahaya. Perekaman konsentrasi gas berdasarkan lokasi dan waktu dapat disimpan dan ditampilkan secara grafis

Cara mensitasi artikel ini:

Jimmy, Soetedjo, A. (2023) Detektor Analisis dan Perekaman Database Konsentrasi Gas Hasil Reaksi Fischer-Tropsch Berbiaya Murah Menggunakan Sensor Gas Berbasis Arduino. *Buletin Profesi Insinyur* 6(3) 072-076



untuk mempelajari sejarah informasinya (Gonia and Kolavennu 2018).

Salah satu penelitian yang memerlukan data konsentrasi gas secara kontinyu adalah reaksi *Fischer-Tropsch*. Reaksi ini menggunakan gas karbon monoksida (CO) dan hidrogen (H₂) sebagai reaktan dan menghasilkan produk cair dan gas. Produk cair terdiri dari alkana, alkena dan produk samping lainnya yang merupakan material *biofuel*. Produk gas yang terdiri dari gas reaktan sisa (CO dan H₂) serta produk gas seperti metana, etana, propana, butana. Gas CO, CH₄ dan CO₂ merupakan parameter penting dalam pembahasan reaksi *Fischer-Tropsch*. Gas CO digunakan sebagai reaktan pembatas yang digunakan untuk perhitungan kinetika reaksi dan aktivitas katalis. Gas CO₂ merupakan parameter keberadaan reaksi *Water Gas Shift* (WGS) yang merupakan reaksi samping dan perlu diminimalkan. Gas CH₄ merupakan produk samping yang harus diminimalkan dan besarnya dapat diatur dengan perubahan kondisi reaksi (temperatur, tekanan dan laju alir gas). Pengembangan peralatan sensor gas sekaligus perekaman data secara kontinyu berbiaya murah, diperlukan untuk meningkatkan performa penelitian khususnya dalam pengolahan hasil penelitian.

Perkembangan teknologi sensor dan antarmuka komputer yang sangat pesat dapat dimanfaatkan untuk membangun suatu peralatan yang dapat digunakan untuk membaca konsentrasi gas tersebut di atas sekaligus merekam datanya di komputer melalui Microsoft Excel untuk dapat diolah lebih lanjut. Berbagai sensor gas berbasis Arduino banyak dijual harga relatif murah. Sensor gas CO (Arduino MQ-7) memiliki kapasitas pembacaan 20-2000 ppm, CO₂ (Arduino MG-811) memiliki kapasitas pembacaan 350-10.000 ppm dan CH₄ (Arduino MQ-4) memiliki kapasitas pembacaan 200-10.000 ppm (Winsen 2014a, 2014b, 2015). Sensor berbasis Arduino merupakan sensor gas berbasis oksida logam. Sensor oksida logam tersebut merupakan sensor gas dengan harga yang sangat terjangkau dan memiliki sensitivitas yang cukup baik pada beberapa jenis gas. Sedangkan mikrokontroler Arduino merupakan papan elektronik *open source* yang memiliki komponen utama berupa mikrokontroler yang bekerja sesuai dengan alur program yang diunggah ke papan tersebut. Ketiga sensor ini dihubungkan dengan sebuah komputer melalui mikrokontroler Arduino tersebut, untuk penggabungan dan perekaman data kadar gas yang keluar dari reaktor.

Metode

Reaksi *Fischer-Tropsch*

Sintesis *Fischer-Tropsch* dilakukan dalam sebuah rangkaian reaktor yang terdiri dari tabung gas sintesis dengan komposisi 30% CO, 60% H₂ dan 10% N₂. Pengujian kinerja katalis dengan memasukkan katalis Fe-Co/HZSM-5 dalam reaktor *Fischer-Tropsch*. Reaktor yang digunakan bertipe fixed bed yang akan dioperasikan pada tekanan 20 bar dengan laju alir 25 mL/menit. Produk hidrokarbon cair (C₅ ke atas) dipisahkan dalam hot trap, sedangkan hidrokarbon rantai pendek (C₁-C₄), produk samping CO₂ dan sisa gas reaktan (CO dan H₂). Produk cair ini dianalisis menggunakan GCMS untuk mengetahui komposisi hidrokarbon yang terbentuk. Gas yang lolos dari kondensator terakhir terdiri dari CO, H₂, N₂, CO₂, CH₄, C₂₋₄ yang diencerkan dengan udara pada pada rasio udara/gas buang sebesar 150, selanjutnya dilewatkan kotak yang berisi sensor gas CO (Arduino MQ-7, kapasitas pembacaan 20-2000 ppm), CO₂ (Arduino MG-811, kapasitas pembacaan 350-10.000 ppm) dan CH₄ (Arduino MQ-4, kapasitas pembacaan 200-10.000 ppm). Pengenceran dilakukan untuk mengakomodasi batas pembacaan masing-masing sensor. Ketiga sensor ini dihubungkan dengan sebuah komputer untuk perekaman data kadar CO sisa dan CO₂ dan CH₄ yang terbentuk (Jimmy et al. 2021). Hasil implementasi pengukuran sensor yang diproses menggunakan Arduino ditampilkan dalam sebuah layar LCD dalam satuan ppm (part per million) dan datanya disimpan dalam *Microsoft Excel*. Jarak waktu perekaman dapat diatur dalam program tersebut. Kalibrasi diperlukan untuk mengukur akurasi sensor.

Perancangan Sistem

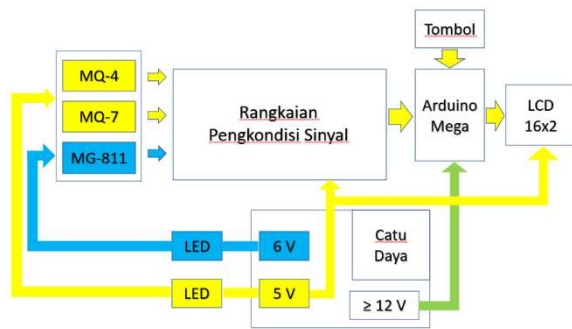
Diagram blok deteksi dan monitoring gas luaran reaktor *Fischer-Tropsch* ditunjukkan pada Gambar 2.

Output Hanwei Electronics memiliki tiga sensor yang dibagi menjadi 2 kelompok yaitu sensor dengan catu daya 6 V dan 5 V. Tegangan *output* dari masing-masing sensor akan diproses oleh Arduino dan kemudian dilakukan perhitungan sesuai dengan algoritma yang diprogram. Khusus untuk keluaran sensor MG-811, harus diproses melalui *buffer* sebagai pengubah impedansi dari keluaran sensor (Faris and Mahmood 2014; Yuliani et al. 2021). Tombol tekan digunakan untuk memilih opsi tampilan, sedangkan hasil



Gambar 1. Foto modul sensor gas berbasis Arduino untuk pengukuran konsentrasi gas CO, CO₂ dan CH₄ dalam luaran produk sintesis *Fischer-Tropsch*

perhitungan konsentrasi gas ditampilkan pada suatu layar LCD 16x2.



Gambar 2. Sistem diagram blok papan Arduino Mega (Hanwei Electronics)

Setiap grafik karakteristik masing-masing sensor saat mendeteksi gas dapat dibuat persamaan matematis yang menyatakan hubungan antara tegangan keluaran masing-masing sensor dengan konsentrasi gas yang terdeteksi. Karena hampir semua grafik pada *datasheet* merupakan grafik logaritma, maka rumus pendekatan yang dibuat memiliki error yang masih cukup besar. Kesalahan ini dapat diminimalisir dengan memecah rentang konsentrasi menjadi beberapa bagian sehingga setiap bagian baru memiliki formula sendiri. Hal ini dilakukan agar jarak antar nilai pada sumbu y sebagai nilai konsentrasi menjadi lebih teratur. Dengan keteraturan nilai pada sumbu y maka rumus yang digunakan untuk pendekatan akan lebih tepat sehingga dapat meminimalisir kesalahan. Dengan cara ini rata-rata kesalahan pengukuran dapat dikurangi dari kisaran antara 1,05-15,13% menjadi antara 0-8,84%. Kesalahan terhadap harga sebenarnya dalam proses:

$$e_h = \frac{\text{harga terukur} - \text{harga sebenarnya}}{\text{harga sebenarnya}} \times 100\% \quad (1)$$

Kesalahan dalam persen terhadap harga penuh :

$$e_h = \frac{\text{harga terukur} - \text{harga sebenarnya}}{\text{skala maksimum}} \times 100\% \quad (2)$$

Hasil dan Pembahasan

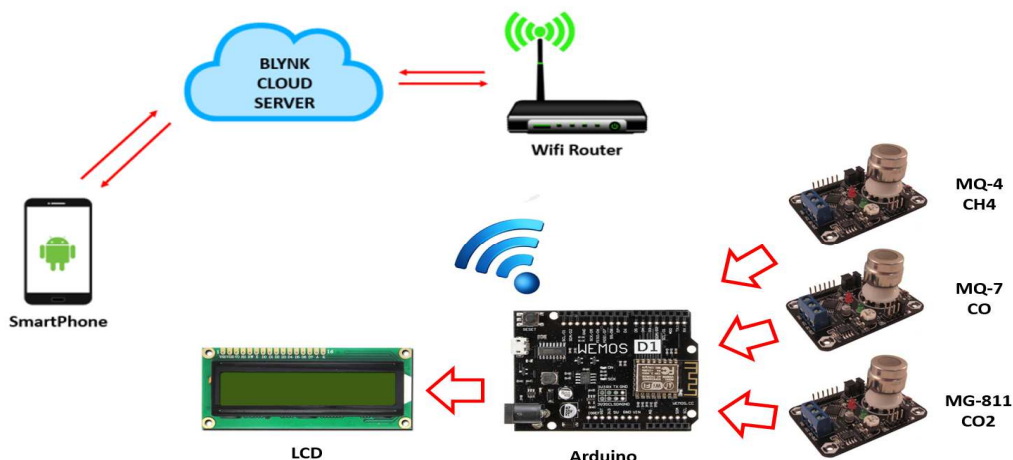
Hasil Perancangan Sistem Deteksi Gas

Prinsip kerja sensor gas berdasarkan reaksi senyawa oksida dengan gas yang akan dideteksi. Oksida SnO₂ dalam sebuah sensor gas merupakan senyawa ringan, kecil, mudah ditemukan dan memiliki sensitivitas tinggi. Mekanisme utama reaksi gas dengan oksida logam terjadi pada temperatur tinggi yang berkisar antara 200 sampai 600°C (Andrew Oktorizal 2010). Skema sirkuit sensor gas (Gambar 1) dapat dijelaskan menggunakan prinsip pembagian sirkuit tegangan. Penghalang sensor total (R_S) dan resistansi beban (R_L) disusun secara seri. Apabila sirkuit yang diberi tegangan V_C, area pemanasan pada sensor menjadi aktif dan bereaksi dengan gas target sehingga harga R_H (resistansi panas) akan menurun, selanjutnya akan menurunkan harga R_S secara keseluruhan dan meningkatkan harga V_L. Harga output berikutnya dari V_L akan dibaca sebagai harga tegangan output yang tergantung dari gradien perubahan R_S dan dapat dihitung menggunakan persamaan (Rusnur, 2012) :

$$V_L = \left(\frac{R_L}{R_L + R_S} \right) V_C \quad (3)$$

dengan V_L adalah tegangan beban (volt), R_L adalah resistansi beban (ohm), R_S adalah resistansi sensor total (ohm) dan V_C adalah tegangan sumber (volt).

Arduino merupakan papan mikrokontroler yang memiliki 14 pin input/output digital, 6 output analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, pasokan listrik, kepada ICSP dan tombol reset. Modul ini mengandung semua yang diperlukan sebuah mikrokontroler yang dihubungkan dengan sebuah komputer dengan kabel USB. Gambar menjelaskan tentang blok diagram mikrokontroler Arduino. Blok diagram ini dapat dijelaskan sebagai berikut (Susanto 2010) : (1) UART (*Universal Asynchronous Receiver or Transmitter*) adalah antarmuka yang digunakan untuk komunikasi,

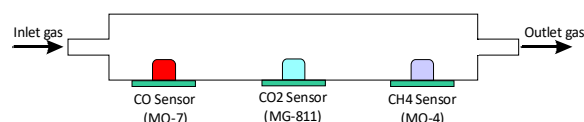


Gambar 3. Mekanisme sistem deteksi dan perekaman konsentrasi gas CO, CO₂ dan CH₄ berbasis Arduino

(2) 1 kb RAM berfungsi sebagai penyimpan data sementara (hilang saat daya dimatikan) yang biasanya digunakan sebagai variabel dalam program, (3) 32 kb RAM *Flash Memory Function* untuk menyimpan program yang dipanggil pada sebuah komputer dan dapat menyimpan data secara tetap (non-volatil), (4) 1 kb fungsi EEPROM untuk data yang tidak dapat hilang ketika daya dimatikan, (5) CPU merupakan bagian mikrokontroler yang berfungsi untuk menjalankan setiap instruksi dari program, (6) Port input/output yang disebut sebagai penerima data digital atau analog (input) dan menghasilkan data digital dan analog (output).

Hasil Perancangan Unit Detektor Gas

Peralatan sensor gas dirancang dalam sebuah pipa kotak sebagai tempat mengalirnya gas luaran reaktor. Gas akan masuk melalui pipa gas inlet melewati sensor gas MQ-7, MG-811 dan MQ-4 yang disusun di sepanjang dinding pipa bagian dalam sehingga harga konsentrasi pipa akan terdeteksi sepanjang perjalanan melewati ketiga sensor tersebut sebelum keluar melalui pipa outlet gas ke udara terbuka. Pengenceran menggunakan udara bebas sebanyak 150 kali dilakukan untuk mengakomodasi batasan pengukuran masing-masing sensor. Hasil implementasi pengukuran sensor yang diproses menggunakan Arduino ditampilkan dalam sebuah layar LCD dalam satuan ppm (*part per million*) dan datanya disimpan dalam *Microsoft Excel*. Jarak waktu perekaman dapat diatur dalam program tersebut.



Gambar 4. Skema unit detector gas CO, CO₂ dan CH₄

Hasil Pengujian Kalibrasi Detektor Gas

Kalibrasi diperlukan untuk mengukur akurasi sensor. Hasil pengukuran ini sudah mengakomodasi pengenceran dengan udara dan dikonversi ke harga konsentrasi yang sebenarnya. Harga Ro adalah harga resistansi sensor yang diuji dalam udara terbuka, dimana harga Ro digunakan sebagai konstanta dalam perhitungan rasio R_s/R_o ketika mengukur R_s , disebut sebagai resistansi sensor saat pengukuran gas. Harga Ro hasil kalibrasi adalah 8301,45 (untuk MQ-4) dan 5626,86 (untuk MG-811). Hasil pengukuran dikalibrasi dengan membandingkan data hasil pengukuran dan hasil analisis GC-TCD yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tingkat kesalahan (*error*) yang terjadi adalah 14,91% untuk CH₄; 17,98% untuk CO₂ dan 14,60% untuk CO. Pada hasil perhitungan kesalahan alat yang diperoleh pada pengujian gas dan pada pengujian sampel gas terukur, kesalahan harga sebenarnya menggunakan persamaan 1 dan persamaan 2. Nilai kesalahan pada sensor CH₄ yang diuji pada kedua sampel tersebut cukup kecil yaitu pada kisaran 1,32 - 7,17% pada uji kesalahan alat dari nilai sebenarnya, sedangkan pada uji

kesalahan skala penuh nilainya 1,32-4%. maka dengan data yang diperoleh dapat menunjukkan bahwa alat ini cukup akurat. Pada pengujian sensor CO₂ nilai errornya sangat besar yaitu berkisar antara 70,87 hingga 82,01% pada pengujian nilai error alat terhadap nilai sebenarnya proses dan 26,79 hingga 82,01% pada pengujian nilai error alat terhadap skala penuh. Data ini menunjukkan bahwa perangkat sensor jauh dari akurat dan perlu diperbaiki pada pemrograman.

Tabel 1. Perbandingan pengukuran konsentrasi gas antara GC-TCD dan unit detektor gas

Gas	Pengukuran GC-TCD (ppm)	Pengukuran Sensor Gas (ppm)	Error (%)
CH ₄	5977	6868	14,91%
CO ₂	1101	1299	17,98%
CO	1486	1703	14,60%

Kesimpulan

Tingkat kesalahan (*error*) pada kalibrasi yang membandingkan konsentrasi gas standar dengan konsentrasi gas sampel adalah 14,91% untuk CH₄; 17,98% untuk CO₂ dan 14,60% untuk CO. Tingkat error yang diperoleh dari perhitungan harga sebenarnya untuk sensor CH₄ sebesar 1,32-7,17% dan untuk CO₂ sebesar 26,79-82,01%. Data ini menunjukkan bahwa tingkat akurasi perangkat sensor masih kurang dan perlu diperbaiki pada pemrograman selanjutnya.

Referensi

- Andrew Oktorizal. (2010) "Studi Sensor Gas Berbasis Surface Acoustic Wave Untuk Penerapan Pada Sistem Identifikasi Gas." Universitas Indonesia.
- Daugela, Ignas, Jurate Suziedelyte Visockiene, Jurate Kumpiene, and Ivan Suzdalev. (2021) "Measurements of Flammable Gas Concentration in Landfill Areas with a Low-cost Sensor." *Energies* 14(13).
- Faris, D. M., and M. B. Mahmood. (2014) "Data Acquisition of Greenhouse Using Arduino." *Journal of Babylon University/Pure and Applied Sciences/* 22(7): 1908–16. http://uobjournal.com/papers/uobj_paper_2014_8264_4263.pdf.
- Gonia, Patrick, and Soumitri Kolavennu. (2018) "Wireless Location -Based System And Method For Detecting Hazardous And Non -Hazardous Conditions."
- Heng, lem, and Shaojin Zhang. (2015) "Mobile Custom-Made Hand-Held Chemical Detection Device For Interfacing With A Smart Device."
- James M. Wiseman et al. (2012) "Handheld Portable Real-Time Tracking And Communications Device."
- Jati, Hafizh Ashshiddiqi Prabowo, and Danang Lelono. (2013) "Deteksi Dan Monitoring Polusi Udara Berbasis Array Sensor Gas." *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentations Systems* 3(2): 147–56.
- Jimmy, Jimmy, Achmad Roesyadi, Suprpto Suprpto, and Firman Kurniawansyah. (2021) "Biofuel Production over Fischer-Tropsch Synthesis: Effect of Fe-Co/meso-Hzsm-5 Catalyst Weight on Product Composition and Process

- Conversion." *EUREKA, Physics and Engineering* 2021(6): 19–27.
- Susanto, Heru. (2010) "Robot Line Follower Berbasis Mikrokontroler At89s51 Sebagai Media Pembelajaran Rancang Bangun Dan Unjuk Kerja Robot Beroda Otomatis Di Smp Muhammadiyah 3 Depok Sleman Yogyakarta."
- Tahir, Frenki, Wrastawa Ridwan, and Iskandar Zulkarnain Nasibu. (2020) "Monitor Kualitas Udara Berbasis Web Menggunakan Raspberry Pi Dan Modul Wemos D1." *Jurnal Teknik* 18(1): 35–44.
- Winsen. (2014a) *Manual Toxic Gas Sensor (ModelMQ-4)*. Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Lt.
- Winsen. (2014b) *Manual Toxic Gas Sensor (Model:MQ-7)*. Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Lt.
- Winsen. (2015) *Manual Solid Electrolyte CO2 Gas Sensor (Model: MG-811)*. Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Lt.
- Yuliani, Yuliani et al. (2021) "Instrumentation of Realtime Monitoring System towards Level of C6H12O6, C2H5OH, CO2, Temperature in Tapai Fermentation Process." *Journal of Aceh Physics Society* 10(3): 60–65.