

SISTEM PENGATURAN KONTROL OTOMATIS KECEPATAN *EXHAUST FAN* UNTUK MEMBUANG GAS POLUTAN PADA PROSES PENGOLAHAN *ROASTING KOPI* MENGGUNAKAN *FUZZY* (*AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF SETTING SPEED OF EXHAUST FAN TO GET RID OF GAS POLLUTANTS IN ROASTING COFFEE PROCESSING USING FUZZY*)

Gerry Alfiansyah, Widjonarko, Sumardi.
Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember (UNEJ)
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121
E-mail: gerryalfian@gmail.com

Abstrak

Pada proses *roasting* kopi menimbulkan efek positif dan juga efek negatif. Efek positif dari proses ini, kopi akan menghasilkan perubahan dari cita rasa dan aroma pada biji kopi. Dan efek negatif yang ditimbulkan saat proses *roasting* ini adanya gas polusi yang berupa karbon monoksida (CO) yang sangat merugikan manusia pada saat proses *roasting* yang berlangsung di dalam suatu ruangan. Pada penelitian ini akan dibahas bagaimana kecepatan *exhaust fan* tersebut berjalan otomatis dengan mendeteksi kadar gas karbon monoksida dengan menggunakan sensor MQ-7. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini penulis melakukan perancangan, dan menganalisis sistem untuk mengatasi secara dini keracunan gas karbon monoksida pada saat *roasting* kopi berlangsung. Asap karbon monoksida yang diterima memiliki konsentrasi 0-50 ppm dengan kondisi asap aman dalam ruangan sehingga *exhaust fan* berputar dengan kecepatan pelan, dan masuk dalam kategori baik untuk kesehatan. Asap karbon monoksida yang memiliki konsentrasi 51-100 ppm dengan kondisi ruangan sedikit asap sehingga *exhaust fan* berputar dengan kecepatan sedang, dan masuk dalam kategori hati-hati pada kesehatan. Asap karbon monoksida yang diterima memiliki konsentrasi 101-200 ppm dengan kondisi asap dalam ruangan tersebut sudah banyak terkandung asap karbon monoksida sehingga *exhaust fan* berputar dengan kecepatan cepat, dan masuk dalam kategori tidak sehat pada kesehatan. Pengambilan data dilakukan dengan cara kalibrasi nilai sensor MQ-7 menggunakan gas analyser, dan memiliki nilai error persen sebesar 0,019% dengan selisih dengan gas analyser sebanyak 2 ppm. Dan nilai error persen rata-rata pada sensor LM35 dengan suhu pada termometer adalah 1,31% sehingga nilai kalibrasi yang dilakukan pada sensor suhu akurat.

Kata Kunci: *Roasting, MQ-7, Exhaust Fan, Karbon Monoksida.*

Abstract

The process of roasting coffee raises the effect of positive and negative effects as well. The positive effects of this process, the coffee will result in a change of taste and aroma of the coffee beans. And the effects of negative inflicted during the process of roasting this is the presence of the gas pollution that in the form of carbon monoxide (CO) which is very harmful man at the time of the process of roasting which was held in a room. This research will be discussed on how to speed the exhaust fan runs automatically by detecting carbon monoxide gas levels by using sensor MQ-7. Therefore, in this study the author doing design, and analyzing the system to cope with the early carbon monoxide gas poisoning during the roasting of coffee lasts. Smoke carbon monoxide concentration has received 0-50 ppm with a smoke condition safe in the room so that the exhaust fan rotates at the speed of slow, and belongs to the category is good for health. Smoke carbon monoxide which has a concentration of 51-100 ppm with the condition of the room was a little smoke so that the exhaust fan rotates with a medium speed, and belongs to the category of caution on health. Smoke carbon monoxide concentrations had received 101-200 ppm with a smoke condition in the room already contained a lot of carbon monoxide fumes so that exhaust fan rotates with a fast pace, and not fall into the category of unhealthy on health. Retrieval data done by means of sensors kalibrasi value mq-7 use gas analyser, and having value error percent of 0,019 % to within with gas analyser around 2 ppm. And the value of average percent error in sensor LM35 temperature on the thermometer is 1.31% so that the calibration values made on accurate temperature sensor.

Keywords: *Roasting, MQ-7, Exhaust Fan, Carbon Monoxide.*

PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara [6]. Kopi hijau, kopi *roasted* dan minuman kopi merupakan campuran beberapa ratus

bahan kimia yang sangat kompleks, dimana keseluruhannya berlangsung secara alami dan dipengaruhi oleh proses *roasting*. *Roasting* merupakan proses penggorengan biji kopi yang tergantung pada waktu dan suhu yang ditandai dengan perubahan kimiawi yang signifikan. Selama proses *roasting*, biji-biji dipanaskan hingga suhu 100-180°C selama 5-30 menit tergantung derajat *roasting* yang diminta [5].

Pada proses *roasting* menimbulkan efek positif dan juga efek negatif. Efek positif dari proses ini, kopi akan menghasilkan perubahan dari cita rasa dan aroma pada kopi. Dan terdapat juga efek negatif dari proses *roasting*, proses ini menimbulkan gas polusi udara yang sangat merugikan manusia ataupun bagi lingkungan sekitar pada saat proses *roasting* berlangsung, dikarenakan proses *roasting* kopi ini dilakukan pembakaran kopi atau tersebut berada di dalam suatu ruangan. Mengingat sangat sulitnya memperoleh udara bersih pada saat proses *roasting*, pada penelitian ini akan membahas salah satu cara mengurangi polusi udara dengan cara mengatur kontrol otomatis dari *exhaust fan* yang bertujuan agar polusi udara yang terkontaminasi oleh gas-gas polutan yang merugikan dari asap pembakaran kopi dapat berkurang dan memberikan dampak positif pada kesehatan seperti gangguan pernapasan dan pada saat proses *roasting* berlangsung [1].

Roasting merupakan proses penyangraian biji kopi yang tergantung pada waktu dan suhu yang ditandai dengan perubahan kimiawi yang signifikan. Terjadi kehilangan berat kering terutama gas CO₂ dan produk pirolisis volatil lainnya. Kebanyakan produk pirolisis ini sangat menentukan citarasa kopi. Udara yang digunakan langsung dipanaskan menggunakan gas atau bahan bakar, dan pada proses ini terjadi pelepasan gas karbon monoksida (CO).

Karbon dan Oksigen dapat bergabung membentuk senyawa karbon monoksida (CO) sebagai hasil pembakaran yang tidak sempurna dan karbon dioksida (CO₂) sebagai hasil pembakaran sempurna. Seperti yang dijelaskan Tabel 1. merupakan pengaruh kadar CO dalam darah terhadap kondisi tubuh. Karbon monoksida di lingkungan dapat terbentuk secara alamiah, tetapi sumber utamanya adalah dari kegiatan manusia, karbon monoksida yang berasal dari alam termasuk dari lautan, oksidasi metal di atmosfer, pegunungan, kebakaran hutan dan badai listrik alam. Tabel 2. merupakan angka dan kategori Indeks Standart Pencemar Udara [4].

Tabel 1. Pengaruh Kadar CO Dalam Darah Terhadap Kondisi Tubuh

CO (ppm)	Lama Paparan	Gejala
35	8 jam	Taraf yang masih diperbolehkan di dalam lingkungan kerja dalam kurun waktu 8 jam kerja per hari.
200	2-3 jam	Sakit kepala ringan, rasa lelah, rasa mual, disorientasi.
400	1-2 jam	Sakit kepala berat, ancaman kematian setelah 3 jam.
800	45 menit	Pusing, mual, kejang. Kemungkinan tidak sadarkan diri selama 2 jam. Kematian dalam 2-3 jam.
1600	20 menit	Sakit kepala hebat, mual, mengakibatkan kematian dalam 1 jam.

CO (ppm)	Lama Paparan	Gejala
3200	5-10 menit	Sakit kepala hebat, mual, mengakibatkan kematian dalam 1 jam.
6400	1-2 menit	Sakit kepala hebat, mual, mengakibatkan kematian dalam 25-30 menit.
12800	1-3 menit	Kematian.

Sumber: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia [4].

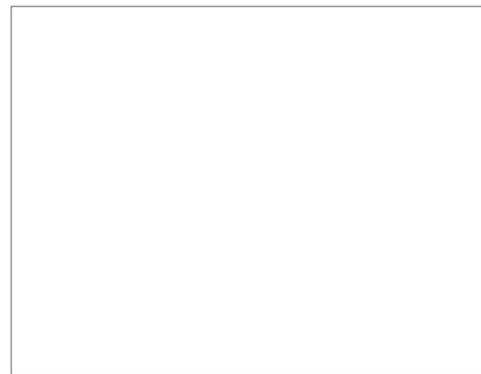
Tabel 2. Angka dan Kategori Indeks Standart Pencemar Udara (ISPU)

Indeks	Kategori
1 - 50	Baik
51 - 100	Sedang
101 - 199	Tidak Sehat
200 - 299	Sangat Tidak Sehat
300 - lebih	Berbahaya

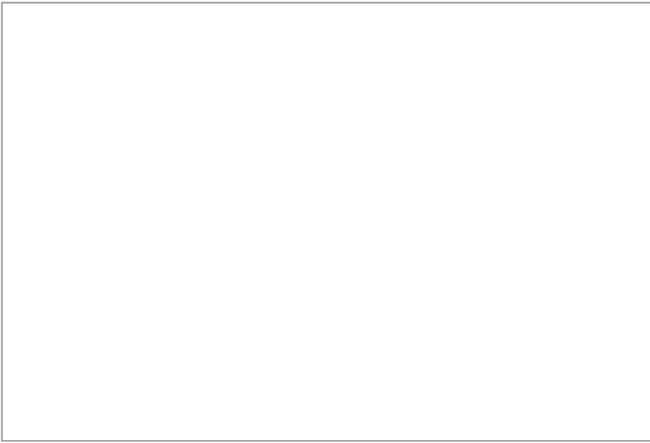
Sumber: Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. [3].

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini alat yang dirancang mengacu pada skema dan desain perangkat keras yang dapat dilihat pada gambar 1 dan blok diagram sistem yang mengacu pada gambar 2 yang dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 1. Rancangan Hardware



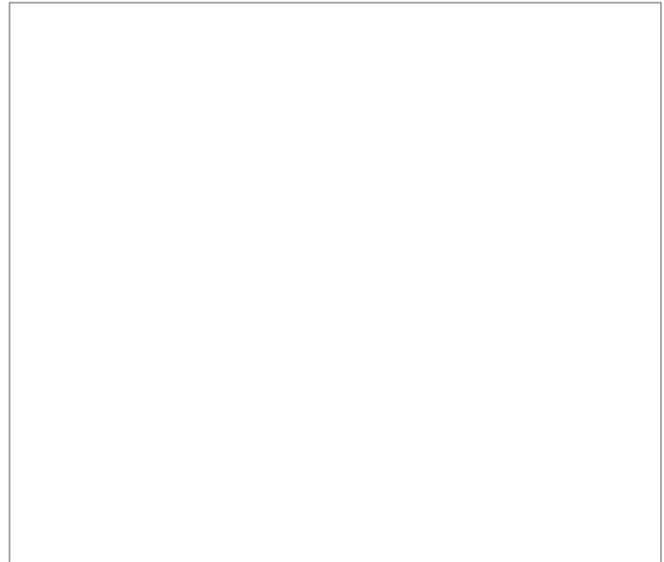
Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Prinsip kerja dari alat secara keseluruhan adalah set point konsentrasi pada sensor asap terendah adalah 15 ppm dan set point konsentrasi sensor asap tertinggi adalah 200 ppm. Sedangkan set point pada temperatur suhu terendah adalah 20°C dan set point tertinggi pada temperatur suhu adalah 45°C.

Apabila sensor asap mendeteksi kadar asap dari hasil pembakaran kopi yang terkandung dalam asap memiliki konsentrasi lebih dari 100 ppm maka keadaan PWM pada putaran *exhaust fan 1* dan *exhaust fan 2* akan bekerja dengan kecepatan putaran sedang, dan *exhaust fan 3* bekerja untuk membantu menstabilkan keadaan asap pada ruangan apabila konsentrasi asap telah mencapai 100 ppm. Dan apabila temperatur suhu mendeteksi suhu ruangan bernilai lebih kecil dari 45°C, maka kecepatan putaran dari *exhaust fan* bekerja dengan kondisi kecepatan putaran cepat untuk menghisap asap yang terkandung CO. Dan setelah kadar gas hasil pembakaran berkurang hingga menunjukkan konsentrasi dibawah nilai 50 ppm, dan temperatur suhu ruangan menunjukkan 35°C, maka keadaan *exhaust fan 1* dan *exhaust fan 2* berputar dengan kecepatan putaran pelan untuk menghisap udara dan *exhaust fan 3* akan berhenti untuk bekerja apabila konsentrasi dari kandungan CO telah mencapai 50 ppm.

Pada proses *roasting* ini, *heater* akan mulai bekerja pada saat kondisi dari nilai konsentrasi pada asap karbon monoksida (CO) pada ruangan tersebut menunjukkan konsentrasi dibawah nilai 25 ppm, dan *heater* akan berhenti bekerja untuk melakukan proses *roasting* kopi pada saat nilai konsentrasi pada karbon monoksida sebesar 100 ppm. Pada proses tersebut sistem tidak mengontrol dan membaca tingkat kematangan biji kopi. Kematangan biji kopi masih dilakukan secara manual. Suhu ruangan dan konsentrasi asap dari pembakaran ditampilkan melalui LCD.

Pada bagian ini akan dilakukan pembuatan program pada mikrokontroler menggunakan Code Vision AVR. Secara garis besar diagram alur program yang akan dibuat seperti pada gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3. Flow chart perancangan perangkat lunak.

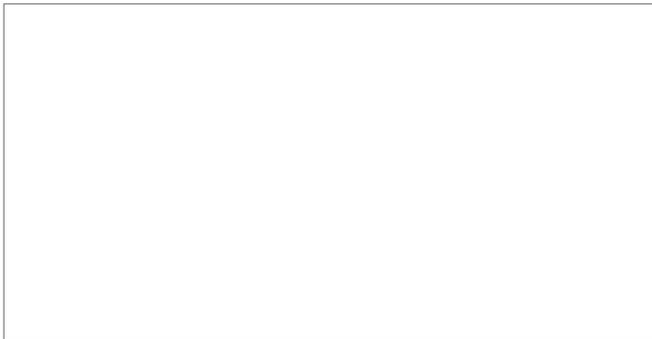
Pada program *Fuzzy*, input yang diambil dari hasil konversi ADC internal akan dijadikan input pada proses *fuzzifikasi*, yaitu: Suhu dan Asap. Proses selanjutnya adalah mencari nilai *fuzzifikasi* membership function dari masing-masing masukan fuzzy (crisp input), hasil dari *fuzzifikasi* masing-masing membership function dimasukkan ke dalam *fuzzy rule* yang telah dibuat sebelumnya. Dalam penelitian ini *flowchart* logika fuzzy seperti pada gambar 4 berikut :



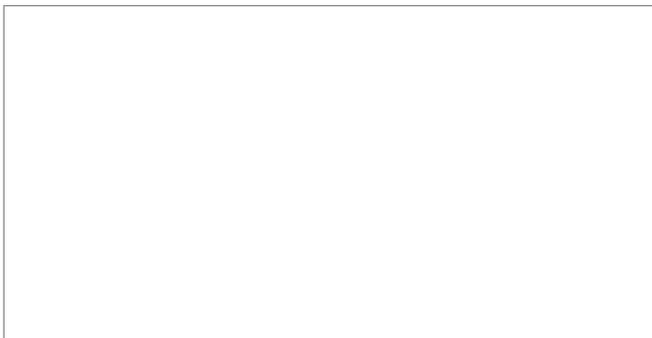
Gambar 4. Flowchart dari Logika *Fuzzy* pada Perangkat Lunak

Pada proses *fuzzyfikasi* ditentukan 2 *membership input*, yaitu Asap seperti terlihat pada gambar 5 dan Suhu seperti yang terlihat pada gambar 6. Membership input suhu terdiri dari tiga *range*, yaitu Dingin, Hangat, dan Panas. Untuk

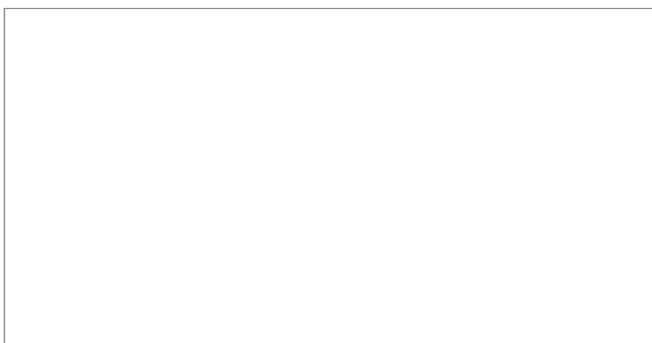
membership input Asap terdiri dari tiga *range*, yaitu Asap Aman, Asap Sedikit, Asap Banyak. Dan untuk output seperti di jelaskan pada gambar 7, terdiri dari tiga *range*, yaitu Pelan, Sedang, Cepat.



Gambar 5. Membership Function dari crisp input asap



Gambar 6. Membership Function dari crisp input suhu



Gambar 7. Membership Function dari crisp output

Pada proyek akhir ini terdapat dua input. Suhu yang mempunyai 3 daerah, yaitu: suhu dingin, suhu hangat dan suhu panas. Dan output Asap yang mempunyai 3 daerah yaitu: asap aman, asap sedikit, dan asap banyak. Kemudian pada kecepatan dari *exhaust fan* sendi terdapat 3 kondisi yaitu pelan, sedang, dan cepat. Kemudian dari *membership function* tersebut, akan di teruskan ke dalam *rule base* untuk mengatur kecepatan dari *exhaust fan* seperti yang di tampilkan pada tabel 3.

Tabel 3. Rule Base

No	Asap	Suhu	PWM Exhaust Fan
1	Asap Aman	Suhu Dingin	Pelan
2	Asap Aman	Suhu Hangat	Pelan

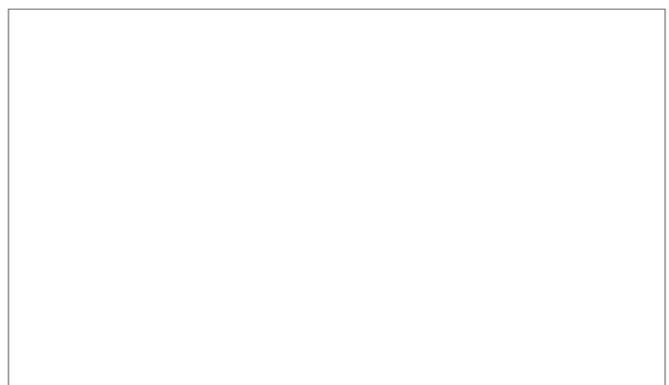
No	Asap	Suhu	PWM Exhaust Fan
3	Asap Aman	Suhu Panas	Pelan
4	Asap Sedikit	Suhu Dingin	Sedang
5	Asap Sedikit	Suhu Hangat	Sedang
6	Asap Sedikit	Suhu Panas	Cepat
7	Asap Banyak	Suhu Dingin	Cepat
8	Asap Banyak	Suhu Hangat	Cepat
9	Asap Banyak	Suhu Panas	Cepat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, pengujian alat dilakukan untuk mengetahui keakuratan dari sensor asap MQ-7 dan sensor suhu LM35. Dari spesifikasi sensor suhu LM 35 bekerja pada batas ukur -40°C sampai 100°C. Untuk mengkalibrasikan sensor ini maka tahanan variable harus diatur agar tegangan keluar sebesar 2980mV sehingga setara dengan 25°C. Besaran analog yang dihasilkan oleh sensor suhu ini mempunyai resistansi 10mV untuk setiap kenaikan 1°C. Berikut hasil dari pengujian dari sensor suhu LM 35 seperti yang di tampilkan pada tabel 4 dibawah dan grafik untuk kenaikan data suhu terhadap tegangan seperti pada gambar 8.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Suhu LM35

No	Suhu (°C)	vout (V)	No	Suhu (°C)	vout (V)
1	20 °C	1,32 V	11	35 °C	2,28 V
2	22 °C	1,45 V	12	37 °C	2,39 V
3	23 °C	1,53 V	13	38 °C	2,44 V
4	24 °C	1,63 V	14	40 °C	2,54 V
5	25 °C	1,71 V	15	41 °C	2,59 V
6	27 °C	1,82 V	16	42 °C	2,63 V
7	28 °C	1,89 V	17	43 °C	2,68 V
8	30 °C	2,01 V	18	44 °C	2,73 V
9	31 °C	2,07 V	19	48 °C	2,91 V
10	33 °C	2,18 V	20	49 °C	2,96 V



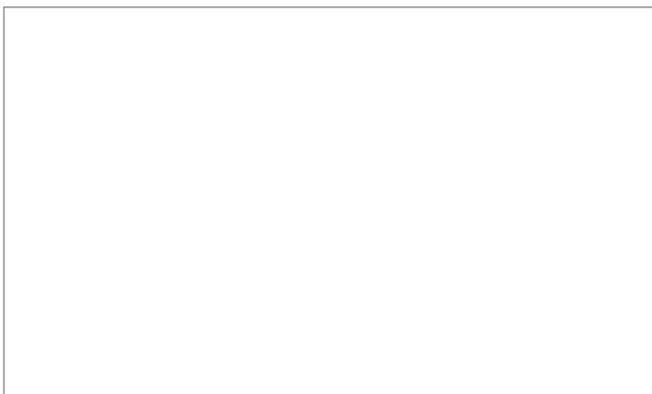
Gambar 8. Grafik data suhu terhadap tegangan

Pengambilan data suhu ini bertujuan untuk mengetahui kalibrasi seberapa besar perbandingan antara suhu LM35 yang dibaca dibandingkan dengan termometer. Berikut perbandingan suhu yang di baca sensor dengan termometer seperti yang di tampilkan pada tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Suhu Yang Dibaca Sensor Dengan Termometer

No	Suhu Terbaca atau Tercapai		Error (%)
	Suhu pada sensor LM35 (°C)	Suhu Pada Termometer (°C)	
1	27	28	3,57%
2	30	30	0,00%
3	31	31	0,00%
4	32	33	3,03%
5	35	35	0,00%
6	36	36	0,00%
7	38	39	2,56%
8	40	41	2,44%
9	45	45	0,00%
10	49	49	0,00%
11	51	52	1,92%
12	55	56	1,79%
13	59	60	1,67%
Rata-rata Error %			1,31%

dapat dilihat pada tabel 5 nilai pembacaan suhu terendah dari sensor LM35 adalah 27°C dan temperatur suhu dengan menggunakan termometer adalah 28°C dan nilai error persen yang didapat adalah 3,57%. Dan data pada grafik perbandingan suhu yang di baca oleh sensor dengan termometer dengan sensor LM35 dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Suhu Yang Dibaca Oleh Sensor dengan Termometer.

Pada saat MQ-7 bekerja pada kondisi udara normal tegangan output dari sensor MQ-7 sebesar 0,8 volt. Karakteristik output sensor bila mendeteksi keberadaan CO, yaitu output tegangan semakin besar sesuai dengan besarnya kadar ppm. Sensor ini menghasilkan signal analog [2].

Berikut dijelaskan bagaimana mengkonversi tegangan output sensor V_{RL} ke satuan konsentrasi gas ppm (*part per million*). Persamaan 1 merupakan gambaran matematis hubungan antara resistansi permukaan R_S dan resistansi beban R_L .

$$\frac{R_S}{R_L} = \frac{V_C - V_{RL}}{V_{RL}} = rasio \tag{1}$$

Persamaan 2 dan persamaan 3 dijelaskan dimana perbandingan $\frac{R_S}{R_L}$ berbanding terbalik dengan nilai konsentrasi gas, maka :

$$\frac{R_S}{R_L} = \frac{1}{konsentrasi} \tag{2}$$

$$rasio = \frac{1}{konsentrasi} \tag{3}$$

Pengujian berikut adalah pengujian sensor asap MQ-7 dengan keluaran tegangan output apabila sensor tersebut mendapat gas karbon monoksida. Pengujian pada tabel 6 merupakan pengujian sensor MQ-7 sebelum dilakukan kalibrasi dengan gas analyser.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor Asap MQ-7 Sebelum Kalibrasi

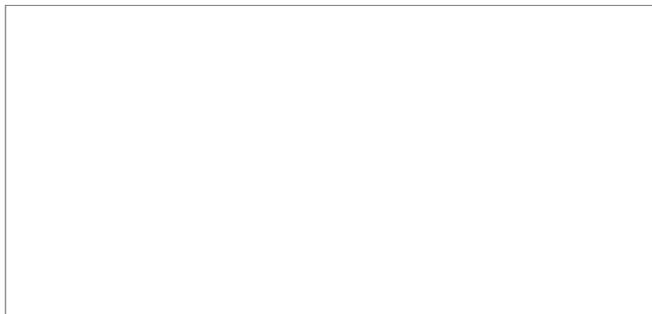
No	Asap (ppm)	vout (V)
1	186 ppm	0,089 V
2	224 ppm	0,124 V
3	498 ppm	0,246 V
4	586 ppm	0,288 V
5	625 ppm	0,311 V
6	693 ppm	0,342 V
7	713 ppm	0,350 V
8	791 ppm	0,389 V
9	859 ppm	0,424 V
10	937 ppm	0,460 V
11	1103 ppm	0,540 V
12	1670 ppm	0,830 V
13	2353 ppm	1,155 V

Dari pengujian keluaran tegangan pada tabel 6, kemudian sensor MQ-7 dibandingkan dengan kalibrasi menggunakan gas analyser. Hal ini dilakukan agar sensor MQ-7 mempunyai nilai kesamaan dengan gas analyser. Dan perbandingan data dari kalibrasi tersebut masuk ke dalam tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Sensor Asap MQ-7 Setelah Kalibrasi

No	CO Gas Analyser (ppm)	CO MQ-7 (ppm)	Selisih Kalibrasi	Error (%)
1	8	15	7	0,875
2	12	19	7	0,583333
3	26	33	7	0,269231
4	29	44	15	0,517241
5	35	49	14	0,4
6	42	51	9	0,214286
7	45	56	11	0,244444
8	48	57	9	0,1875
9	57	80	23	0,403509
10	86	92	6	0,069767
11	89	93	4	0,044944
12	91	94	3	0,032967
13	93	101	8	0,086022
14	102	104	2	0,019608
15	104	107	3	0,028846
Rata-rata			8,533333	0,27

Dari data perbandingan tersebut, grafik kenaikan dan kesamaan sensor gas MQ-7 dengan gas analyser dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik Data Asap Gas Analyser Terhadap Asap Sensor MQ7

Pada tabel 7 dan gambar grafik 10, hasil perbandingan asap yang dibaca oleh sensor MQ-7 dengan Gas Analyser merupakan pengujian pada saat nilai ppm tersebut tidak mencapai nilai terendah yaitu 0 ppm.

Pada pengujian berikutnya yaitu pengujian PWM. Pengujian ini akan digunakan untuk mengetahui pengendalian kecepatan Motor DC sebagai data keluaran suatu perangkat. Pada prinsipnya Motor DC ini akan ada selang waktu apabila keduanya terjadi perbedaan potensial. Prinsip inilah yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan Exhaust Fan dengan PWM. Berikut adalah data hasil dari pengujian PWM dengan nilai keluaran tegangan yang dirujuk pada tabel 8.

Tabel 8. Bentuk Output Gelombang Pulsa

No	Keadaan	vout	Gambar
1	Pelan	1,20 V	
2	Sedang	2,32 V	
3	Cepat	5,04	

Pada tabel 8 dapat dijelaskan dimana besar kecil nilai dari tegangan DC yang dihasilkan akan mempengaruhi besar kecilnya nilai *duty cycle* yang dihasilkan.

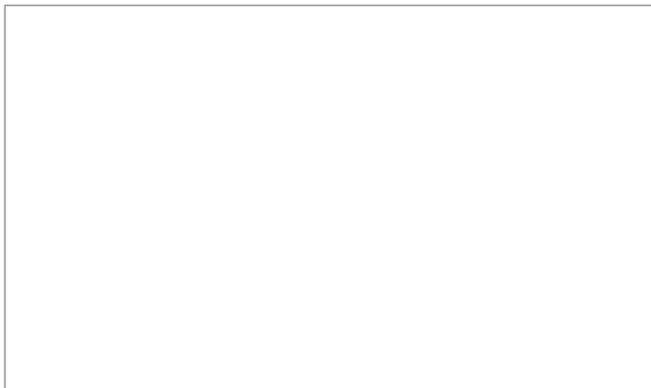
HASIL PENELITIAN

Pada penelitian ini sensor yang digunakan adalah sensor asap MQ-7 dan sensor suhu LM35, kemudian sensor asap menerima respons asap karbon monoksida dan sensor suhu untuk melihat kondisi dari temperatur ruangan. Pada tabel 9 akan di jelaskan hasil uji alat keseluruhan dengan sensor MQ-7 dan sensor LM35, dan memiliki keluaran output exhaust fan dengan menggunakan PWM sebagai kecepatan dari motor exhaust fan tersebut.

Tabel 9. Data Hasil Pengujian Keseluruhan

No	CO (ppm)	Suhu (°C)	PWM	Kondisi Exhaust Fan
1	98 ppm	31,6 °C	165	Sedang
2	100 ppm	31,6 °C	161	Sedang
3	111 ppm	31,6 °C	173	Sedang
4	107 ppm	31,6 °C	164	Sedang
5	118 ppm	31,6 °C	177	Sedang
6	103 ppm	31,6 °C	162	Sedang
7	93 ppm	31,6 °C	164	Sedang
8	88 ppm	31,6 °C	167	Sedang
9	83 ppm	31,6 °C	174	Sedang

No	CO (ppm)	Suhu (°C)	PWM	Kondisi Exhaust Fan
10	77 ppm	31,6 °C	183	Cepat
11	71 ppm	31,6 °C	190	Cepat
12	65 ppm	31,6 °C	196	Cepat
13	56 ppm	31,6 °C	194	Cepat
14	60 ppm	32,3 °C	214	Cepat
15	56 ppm	32,6 °C	206	Cepat
16	53 ppm	32,8 °C	191	Cepat
17	54 ppm	33,2 °C	200	Cepat
18	51 ppm	33,3 °C	183	Cepat
19	49 ppm	33 °C	175	Sedang
20	47 ppm	33,9 °C	163	Sedang
21	44 ppm	34 °C	146	Sedang
22	42 ppm	34,1 °C	135	Sedang
23	41 ppm	34,2 °C	131	Sedang
24	40 ppm	34,3 °C	125	Sedang
25	39 ppm	34,4 °C	120	Pelan
26	34 ppm	34,5 °C	105	Pelan



Gambar 11. Grafik Data Hasil Pengujian Keseluruhan.

PEMBAHASAN

Dari pembacaan tabel dan data grafik keseluruhan yang terdapat pada gambar 11, dijelaskan kondisi pembacaan nilai asap karbon monoksida telah mencapai nilai 100 ppm, maka keadaan dari *exhaust fan* berputar dengan nilai putaran 161 PWM dan nilai konsentrasi asap karbon monoksida tersebut terus mengalami penurunan, hal ini di karenakan *exhaust fan* 3 bekerja untuk membantu menetralsisir keadaan asap karbon monoksida, sehingga keadaan dari kondisi ruangan yang tercemar dari polutan gas karbon monoksida mengalami penurunan nilai kadar karbon monoksida. Apabila kadar dari karbon monoksida menunjukkan nilai 50 ppm, maka keadaan *exhaust fan* 3 akan berhenti bekerja, dan keadaan *exhaust fan* 1 dan 2 tetap bekerja dengan kondisi yang diterima oleh keadaan nilai asap dan nilai suhu. Apabila nilai asap karbon monoksida mendeteksi keadaan kadar 50 ppm

dan suhu dalam ruangan tersebut mencapai temperatur 33,3°C maka putaran dari *exhaust fan* 1 dan 2 akan berputar secara cepat dan membaca nilai putaran tersebut sebesar 183 ppm.

KESIMPULAN

Pengujian pembacaan kadar konsentrasi CO menunjukkan bahwa data yang didapat dan data normal memiliki kesesuaian. Bahwa semakin besar konsentrasi gas, semakin kecil nilai Rs/Ro pada pengujian ini didapatkan nilai rata-rata selisih kalibrasi pembacaan sensor sebesar 8,53 ppm atau nilai error persen rata-rata sebesar 0,26511321%. Dan hasil kalibrasi sensor MQ-7 dengan Gas *Analyser* memiliki selisih kalibrasi terbesar yaitu 23 ppm. Nilai error persen(%) rata-rata pada sensor LM35 dengan suhu pada termometer adalah 1,31%. Exhaust fan 3 akan mulai berputar apabila kondisi CO dalam ruangan memiliki konsentrasi 100 ppm, dan exhaust fan 1 dan exhaust fan 2 akan berputar cepat agar kondisi dalam ruangan yang terkandung CO menjadi normal seperti semula.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ciptadi, W. dan Nasution, M.Z. 1985. *Pengolahan Kopi*. Fakultas Teknologi Institut Pertanian Bogor
- [2] Hanwei, *Data Sheet Gas Sensor MQ 7*, <http://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf>, [Diakses 17 Maret 2014]
- [3] Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, 1999. "Pedoman Teknis Perhitungan Dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara, Jakarta.
- [4] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, "Parameter Pencemar Udara Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan" <http://www.depkes.go.id/downloads/Udara.pdf> [Diakses Tanggal 18 Maret 2013]
- [5] Rahardjo, Pudji. 2012. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta Penebar Swadaya*. Jakarta.
- [6] Varnam, H.A. and Sutherland, J.P., 1994. *Beverages (Technology, Chemistry and Microbiology)*. Chapman and Hall, London.