

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR KADAR KROM DALAM AIR DENGAN MENGGUNAKAN PRINSIP SPEKTROSKOPI SERAPAN ATOM

Tin Yunis Mahfudloh*

Mohammad Tirono*

Abstrak: Air adalah bahan yang berperan penting dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Air steril dengan kandungan mineral yang cukup dan tidak terpolusi dapat berperan sebagai cairan yang menata keseimbangan tubuh. Apabila air yang dikonsumsi manusia telah tercemar oleh sampah dan limbah industri yang mengandung zat-zat kimia/logam berat yang bersifat racun akan berbahaya seperti kromium/krom dengan kode kimiawi Cr. Penelitian dilakukan untuk membuat alat ukur kadar krom dalam air dengan metode absorpsi dengan instrumen fotometri.

Alat ukur kadar krom dalam air menggunakan prinsip spektroskopi serapan atom terdiri dari 2 sistem, yaitu sistem optik dan sistem elektronik. Sistem optik terdiri dari lampu halogen, filter cahaya dengan panjang gelombang 520.4, kuvet dan sensor photodiode. Sedangkan sistem elektronik terdiri dari ADC 0804, MCU AT89S51 dan LCD. Prinsip kerja alat ini adalah cahaya polikromatis yang dipancarkan oleh lampu halogen akan melewati filter sehingga cahaya polikromatis akan bersifat monokromatis. Cahaya akan melewati air dengan kadar krom 0% untuk mereset reagen dan pelarut kemudian dideteksi oleh sensor sehingga menghasilkan data I_0 . Setelah dideteksi air akan bergeser ke atas dan sensor bergeser ke belakang untuk mendeteksi sampel yang mempunyai kadar krom tertentu dan menghasilkan data I_1 . Di dalam sampel ini terjadi penyerapan intensitas cahaya oleh atom krom. Kemudian data I_0 dan I_1 akan diolah oleh MCU AT89S51 dan ditampilkan pada LCD.

Sampel yang digunakan adalah larutan H_2O dengan $K_2Cr_2O_7$ sebanyak 10 sampel dengan variasi kadar 0%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%, 3.5%, 4%, 4.5%, dan 5%. Larutan krom diperoleh dengan cara mengencerkan 10gr $K_2Cr_2O_7$ dalam 100ml H_2O sehingga didapatkan $K_2Cr_2O_7$ 10% sebagai larutan stok, selanjutnya untuk mendapatkan $K_2Cr_2O_7$ dengan kadar tertentu, maka diambil dari larutan stok kemudian diencerkan sampai volume 25 ml sesuai dengan rumus $M_1 V_1 = M_2 V_2$

Hasil pengujian pada sistem elektronik menunjukkan prosentase penyimpangan rata-rata untuk data I_0 dan I_1 masing-masing adalah sebesar 1,86% dan 2,67%. Sedangkan hasil pengujian pada sistem keseluruhan menunjukkan prosentase kesalahan relatif rata-rata sebesar 4,83%.

Kata kunci: Krom (Cr), Spektroskopi Serapan, Panjang Gelombang, Cahaya

PENDAHULUAN

Unsur Krom (Cr)

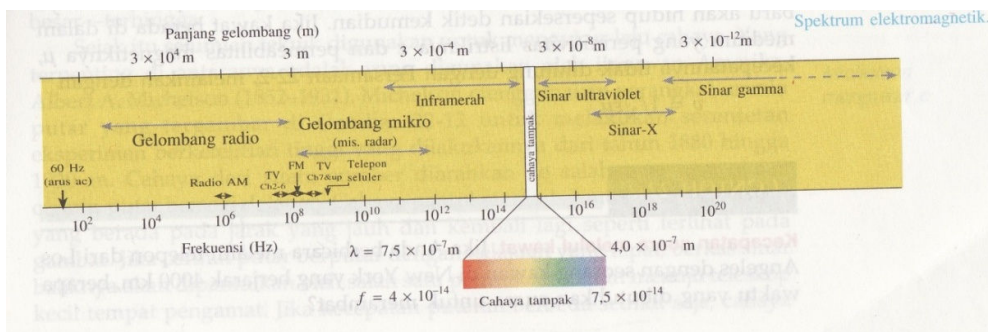
Logam krom merupakan logam berat yang berbahaya dan beracun dengan konsentrasi yang tinggi akan membahayakan lingkungan. Sumber utama limbah krom adalah industri pelapisan logam, penyamakan kulit dan industri kimia. Adapun sifat-sifat yang dimiliki oleh logam krom adalah (Darwono, 1995 dalam Meriatna, 2008:29-30)

* Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

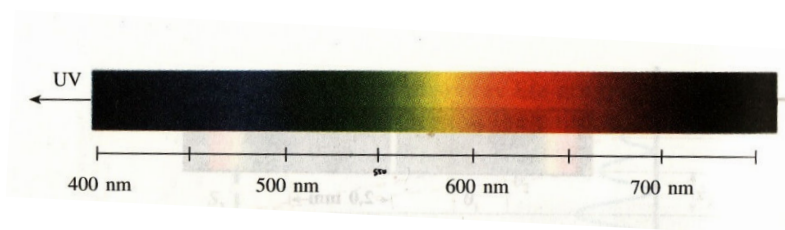
1. Sifat kimia krom
 - a. Logam yang mengkilap dan titik cairnya tinggi yang banyak dipergunakan dalam industri baja
 - b. Dapat larut dalam asam kecuali nitrit, tidak larut dalam air
 - c. Pada tingkat konsentrasi 10 ppm dalam air, krom diperkirakan toksik bagi beberapa alga
2. Sifat fisik krom
 - a. Titik lebur 1903°C pada tekanan 1 atm
 - b. Titik didih 2642°C pada tekanan 1 atm
 - c. Massa jenis 650 gr/cm^3
 - d. Mempunyai konfigurasi elektron Cr (Ar) $3d^3 4s^1$

Spektrum Warna

Menurut Giancoli (1999: 297-298) Warna cahaya berhubungan dengan panjang gelombang (λ) atau frekuensi gelombang tersebut. Cahaya tampak yaitu cahaya yang sensitif bagi mata manusia jatuh pada kisaran 400 – 750 nm. Kisaran ini dikenal sebagai spektrum tampak, dan di dalamnya terdapat warna-warna dari ungu sampai merah seperti pada gambar 2.6. Unsur kromium mempunyai panjang gelombang 520,4 nm sehingga unsur ini akan mengabsorpsi panjang gelombang cahaya yang mempunyai kisaran 520,4 nm yang termasuk dalam gelombang sinar tampak.



Gambar 1. spektrum elektro magnetic

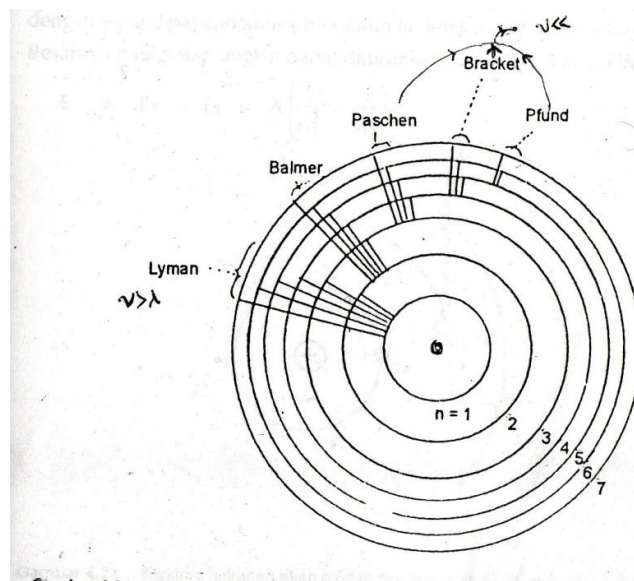


Gambar 2. Spektrum cahaya tampak

Eksitasi Elektron

Atom dari suatu unsur yang berada pada keadaan dasar (ground state) bila dikenai suatu sinar maka atom tersebut akan menyerap energi dan mengakibatkan electron pada kulit terluar akan tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi. Perbedaan energi antara keadaan dasar dan keadaan tereksitasi akan sama dengan energi yang diserap (Hayati,2007:90). Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya (Kopkar (1990) dalam Rosyidah (2008:42)).

Pada keadaan normal semua elektron atom berada pada tingkat yang lebih rendah ($n = 1$). Jika diberi energi, elektron naik ke tingkat yang lebih tinggi 2,3,4, ... setelah menyerap sinar dengan λ tertentu sesuai dengan jatuhnya perpindahan. Elektron hanya sesaat pada tingkat-tingkat yang tinggi dan akan turun kembali ke yang lebih rendah sambil memancarkan sinar dengan λ tertentu pula, sesuai tinggi jatuhnya. Garis-garis spektrum dalam satu deret adalah sinar yang dipancarkan elektron yang jatuh ketingkat yang sama (gambar:2.2)(Rosana, Dadan, dkk, 2003:107-109).



Gambar 3. Penjelasan Bohr tentang spectrum atom

Berdasarkan penalaran seperti diatas, Bohr merumuskan teori (model) atom yang disebut teori atom Bohr, sebagai berikut:

1. Atom terdiri atas inti bermuatan positif
2. Elektron bergerak mengelilingi inti dalam lintasan tertentu
3. Elektron dalam lintasannya tidak menyerap atau memancarkan energi, karena tiap lintasan mempunyai tingkat energi tertentu
4. Jika elektron pindah lintasan, maka terjadi perubahan energi sebesar $\Delta E = E_2 - E_1$

Spektrofotometri Serapan Atom

Metode spektrofotometri serapan atom merupakan metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi kuantitas atom logam yang terdapat dalam suatu larutan (Undewood (2002) dalam Rosyidah (2008:43)).

Spektrofotometer dibagi menjadi dua jenis, yaitu spektrofotometer *single-beam* dan spektrofotometer *double-beam*. pada *single-beam*, cahaya hanya melewati satu arah sehingga nilai yang diperoleh hanya nilai absorbansi dari larutan yang dimasukkan. Sedangkan spektrofotometer *double-beam*, nilai blanko dapat langsung diukur bersamaan dengan larutan yang diinginkan dalam satu kali proses yang sama. Prinsipnya adalah dengan adanya *chopper* yang akan membagi sinar menjadi dua, dimana salah satu melewati blanko (disebut juga *reference beam*) dan yang lainnya melewati larutan (disebut juga *sample beam*). Dari kedua jenis spektrofotometer tersebut, spektrofotometer *double-beam* memiliki keunggulan lebih dibanding *single-beam*, karena nilai absorbansi larutannya telah mengalami pengurangan terhadap nilai absorbansi blanko. Selain itu, pada *single-beam*, ditemukan juga beberapa kelemahan seperti perubahan intensitas cahaya akibat fluktuasi voltase.

Hayati (2007:17-18) menyatakan apabila suatu berkas dengan intensitas I_0 dilewatkan melalui suatu larutan dalam wadah transparan maka sebagian sinar akan diserap sehingga intensitas radiasi yang diteruskan I menjadi lebih kecil dari I_0 . Transmittan biasanya dinyatakan dalam persen (%), dengan simbol T dari larutan merupakan fraksi dari radiasi yang diteruskan atau ditransmisikan oleh larutan yaitu:

$$T = I/I_0$$

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada pertengahan bulan Mei 2010 di Laboratorium Instrumentasi jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi

Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian ini di gunakan alat dan bahan sebagai berikut:

- a. Lampu halogen
- b. Filter cahaya khusus krom ($\lambda=520.4$ nm)
- c. Sensor Photodiode tipe PT501A
- d. ADC 0804
- e. MCU AT89S51
- f. LCD M1632
- g. Sampel ($K_2Cr_2O_7$)

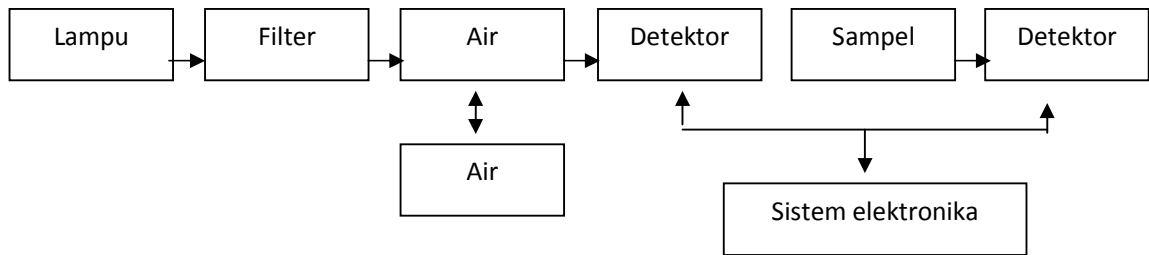
Perancangan dan Pembuatan Alat

Alat yang akan dirancang pada penelitian ini terdiri dari perangkat keras yang aktifitasnya dikendalikan oleh perangkat lunak sehingga semua sistem dapat saling berhubungan. System yang dirancang dapat bekerja secara otomatis bila mendapatkan masukan yang berupa data.

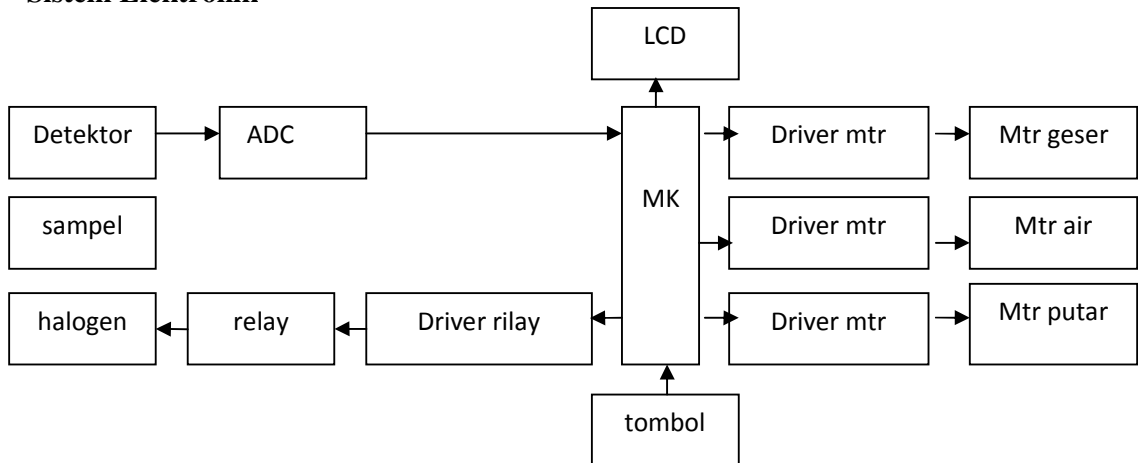
Sistem Alat dan Bahan

Sistem Optik

System optik alat pengukur kadar krom dalam air di buat berdasarkan diagram blok pada gambar 3.1. diagram blok rangkaian merupakan salah satu bagian terpenting dalam perancangan system ini, karena dari diagram blok rangkaian dapat di ketahui prinsip kerja suatu rangkaian. Diagram blok system optik dapat dilihat



Sistem Elektronik



Gambar 4. Diagram Blok Sistem Elektronik

Keluaran dari sensor berupa sinyal yang selanjutnya akan menjadi masukan pada rangkaian ADC. Tegangan dari sensor relatif cukup besar sehingga tidak diperlukan penguatan agar bisa direspon oleh ADC yang mempunyai range tegangan antara 0-5 V.

kemudian keluaran dari ADC yang berupa data digital akan menunjukkan alamat pada MCU yang telah diisi dengan data range pengukuran dan hasilnya akan ditampilkan pada LCD.

Driver motor berfungsi untuk menggerakkan motor karena mikrokontroler tidak dapat langsung menggerakkannya, hal ini disebabkan analognya yang terlalu kecil (≤ 1 mA). Sedangkan tombol akses berfungsi untuk memilih menu yang terdapat dalam sistem elektronik, misalnya baca sensor, geser sensor, kalibrasi dan lain-lain.

Pembuatan Perangkat Lunak

Untuk mendukung kerja system, diperlukan suatu perangkat lunak. Perangkat lunak disini adalah perintah (program) didalam memori yang harus dilaksanakan oleh mikrokontroler. Bahasa yang digunakan adalah bahasa Assembler MCS 51.

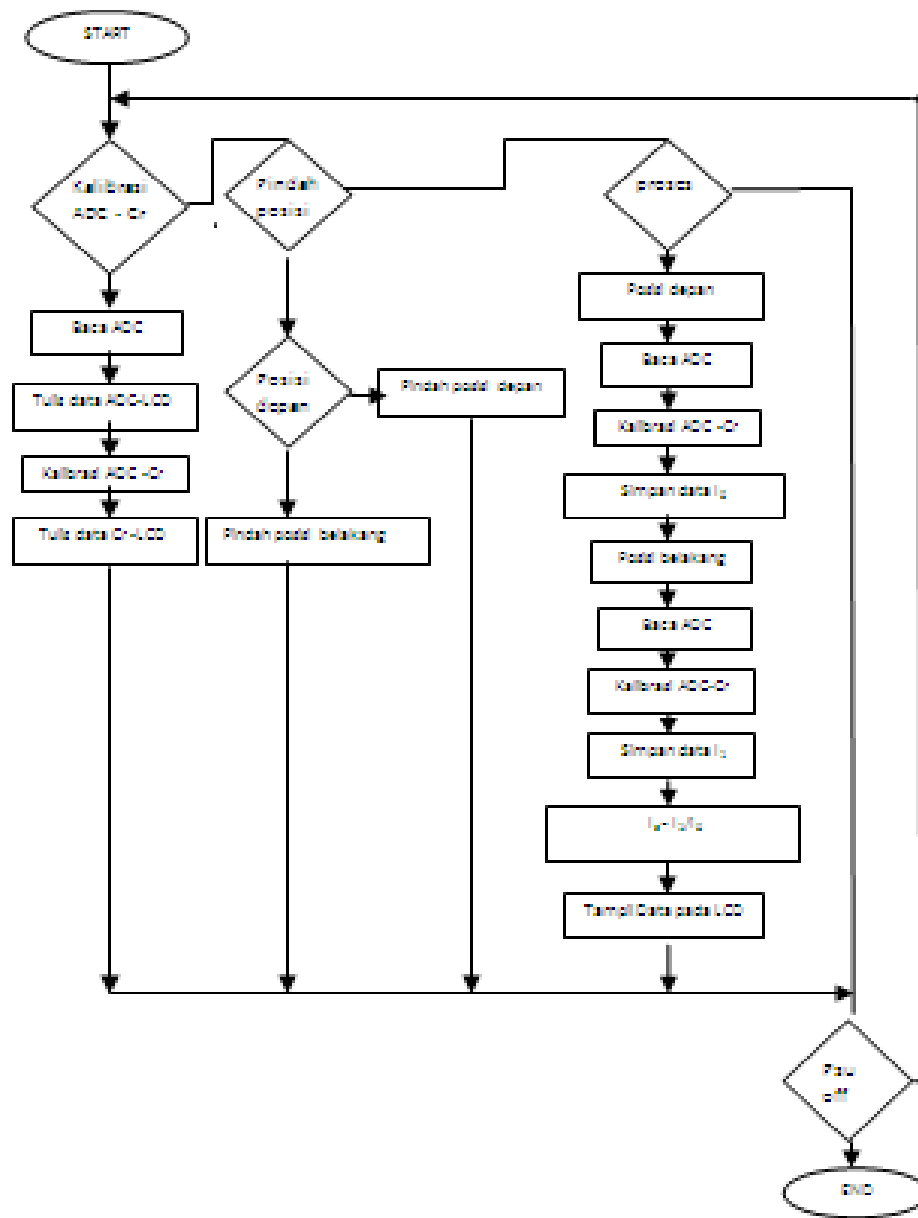
Pengendalian system yang berpusat pada mikrokontroler sepenuhnya diatur oleh program utama mikrokontroler. Dalam program utama ini terdapat sub rutin- sub rutin yang mengendalikan beberapa system yang mendukung kinerja mikrokontroler. Algoritma menu program dapat dilihat dalam gambar 3.3.

Pertama kali program dijalankan, program akan memanggil sub rutin-sub rutin inialisasi diantaranya:

- a) Inialisasi port untuk menginisialisasi port-port yang digunakan sebagai jalur input atau output.
- b) Inialisasi ADC untuk menginisialisasi jalur/port yang digunakan sebagai masukan ADC, mode konversi yang digunakan, frekuensi yang digunakan serta mode bit yang digunakan
- c) Inialisasi LCD (tampilan awal pada LCD)

Inialisasi LCD berfungsi agar LCD dapat berjalan dengan baik, diantaranya adalah Display On artinya menyalakan LCD, Blink = kedip, Shift Right = pergeseran ke kanan bila terdapat karakter baru, dan lain sebagainya.

Selanjutnya program menuliskan data pointer judul pada line 1 dan line 2 sebanyak 16 karakter dan dilakukan delay (tunda waktu). Kemudian program menuliskan nama padaline 1 dan NIM pada line 2, juga dilakukan Delay. Proses selanjutnya adalah pembacaan ADC dengan mengambil data dari port 3.0-3.7 yang terhubung dengan ADC. Dan kemudian dilakukan kalibrasi dengan menggunakan tabel lookup dan diakhiri dengan menuliskan hasilnya dalam bentuk % kadar krom dalam air. Dengan program yang telah dibuat, dalam range kadar krom yang terkandung dalam air akan terukur dan ditampilkan pada LCD



Gambar 3.8 Diagram Alur Program

Pembuatan Larutan Sampel

Larutan krom diperoleh dengan cara mengencerkan 10gr $K_2Cr_2O_7$ dalam 100ml H_2O sehingga didapatkan $K_2Cr_2O_7$ 10% sebagai larutan stok sesuai rumus persen:

$$\% K_2Cr_2O_7 = \% \frac{b}{V} = \frac{gr}{100} \text{ ml}$$

Selanjutnya untuk mendapatkan $K_2Cr_2O_7$ dengan kadar tertentu, maka diambil dari larutan stok kemudian diencerkan sampai volume 25 ml sesuai dengan rumus berikut:

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{M_2 V_2}{M_1}$$

Dimana:

M_1 = konsentrasi larutan stok (%)

M_2 = konsentrasi larutan yang diinginkan (%)

V_1 = volume dari larutan stok (ml)

V_2 = volume larutan yang diinginkan (25 ml)

Teknik Pengambilan Data

Pengujian Perangkat Elektronik

Pengujian dilakukan dengan menyiapkan kadar Cr dengan macam-macam prosentase dan selanjutnya akan dilihat data ADC pada LCD. Dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan larutan sampel dengan kadar Cr tertentu
2. Menguji larutan sampel dimulai dengan kadar 0%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%, 3.5%, 4%, 4.5%, 5%.
3. Mengamati dan mencatat data ADC I_0 dan I_1 pada LCD
4. Menghitung dan mencatat nilai perbandingan I_0 dan I_1 .

Pengujian Sistem

Pengambilan data dilakukan dengan 10 sampel yang telah terukur kadar kromium secara perhitungan. Dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membuat larutan sampel dengan perhitungan kadar kromium sebagaimana telah dijelaskan pada sub pokok pembahasan 3.4.4
2. Meletakkan sampel dengan kadar kromium paling rendah pada alat pengukur
3. Sampel diukur kadar kromiumnya menggunakan alat ukur kadar kromium dalam air
4. Mengulangi langkah ke-2 dan ke-3 dengan sampel yang kadar kromiumnya lebih tinggi (sampai sampel yang ke-10).
5. Mengamati dan mencatat hasil pengukuran yang ditampilkan pada layar LCD
6. Membandingkan hasil pengukuran alat dengan perhitungan kadar kromium dalam air semula
7. Membuat regresi dari hasil pengukuran sebenarnya dengan hasil pengukuran alat.
8. Memasukkan nilai I_1/I_0 dan % hasil pengukuran pada grafik cartesian.

Teknik Analisa Data

Sistem elektronik

Analisis data untuk system elektronik menggunakan analisis prosentase penyimpangan. Adapun persamaan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Penyimpangan (\%)} = \frac{\text{perhitungan} - \text{pengukuran}}{\text{Perhitungan}} \times 100\%$$

Sistem Keseluruhan

Analisis data yang digunakan untuk system secara keseluruhan adalah analisis kesalahan relative (KR) rata-rata. Adapun persamaan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$KR (\%) = \frac{\text{hasil perhitungan} - \text{hasil pengukuran alat}}{\text{Hasil perhitungan}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sistem Elektronika

ADC merupakan rangkaian pengkonversi dari masukan analog 0-5 V menjadi suatu keluaran digital 0-255 data. Resolusi berfungsi sebagai nilai kali dari keluaran sensor untuk mengetahui nilai tegangan ADC setelah dikonversikan. Berikut tabel hasil masukan analog tegangan 0,5V yang dikonversikan kedalam keluaran digital.

Tabel 1. Pengujian ADC

Tegangan Analog (V)	ADC	Tegangan Konversi (V)
0	0	0
1	51	0.99
2	102	1.99
3	153	2.99
4	204	3.99
5	255	4.99

Berdasarkan pengujian rangkaian sensor dan ADC diketahui bahwa rangkaian sensor photodiode dapat mendeteksi kadar logam krom dalam air berdasarkan cahaya yang diterimanya. Setelah sensor mampu mendeteksi perbedaan intensitas cahaya yang diterima, antara data I_0 yang dihasilkan oleh sampel air murni (H_2O) dan data I_1 yang dihasilkan oleh sampel dengan kadar krom tertentu, maka sensor akan mengirim data ke ADC untuk dikonversi menjadi data digital. Berikut ini adalah pengujian rangkaian sensor:

Tabel 2. Hasil pengujian Rangkaian sensor Photodioda

No	Sampel (%)	ADC I ₁	ADC I ₀	Tegangan Konversi (I ₁) pengukuran	Tegangan Konversi (I ₀) pengukuran	Tegangan Konversi (I ₁) Teori	Tegangan Konversi (I ₀) Teori
1	0	138	178	2.7543	3.5432	2,7048	3,4888
2	1	133	178	2.6890	3.5432	2,6068	3,4888
3	1.5	130	177	2.6576	3.5432	2,5480	3,4692
4	2	124	177	2.4571	3.5432	2,4304	3,4692
5	2.5	123	177	2.5398	3.5432	2,4108	3,4692
6	3	118	176	2.3694	3.5432	2,2932	3,4496
7	3.5	116	179	2.3051	3.5432	2,2736	3,5084
8	4	107	177	2.1485	3.5432	2,0972	3,4692
9	4.5	103	179	2.0497	3.5432	2,0188	3,5084
10	5	097	176	1.9529	3.5432	1,9012	3,4496

Data analog yang sudah dikonversi oleh ADC menjadi data digital kemudian diproses oleh mikrokontroler. Proses yang dilakukan pada mikrokontroler terhadap data adalah pembacaan dan pengolahan data dengan mengambil data dari port 3.0-3.7 yang terhubung dengan ADC, selanjutnya dikalibrasi dengan menggunakan lookup table dan hasilnya akan ditampilkan dalam bentuk prosen pada LCD.

Analisis Data

Analisis data untuk pengujian sistem elektronik dilakukan dengan menghitung perbandingan antara data hasil uji pengukuran dengan data hasil perhitungan secara teori. Untuk menghitung prosentase penyimpangan dalam pengukuran ini digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ penyimpangan} = \left[\frac{\text{perhitungan} - \text{pengukuran}}{\text{perhitungan}} \right] \times 100\%$$

Dengan persamaan tersebut didapatkan perhitungan prosentase penyimpangan dari pengujian alat yang dibuat, sebagaimana pada tabel 3.

Tabel 3. Prosentase Penyimpangan

No	Sampel (%)	ADC I ₁ :I ₀	Tegangan Konversi (V) Teori	Tegangan Konversi (V) pengukuran	Error ADC I ₁ (%)	Error ADC I ₀ (%)
1	0	138:178	2,7048:3,4888	2.7543:3.5432	1.8	1.5
2	1	133:178	2,6068:3,4888	2.6890:3.5432	3.1	1.5
3	1.5	130:177	2,5480:3,4692	2.6576:3.5432	4.3	2.1
4	2	124:177	2,4304:3,4692	2.4571:3.5432	1.0	2.1
5	2.5	123:177	2,4108:3,4692	2.5398:3.5432	5.3	2.1
6	3	118:176	2,2932:3,4496	2.3694:3.5432	3.3	2.7
7	3.5	116:179	2,2736:3,5084	2.3051:3.5432	1.3	0.9
8	4	107:177	2,0972:3,4692	2.1485:3.5432	2.4	2.1
9	4.5	103:179	2,0188:3,5084	2.0497:3.5432	1.5	0.9
10	5	097:176	1,9012:3,4496	1.9529:3.5432	2.7	2.7

Untuk menghitung prosentase penyimpangan rata-rata yang digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ Penyimpangan Rata-rata} = \frac{\sum \% \text{ penyimpangan}}{n}$$

Dari tabel 3 dapat diketahui bahwa pada pengujian alat ukur kadar krom didapatkan dua data ADC yaitu I₀ dan I₁. Data I₀ dideteksi sensor pada saat sensor mendeteksi air (H₂O) tanpa kandungan krom di dalamnya. Hal ini dilakukan untuk mereset reagen atau pelarut yang ada dalam sampel. Penyimpangan dari data I₀ terbesar terdapat pada sampel dengan kadar krom 3% dan 5%, dengan prosentase penyimpangan sebesar 2,7%. Sedangkan penyimpangan terkecil terdapat pada sampel dengan kadar krom 3,5% dan 4,5% dengan prosentase penyimpangan sebesar 0,9%. Prosentase penyimpangan rata-rata pada sistem elektronik untuk ADC I₀ didapatkan nilai penyimpangan sebesar 1,86%.

Penyimpangan data yang diperoleh dari ADC I₁ adalah data yang didapat oleh sensor saat mendeteksi sampel yang mempunyai kadar krom tertentu. Nilai penyimpangan terbesar terdapat pada pengujian sampel dengan kadar 2,5% sebesar 5,3%. Sedangkan nilai penyimpangan rata-rata pada ADC I₁ sebesar 2,67%. Sehingga

dapat dikatakan bahwa sistem elektronik dapat digunakan untuk mengolah data pada penelitian ini.

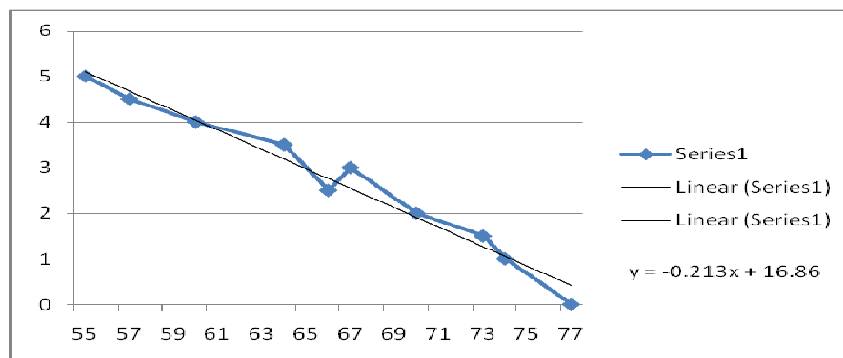
Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan dengan menggunakan 10 sampel yang telah diketahui kadar kromnya pada saat pembuatan larutan yaitu 0%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%, 3.5%, 4%, 4.5% dan 5%. Sampel diukur dengan menggunakan alat pengukur kadar krom kemudian mencatat data prosentase (%) yang ditampilkan pada LCD dan membandingkan kadar krom yang telah diketahui sebelumnya, sehingga diketahui kebenaran atau tingkat akurasi dari sistem alat yang dibuat. Pada saat melakukan pengukuran, sistem alat harus terisolasi dari cahaya luar, karena dapat mempengaruhi intensitas cahaya yang dideteksi oleh sensor.

Tabel 4. Tabel hasil pengujian Sistem Keseluruhan

Sampel	Hasil perbandingan ADC $I_1:I_0$	Kadar Hasil Perhitungan (%)	Kadar Hasil Pengukuran (%)
1	0,775	0	0
2	0,747	1	1,2
3	0,734	1,5	1,4
4	0,700	2	2,1
5	0,669	2,5	2,3
6	0,670	3	3,0
7	0,648	3,5	3,4
8	0,604	4	4,1
9	0,575	4,5	4,5
10	0,551	5	5,0

Hasil pengujian alat secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar regresi antara kadar krom pada sampel dengan hasil perbandingan $(I_1:I_0)*100$ sebagai berikut:



Gambar 5. Regresi

Sebelum ditampilkan kadar logam krom pada LCD maka terlebih dahulu data-data yang dihasilkan oleh ADC dan sensor dihitung dengan rumus garis $y = -0,213x + 16,86$ dan didapatkan gambar regresi kemudian data pada kolom 4.4 ditampilkan oleh LCD.

Analisis Sistem Keseluruhan

Analisis data untuk pengujian keseluruhan dari sistem alat ukur kadar krom dalam air, dilakukan dengan menghitung prosentase Kesalahan Relatif (KR) hasil pengukuran alat dari hasil perhitungan kadar krom dalam air. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung kesalahan relatif adalah:

$$\% KR = \left[\frac{\text{hasil pengukuran alat} - \text{hasil perhitungan}}{\text{hasil perhitungan}} \right] \times 100\%$$

Hasil yang diperoleh dalam perhitungan prosentase kesalahan relatif sesuai dengan data yang disajikan pada Tabel 5. sebagai berikut:

Tabel 5. Prosentase kesalahan relatif

Sampel	Kadar Hasil Perhitungan (%)	Kadar Hasil Pengukuran (%)	Kesalahan Relatif (%)
1	0	0	0
2	1	1,2	20
3	1,5	1,4	10
4	2	2,1	5
5	2,5	2,3	8
6	3	3,0	0
7	3,5	3,4	2,8
8	4	4,1	2,5
9	4,5	4,5	0
10	5	5,0	0

Untuk menghitung prosentase kesalahan rata-rata digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{ Kesalahan Rata-rata} &= \frac{\sum \% \text{ kesalahan}}{n} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^N \% KR}{n} \end{aligned}$$

Dari perhitungan Kesalahan relatif rata-rata dari sistem alat pengukur kadar krom yang telah dibuat didapatkan sebesar 4,83% .

PEMBAHASAN

Sistem Elektronik

Berdasarkan hasil penelitian melalui tehnik pengujian sistem elektronik didapatkan data yang ditunjukkan pada tabel 4.1, 4.2, 4.3 dan tabel 4.4. Dari tabel dan hasil analisa data, dapat diketahui nilai prosentase penyimpangan terkecil dan nilai prosentase penyimpangan terbesar. Nilai penyimpangan terkecil untuk sistem elektronik I_0 terdapat pada sampel ke 4 dan ke 9 sebesar 0,9%. Sedangkan penyimpangan terbesar terdapat pada sampel ke 6 dan 10 sebesar 2,7%. Nilai penyimpangan dari data I_1 diperoleh sebesar 5,3% pada sampel ke 5, dan untuk nilai penyimpangan terkecil sebesar 1,3% pada sampel ke 7. Nilai penyimpangan rata-rata untuk data I_0 dan I_1 masing-masing adalah sebesar 1,86% dan 2,67%.

Perbedaan nilai penyimpangan rata dari sistem elektronik I_0 dan I_1 disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah faktor jarak antara sumber cahaya dan sampel yang dideteksi. Nilai penyimpangan I_0 lebih kecil dari nilai penyimpangan I_1 karena data I_0 diperoleh oleh sensor pada saat sensor mendeteksi air (aquades/ H_2O) yang jaraknya lebih dekat dengan sumber cahaya. Pengukuran I_0 menggunakan air (aquades/ H_2O) bertujuan untuk meng-nol-kan pelarut atau reagen yang juga dipakai pada sampel. Variasi data yang diperoleh I_0 adalah antara 176, 177, 178 dan 179, hal ini disebabkan karena intensitas yang dihasilkan oleh sumber cahaya yang kurang stabil dan tidak ada perbedaan kadar dalam air yang dideteksi. Sedangkan variasi nilai penyimpangan pada I_1 lebih bervariasi dibandingkan dengan variasi yang dihasilkan oleh I_0 . Selain data bervariasi, data yang dihasilkan juga terus menurun sesuai dengan kadar krom yang semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena intensitas yang diterima oleh detektor pada saat melewati sampel terus mengecil dan berbanding terbalik dengan bertambah besarnya kadar dalam sampel. Sampel yang mengandung kromium tersebut mampu menyerap cahaya sehingga menyebabkan intensitas yang diterima oleh detektor mengecil. Hal ini sesuai dengan sifat atom yang mampu menyerap cahaya, jika cahaya putih dilewatkan melalui suatu atom, maka panjang gelombang yang bersesuaian dengan energi transisi akan diserap jika cahaya tersebut mempunyai panjang gelombang yang sama dengan sifat atom (Beiser, Arthur, 1986:132).

Sistem Keseluruhan

Sistem keseluruhan diperoleh berdasarkan prosentase nilai kesalahan relatif. Prosentase nilai kesalahan relatif terkecil dan terbesar didapatkan dari data perbandingan antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur kadar krom yang dibuat. Prosentase nilai kesalahan relatif terkecil terdapat pada pengujian sampel ke 1, 6, 9 dan 10 sebesar 0%. Sedangkan nilai kesalahan relatif terbesar terdapat pada sampel ke 2 sebesar 20% dengan kadar krom sebesar 1%. Besarnya prosentase kesalahan relatif yang didapat disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut diantaranya adalah kurangnya kepekaan sensor yang dipakai sehingga sensor tidak dapat membedakan intensitas cahaya pada sampel yang memiliki

kadar krom 1% dan 1,5%. Prosentase kesalahan relatif akan menurun pada sampel yang memiliki kadar krom yang semakin besar, hal ini dikarenakan penyerapan cahaya oleh atom krom pada sampel semakin besar dan sensor lebih mudah untuk membedakannya.

Prosentase kesalahan relatif rata-rata yang didapatkan pada pengujian alat ukur kadar krom yang dibuat adalah sebesar 4,83%. Besarnya nilai kesalahan relatif yang diperoleh disebabkan oleh faktor-faktor yang mempengaruhi diantaranya adalah pengendapan logam krom pada sampel saat dideteksi sehingga penyerapan intensitas cahaya tidak maksimal. Selain itu, gelembung pada kuvet sampel juga mempengaruhi hasil pengukuran. Semakin banyak gelembung yang terdapat pada kotak sampel/kuvet maka intensitas yang diterima oleh sensor semakin kecil karena gelembung akan memantulkan kembali cahaya berlawanan arah dengan arah cahaya datang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembuatan dan pengujian alat ukur kadar krom yang dibuat, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Alat ukur kadar krom dalam air menggunakan prinsip spektroskopi serapan atom terdiri dari 2 sistem, yaitu sistem optik dan sistem elektronik. Sistem optik terdiri dari lampu halogen, filter cahaya dengan panjang gelombang 520.4, kotak sampel dan sensor photodiode. Sedangkan sistem elektronik terdiri dari ADC 0804, MCU AT89S51 dan LCD. Prinsip kerja alat ini adalah cahaya polikromatis yang dipancarkan oleh lampu halogen akan melewati filter sehingga cahaya polikromatis akan bersifat monokromatis. Kemudian cahaya akan melewati air dengan kadar krom 0% dan dideteksi oleh sensor sehingga menghasilkan data I_0 . Kemudian air akan bergeser ke atas dan sensor bergeser kebelakang untuk mendeteksi sampel yang mempunyai kadar krom tertentu dan menghasilkan data I_1 . Di dalam sampel ini terjadi penyerapan cahaya oleh atom krom. Kemudian data I_0 dan I_1 akan diolah oleh MCU AT89S51 dan ditampilkan pada LCD.
2. Hasil pengujian pada sistem elektronik menunjukkan prosentase penyimpangan rata-rata untuk data I_0 dan I_1 masing-masing adalah sebesar 1,86% dan 2,67%. Sedangkan hasil pengujian pada sistem keseluruhan menunjukkan prosentase kesalahan relatif rata-rata sebesar 4,83%.

DAFTAR PUSTAKA

Beiser, Arthur. 1986, *Konsep Fisika Modern*, Jakarta: Erlangga

Bishop, Owen. 2004, *Dasar-Dasar Elektronika*, Jakarta: Erlangga

Dewi, D., C., Himmatul, B., Tri K., 2006, *Besi Material Istimewa dalam Al-Quran*, Malang: UIN Malang Press

- Hayati, E. K., 2007, *Dasar-Dasar Analisis Spektroskopi*, Malang: Kantor Jaminan Mutu Universitas Islam Negeri Malang.
- Horsted-Bindslev, 1998, *Tambalan Amalgam*, Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC
- Huheey, 1986, *Inorganic Chemistry*, 2nd edition, John Wiley and Sons, New York
- Iman, Ma'rifatul, 2006. *Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Pintu Garasi Berbasis Mikrokontroler Dengan SMS Pengontrolan Pintu Otomatis Menggunakan Atmega8535*. Politeknik Elektronika Negeri, Surabaya.
- LH, Poedji, Dkk, 2009, *Penurunan Konsentrasi Cr(VI) Dalam Air Dengan Koagulan FeSO₄*, Volume 12 Nomer 2(C) 12208, FMIPA Universitas Sriwijaya.
- Mahani, Sp., M.Si., 2007, *Keajaiban Air Sembuhkan Penyakit*, Jakarta: Puspa swara.
- Malvino, Albert Paul. 1999. *Prinsip-prinsip elektronika*. Jakarta: Erlangga
- Martaningtyas, D., 2004, *Bahaya Cemaran Logam Berat*. Pikiran Rakyat Cyber Media
- Palar, H., 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rieneka Cipta
- Petruzella, Farnk D. 2001. *Elektronika industry*. Yogyakarta: Andi.
- Pratomo, Nadi. 2004. *Belajar Cepat dan Mudah Mikrokontroler PIC16F84*. Jakarta: Elex Media Komputindo
- Rosana, Dadan, dkk. 2003. *Konsep Dasar Fisika Modern*, Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Rosyidah, Halimatur. 2008. *Studi Kinetika Adsorpsi Merkuri (II) Pada Biomassa Daun Enceng Gondok (Eichhornia crassipes) Yang Dimobilisasi Pada Matriks Polisilikat*, Malang: Universitas Islam Negeri Malang
- Samsuri. 1981. *Kimia Lingkungan*, Malang: IKIP Malang
- Sugito.H, dkk. 2005. *Pengukuran Panjang Gelombang Sumber Cahaya Berdasarkan Pola Interferensi Celah Banyak*, FMIPA UNDIP. Vol.8
- Sumisjokarto. 1985. *Elektronika Praktis Untuk Pemula dan Wiraswastawan*. Jakarta: PT. Multi Media
- S. Syukri, 2003. *Kimia Dasar 1*, Bandung : ITB
- Shihab, M. Q., 2002, *Tafsir Al Mishbah (Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Quran)*, Ciputat: Lentera Hati

Sudarmaji, 2005, *Pencemaran logam berat di Kali Surabaya dan Dampaknya bagi Masyarakat*, Seminar Lingkungan VII, FMIPA Universitas Airlangga Surabaya

Underwood, A., L and Day, R., A. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta : Erlangga.

Widodo, Sigit. 2005. *Elektronika digital dan Mikroprosesor*. Yogyakarta: Andi