

# PERANCANGAN ALAT PENGUJI KUALITAS FISIKA AIR MINERAL

**Agung Rahmadi**

Program Studi Fisika Fakultas MIPA Universitas Ahmad Dahlan  
Jl. Prof. Dr. Soepomo, Janturan, Yogyakarta 55164  
agungr@uad.ac.id

## **Abstrak**

Telah dirancang sebuah alat untuk mendeteksi kualitas air mineral yang difokuskan pada intensitas cahaya dan deviasi temperatur. Peralatan terdiri dari sumber cahaya monokromatik, sensor cahaya LDR, sensor suhu LM335, ADC Card dan PC. Sensor dan sensor yang digunakan memiliki ketelitian yang tinggi sehingga dapat mendeteksi perubahan suhu dan intensitas yang kecil. Linieritas dari sensor sebesar  $R^2 = 0.9684$  dan linieritas sensor sebesar  $R^2 = 0.9815$ . Untuk mempertajam hasil pengukuran, data dari sensor dan sensor di belajarkan melalui jaringan saraf tiruan.

**Kata kunci :** Kualitas air mineral, deviasi temperatur, intensitas cahaya, jaringan saraf tiruan

## **1. PENDAHULUAN**

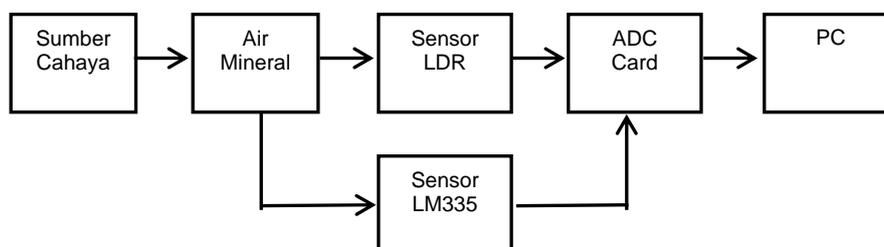
Kualitas air mineral yang baik merupakan syarat yang harus dipenuhi agar air tersebut dikatakan sehat dan layak minum. Salah satu parameter kualitas air mineral yang mudah untuk dideteksi adalah kualitas fisika. Kualitas fisika air mineral terdiri atas deviasi temperatur terhadap keadaan lingkungan, intensitas cahaya, daya hantar listrik (konduktivitas), residu terlarut, dan warna air mineral tersebut.

Parameter yang dideteksi dalam penelitian ini dibatasi pada deviasi temperatur dan intensitas cahaya. Penelitian bertujuan untuk merancang sebuah alat yang digunakan untuk mendeteksi dua parameter tersebut melalui seperangkat alat yang terdiri dari sumber cahaya monokromatik, sensor cahaya LDR, sensor suhu LM335, ADC Card, dan PC. Perangkat lunak dibuat dengan menggunakan Delphi [6] dan algoritma yang dipakai jaringan saraf tiruan [7,9,10].

## **2. BAHAN DAN METODE**

### **2.1 Susunan Peralatan**

Peralatan yang digunakan terdiri dari sumber cahaya monokromatik, sensor cahaya LDR, sensor suhu LM335, ADC Card dan PC. Susunan peralatan penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram blok susunan peralatan.

## 2.2 Sumber Cahaya

Sumber cahaya yang digunakan adalah sebuah lampu halogen yang dapat menghasilkan cahaya warna putih dengan intensitas yang cukup tinggi dan sejajar [4]. Lampu halogen yang digunakan dibuat oleh VYBA BRAND. Spesifikasi sumber cahaya tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi sumber cahaya.

Type	NCE 891
Catu daya	220-250 Volt 50/60 Hz
Lampu	24 Volt 150 Watt

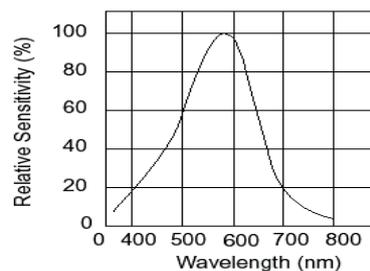
## 2.3 Air Mineral

Air mineral yang dideteksi dipilih dari bermacam merk di antaranya Air Ganesha, Air Cup, dan Air Aqua. Tujuannya adalah mendapatkan variasi data yang akan dibelajarkan pada jaringan syaraf tiruan. Sampel diletakkan di dalam gelas dan sensor diletakkan di belakang gelas untuk mengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan. Tebal gelas untuk tempat sampel divariasikan, yaitu gelas I = 6 mm, gelas II = 8 mm, dan gelas III = 10 mm.

Parameter kualitas fisika air mineral yang baik menurut standar yang dikeluarkan pemerintah RI melalui PP No. 28/2001 adalah air mineral yang memiliki deviasi temperatur sebesar + 3oC, angka toleransi + 0,5 oC, dan angka intensitas sebesar 5-25 Lux. Intensitas haruslah dikoreksi dengan cara mengurangi intensitas cahaya sebelum memasuki sampel (Po) dengan Intensitas cahaya setelah memasuki sampel (P)

## 2.4 Sensor LDR

Sensor berfungsi untuk mendeteksi intensitas cahaya yang ditransmisikan oleh sampel. Sensor ini mempunyai ketelitian yang tinggi sehingga mampu mendeteksi perubahan intensitas yang cukup kecil. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah LDR (Cadmium Sulphide Photoconductive Cell VAC 54) yang memiliki karakteristik, nilai hambatannya turun ketika intensitas cahaya yang mengenainya bertambah. Spektral respon dari sensor ini dapat dilihat pada Gambar 2.

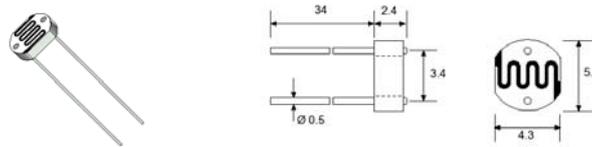


Gambar 2. Spektral Respon dari LDR.

Dari gambar 2, terlihat bahwa sensor ini mempunyai sensitivitas maksimum bila digunakan dalam daerah panjang gelombang sekitar 580 nm. Spesifikasi dan dimensi yang lengkap dapat dilihat dalam Tabel 2 dan Gambar 3.

Tabel 2. Spesifikasi dan performansi LDR.

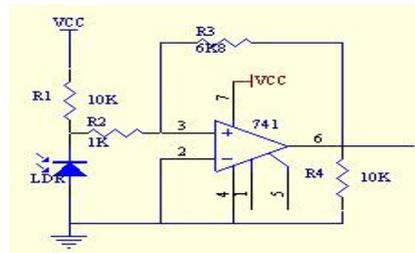
Model	Vmax (VDC)	Pmax (mW)	Ambient Temp (°C)	Spectral Peak (nm)	Light Resistance at 10 lux (kΩ)	Dark Resistance (MΩ)	Gamma Char. $T_{10}^{100}$	Response Time (ms)	
								Rise Time	Decay Time
VAC54	150	100	-30 ~ +80	590	50 ~ 140	20	0.7	20	30



Gambar 3. Dimensi LDR.

**2.5 Penguat**

Penguat yang digunakan adalah IC Op-Amp IC 741CN. Penguat ini diperlukan karena tegangan keluaran yang terukur dari LDR terlalu kecil [2]. Rangkaian penguat dengan masukan membalik digunakan agar tegangan keluaran yang dihasilkan dari LDR dapat terbaca oleh ADC. Selain itu juga agar perubahan tegangan yang terdeteksi berbanding lurus dengan intensitas cahaya yang jatuh pada sensor. Rangkaian penguat yang dipakai ditampilkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian penguat dengan masukan membalik.

Penguatan tegangan lingkar tertutup dari rangkaian di atas dinyatakan:

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_3}{R_2} = -\frac{6K8}{1K} = -6.8 \text{ kali} \dots\dots\dots(1)$$

atau

$$V_o = -6.8 V_i \dots\dots\dots(2)$$

Tegangan masukan  $V_i$  berdasarkan prinsip pembagi tegangan dapat dinyatakan sebagai:

$$V_i = \frac{R_{LDR}}{R_1 + R_{LDR}} V_{CC} \dots\dots\dots(3)$$

Berdasar persamaan (3) dapat dilihat bahwa tegangan masukan  $V_i$  nilainya berubah-ubah tergantung pada  $R_{LDR}$  yang juga berarti tergantung pada intensitas cahaya yang jatuh pada LDR.

**2.6 Sensor LM335**

LM335 merupakan sensor dioda. Dioda dapat digunakan menjadi sensor suhu karena perubahan suhu menyebabkan terjadinya perubahan lengkung ciri dioda. Jika suhu dinaikan, tegangan potong berkurang, tetapi arus penjuanan bertambah, dan kemiringan lengkung ciri tegangan mundur pun berubah. Spesifikasi sensor LM335 seperti terlihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Spesifikasi sensor LM335.

Spesifikasi	Keterangan
Impedansi dinamik	1 ohm
Arus	400 uA sampai 5 mA
Temperatur	-40 oC sampai 100 oC

## 2.7 Interface ADC – PC

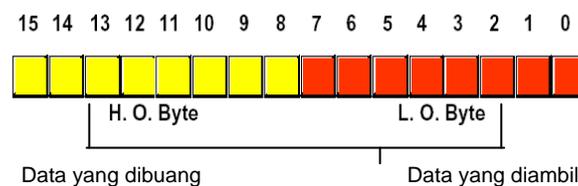
Sistem komunikasi antarmuka yang digunakan pada rangkaian ini adalah komunikasi paralel untuk ADC dan komunikasi serial untuk PC. Data hasil pembacaan sensor LM335 dan sensor LDR dikirim ke ADC melalui port (AD0-AD7) [3,5,8]. Pengambilan data dilakukan secara bergantian dengan selang waktu yang relatif singkat.

ADC yang digunakan adalah card ADC dari perusahaan Decision Computer Int'l. Co., Ltd. Perusahaan tersebut telah memberikan spesifikasi ADC seperti tertera pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Spesifikasi ADC Card

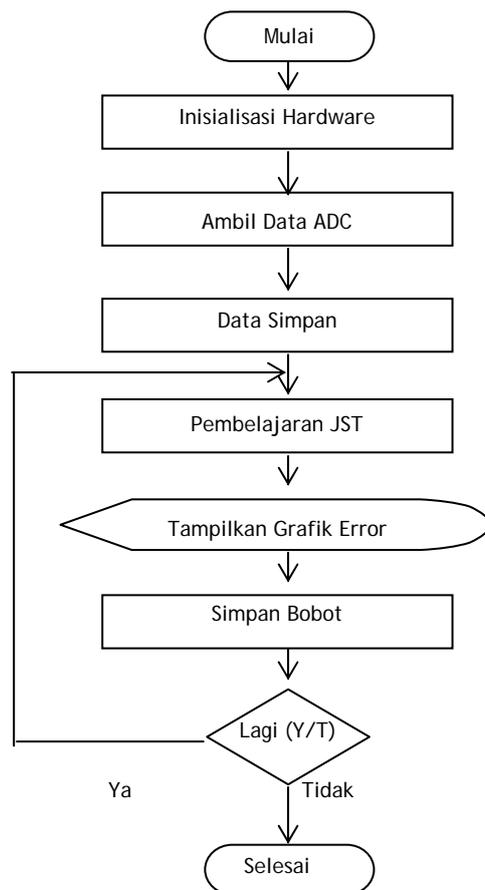
Spesifikasi	Keterangan
Kapasitas	12 Bit
Tegangan Masukan (Unipolar)	0 V – 9 V
Tegangan Masukan (Bipolar)	-9 V – 9 V
Waktu Konversi	60 mikro detik
Alamat Port I/O	&H278-27F atau &H2F8-2FF

ADC card dipasang pada slot ISA di komputer. Slot ISA adalah slot pada komputer dengan kemampuan komunikasi 8 atau 16 bit. ADC yang digunakan adalah ADC 12 bit, sehingga untuk mendapatkan 12 bit diperlukan 2 kali pengambilan data [8]. Untuk pengambilan data pertama adalah 8 bit bawah (kotak sebelah kanan pada Gambar 5) kemudian diambil 8 bit atas (kotak sebelah kiri pada Gambar 5). Perlu diingat yang berisi data hanya 4 bit dari 8 bit atas, sehingga 4 bit lainnya harus dibuang. Setelah 2 kali pengambilan data, data tersebut harus digabungkan sehingga menjadi 12 bit data.

**Gambar 5.** Struktur pengambilan data oleh ADC.

## 2.8 Diagram Alir Program

Secara garis besar diagram alir program ditampilkan dalam Gambar 6.



**Gambar 6.** Diagram alir program.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Kalibrasi Alat

Tujuan kalibrasi adalah untuk mendapatkan keakuratan antara data hasil pengukuran yang diperoleh dari alat penelitian dengan alat ukur yang sudah jelas kevalidannya. Kalibrasi dalam penelitian ini dilakukan pada dua alat yaitu kalibrasi LM335 (Sensor suhu air dan lingkungan) dengan kalibrator berupa termometer skala celcius dan kalibrasi LDR dengan kalibrator berupa Lux Meter.

Data yang diperoleh dari kalibrasi kemudian diolah dengan Microsoft Excel untuk mendapatkan persamaan linier beserta koefisien regresinya. Persamaan regresi linear untuk kalibrasi sensor LM335 (Air) sebagai berikut

$$y = 0.0094x + 2.7328$$

$$R^2 = 0.9815$$

dengan  $y$  = Tegangan (Volt) dan  $x$  = Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Persamaan regresi linear untuk kalibrasi sensor LM335 (Lingkungan) sebagai berikut

$$y = 0.01x + 2.7116$$

$$R^2 = 0.9227$$

dengan  $y$  = Tegangan (Volt) dan  $x$  = Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Persamaan regresi linear untuk kalibrasi Sensor LDR sebagai berikut

$$y = 0.0109x + 1.015$$

$$R^2 = 0.9684$$

dengan  $y$  = tegangan dan  $x$  = intensitas

### 3.2 Data dan Analisis

Pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan tiga kondisi, yaitu:

- 1 Variasi merk produksi air mineral, masing-masing sample air 1, 2, dan 3.
- 2 Variasi ketebalan air uji dengan menggunakan gelas kaca, masing – masing yaitu gelas I = 6 mm, gelas II = 8 mm, dan gelas III = 10 mm.
- 3 Variasi intensitas cahaya, masing-masing sebesar  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  dan  $\frac{3}{4}$  putaran motor pengatur intensitas.

Data yang pertama diambil adalah data intensitas cahaya sebelum masuk ke bahan atau gelas kosong (Po). Data ini digunakan acuan untuk menghitung dan menampilkan intensitas cahaya murni yang masuk ke dalam bahan seperti pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Intensitas cahaya tanpa bahan uji

Putaran	Gelas I (Lux)	Gelas II (Lux)	Gelas III (Lux)
$\frac{1}{4}$ putaran	4.01	3.00	2.11
$\frac{1}{2}$ putaran	8.1	7.05	7.10
$\frac{3}{4}$ putaran	16.03	15.01	13.09

Selanjutnya mencatat data yang tertera dari tampilan program setelah memasukkan angka kalibrasi masing-masing alat. Data dalam Tabel 6, 7, dan 8 merupakan hasil perhitungan dari program berdasarkan pembacaan hasil pengukuran alat. Data intensitas yang tampil merupakan pengurangan Po-P dan data deviasi suhu merupakan nilai absolut pengurangan suhu air dan suhu lingkungan seperti terlihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil pengukuran data pada Sample Air 1

Putaran	Kualitas Air	Gelas I		Gelas II		Gelas III	
		Intenst (Lux)	Dev Suhu (°C)	Intenst (Lux)	Dev Suhu (°C)	Intenst (Lux)	Dev Suhu (°C)
1/4	Di atas standar	5.90	2.02	5.91	2.57	5.91	2.53
	Sesuai Standar	5.94	1.88	5.93	2.62	5.93	2.71
	Kurang Standar	5.96	2.10	5.90	2.51	5.91	2.47
1/2	Di atas standar	5.89	2.63	5.88	2.65	5.89	2.60
	Sesuai Standar	5.90	2.73	5.91	2.49	5.88	2.62
	Kurang Standar	5.91	2.70	5.96	2.49	5.89	2.35
3/4	Di atas standar	6.61	2.52	6.00	2.35	6.06	2.73
	Sesuai Standar	6.59	2.81	5.98	2.48	6.04	2.66
	Kurang Standar	6.68	2.85	5.97	2.68	6.21	2.60

**Tabel 7.** Hasil pengukuran data pada Sample Air 2

Putaran	Kualitas Air	Gelas I		Gelas II		Gelas III	
		Intenst (Lux)	Dev Suhu (°C)	Intenst (Lux)	Dev Suhu (°C)	Intenst (Lux)	Dev Suhu (°C)
1/4	Di atas standar	5.93	2.54	6.06	2.75	24.33	2.85
	Sesuai Standar	5.91	2.51	6.00	2.83	24.33	2.73
	Kurang Standar	5.89	2.61	6.02	2.91	5.95	2.68
1/2	Di atas standar	6.13	2.56	5.95	2.75	5.93	3.10
	Sesuai Standar	5.94	2.64	6.02	2.72	5.91	2.85
	Kurang Standar	5.95	2.59	6.09	3.06	5.97	2.85
3/4	Di atas standar	8.52	2.52	24.52	2.81	8.57	2.66
	Sesuai Standar	8.62	2.79	24.35	2.71	8.94	2.93
	Kurang Standar	8.36	2.78	24.33	2.78	8.66	2.83

**Tabel 8.** Hasil pengukuran data pada Sample Air 3

Putaran	Kualitas Air	Gelas I		Gelas II		Gelas III	
		Intenst (Lux)	Dev Suhu (°C)	Intenst (Lux)	Dev Suhu (°C)	Intenst (Lux)	Dev Suhu (°C)
1/4	Di atas standar	5.97	2.70	5.97	2.59	5.88	2.91
	Sesuai Standar	5.96	2.82	5.93	2.73	5.90	2.92
	Kurang Standar	5.94	3.10	5.93	2.59	5.91	2.97
1/2	Di atas standar	5.90	2.95	5.95	2.83	6.13	2.72
	Sesuai Standar	5.96	2.81	5.97	2.90	5.89	2.63
	Kurang Standar	5.91	2.83	5.96	2.87	5.84	2.94
3/4	Di atas standar	7.77	3.11	1.01	2.82	9.23	2.49
	Sesuai Standar	8.01	2.90	10.57	2.80	9.53	2.49
	Kurang Standar	7.97	2.78	10.29	2.80	9.35	2.67

Dari data di atas kemudian diolah menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST) untuk mendapatkan grafik error tiap iterasi data. Pada JST ini digunakan acuan sebagai berikut:

- Parameter Input: Intensitas dan deviasi suhu
- Parameter Output: (Di atas standar dengan kode biner [0 0], Sesuai standar dengan kode biner [1 1], dan Kurang standar dengan kode biner [1 0]). Standar yang dimaksud disini adalah standar angka intensitas (5-25) dan deviasi suhu (+3) dengan angka toleransi +0,5.
- Iterasi maksimum 200, hal ini dipilih karena untuk membatasi lamanya waktu iterasi
- Target error 0,001
- Model pembelajaran yang digunakan adalah propagasi balik yang dipilih karena memiliki aritektur jaringan yang tidak memiliki koneksi umpan balik tetapi error dipropagasikan

selama training [1,9]. Pada pembelajaran ini digunakan Error dengan menghitung Least Mean Square. Banyak aplikasi dapat diformulasikan menggunakan jaringan backpropagasi dan metodologinya telah menjadi model untuk hampir semua jaringan *neural multi layers*. Dengan arsitektur  $n \times 2n \times 2m$ , dengan  $n$ =parameter input dan  $m$ =parameter output.

- f. Fungsi aktivasi Sigmoid dipilih agar tidak menghasilkan grafik error yang cenderung linier. Tabel 9, 10, 11 merupakan hasil pembelajaran JST untuk masing-masing bahan uji.

**Tabel 9.** Hasil pembelajaran JST pada Sample Air 1

No Data	Iterasi Ke	Total Iterasi	Error Sistem
1	187	238	0,00100
2	175	417	0,00100
3	190	625	0,00099
4	165	746	0,00099
5	174	858	0,00100
6	200	1065	0,00100
7	198	1249	0,00100
8	175	1511	0,00099
9	192	1576	0,00099

**Tabel 10.** Hasil pembelajaran JST pada Sample Air 2

No Data	Iterasi Ke	Total Iterasi	Error Sistem
1	187	288	0,00100
2	159	407	0,00100
3	198	605	0,00100
4	154	756	0,00100
5	102	898	0,00099
6	120	1098	0,00100
7	128	1246	0,00100
8	135	1411	0,00099
9	146	1573	0,00099

**Tabel 11.** Hasil pembelajaran JST pada Sample Air 3

No Data	Iterasi Ke	Total Iterasi	Error Sistem
1	137	288	0,00100
2	119	407	0,00100
3	198	605	0,00100
4	151	756	0,00099
5	142	898	0,00099
6	200	1098	0,00100
7	148	1246	0,00100
8	165	1411	0,00099
9	162	1573	0,00099

Dari Tabel 9, 10, 11 dapat dianalisis bahwa pada air merk Sample Air 1 terlihat bahwa target perolehan error hanya mencapai 5 dari 9. Angka error yang sesuai target sebesar 0,001 diperoleh pada iterasi yang cukup lama, yaitu pada iterasi ke 187, 175, 174, 198, dan 200. Sedangkan sisanya dapat tercapai pada angka error 0,00099. Hal ini menunjukkan target error pengukuran pada Sample Air 1 memiliki kesalahan yang cukup kecil, bahkan lebih kecil dari target errornya, namun waktu yang diperlukan untuk mencapai target tersebut juga cukup lama.

Pada Sample Air 2 terlihat bahwa angka error yang sesuai target sebesar 0,001 diperoleh pada iterasi yang cukup lama, yaitu pada iterasi ke 187, 120, 128, 159, 198, dan 154. Sedangkan sisanya dapat tercapai pada angka error 0,00099. Hal ini menunjukkan target error pengukuran pada Sample Air 2 memiliki kesalahan yang lebih besar daripada pengukuran air, yakni selang 0,00099, bahkan lebih kecil dari target errornya. Sedangkan pada Sample Air 3

ditemukan pencapaian target error yang sama dengan Sample Air 1. Hanya saja iterasi yang diperlukan pada iterasi ke 288, 407, 605, 200, dan 148.

Setelah semua data JST dibelajarkan maka langkah selanjutnya adalah menyimpan bobot hasil pembelajaran lalu membelajarkan lagi untuk arsitektur JST sesuai dengan rumus  $n \times 2m$ . Tabel 12 merupakan hasil pembelajaran pada masing-masing merk air.

**Tabel 12.** Hasil pembelajaran JST

No	Merk	Arsitektur	Error	Output
1	Air Aqua	2 4 4 2	0,00099	Sesuai Standar
2	Air Cup	2 4 4 2	0,00100	Sesuai Standar
3	Air Ganesa	2 4 4 2	0,00099	Sesuai Standar

Semua data JST tersebut di atas memberikan sinyalemen bahwa masing-masing merk air memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Karakteristik yang menyebabkan perbedaan tersebut diantaranya adalah komposisi kandungan mineralnya.

Apabila hal ini dianalisis lebih lanjut akan memberikan gambaran bahwa komposisi kandungan mineral dalam air yang berbeda-beda akan memberikan pengaruh yang signifikan terutama terhadap penyerapan cahaya yang masuk ke air. Untuk riset lebih lanjut mengenai komposisi ini diperlukan metode tambahan yang disebut spektroskopi.

Kondisi suhu di laboratorium juga menyebabkan pengaruh terhadap hasil penelitian ini. Ruangan laboratorium yang ber-AC dapat menyebabkan keadaan lingkungan diluar air menjadi lebih rendah dari biasanya. Hal ini berakibat pada besar kecilnya deviasi temperatur dalam pengukuran ini. Karena bagaimanapun air merupakan zat berwujud cair yang mengalami perubahan suhu relatif lebih lambat dibandingkan udara yang berwujud zat gas.

Sumber cahaya juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap besar kecilnya intensitas yang diterima sensor. Ketidaktepatan pemutaran sumber cahaya pada alat berpengaruh terhadap besar kecilnya intensitas. Akibatnya hasil pengukuran yang tampil di PC juga tidak tepat. Perjalanan sinar yang melewati cairan dengan ketebalan tertentu juga berpengaruh terhadap data hasil pengukuran. Semakin tebal bahan uji maka semakin lama waktu yang diperlukan. Selain itu sinar juga banyak yang terserap ke dalam cairan tersebut. Hal ini sesuai dengan persamaan  $P = P_0 \exp(-\tau b)$ , dengan  $\tau$  = koefisien turbiditas/kekentalan dan  $b$  adalah panjang jalannya sinar atau ketebalan cairan.

Analisis dari sisi instrumen penelitian memberikan informasi bahwa Sensor LM335 hanya mampu mengkoreksi tegangan pada perubahan suhu minimum  $10 \text{ mV}^\circ\text{C}$ , tiap ada kenaikan tegangan kurang dari itu yang masuk ke ADC Card bisa saja menjadi tidak terbaca sehingga data menjadi tetap. Pada bagian lain sensor LDR yang dipergunakan untuk menangkap cahaya yang lolos bahan uji juga memberikan pengaruh terhadap data hasil penelitian ini. Meskipun memiliki kelinieran yang sangat baik, yakni sebesar  $R^2 = 0.9684$ , namun faktor kebocoran di jalan atau di Op Amp sendiri tidak menutup kemungkinan mempengaruhi hasil pengamatan.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut

1. Alat yang dibuat mampu mendeteksi deviasi temperatur dan intensitas cahaya pada sampel uji dengan baik.
2. Baik air merk Aqua, air Cup maupun air Ganesha sama-sama memenuhi kestandaran kualitas fisika untuk parameter deviasi temperatur dan intensitas cahaya.
3. Linieritas sensor LM335 untuk air dan lingkungan masing-masing sebesar 0.9815, 0.9227. Sedangkan linieritas sensor LDR sebesar 0.9684.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [ 1] Anonim, "**MATLAB 5.3: Neuron Model and Network Architectures**" The Matlab Works, Inc, New York, 1999.
- [ 2] Faulkenberry, M. Luces., "**An Introduction To Operational Amplifiers**" Second Edition, John wiley & Sons, New York, 1982.
- [ 3] Fox, T.W., "**Digital Signal Processing Method for Gene Prediction with Improved Noise Suppression**" Euraship Journal of Applied Signal Processing, Vol. 2003, 2003, 108-115.
- [ 4] Freeman, M, H, "**Optics 10<sup>th</sup> ed**", Butterwoths, London, 1990.
- [ 5] Kaviani, K., "**A Multichannel Pipeline Analog-to-Digital Converter for an Integrated 3-D Ultrasound Imaging System**" IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 38, 2003, 1266-1270.
- [ 6] Martine, I., "**36 Jam Belajar Komputer Delphi 4.0**" PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 1999.
- [ 7] Rao, dkk., "**C++ Neural Network and Fuzzy Logic**" Management Information Source, Inc., New York , 1993.
- [ 8] Stewart, J.W and Miao, K.X., "**The 8051 Microcontroller : Hardware, Software, and Interfacing, 2<sup>nd</sup> Edition**" Prentice Hall, New Jersey, 1999.
- [ 9] Tambouratzi, T., "**String Matching Artificial Neural Networks, International Journal of Neural Systems (IJNS)**" Vol. 11, 2001, 445-454.
- [ 10] Zaknich, A., "**Neural Networks for Intelligent Signal Processing**" World Scientific, New York, 2003.