

JURNAL PENELITIAN

**Tingkat Kesehatan BPR Propinsi DIY
Sebelum dan Sesudah Krisis Keuangan Global *Booming*
Periode Januari 2008 - Juni 2009**

Yohanes Maria Vianey Mudayen

Orde Grup Bagian Dalam Grup Abel

M.V. Any Herawati

**Optimasi Formula Gel *Sunscreen*
Ekstrak Kering Polifenol Teh Hijau (*Camellia Sinensis* L.)
dengan CMC (*Carboxymethyl Cellulose*) sebagai *Gelling Agent*
dan Propilen Glikol sebagai Humektan**

Rini Dwiastuti

**Sistem Pengukuran Konsentrasi
Dua Senyawa secara Simultan Menggunakan
Spektrofotometer Terotomasi**

B. Wuri Harini, Antonius Tri Priantoro,
dan Agung Bambang Setyo Utomo

**Analisis Filogenetik *Strain* Bakteri
Anggota Genus *Bacillus* Berdasarkan *Sequence*
16S RNA Ribosomal (rRNA)**

Maria Dwi Budi Jumpowati

Permainan Angkung Elektronik Berbasis Mikrokontroler

Th. Prima Ari Setiyani

**Otomatisasi Pengujian Ketahanan Baterai
pada Mainan Bersuara Berbasis Komputer**

Wiwien Widyastuti dan Martanto

Jurnal Penelitian	Vol. 14	No. 2	Halaman 163 - 324	Yogyakarta Mei 2011	ISSN 1410-2071
-------------------	---------	-------	-------------------	---------------------	----------------

SISTEM PENGUKURAN KONSENTRASI DUA SENYAWA SECARA SIMULTAN MENGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER TEROTOMASI

B. Wuri Harini
Antonius Tri Priantoro
Agung Bambang Setyo Utomo

ABSTRACT

This research was divided into two sections. It was done in two years. In the first year, we made the spectrophotometer system that was used to measure caffeine and paracetamol concentration manually. In the second year, we made the automation of the system based on manual method to measure the compound concentration.

The spectrophotometer automation consists of autosampler, automation of monochromatic wavelength, data acquisition and calculating of sample concentration. The sample contains mixture of $KMnO_4$ and $K_2Cr_2O_7$.

The result of the first year research is the system can detect the caffeine and paracetamol absorbance. The linearity level of caffeine is 0.991 and paracetamol is 0.992. In the second year, system spectrophotometer can measure the sample concentration automatically as the manual method. The PC software can also calculate the two compound concentration simultaneously.

B. Wuri Harini adalah dosen Prodi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Alamat korespondensi: Kampus III, Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta. E-mail: wuribernard@usd.ac.id
Antonius Tri Priantoro adalah dosen Prodi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Alamat korespondensi: Kampus III, Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta. E-mail: trie003@usd.ac.id
Agung Bambang Setyo Utomo adalah dosen MIPA Fisika Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Alamat korespondensi: Sekip Unit 3 Bulaksumur, Yogyakarta. E-mail: ps-fisika@ugm.ac.id

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam berbagai bidang seperti fisika, kimia, farmasi, kedokteran, biologi, pertanian, teknik, dan lingkungan banyak melakukan pengukuran kandungan suatu senyawa dalam larutan tertentu. Salah satu alat yang banyak digunakan untuk mengukur konsentrasi senyawa tersebut adalah spektrofotometer. Contoh kandungan senyawa yang diukur menggunakan spektrofotometer adalah logam besi, seng, Pb, dan Cu (<http://lemlit.unila.ac.id>, 2009).

Pengoperasian spektrofotometer berdasarkan pada proses penyerapan cahaya oleh senyawa dalam sampel (Skoog dan Leary, 1992 dan Harris, 1999). Pada sistem ini, cahaya dilewatkan pada sampel, selanjutnya sebagian cahaya akan diserap dan bagian yang lain akan diteruskan. Penyerapan cahaya tergantung pada beberapa parameter, antara lain koefisien serapan dan konsentrasi.

Pada umumnya sampel mengandung banyak komponen karena itu penyerapan yang terukur merupakan penyerapan total dari masing-masing komponennya. Untuk dapat mengetahui konsentrasi masing-masing komponen, salah satu cara yang biasa dilakukan adalah dengan memisahkan satu komponen dari komponen yang lain. Pemisahan komponen dapat dilakukan secara fisika maupun kimia, untuk itu diperlukan tambahan instrumen yang cukup kompleks. Selain itu dapat pula dilakukan pengukuran multi komponen secara serempak, seperti pada *Atomic Absorption Spectrophotometer* (Lewis, 1984), *UV/Visible diode-array spectrophotometer* (Dunkerley, 1997), dan detektor fotoakustik (Moeckli, 1998). Pada metode semacam ini komponen-komponen yang ada di dalam sampel tidak dipisahkan.

Untuk pengukuran multikomponen diperlukan sejumlah nilai serapan pada panjang gelombang yang berbeda. Selanjutnya, nilai konsentrasi dapat dihitung dari satu sistem persamaan linear (Harris, 1999). Pada pengukuran semacam ini perlu diperhatikan masalah selektifitas selain sensitifitasnya (Olivieri, 2005). Selain itu, pada kebanyakan alat yang tersedia, pengaturan panjang gelombang dilakukan secara manual. Mengingat hal-hal tersebut, spektrofotometer banyak dioperasikan untuk pengukuran satu komponen saja.

Penelitian ini terbagi dalam dua tahap yang dikerjakan selama dua tahun. Tahap pertama telah dibuat sistem spektrofotometer yang digunakan untuk mengukur *caffeine* dan *paracetamol* secara manual. Pada tahap kedua sistem pengukuran secara manual tersebut diotomasi berdasarkan langkah-langkah yang digunakan dalam pengukuran suatu senyawa menggunakan spektrofotometer. Otomasi sistem spektrofotometer yang meliputi otomasi pemilihan panjang gelombang, otomasi pergerakan tempat kuvet, akuisisi data, dan penghitungan konsentrasi dua senyawa yang ada dalam suatu sampel secara simultan. Senyawa yang diukur dalam sistem yang telah terotomasi adalah $KMnO_4$ dan $K_2Cr_2O_7$. Penghitungan konsentrasi senyawa dari data hasil pengukuran dilakukan di PC, sedangkan otomasi sistem dilaksanakan oleh mikrokontroler.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang akan diteliti adalah bagaimana spektrofotometer diotomasi berdasarkan langkah-langkah manual yang telah ada sehingga bisa digunakan untuk mengukur konsentrasi dua senyawa secara simultan.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suatu sistem spektrofotometer yang terotomasi, yang bisa digunakan untuk mengukur konsentrasi dua senyawa secara simultan. Otomasi sistem spektrofotometer meliputi:

- Autosampler*: mengukur larutan dalam lima kuvet secara otomatis
- Pemilihan panjang gelombang secara otomatis
- Akuisisi data dan pengolahan data pada PC

2. METODE PENELITIAN

2.1 Variabel Penelitian

Variabel terikat adalah variabel yang menjadi titik pusat penelitian. Variabel bebas adalah variabel yang diselidiki pengaruhnya terhadap variabel terikat. Variabel terikat pada penelitian ini adalah sistem spektrofotometer dan otomasi sistem

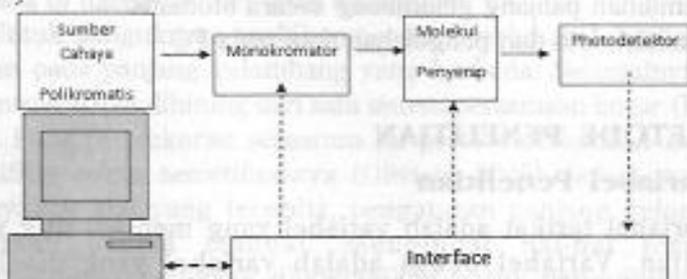
spektrofotometer, yang meliputi otomatisasi pemilihan panjang gelombang dan pergerakan kuvet serta akuisisi data, sedangkan variabel bebas yang digunakan adalah senyawa *caffeine*, *paracetamol*, KMnO_4 dan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

2.2 Langkah-langkah Penelitian

2.2.1 Pembuatan alat

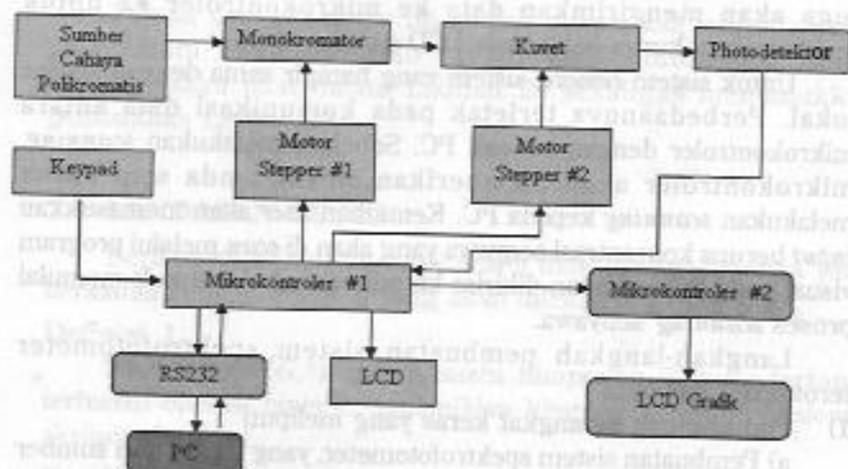
Penelitian ini akan mencakup pembuatan sistem spektrofotometer dan otomatisasi sistem spektrofotometer, serta menerapkannya untuk mengukur konsentrasi dua senyawa secara simultan. Secara umum sistem spektrofotometer yang terotomasi mempunyai susunan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Bagian utama dari spektrofotometer ini adalah sumber cahaya polikromatis, monokromator, tempat sampel molekul penyerap, fotodetektor serta mikrokontroler, dan penampil. Cahaya polikromatis yang berasal dari sumbernya dilewatkan pada monokromator. Monokromator digunakan untuk memilih panjang gelombang yang sesuai dengan proses serapan oleh molekul penyerap yang diteliti. Pemilihan panjang gelombang yang keluar dari monokromator dilakukan dengan memutar kedudukan kisi yang dapat dilakukan secara manual maupun dikendalikan oleh mikrokontroler. Selanjutnya cahaya monokromatis dengan panjang gelombang λ dan intensitas I_0 akan melewati sampel yang mengandung molekul sepanjang b . Oleh karena itu, sebagian cahaya tersebut akan diserap oleh molekul. Hal ini mengakibatkan intensitasnya turun menjadi I .



Gambar 1. Susunan Spektrofotometer Pengukur Konsentrasi Molekul

Arsitektur sistem ini terdiri dari dua subsistem, yaitu subsistem *hardware* dan subsistem *software*. Subsistem *hardware* terdiri dari sumber cahaya polikromatis, monokromator, tempat kuvet, detektor, motor *stepper*, *minimum system* untuk mikrokontroler AVR ATmega8535, *keypad*, dan penampil serta RS232. Sedangkan untuk subsistem *software*, berhubungan dengan program yang akan digunakan untuk menjalankan sistem ini meliputi *software* di mikrokontroler dan PC. Arsitektur umum dari sistem ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur Hardware System

Sistem spektrofotometer yang akan dirancang akan memudahkan *user* untuk melakukan pengukuran larutan dan menghemat waktu karena sistem ini akan diotomasi. Sistem ini memiliki dua pilihan pengendalian, yaitu sistem lokal dan sistem *remote*. *User* tinggal memilih menu yang akan ditampilkan pada LCD dengan menekan *keypad* yang tersedia.

Sistem lokal akan bekerja apabila *user* ingin mengukur suatu sampel larutan dengan memasukkan *input* konsentrasi senyawa tersebut melalui *keypad*. *Input* tersebut akan digunakan untuk perhitungan konsentrasi senyawa di dalam program. Selanjutnya, kuvet dan monokromator akan dikendalikan secara otomatis oleh dua buah motor *stepper* yang dihubungkan dengan mikrokontroler #1. Sumber cahaya polikromatis berupa lampu *halogen* akan memancarkan berkas cahaya ke optik penerima monokromator. Di

dalam monokromator cahaya tersebut akan dipantulkan oleh cermin hingga mencapai optik pemancar. Cahaya yang dikeluarkan dari optik pemancar berupa cahaya monokromatis. Monokromator akan digerakkan untuk memilih panjang gelombang yang diinginkan. Cahaya monokromatis akan mengenai senyawa yang terletak di dalam kuvet. Selanjutnya, cahaya yang menembus senyawa dalam kuvet akan mengenai photodetektor. Keluaran photodetektor berupa tegangan yang akan masuk ke ADC mikrokontroler #1. Data-data hasil pengukuran akan ditampilkan pada LCD. Mikrokontroler #1 juga akan mengirimkan data ke mikrokontroler #2 untuk menampilkan kurva baku pada LCD grafik.

Untuk sistem *remote*, sistem yang hampir sama dengan sistem lokal. Perbedaannya terletak pada komunikasi data antara mikrokontroler dengan sebuah PC. Sebelum melakukan *scanning*, mikrokontroler akan memberikan sinyal/tanda siap untuk melakukan *scanning* kepada PC. Kemudian *user* akan memasukkan *input* berupa konsentrasi senyawa yang akan di-*scan* melalui program visual pada PC dan akan dikirim ke mikrokontroler untuk memulai proses *scanning* senyawa.

Langkah-langkah pembuatan sistem spektrofotometer terotomasi meliputi:

- 1) Perancangan perangkat keras yang meliputi
 - a) Pembuatan sistem spektrofotometer, yang terdiri dari sumber cahaya polikromatis, monokromator, tempat kuvet dan detektor cahaya beserta mikrokontroler, dan LCD untuk menampilkan data pengukuran.
 - b) Penambahan dua motor *stepper* untuk otomasi sistem spektrofotometer (*autosampler* dan pemilihan panjang gelombang)
 - c) Penambahan kabel untuk komunikasi serial
2. Perancangan perangkat lunak yaitu
 - a) Program pada mikrokontroler untuk menggerakkan tempat kuvet dan monokromator
 - b) Program untuk akuisisi data pada mikrokontroler dan pengiriman data ke PC
 - c) Program pengolahan data pada PC
3. Pengujian sistem spektrofotometer untuk mengukur konsentrasi dua senyawa dalam suatu sampel

Untuk bisa mengotomasi suatu sistem, perlu diketahui langkah-langkah pengukuran suatu senyawa menggunakan spektrofotometer. Langkah-langkah tersebut meliputi:

- 1) Pembuatan larutan baku
Pembuatan larutan baku ini dilakukan di luar spektrofotometer, meliputi:
 - a. Pembuatan larutan induk.
 - b. Pembuatan seri larutan baku 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm dari larutan induk.
- 2) Penentuan panjang gelombang λ maksimum masing-masing senyawa yang dilakukan dengan *scanning* serapan larutan baku 30 ppm. Secara rinci penentuan panjang gelombang tersebut mengikuti langkah-langkah berikut:
 - a. Pengukuran kuvet kosong. Tahap ini berfungsi untuk mendapatkan serapan/absorban terbesar karena kuvet belum diisi oleh senyawa.
 - b. Pengukuran kuvet referensi. Tahap ini berfungsi untuk mendapatkan panjang gelombang maksimal yang digunakan untuk tahap selanjutnya. Nilai serapan yang didapatkan pada tahap ini akan dikurangi dengan serapan terbesar pada pengukuran kuvet kosong.
- 3) Pembuatan kurva baku
Kurva baku dibutuhkan untuk mendapatkan persamaan kurva baku yang digunakan untuk mendapatkan nilai konsentrasi senyawa 1 dan senyawa 2 di dalam larutan. (Untuk sistem lokal, proses pengukuran akan berhenti pada saat kurva baku ditampilkan dan tidak menghitung persamaan kurva baku)
 - a. Ukur serapan seri larutan baku pada masing-masing senyawa pada kedua panjang gelombang maksimum.
 - b. Hitung persamaan regresi linier yang merupakan hubungan antara konsentrasi vs serapan dengan persamaan 1 dan 2 berikut:

$$b = \frac{N(\sum\{x_i y_i\} - (\sum\{x_i\})(\sum\{y_i\}))}{N \sum x_i^2 - (\sum\{x_i\})^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$a = \bar{Y} - b \bar{X} \dots\dots\dots (2)$$

- 4) Pengukuran kadar sampel
Serapan sampel diukur untuk masing-masing panjang gelombang maksimum. Tahap ini merupakan tahap terakhir dari proses pengukuran. Tahap ini akan mendapatkan nilai serapan dari sebuah larutan sehingga akan didapatkan nilai konsentrasi senyawa 1 dan senyawa 2 dengan menggunakan persamaan kurva baku yang didapat dari tahap sebelumnya.
- 5) Penentuan kadar sampel
Diukur dengan menggunakan matriks seperti pada persamaan 3.

$$\begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (3)$$

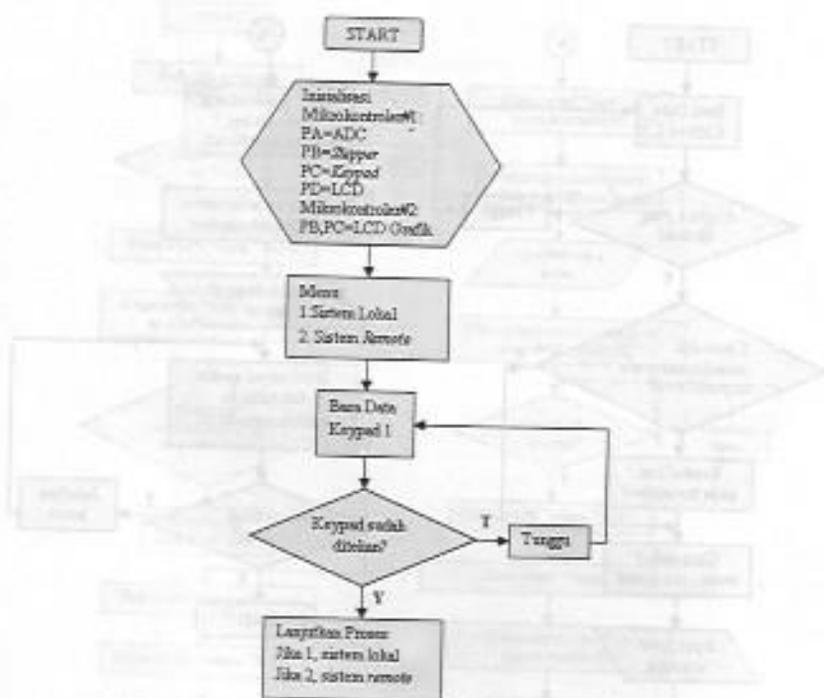
$$\begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{(\varepsilon_{11}\varepsilon_{22} - \varepsilon_{21}\varepsilon_{12})} \begin{bmatrix} \varepsilon_{22} & -\varepsilon_{12} \\ -\varepsilon_{21} & \varepsilon_{11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \end{bmatrix}$$

Flow chart program utama pada mikrokontroler ditunjukkan dalam Gambar 3. Pada Gambar 4 dan 5 ditunjukkan *flow chart* program sistem lokal dan *remote* pada mikrokontroler. Pada Gambar 6 ditunjukkan program utama di PC. Alur komunikasi antara PC dan mikrokontroler ditunjukkan dalam Gambar 7.

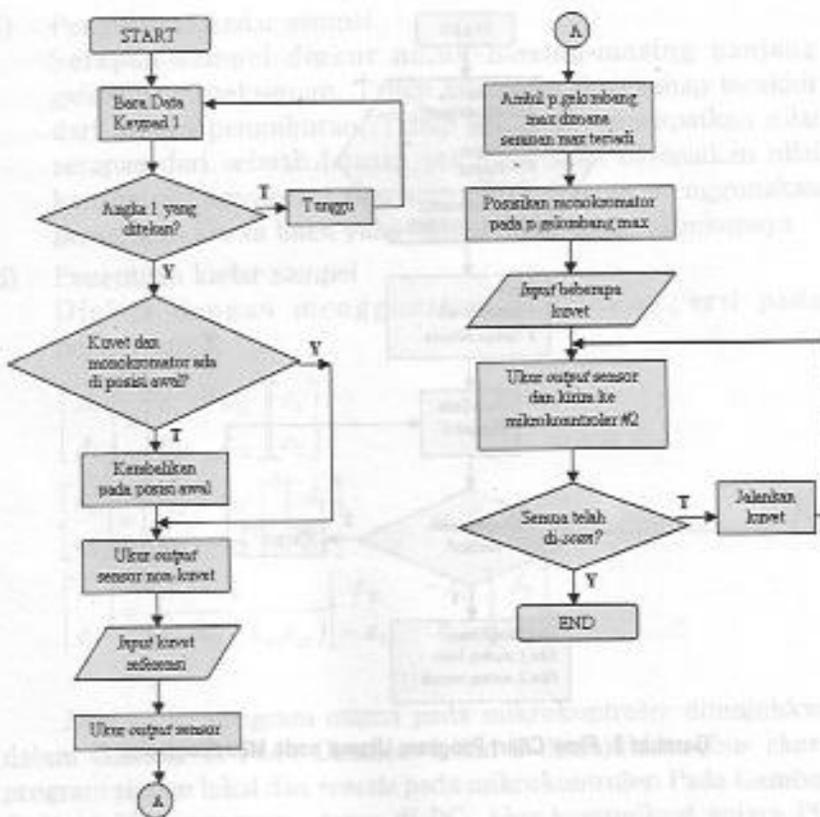
2.2.2 Pengujian alat

Pengujian alat meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Pengujian sistem spektrofotometer untuk mengukur konsentrasi *caffeine* dan *paracetamol* secara manual
2. Pengujian program pada spektrofotometer dan PC
3. Pengujian dengan sampel yang berisi dua senyawa yang berbeda, baik pada sistem lokal maupun program di PC



Gambar 3. Flow Chart Program Utama pada Mikrokontroler

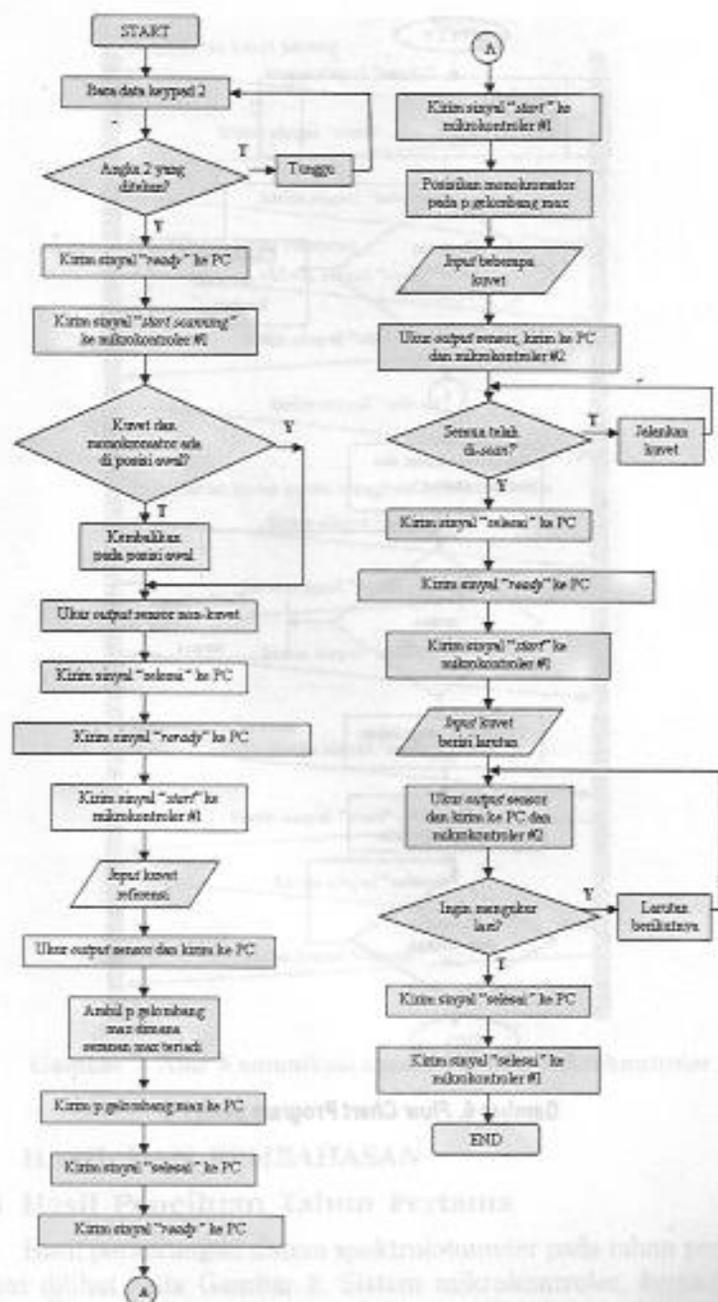


Gambar 4. Flow Chart Program Sistem Lokal pada Mikrokontroler

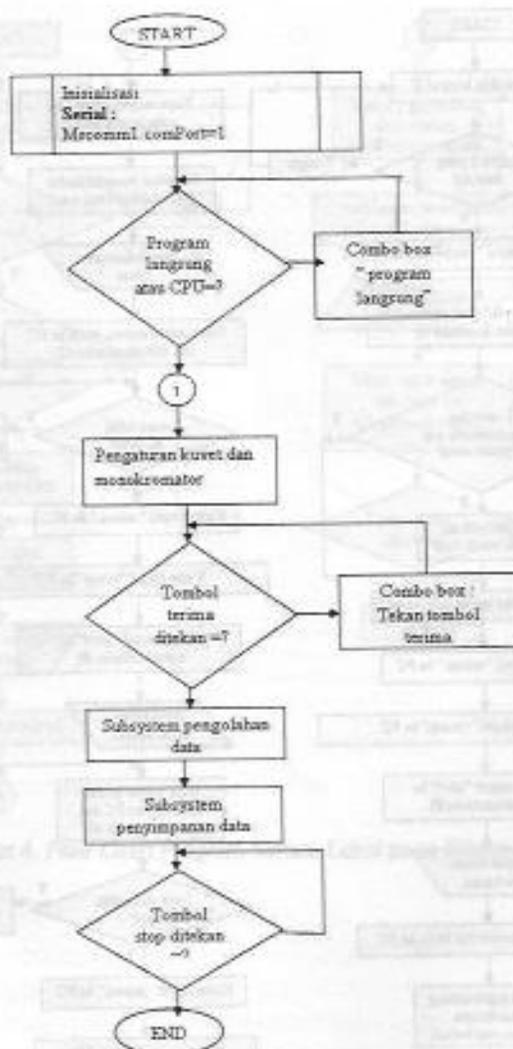
1.2.2 Pengujian alat

Pengujian alat meliputi langkah sebagai berikut:

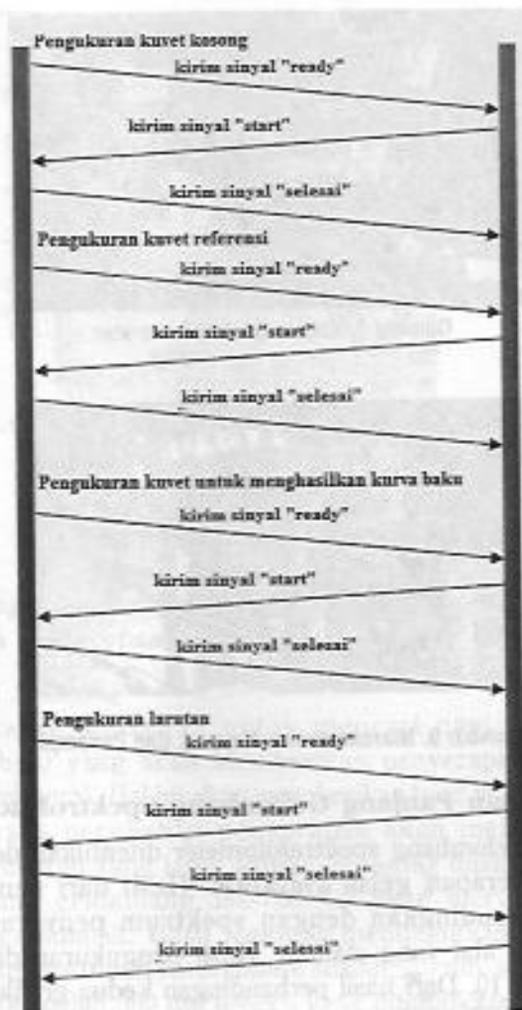
1. Pengujian sistem spektrofotometri untuk mengukur konsentrasi larutan dan parameter secara manual
2. Pengujian program pada mikrokontroler dan PC
3. Pengujian dengan sampel yang berisi dua senyawa yang berbeda, baik pada sistem lokal maupun program di PC.



Gambar 5. Flow Chart Program Sistem Remote pada Mikrokontroler



Gambar 6. Flow Chart Program pada PC

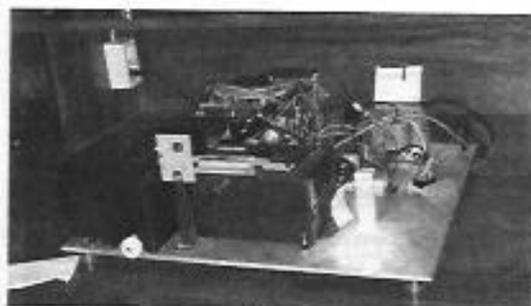


Gambar 7. Alur Komunikasi antara PC dan Mikrokontroler

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian Tahun Pertama

Hasil perancangan sistem spektrofotometer pada tahun pertama dapat dilihat pada Gambar 8. Sistem mikrokontroler, *keypad*, dan penampil LCD ditunjukkan dalam Gambar 9.



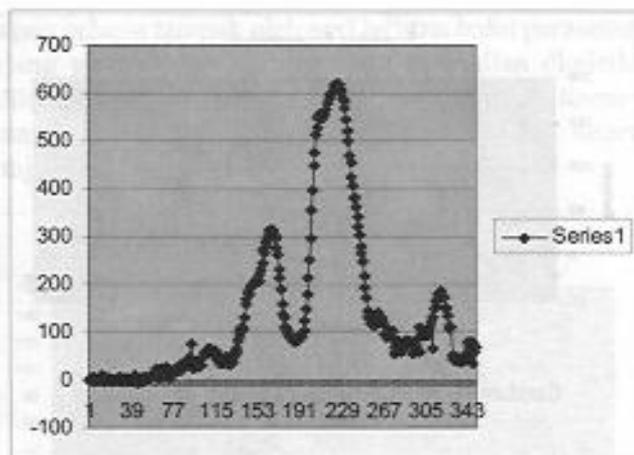
Gambar 8. Sistem Spektrofotometer



Gambar 9. Mikrokontroler, Keypad, dan Penampil

3.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Spektrofotometer

Panjang gelombang spektrofotometer ditentukan dengan cara menguji penyerapan gelas *dydinium*. Hasil dari pengujian ini kemudian dibandingkan dengan spektrum penyerapan gelas *dydinium* pada alat yang standar. Hasil pengukuran ditunjukkan dalam Gambar 10. Dari hasil perbandingan kedua grafik diperoleh bahwa 1λ sama dengan 11 langkah motor *stepper*.

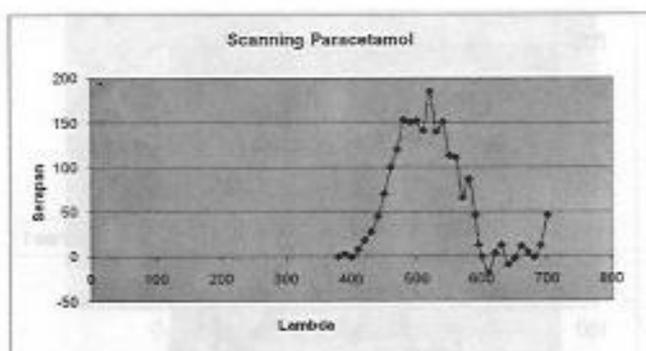


Gambar 10. Spektrum Gelas *Dydinium* pada Sistem Spektrofotometer yang Dibuat

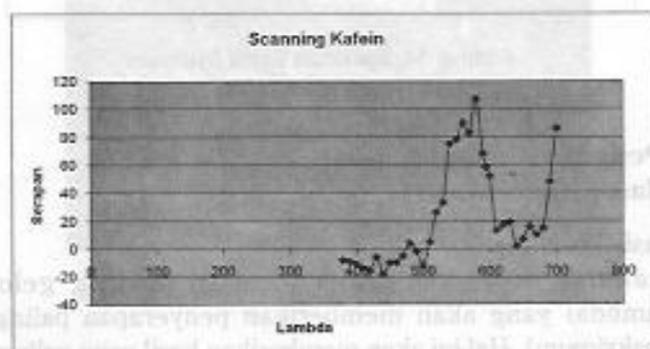
3.1.2 Pengujian dengan Sampel *Caffeine* dan *Paracetamol*

a. Hasil *Scanning*

Scanning dilakukan untuk mencari panjang gelombang (λ) yang akan memberikan penyerapan paling tinggi (maksimum). Hal ini akan memberikan hasil yang paling sensitif di mana perubahan penyerapan akan memberikan hasil pengukuran yang lebih akurat. *Scanning* dilakukan mulai dari panjang gelombang 380-700 nm yang merupakan rentang cahaya tampak. Hasil *scanning* menunjukkan bahwa λ maksimum untuk *paracetamol* adalah 520 nm, sedangkan untuk *cafein* adalah 580 nm seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 11 dan 12.



Gambar 11. Hasil Scanning Larutan Parasetamol



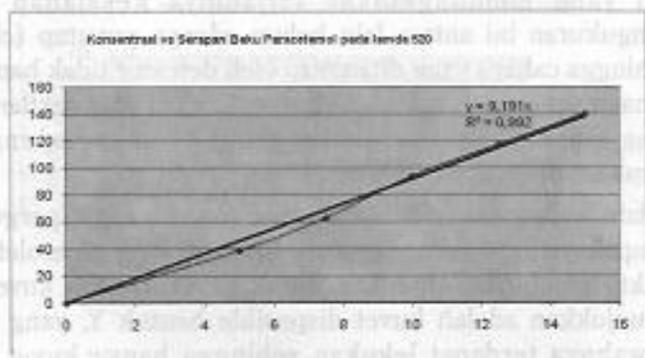
Gambar 12. Hasil Scanning Larutan Kafein

b. Pembuatan Kurva Baku

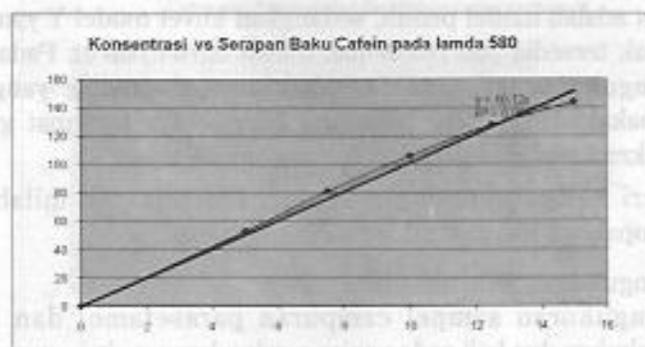
Pembuatan kurva baku merupakan hal pokok yang akan dipakai untuk menentukan konsentrasi larutan sampel berdasarkan perbandingan penyerapan sinar oleh larutan sampel. Kurva baku yang baik akan mempunyai tingkat linearitas yang tinggi, yang ditunjukkan oleh harga koefisien determinasi (R^2). Harga R^2 dianggap mempunyai daya prediksi yang baik adalah 0,999.

Pada pengukuran serapan cahaya tampak oleh seri larutan baku parasetamol pada panjang gelombang 520 nm yang kemudian di-plotkan pada grafik konsentrasi vs serapan, diperoleh garis linear dengan persamaan $y=9,191x$ dengan harga $R^2 = 0,992$ seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 13. Y merupakan fungsi serapan, sedangkan x mewakili konsentrasi. Pada pengukuran

serapan cahaya tampak oleh seri larutan baku parasetamol pada panjang gelombang 580 nm yang kemudian di-plotkan pada grafik konsentrasi vs serapan diperoleh garis linear dengan persamaan $y=10,12x$ dengan harga $R^2 = 0,991$ seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 14.



Gambar 13. Kurva Baku Paracetamol



Gambar 14. Kurva Baku Kafein

Harga R^2 untuk kedua larutan tersebut lebih rendah dari pada harga ideal. Keadaan ini dapat ditinjau dari beberapa sisi. Jika dianggap alatnya sudah baik maka yang menjadi masalah adalah kualitas larutan bakunya, dalam hal ini penyiapan larutan, termasuk penimbangan dan pengenceran "belum cukup baik" sehingga mengakibatkan harga konsentrasi tidak sama dengan nilai yang seharusnya. Sebaliknya jika harga konsentrasi sudah sesuai dengan nilai yang seharusnya maka harga R^2 sangat

ditentukan oleh alat ukur pengukur yang dipergunakan dalam hal ini spektrofotometer visibel yang sedang dalam tahap penyempurnaan. Hal ini tampak dari pembacaan serapan yang kurang stabil, dan pengulangan pembacaan serapan untuk larutan yang sama memberikan hasil yang berbeda. Beberapa hal yang memungkinkan terjadinya kesalahan dalam pengukuran ini antara lain belum adanya penutup (*chasing*) sehingga cahaya yang ditangkap oleh detektor tidak hanya dari cahaya yang telah melewati kuvet. Cahaya dari sekitar masih bisa masuk kedalam sistem yang akan mempengaruhi pembacaan serapan oleh detektor.

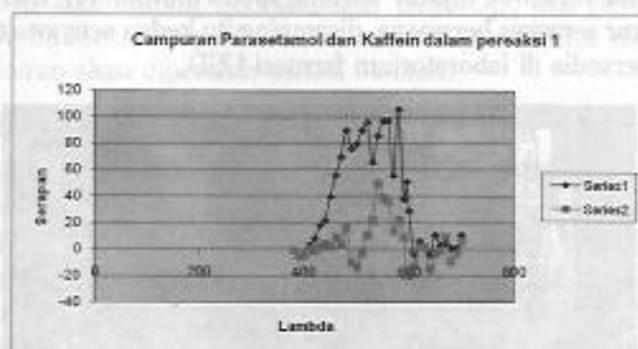
Selain kedua hal tersebut di atas, kuvet yang dipergunakan tampaknya juga mempengaruhi harga R^2 yang diperoleh. Pada waktu pembuatanudukan untuk kuvet, contoh kuvet yang ditunjukkan adalah kuvet disposable bentuk Y, yang bagian bawahnya terdapat lekukan sehingga hanya kuvet model tersebut yang bisa dipergunakan. Kuvet model penuh tidak bisa dimasukkan kedalamudukan kuvet karena ukuran luarnya lebih besar. Hal ini menjadi masalah karena stok kuvet yang ada adalah model penuh, sedangkan kuvet model Y yang baru tidak tersedia dan pembelian masih harus *indent*. Pada waktu pengukuran terpaksa memakai kuvet disposable yang telah dipakai ulang, yang beberapa diantaranya terdapat goresan terkena tepiudukan kuvet yang masih tajam.

Dari ketiga keterangan diatas, hal terakhir inilah yang tampaknya menjadi faktor paling dominan.

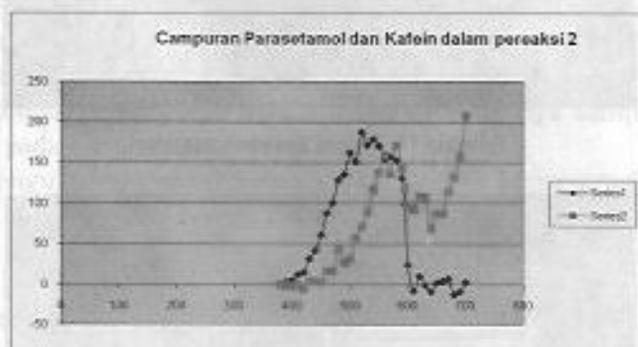
C. Pengukuran Sampel

Pengukuran sampel campuran parasetamol dan kafein dilakukan dua kali pada panjang gelombang maksimum masing-masing senyawa. Yang pertama campuran diukur pada panjang gelombang 520 nm dan yang kedua pada panjang gelombang 580 nm. Kedua senyawa tersebut dicampur dengan pereaksi 1 (pereaksi untuk parasetamol) dan pereaksi 2 (pereaksi untuk kafein). Hasil pengukuran ditunjukkan dalam Gambar 15 dan 16. Dari perhitungan secara manual diperoleh harga konsentrasi parasetamol 20,45 mg/l dan kafein 16,9 mg/l. Harga tersebut jauh diatas harga sesungguhnya, yaitu parasetamol 10 mg/l dan kafein 10 mg/l. Hal ini berarti nilai *recovery* adalah lebih dari

200% untuk parasetamol dan lebih dari 160% untuk kafein. Harga *recovery* yang dianggap baik adalah 98-102%. Dengan demikian alat ukur ini bisa dikatakan relatif kurang baik atau kurang sensitif sehingga masih perlu diperbaiki.



Gambar 15. Serapan Campuran Paracetamol dan Kafein dalam Pereaksi 1



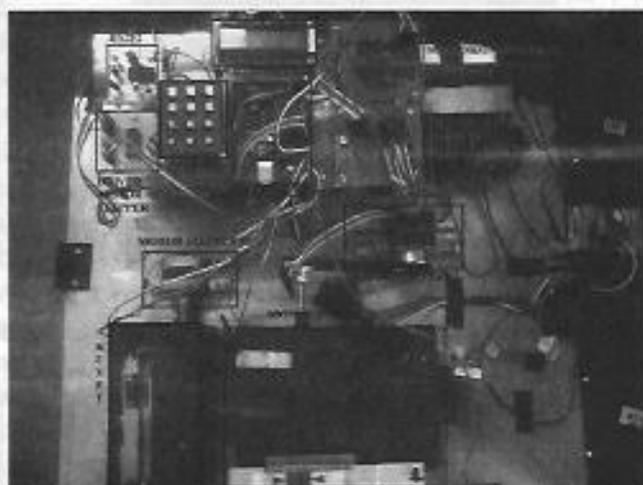
Gambar 16. Serapan Campuran Paracetamol dan Kafein dalam Pereaksi 2

3.2 Hasil Penelitian Tahun Kedua

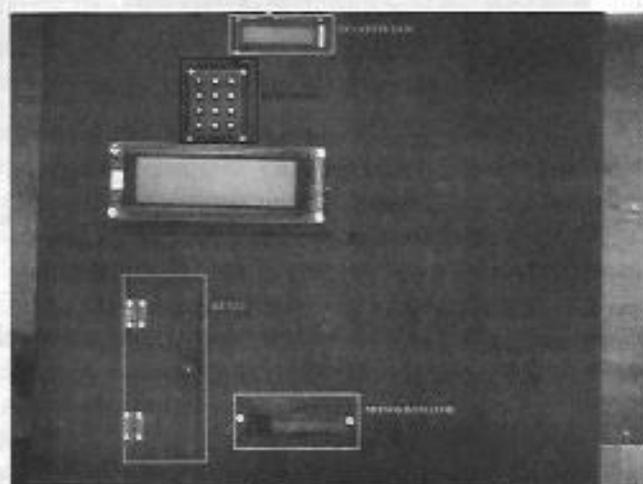
Hasil perancangan sistem spektrofotometer secara keseluruhan beserta otomasinya dapat dilihat pada Gambar 17 dan 18.

Spektrofotometer yang dibuat ini mempergunakan lampu visibel. Semula direncanakan akan mempergunakan lampu ultraviolet (uv), tetapi karena berbagai kesulitan untuk memperoleh beberapa komponen dalam waktu yang terbatas lampu UV terpaksa diganti

dengan lampu visibel. Sebagai konsekuensi logis penggantian lampu tersebut maka larutan yang dipergunakan untuk uji coba spektrofotometer ini juga diganti dengan campuran kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) dan kalium permanganat ($KMnO_4$). Kedua senyawa berwarna tersebut dipilih karena spektrofotometer hanya bisa mengukur senyawa berwarna, disamping itu kedua senyawa tersebut sudah tersedia di laboratorium farmasi USD.



Gambar 17. Sistem Spektrofotometer



Gambar 18. Tampilan Luar Sistem Spektrofotometer

Pengukuran ini meliputi 4 tahap, yaitu persiapan bahan, *scanning* kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) dan kalium permanganat ($KMnO_4$) untuk memperoleh panjang gelombang maksimum (λ maksimum), pembuatan kurva baku kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) dan kalium permanganat ($KMnO_4$), dan pengukuran contoh bahan (sampel). Pembuatan kurva baku dan hasil pengukuran akan diperoleh secara otomatis.

3.3 Hasil pengukuran

Scanning dilakukan untuk mencari panjang gelombang (λ) yang akan memberikan penyerapan paling tinggi (maksimum). Hal ini akan memberikan hasil yang paling sensitif di mana perubahan penyerapan akan memberikan hasil pengukuran yang lebih akurat. *Scanning* dilakukan mulai dari panjang gelombang 400-700 nm yang merupakan rentang cahaya tampak. Hasil *scanning* menunjukkan bahwa λ maksimum untuk kalium bikromat adalah 363 nm, sedangkan λ maksimum untuk kalium permanganat adalah 525 nm.

Setelah dilakukan *scanning* maka dilakukan pengukuran untuk pembuatan kurva baku dan diperoleh data seperti pada Tabel 1. Absorbansi sampel campuran ditunjukkan dalam Tabel 2. Hasil perhitungan pengukuran kedua senyawa pada tiga sampel dapat dilihat pada Gambar 19.

Pengukuran sampel menunjukkan bahwa konsentrasi $KMnO_4$ adalah 64,14 ppm dan konsentrasi $K_2Cr_2O_7$ dalam campuran adalah 49,27 ppm. Dibandingkan dengan konsentrasi berdasarkan penimbangan dan perhitungan manual, konsentrasi tersebut mengandung kesalahan sekitar 4% lebih tinggi untuk $KMnO_4$ dan 24% lebih rendah untuk $K_2Cr_2O_7$.

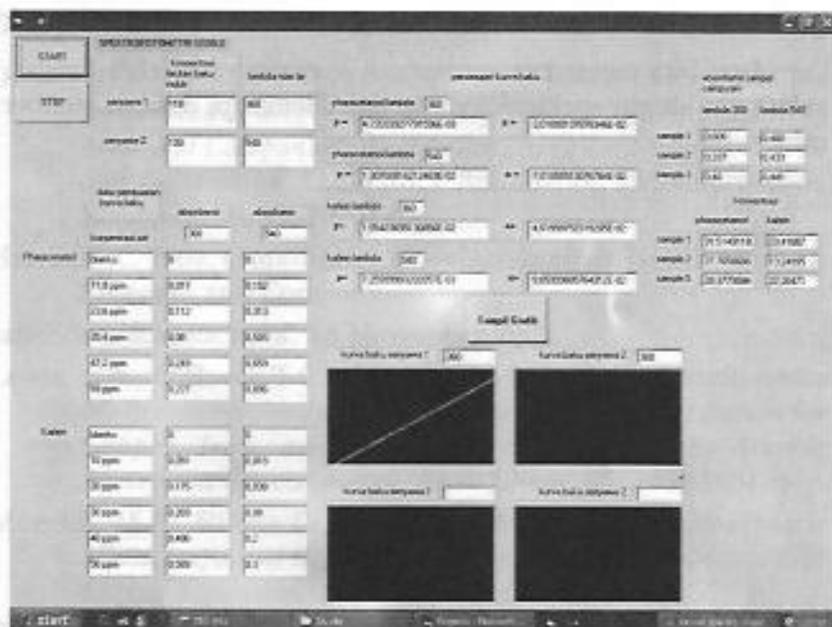
Kesalahan tersebut dapat diakibatkan oleh kurang sensitif dan stabilnya alat, atau kurang telitinya dalam pembuatan larutan. Uji coba penggunaan alat masih perlu diperbanyak untuk mempertinggi validitas dan reliabilitas alat.

Tabel 1: Data Absorbansi Masing-masing Senyawa

	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi lambda = 363,5	Absorbansi lambda = 363,5
K ₂ O ₇	Blanko	0	0
	10	0.017	0.152
	20	0.112	0.313
	30	0.08	0.505
	40	0.249	0.659
	50	0.227	0.896
K ₂ Cr ₂ O ₇	Blanko	0	0
	10	0.91	-0.04
	20	0.175	-0.018
	30	0.269	-0.018
	40	0.496	-0.038
	50	0.589	-0.018

Tabel 2. Absorbansi sampel campuran

	Absorbansi lambda = 363,5	Absorbansi lambda = 363,5
Sampel 1	0.606	0.482
Sampel 2	0.337	0.433
Sampel 3	0.48	0.441



Gambar 19. Hasil Tampilan Pengukuran pada PC

4. PENUTUP

Dari hasil dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Pada tahun pertama dihasilkan sistem spektrofotometer manual yang mampu mengukur sampel *paracetamol* dengan tingkat linieritas sebesar 0,992 dan sampel kafein dengan tingkat linieritas sebesar 0,991.
- 2) Pada tahun kedua dihasilkan sistem spektrofotometer *visible* otomatis yang bekerja dengan baik, terbukti dengan sistem yang bekerja sesuai dengan langkah-langkah secara manual.
- 3) Spektrofotometer mampu mengukur sampel yang berisi campuran dua senyawa yang berbeda dan menghitung konsentrasi tersebut secara simultan dengan hasil 4% lebih tinggi untuk KMnO_4 dan 24% lebih rendah $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

5. SARAN

Agar bisa mengukur konsentrasi senyawa yang lebih banyak, sebaiknya sistem spektrofotometer ini dilengkapi dengan sumber cahaya UV.



Berkas 18 Hasil Tampilan Pengukuran pada PC		
Tempat 1	0,00	0,00
Tempat 2	0,00	0,00

- 1) Pada tahun pertama dilakukan sistem spektrofotometer manual yang mampu mengukur sampel secara manual dengan tingkat akurasi sebesar 0,001 dan sampel kalibrasi dengan tingkat akurasi sebesar 0,001.
- 2) Pada tahun kedua dilakukan sistem spektrofotometer digital otomatis yang bekerja dengan baik terhadap semua sistem yang bekerja sesuai dengan langkah-langkah secara manual.
- 3) Spektrofotometer mampu mengukur sampel yang berbeda-beda dan senyawa yang berbeda yang berbeda dan menghasilkan konsentrasi sesuai standar dengan hasil 0,001 lebih tinggi untuk K₂Cr₂O₇ dan 0,001 untuk K₂CO₃.

DAFTAR PUSTAKA

- Dunkerley, S. dan Adams M.J. 1997. *The Simultaneous Determination of Caffeine, Aspirin and Paracetamol by Principal Components Regression Using Automatic Dilution and Calibration*. Laboratory Automation and Information Management 33: 107-117.
- Harris, D.C. 1999. *Quantitative Chemical Analysis*. New York: W.H. Freeman and Company.
- <http://lemlit.unila.ac.id>. 18 November 2009.
- Lewis, S.A., O'Haver T.C., dan Harnly J.M. 1984. *Simultaneous Multielement Analysis of Microliter Quantities of Serum for Copper, Iron, and Zinc by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry*. Anal. Chem. 56: 1651-1654.
- Moeckli, M.A., Hilbes C., dan Sigrist M.W. 1998. *Photoacoustic Multicomponent Gas Analysis Using a Levenberg-Marquardt Fitting Algorithm*. Appl. Phys. B 67: 449-458.
- Olivieri, A.C. 2005. *Computing Sensitivity and Selectivity in Parallel Factor Analysis and Related Multiway Techniques: The Need for Further Developments in Net Analyte Signal Theory*. Anal. Chem. 77: 4936-4946.
- Skoog, D.A. dan Leary J.L. 1992. *Principles of Instrumental Analysis*. Fort Worth: Saunders College Publishing.