



Aplikasi Metode Spektrofotometri pada Klasifikasi Gas Karbon Monoksida (CO) dan Uap Bahan Bakar Petrodiesel (C₁₄H₃₀)

Happy Nugroho^{1,*}, Edhi Sarwono², Aditya Rinaldi³

¹*Program Studi Teknik Elektro, Universitas Mulawarman, Samarinda
Kampus Gn. Kelua Jl. Samballiong No.9, Samarinda 75119, Kalimantan Timur, Indonesia*

²*Program Studi Teknik Elektro, Universitas Mulawarman, Samarinda
Kampus Gn. Kelua Jl. Samballiong No.9, Samarinda 75119, Kalimantan Timur, Indonesia*

³*Program Studi Fisika, Universitas Mulawarman, Samarinda
Kampus Gn. Kelua Jl. Barong Tongkok No.4, Samarinda 75119, Kalimantan Timur, Indonesia*

*E-mail korespondensi: happynugroho29@gmail.com

Abstract

Gas classification techniques are often found in several applied fields such as, detection of leak gas in gas cylinders, monitoring the threshold of harmful pollutant gases in the air, health diagnostics, early detection of fire hazards, and others. This requires measurement techniques that are adaptive and robust that can dynamically capture information on changes in vapor or gas compounds contained in free air. This research has been conducted to analyze and identify the types of gas compounds, namely CO and petrodiesel fuel vapor (C₁₄H₃₀). The design of this tool uses the principle of spectrophotometry and the calculation of Backpropagation Neural Networks. The working principle is that light radiation in the Light Emitting Diode (LED) series, which has a wavelength range of 385nm to 1720nm, is absorbed to penetrate CO gas or petrodiesel fuel vapor (C₁₄H₃₀) that you want to identify. Light radiation that has passed through the gas / vapor compound was captured by the photodiode sensor. The emission of LED series light radiation produces different wavelength absorption patterns that will be processed by the Backpropagation Neural network as an input signal in the identification and learning process. The results of this experiment show the success rate of the Backpropagation neural network in identifying the type of CO gas and petrodiesel fuel vapor (C₁₄H₃₀) is 80%.

Key Words: LED Series, Backpropagation, and Spectrophotometry

PENDAHULUAN

Kemajuan bidang teknologi dan ilmu pengetahuan terapan khususnya teknologi sensor, aktuator dan transduser telah mengalami perkembangan yang sangat cepat. Hal ini disebabkan banyaknya kebutuhan terhadap proses akuisisi data yang cepat, *up-to-date*, tepat dan akurat dalam menganalisis masalah di berbagai aplikasi, seperti pendeteksian kebocoran gas pada tabung *Liquefied Petroleum Gas* (LPG), monitoring ambang batas gas polutan berbahaya tersebar di udara, diagnosa kesehatan, optimalisasi industri manufaktur dan lain-lainnya. Hal ini memicu para pakar untuk dilakukan pengembangan bidang teknologi sensor-transduser dan melakukan

percobaan dan penelitian untuk meningkatkan kualitas produk dan keselamatan jiwa agar penerapannya lebih aplikatif dan meluas ke berbagai bidang [1]. Maka dianggap perlu adanya suatu alat yang handal, adaptif, efektif, efisien, praktis, dan *user-friendly* untuk mendeteksi gejala peningkatan polusi udara akibat dari aktivitas perkotaan khususnya wilayah kotamadya Samarinda. Maka dengan perancangan alat dalam riset yang dilakukan ini diharapkan mampu meminimalisir risiko bencana yang dapat sewaktu-waktu muncul dan mengancam keselamatan jiwa. Hal ini dikarenakan aktivitas perkotaan (transportasi dan industri manufaktur) berkontribusi terhadap penurunan kualitas udara khususnya di wilayah Samarinda akibat dari meningkatnya penggunaan emisi pembakaran bahan bakar fosil [2]. Salah satu indikator yang digunakan untuk mendeteksi besarnya pencemaran udara dan kualitas udara adalah Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU). Parameter yang digunakan dalam menganalisis ISPU yaitu sulfur dioksida (SO_2), karbon monoksida (CO), oksidan berbentuk ozon (O_3), nitrogen dioksida (NO_2), dan partikular berukuran kurang dari $10 \mu m$ (PM_{10}) [3].

Karbon monoksida (CO) adalah gas yang bersifat racun, tidak berbau, dan tidak berwarna. CO akan bercampur dengan gas lain yang juga berbau sehingga akan mudah terhirup ke dalam tubuh tanpa kita sadari. Hal ini disebabkan afinitas pada hemoglobin (H_b) dengan CO berkisar antara 200-250 kali lebih besar dibandingkan oksigen (O_2) [3]. Demikian halnya dengan uap bahan bakar petrodiesel ($C_{14}H_{30}$) termasuk dalam salah satu parameter ISPU yang termasuk ke dalam senyawa polutan berbahaya. Salah satu metode dan pendekatan yang sedang diteliti dan telah dikembangkan dalam mendeteksi keberadaan gas CO maupun uap bahan bakar petrodiesel ($C_{14}H_{30}$) yakni Hidung Elektronik (*electronic nose/e-Nose*) [4].

Beberapa riset yang telah dilakukan untuk meningkatkan sistem pendeteksi ini khususnya senyawa polutan berbahaya, dilakukan 5 macam pendekatan dengan metode yang berbeda, antara lain pendekatan yang pertama dengan sensor kimia (*Chemical sensors*), yakni proses kimia antara partikel-partikel pembentuk senyawa gas/uap dengan bahan material penyusun di permukaan sensor kimia. Antara lain dengan menggunakan *Quartz Cristal Microbalance (QCM) sensors* [5], *e-Nose* berdasarkan *Metal Oxide sensors* [6] [7], *Surface Acoustic Wave (SAW) sensors* [8], dan *e-Nose* berdasarkan deret sensor *Polymer Composite sensor* [9]. Pendekatan ke-dua dengan *biosensors* yang dimiliki oleh sistem indera penciuman makhluk hidup mamalia, mempunyai kemampuan ideal dalam segi sensitifitas maupun selektifitasnya sebagai pendeteksi senyawa gas/uap [8]. Pendekatan ke-tiga dengan *Gas Chromatography (GC) System*, merupakan metode analisa berdasarkan proses penguapan bahan pengujian, baik berupa gas atau sampel pengujian lainnya yang dipanaskan terlebih dulu sehingga sifat dari bahan pengujian berubah bentuk menjadi keadaan yang tergolong gas [5]. Pendekatan ke-empat dengan sistem *real-time*, terbagi menjadi 2 metode, yakni metode *Mass-Spectrometer (MS)* yang prinsip kerjanya hampir sama dengan *GC System*; dan metode *Optical Spectroscopy* dimana memanfaatkan pola penyerapan panjang gelombang (λ) yang berbeda terhadap senyawa-senyawa kimia yang diujikan dengan menerapkan hukum *Lambert Beer* [10] [11]; dan kemudian Pendekatan terakhir yaitu dengan *Hybrid GC/Chemical Sensor System* yaitu sistem dengan menggunakan metode gabungan antara *GC System* dan *Chemical sensor* [9].

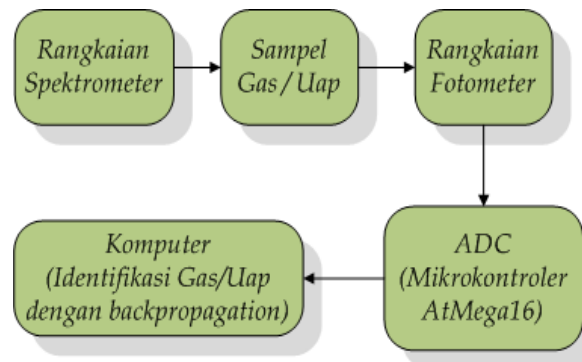
Metode dan pendekatan *e-Nose* dirancang dalam riset ini menggunakan pendekatan *Optical Spectroscopy*, khususnya dengan metode spektrofotometri sebagai dasar dalam mengidentifikasi pola-pola senyawa kimia organik pada CO dan uap bahan bakar petrodiesel ($C_{14}H_{30}$) karena memiliki beberapa kelebihan antara lain: dapat diterapkan secara *real-time*, memiliki sensitifitas yang sangat tinggi, tingkat selektifitas yang baik, dan kemampuan untuk mengidentifikasi pola-pola senyawa kimia organik tanpa harus memisahkan senyawa tersebut menjadi komponen-komponen molekulnya yang lebih kecil [12].

Metode Spektrofotometri merupakan sistem pendeteksi senyawa gas/uap menggunakan *LED Array* atau deret LED sebagai sumber radiasi cahayanya dan ditangkap oleh sensor fotodioda. Beberapa penelitian sebelumnya terkait metode ini telah dilakukan, yakni Deret LED yang digunakan memiliki panjang gelombang (λ) yang berbeda agar diperoleh pola serapan yang bersifat unik dan spesifik [10][11]. Namun masih terdapat kekurangan yakni tingkat selektifitasnya yang masih rendah sehingga kemampuannya untuk mengidentifikasi sampel gas masih terbatas. Solusi dari problem tersebut yakni dengan menambah jumlah sumber cahaya yang memiliki panjang gelombang (λ) berbeda agar pola serapan sampel gas bersifat lebih unik dan spesifik [13]. Metode ini didukung oleh jaringan syaraf tiruan (*neural network*) yang berfungsi sebagai pengolah data dan telah terbukti secara empiris dalam mengklasifikasikan berbagai jenis senyawa gas maupun uap tertentu [14].

Dari permasalahan di atas, maka dengan adanya riset ini dapat merancang suatu alat yang mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan gas karbon monoksida CO dan uap bahan bakar petrodiesel ($C_{14}H_{30}$) sebagai langkah preventif terkait sistem pendeteksi dini bahaya penyebaran gas/uap polutan berbahaya dalam upaya menanggulangi polutan pencemaran lingkungan sehingga risiko yang ditimbulkan dapat ditekan seminimal mungkin.

METODE PENELITIAN

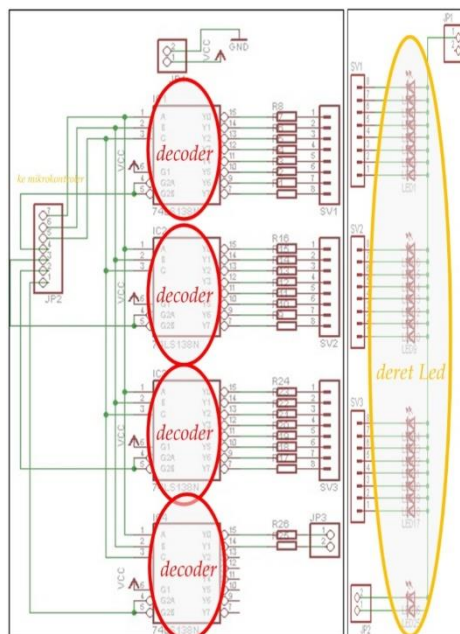
Perancangan aplikasi spektrofotometri dalam mengenali gas CO dan uap petrodiesel $C_{14}H_{30}$ secara umum dapat dilihat pada diagram blok Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Identifikasi Gas/Uap

Fokus yang terpenting dalam riset ini adalah pada sistem pengenalan jenis gas atau uap pada karbon monoksida CO dan uap bahan bakar petrodiesel ($C_{14}H_{30}$) yang digunakan sebagai objek penelitian. Riset atau penelitian ini memanfaatkan prinsip spektrofotometri yang menggunakan pancaran radiasi sinar UV-IR sebagai dasar analisa proses identifikasi ke tahap selanjutnya. Secara umum, prinsip dasar dari cara kerja alat ini adalah deret LED sebagai sumber cahaya, satu per satu dinyalakan secara berurutan dan diarahkan ke *chamber* yang berisi gas/uap di dalamnya melalui *fiber* optik. Intensitas cahaya setelah melewati *chamber* akan bersifat unik untuk setiap gas yang ingin dianalisa. Dari setiap intensitas cahaya yang ditangkap oleh fotodioda ini akan tercatat sebagai sinyal-sinyal tegangan analog. Kemudian mikrokontroler akan mengonversi sinyal-sinyal ini ke bentuk data-data digital. Data-data ini akan dimasukkan ke komputer untuk dianalisa dan diidentifikasi sesuai jenis gas/uap yang diharapkan. Deret LED di sini berfungsi sebagai komponen spektrometer sedangkan sensor fotodioda berfungsi sebagai komponen fotometer.

Secara keseluruhan, perancangan alat ini dibagi menjadi 5 bagian:
 A. *Decoder*, *Driver LED*, dan Perancangan Deret LED



Gambar 2. Rangkaian *Decoder* dan *Driver* Deret LED

Prinsip kerja perancangan Deret LED yaitu dengan memanfaatkan sinyal keluaran dari *decoder*, dimana *decoder* yang digunakan adalah HD74ALS138. *Decoder* berfungsi memilah sinyal masukan dari mikrokontroler untuk mengaktifkan deret LED secara bergantian. *Decoder* ini memiliki 8 output, 3 input dan 1 pin *enable*. Alat ini menggunakan 4 buah *decoder* dimana untuk mengaktifkan salah satu dari keempat *decoder* tersebut harus melalui pin *enable* masing-masing *decoder*. Ketika keluaran *decoder* ini memberikan sinyal *low* maka deret LED yang dituju akan aktif, dan begitupun sebaliknya. Perancangan *decoder* dan *driver* LED dapat dilihat pada Gambar 2. LED berjumlah 26 unit yang digunakan memiliki panjang gelombang (λ) dengan rentang nilai antara 385nm sampai dengan 1720nm dengan disuplai oleh tegangan sebesar 12 volt seperti terlihat pada Tabel 1.

B. Rangkaian Sensor Fotodioda dan Penguat *non-Inverting*

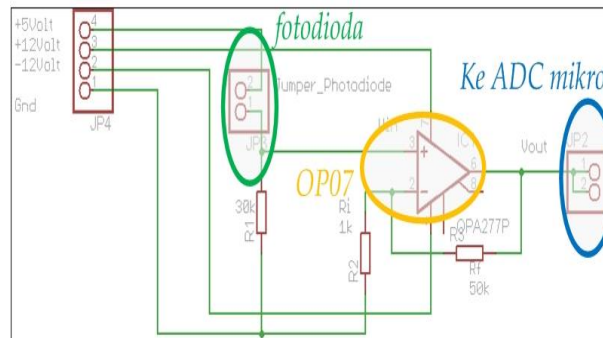
Input dari rangkaian *non-inverting* ini adalah keluaran dari sensor fotodioda yang hanya memiliki rentang tegangan 0,5volt hingga 4,8volt. Rangkaian penguat ini dibutuhkan agar pola yang terbentuk oleh tegangan keluaran sensor fotodioda tampak lebih jelas sehingga sistem dapat lebih mengenali bahan pengujian gas/uap dengan lebih akurat.

Tabel 1. Panjang Gelombang (λ) Deret LED yang digunakan

No.	Tipe	Panjang Gelombang	Ukuran LED (mm)
1	LED385-04	385	5
2	VL390-5-15	390	5
3	RLU395-8-30	395	5
4	VL400-5-15	400	5
5	LED405-02V	405	5
6	VL415-5-15	415	5

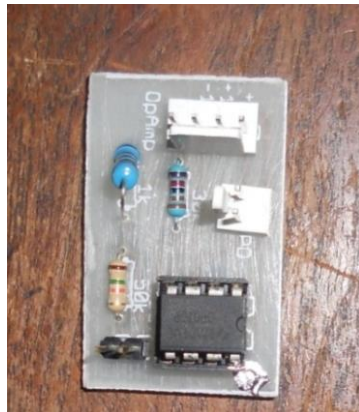
7	LED420-01	420	5
8	VL425-5-15	425	5
9	LED430-06	430	5
10	LED435-12-30	435	5
11	ELD935-525	935	5
12	LED940-06V	940	5
13	ELD-950-535	950	5
14	ELD-960-545	960	5
15	LED970-01	970	5
16	LED980-03	985	5
17	ELD-1020-525	1020	5
18	LED1050-33	1050	3
19	ELD-1060-525	1060	5
20	LED1070-03	1070	5
21	LED1200-03	1200	5
22	ELD-1300-525	1300	5
23	LED1450-03	1450	5
24	ELD-1480-525	1480	5
25	ELD-1550-525	1550	5
26	ELD-1720-535	1720	5

Nilai penguatan (*gain*) yang digunakan pada rangkaian *non-inverting* sebesar 30 kali karena arus yang keluar dari fotodiode sangat kecil untuk rentang cahaya *UV* dan *IR* yang dikeluarkan oleh deret LED. Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan desain rangkaian penguatan *non-inverting* dan modul rangkaian *non-inverting* beserta sensor fotodiode.



Gambar 3. Rangkaian Penguat *Non-Inverting*

Sensor fotodiode akan merespon perubahan intensitas cahaya yang diterima dengan mengonversinya menjadi perubahan arus pada pin keluaran (*pin6*) *operational amplifier* (*Op-Amp*) OP07, sehingga dalam hal ini fotodiode berperan sebagai sumber arus. Semakin besar cahaya yang diterima, maka semakin besar pula arus yang dihasilkan oleh fotodiode. Arus akan dikonversi menjadi tegangan oleh resistor yang diseri ($R_1 = 30k\Omega$) seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 4. Modul Rangkaian Penguat *Non-Inverting* dan Fotodioda

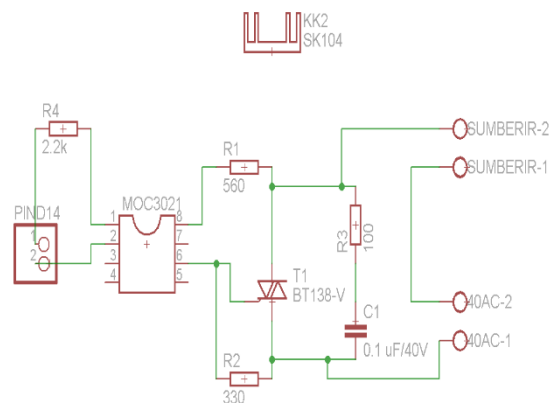
C. Rangkaian *Driver Heater*

Untuk mengatur suhu dan kelembaban *chamber* maka perlu dilakukan pengontrolan terhadap elemen pemanas (*heater*). Suhu maksimum yang dihasilkan *heater* mencapai 500°C. Komponen utama pada rangkaian *driver heater* ini adalah MOC3021 yang di dalamnya terdapat komponen optoisolator yang berfungsi untuk mengatur proses kontrol *on-off relay*. Input *driver heater* yaitu sinyal masukan dari Port D.7 mikrokontroler AtMega16 yang merupakan output sinyal *Pulse Width Modulation (PWM)*, dimana input tersebut memiliki rentang antara 0-5 volt. Input *driver heater* digunakan untuk mengatur *duty cycle* tegangan AC 220 volt pada *heater*. Gambar 5 menunjukkan elemen pemanas (*heater*) yang digunakan, dan Gambar 6 merupakan rangkaian *driver heater*.



Gambar 5. Elemen Pemanas (*heater*)

Ketika deret LED dinyalakan bergantian, tiap nyala LED masing-masing akan dideteksi oleh fotodioda dan dikuatkan oleh penguat *op-amp non-inverting*. Hasil penguatan oleh *Op-Amp* akan dibaca dan dikirimkan ke *PC* melalui komunikasi serial *USART*.



Gambar 6. Rangkaian *driver heater*

D. Jenis Gas/Uap yang Diidentifikasi

Pemilihan kedua jenis gas/uap ini karena memiliki efek dari segi kesehatan yaitu membahayakan tubuh manusia apabila terhirup dalam jumlah melebihi ambang batas maksimal. Karbon monoksida (CO) merupakan polutan berbahaya dari hasil pembakaran yang tidak sempurna pada asap kendaraan, sedangkan bahan bakar petrodiesel ($C_{14}H_{30}$) merupakan bahan bakar utama mesin transportasi umum di Samarinda, yang penggunaannya terus meningkat dan berpotensi memberikan dampak negatif pada lingkungan yaitu tingginya tingkat pencemaran di udara kotamadya Samarinda akibat emisi hasil pembakaran bahan bakar fosil. Tabel 2 menunjukkan pola target bahan pengujian pada pelatihan jaringan *Backpropagation*.

Tabel 2. Pola Target pada Pelatihan Jaringan Syaraf *Backpropagation*

No. Pola	Sampel Gas	Target
1	Karbon monoksida (CO)	001
2	Uap Bahan Bakar Petrodiesel ($C_{14}H_{30}$)	010
3	Tak diketahui	100

E. Blok Pendistribusian Gas/Uap

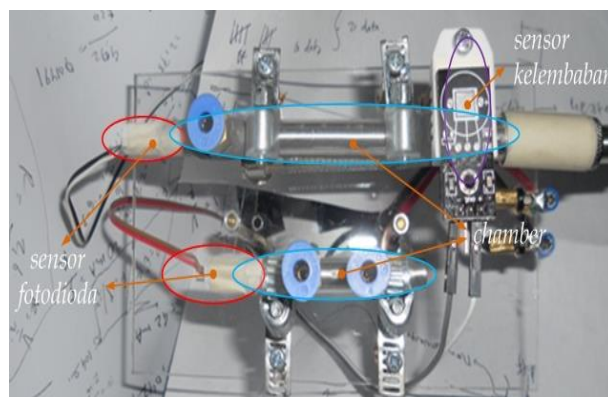
Terdapat dua bagian utama pada blok ini, yaitu:

1) Tabung *Chamber* yang Digunakan

Bagian pertama ini yaitu *chamber* atau medium untuk wadah bahan pengujian, *chamber* terbuat dari pipa *stainless* berbahan material baja yang telah dilapisi oleh cairan aluminium di sisi luar dan dalamnya. *Chamber* ini dilengkapi dengan sensor fotodioda, *heater*, dan sensor suhu LM35, seperti terlihat pada Gambar 7. Sebelum melakukan proses pengambilan data, proses pengujian, dan proses identifikasi maka *chamber* harus dibersihkan dengan udara kering terlebih dahulu. begitu pula nilai *set-point* untuk suhu dalam *chamber* juga harus diatur terlebih dulu pada nilai *set-point* tertentu.

2) Perancangan Pendistribusian Gas/Uap

Pada bagian kedua ini adalah blok yang terdiri dari: tabung *aquades*, *valve*, pompa udara, tabung bahan pengujian gas/uap, dan tempat *Silica Gel*. *Silica gel* digunakan untuk memperoleh kualitas udara kering, sehingga CO dan uap petrodiesel $C_{14}H_{30}$ yang dimasukkan ke dalam *chamber* terbebas dari kandungan uap air (H_2O). Keluaran dari blok ini akan masuk ke tabung *chamber*. Blok pendistribusian gas/uap dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. Tabung *Chamber*

F. Jaringan Syaraf *Backpropagation*

Proses pelatihan, pengujian dan pengidentifikasian yang dilakukan pada sistem ini menggunakan *software* Borland Delphi 7. Hasil penyerapan dari radiasi 26 jenis deret LED yang dipancarkan pada gas *CO* maupun uap bahan bakar petrodiesel $C_{14}H_{30}$ yang diidentifikasi ini ditangkap oleh sensor fotodiode, sehingga ada sebanyak 26 data yang menjadi masukan untuk jaringan syaraf *backpropagation*. Sejumlah 26 data tersebut merupakan hasil pembacaan fitur *Analog-to-Digital (ADC)* pada mikrokontroler AtMega16.

Dari beberapa kali percobaan diperoleh lapisan tersembunyi pertama dan lapisan tersembunyi ke-dua memiliki jumlah *neuron* yang optimal sebanyak 9 unit. Sinyal keluaran Lapisan tersembunyi pertama menjadi masukan ke lapisan tersembunyi ke-dua. Keluaran sinyal dari lapisan tersembunyi ke-dua diteruskan ke lapisan output. Dan lapisan output memiliki jumlah *neuron* sebanyak 2 unit, yang terdiri dari gas karbon monoksida (*CO*) dan uap bahan bakar petrodiesel ($C_{14}H_{30}$), maka banyaknya *neuron* pada lapisan output menyesuaikan dengan banyaknya bahan pengujian gas/uap yang ingin dianalisa. Jaringan syaraf *backpropagation* digunakan untuk mendukung metode spektrofotometri dalam melakukan proses pengelompokan.

Prinsip kerja dari spektrofotometri adalah berdasarkan penyerapan cahaya yang berbeda-beda oleh senyawa kimia organik pada rentang panjang gelombang (λ) tertentu dengan menerapkan hukum *Lambert-Beer*.

Spektrofotometri digunakan untuk mengukur absorbansi maupun pemantulan dari sampel gas/cairan dalam tabung *chamber* transparan. Spektrofotometri melibatkan penggunaan alat yang disebut spektrofotometer, yang digunakan untuk mengukur absorbansi cahaya pada rentang λ antara $385nm$ sampai dengan $1720nm$ menggunakan kontrol dan kalibrasi yang berbeda [9] [13].



Gambar 10. Blok Pendistribusian Gas (*CO*) / Uap petrodiesel ($C_{14}H_{30}$)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian, pengujian, dan pembahasan yang telah dilakukan, terdiri atas:

A. Pengujian Distribusi Aliran Gas dan Uap

Pengujian terhadap pendistribusian aliran gas maupun uap dilakukan untuk mengetahui apakah saluran yang telah dirancang terjadi kebocoran atau tidak. Pengujian ini dilakukan pada beberapa titik sambungan, yakni pada beberapa *valve* yang terpasang seperti terlihat pada Gambar 8 sebelumnya. Tabel 3 menunjukkan pengukuran laju aliran gas dan uap.

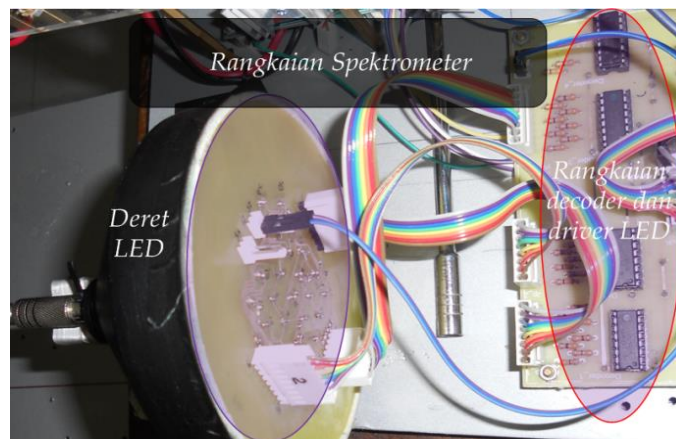
Tabel 3. Pengukuran Laju Aliran Gas dan Uap

No. Pengukuran	Titik ukur	Tekanan pompa (L/ mnt)	Hasil Pengukuran (L/mnt)
1	valve 1	0,100	0,100
2	valve 2	0,100	0,090
3	valve 3	0,100	0,050
4	valve 4	0,100	0,070
5	valve 5	0,100	0,090

Laju aliran gas dan uap diatur konstan sebesar 0,1 Liter per minute (*Lpm*) menggunakan alat kalibrasi yang disebut *flowmeter analog*. Proses pengisian *chamber* dilakukan selama 3 menit, sedangkan proses pembersihan *chamber* dilakukan selama 7 menit. Hal ini dimaksudkan agar proses akuisisi data yang dilakukan oleh rangkaian spektrometer maupun rangkaian fotometer tidak mengalami kendala dan data yang diperoleh akurat.

B. Pengujian Rangkaian Spektrometer

Pengujian selanjutnya yakni analisis pengukuran terhadap besarnya tegangan *supply* pada deret LED untuk menjaga ke-optimal-an intensitas cahaya yang dipancarkan oleh masing-masing LED, seperti terlihat pada Tabel 4.



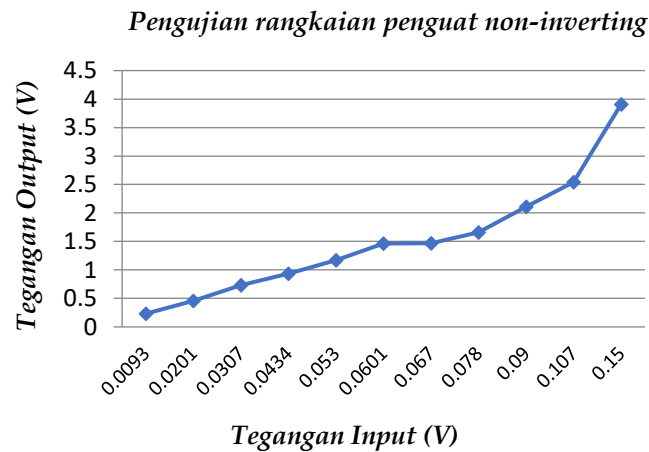
Gambar 11. Rangkaian Spektrometer

Tabel 4. Pengukuran Tegangan *Supply* Deret LED

No.	Panjang Gelombang (nm)	Hasil pengukuran (volt)
1	380	3,129
2	390	3,280
3	395	3,700
4	400	3,229
5	405	5,035
6	415	3,028
7	420	2,918
8	425	3,065
9	430	3,090
10	435	2,838
11	935	1,140
12	940	1,148
13	950	1,124
14	960	1,123
15	970	1,12
16	985	1,135
17	1020	1,140
18	1050	1,045
19	1060	0,975
20	1070	1,014
21	1200	0,963
22	1300	0,800
23	1450	0,776
24	1480	0,727
25	1550	0,671
26	1720	0,616

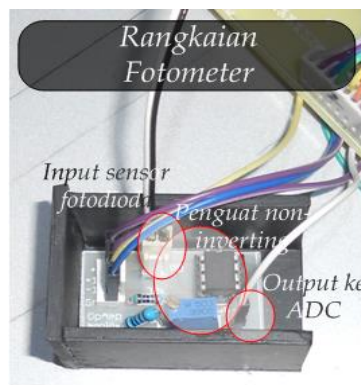
C. Pengujian Rangkaian Fotometer

Rangkaian fotometer berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur intensitas absorbansi cahaya pada sensor fotodiode. Komponen *operational amplifier (op-amp)* yang digunakan adalah IC OP07, yang merupakan jenis penguat operasional *dual supply* dengan menggunakan tegangan V_{DD} dan V_{EE} adalah $\pm 12\text{volt}$. Bagian ini fokus pada pengujian rangkaian penguat *non-inverting* yang keluarannya akan terhubung langsung ke ADC mikrokontroler AtMega16. Pengujian penguat *non-inverting* penting dilakukan untuk mengetahui besar penguatan yang optimal untuk mendapatkan respon sensor fotodiode yang terbaik. Grafik pada Gambar 12 menunjukkan hasil pengujian rangkaian penguat *non-inverting*.



Gambar 12. Pengujian Rangkaian Fotometer

Dari Gambar 12 terlihat bahwa penguatan *Op-Amp non-inverting* yang telah dilakukan memiliki rentang 21 kali s.d. 25 kali, meskipun penguatan yang dirancang pada rangkaian fotometer adalah sebesar 26 kali. Hal ini bisa disebabkan oleh nilai toleransi yang dimiliki pada komponen R dan C yang digunakan adalah sebesar 5%. Rangkaian fotometer dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Rangkaian Fotometer

D. Pengujian Karbon monoksida (CO) dan Uap Bahan Bakar Petrodiesel ($C_{14}H_{30}$)

Prosedur pengujian rangkaian dilakukan dengan mengambil sampel udara kering sebagai referensi untuk mencari nilai penyerapan (absorbansi) gas karbon monoksida (CO) dan uap bahan bakar petrodiesel ($C_{14}H_{30}$). Perhitungan nilai absorbansi selanjutnya ditentukan dengan persamaan:

$$\text{absorbansi} = I - I_0 \quad (1)$$

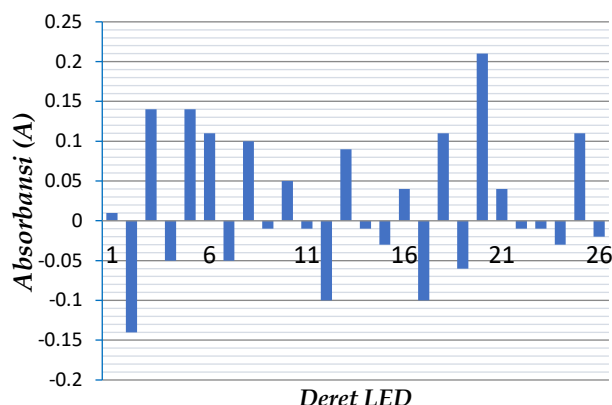
Keterangan:

absorbansi = Besarnya penyerapan

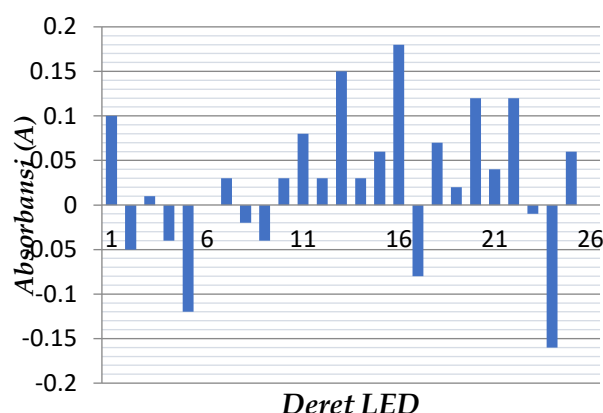
I = Intensitas cahaya setelah melewati *chamber*

I_0 = Intensitas cahaya sebelum melewati *chamber*

Dari percobaan yang telah dilakukan, diperoleh pola absorbansi intensitas cahaya terhadap gas karbon monoksida CO dan uap bahan bakar petrodiesel ($C_{14}H_{30}$) masing-masing ditunjukkan pada Gambar 14 dan Gambar 15.



Gambar 14. Pola Absorbansi Gas CO



Gambar 15. Pola Absorbansi Uap Petrodiesel ($C_{14}H_{30}$)

Gambar 14 dan Gambar 15 merupakan respon gas/uap terhadap radiasi sinar yang dipancarkan oleh deret LED. Apabila nilai yang ditunjukkan positif, maka gas/uap tersebut menyerap cahaya, begitupun sebaliknya, apabila nilai yang ditunjukkan negatif, maka gas/uap tersebut memantulkan cahaya yang dipancarkan.

Dari Gambar 14 terlihat bahwa, LED ke-1 bernilai positif, maka gas CO menyerap intensitas cahaya sinar UV dengan λ sebesar $385nm$. Selain itu pada LED ke-9 bernilai negatif, maka gas CO memantulkan intensitas cahaya sinar UV dengan λ sebesar $430nm$. Seperti halnya pada LED ke-16 bernilai positif, maka gas CO menyerap intensitas cahaya sinar IR dengan λ sebesar $985nm$. Dan terakhir, LED ke-26 bernilai negatif, maka gas CO memantulkan intensitas cahaya sinar UV dengan λ sebesar $1720nm$.

Berikutnya dari Gambar 15, terlihat bahwa LED ke-1 bernilai positif, maka uap petrodiesel menyerap intensitas cahaya sinar UV dengan λ sebesar $385nm$. Selain itu pada LED ke-9 bernilai negatif, maka uap petrodiesel memantulkan intensitas cahaya sinar UV dengan λ sebesar $430nm$. Seperti halnya pada LED ke-16 bernilai positif, maka uap petrodiesel menyerap intensitas cahaya sinar IR dengan λ sebesar $985nm$. Dan terakhir, LED ke-26 bernilai nol, maka pada λ sebesar $1720nm$, uap petrodiesel ini tidak memantulkan maupun menyerap intensitas cahaya.

KESIMPULAN

Percobaan kali ini telah dilakukan perancangan sistem yang digunakan untuk mengenali dan mengidentifikasi jenis gas (CO) dan Uap Bahan Bakar Petrodiesel ($C_{14}H_{30}$) dengan

menggunakan deret LED yang memiliki rentang panjang gelombang (λ) antara 385nm sampai dengan 1720nm. Pola absorbansi yang dihasilkan oleh masing-masing LED bersifat unik dan spesifik pada masing-masing gas/uap. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem yang dibuat dapat mengenali jenis gas/uap dengan taraf identifikasi 80%, dimana cara kerja dari sistem ini masih perlu dikembangkan agar dapat menggantikan hidung manusia, khususnya aplikasi *odor* yang beracun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih kepada Dekan Fakultas Teknik Universitas Mulawarman, Jurusan dan Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan sarannya kepada penulis untuk dapat menghasilkan jurnal ini, semoga tulisan ini dapat bermanfaat kepada perkembangan teknologi di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Nugroho, "Rancang Bangun Sistem Identifikasi Gas Menggunakan Sinar UV-IR dan Metode Jaringan Syaraf Tiruan", Tesis Magister Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia, Jan. 2016.
- [2] I. Hastuti, dan H, Sulistyarso, "Penyediaan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Nilai Emisi CO₂ di Kawasan Industri Surabaya", *Jurnal Teknik POMITS*, vol., 1, no. 1, hal. 1-5, 2012.
- [3] D. Prabhandhari, "Analisis Kualitas Udara Lima Kota Metropolitan di Indonesia", Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia, Jun. 2014.
- [4] M. Jamal, M.R. Khan, S.A. Imam, dan A. Jamal, "Artificial Neural Network Based E-Nose and Their Analytical Applications in Various Field", in *Int. Conf. Control, Automation, Robotics and Vision ICARCV2010*, 2010, hal. 691-698.
- [5] M. Rivai, "Electronic Nose using Gas Chromatography Column and Quartz Crystal Microbalance", *Telkomnika*, vol. 9, no. 2, hal. 319-326, 2011.
- [6] M. Rivai, "Sistem Diagnosa Pernapasan Menggunakan Hidung Elektronik", in *Conf.InSINas*, Kementerian Riset dan Teknologi, 2012, hal. 205-210.
- [7] C. Wang, L. Yin, L. Zhang, D. Xiang, dan R. Gao, "Metal Oxide Gas Sensors: Sensitivity and Influencing Factors", *Sensors*, vol. 10, hal. 2088-2106, Mar. 2010.
- [8] K. Arshak, E. Moore, G.M. Lyons, J. Harris, dan S. Clifford, "A Review of Gas Sensors Employed in Electronic Nose Applications", *Sensor Review*, vol. 24, hal. 181-198, 2004.
- [9] S. Li, "*Overview of Odor Detection Instrumentation and the Potential for Human Odor Detection in Air Matrices*", MITRE Nanosystems Group and U.S. Government None-enabled Technology Initiative. McLean, Virginia: MITRE.
- [10] A. Wego, "Accuracy Simulation of an LED Based Spectrophotometer", *Optik*, vol. 124, issue 7, hal. 644-649, 2013.
- [11] T. S. Yeh dan S. S. Tseng, "A Low Cost LED Based Spectrometer", *Journal of the Chinese Chemical Society*, vol. 53, hal. 1067-1072, 2006.
- [12] A.D. Wilson, dan M. Baietto, "Applications and Advances in Electronic-Nose Technologies", *sensor*, vol. 9, hal. 5099-5148, Jun. 2009.

- [13] A.G. Triantafyllou, S. Zoras, V. Evagelopoulos, S. Garas, dan C. Diamantopoulos, "DOAS Measurement Above an Urban Street Canyon in a Medium Sized City", *Global NEST Journal*, vol. 10, no. 2, hal. 151-168, 2008.
- [14] I. Morsi, *Electronic Nose System and Artificial Intelligent Techniques for Gases Identification, Data Storage*, Florin Balasa, Ed. Shanghai, China: InTech, 2010.