

PEMANFAATAN *PARALLEL PORT* MIKROKOMPUTER UNTUK PENGUKURAN SIMULTAN EMPAT PARAMETER KUALITAS AIR

Encik Anisa Kholis, Siswoyo, dan Tri Mulyono
Jurusan Kimia FMIPA-Universitas Jember

ABSTRACT- This experiment is an effort to increase the application computer in measurements processes in analytical chemistry, also to increase the efficiency and the effectivity of analytical process. The result that appeared is an initial result of many other experiments. It has been understood, that beside used as a printer connection, parallel port of computer can be used as interface with external electronic instrument, especially in data acquisition process.

This experiment succeed in setting converter circuit which have as a base ADC0808 that is related with parallel port and computer program which written with Borland Delphi and all of it is the unity to do reading process, conversion, visual appearance and recording analog potential signal, that come from many sensor or external instrument all at once simultaneously.

Trial of system above is only potential signal from four independent potentiometers and have a good result, which is proved with a consistent correlation between the signal measurement of four quality water parameters : pH, dissolved oxygen, conductivity and temperature with suitable sensor and real sample is doing. Later perfecting still needed to have a simultaneous measurement system of water quality parameter on-line and real-time.

Keywords: *quality water parameter, parallel port, ADC0808, Borland Delphi.*

1. PENDAHULUAN

Parameter kualitas air seyogyanya diukur langsung di tempat dimana air itu berada, sehingga data pengukuran yang diperoleh benar-benar mewakili kondisi air yang sebenarnya dan tidak mengalami perubahan karena pengaruh dari luar baik sebelum atau selama pengukuran dilakukan. Pengukuran terhadap parameter kualitas air harus dilakukan secara periodik untuk mengetahui perubahan yang terjadi dalam waktu tertentu. Untuk pengukuran beberapa parameter kualitas air

secara konvensional, diperlukan tenaga, biaya, dan waktu yang cukup besar.

Peningkatan ketepatan dalam pengukuran dan perolehan sejumlah data dalam waktu yang singkat membuat pengukuran simultan (pengukuran yang dilakukan dalam waktu yang bersamaan) menjadi kebutuhan yang utama. Pengukuran secara simultan dapat dilakukan dengan menggunakan instrumentasi yang dirangkai khusus untuk pengukuran serempak terhadap berbagai parameter penilaian terhadap kualitas air. Saat ini sedang dikembangkan instrumentasi pengukur

empat parameter kualitas air: pH, oksigen terlarut, konduktivitas dan temperatur dengan sensor yang sesuai dan sampel yang nyata.

Hadirnya teknologi komputer dan komunikasi data saat ini memungkinkan untuk memanfaatkannya dalam suatu sistem pengukuran. Dimulai dengan pengambilan, pengolahan, penampilan, dan penyimpanan data yang dilakukan secara otomatis, sehingga akan mempermudah dalam analisa data. Proses pengambilan data sampai dengan penyimpanan data dilakukan dengan menjalankan instrumen yang dilengkapi dengan program (*software*) yang dirancang khusus.

Sinyal *analog* yang berupa tegangan potensial tidak dapat langsung diproses di dalam komputer. Sebuah komputer hanya dapat mengolah data berupa *digital*, sehingga untuk masukan yang berupa sinyal *analog* dibutuhkan sebuah pengubah sinyal *analog* ke *digital*. Perangkat ini disebut dengan *Analog to Digital Converter* (ADC). ADC mengukur (mengambil sampel) sinyal *analog* secara periodik dan mengubah setiap hasil pengukuran menjadi nilai *digital*. ADC0808 diproduksi oleh *National Semiconductor*, memiliki spesifikasi antara lain: Resolusi 8 bits, total *error* $\pm 1/2$ LSB dan ± 1 LSB, tegangan *input* maksimum 5 Volt dan waktu konversi 100 μ s (Anonim, 2002).

Komunikasi data berfungsi sebagai pertukaran informasi *digital* antara komputer dengan peralatan lain (periferal), menggunakan sistem transmisi elektronik. Periferal atau peralatan *input/output* berfungsi untuk memasukkan informasi ke dalam dan membawa informasi keluar dari komputer (Laplante, 1993). Untai antarmuka masukan/keluaran (*input/output*) diperlukan untuk menghubungkan periferal

dengan masukan/keluaran dari sistem *digital* secara tepat (Ibrahim, 1996).

Dalam dunia komputer, port adalah satu set instruksi atau perintah sinyal dimana mikroprosesor atau CPU menggunakannya untuk memindahkan data dari atau ke piranti lain (Sudono, 2004). Terdapat dua metode untuk mentransmisikan data, yaitu metode parallel dan metode serial. Parallel *port* yang dikenal dengan port printer menggunakan metode parallel yang mentransfer beberapa bit secara bersamaan dan menggunakan TTL, yakni 0 Volt untuk logika 0 dan +5 Volt untuk logika 1 (Sutadi, 2003).

Ada beberapa nama bagi parallel port. Parallel port yang bukan di video (monochrome) adapter diberi nama LPT1 dan LPT2 yang masing-masing mempunyai alamat sendiri.

Tabel 1. Alamat Port Printer/Parallel Port (Sumber : Sudono, A. 2004:17)

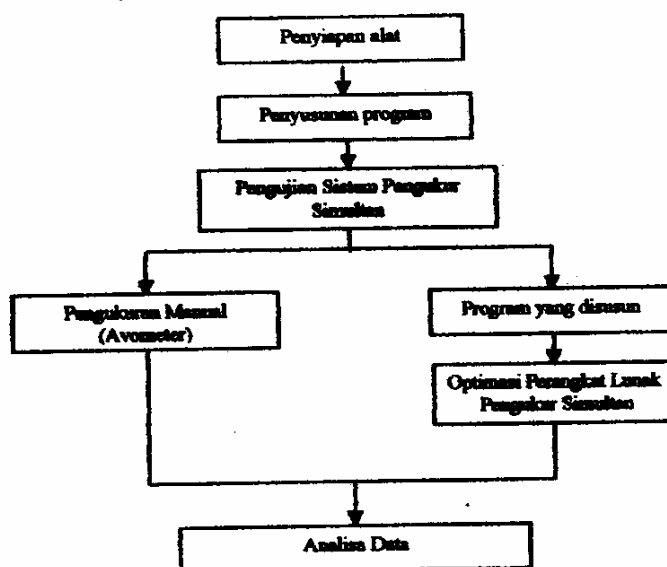
Parallel Port	Alamat Dasar
LPT0	\$3BC
LPT1	\$378
LPT2	\$278

Alamat parallel port yang umum digunakan adalah LPT1 dengan alamat dasar \$378 seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Tanda "\$" menunjukkan tanda heksadesimal dalam bahasa pemrograman.

Penelitian ini mengkaji penyusunan rangkaian konverter berbasis ADC0808 yang terhubung dengan *port parallel* dan program komputer yang ditulis dengan Borland Delphi yang kesemuanya merupakan satu kesatuan untuk melakukan proses pembacaan, konversi, penyajian visual dan perekaman sinyal potensial analog yang berasal dari beberapa sensor atau instrumen eksternal sekaligus secara simultan.

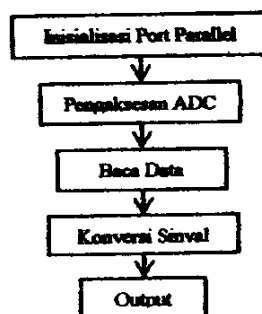
2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alur Kerja Penelitian



Gambar 1. Diagram Alur Kerja Penelitian

2.2 Penyusunan Program dan Konversi Sinyal



Gambar 2. Penyusunan Program

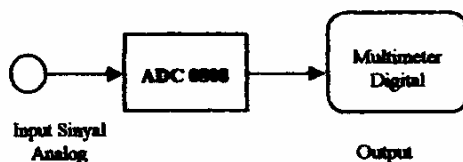
Penyusunan program dengan aplikasi Borland Delphi, dimulai dengan inisialisasi port paralel sesuai dengan gambar 2. Pengaturan interval pengukuran sinyal dilakukan dengan mengujikan potensiometer yang dihubungkan dengan catu daya 5 Volt, sebagai sumber sinyal analog.

Proses konversi pertama kali dimulai dengan mengubah kecmpt variabel menjadi tegangan analog dan dilanjutkan dengan konversi tegangan analog menjadi digital dalam modul ADC0808. Untuk mengakses output dari ADC 0808 ini, digunakan multiplexer. Output digital dihubungkan

dengan konektor melalui *port printer* pada komputer. Pembacaan sinyal oleh komputer dilakukan dengan mengatur pengalamatan port ke ADC, sehingga 4 kanal keluaran ADC yang digunakan dapat diakses. Semua proses tersebut dilakukan dengan perintah-perintah yang disusun dalam suatu program komputer (*software*).

Setelah program yang dibangun siap dan dapat dijalankan, maka dilakukan pengujian pengukuran terhadap keempat sinyal analog secara simultan. Data yang diperoleh dari metode ini akan ditampilkan berupa tabel dan grafik, dan direkam secara otomatis di dalam komputer. Data ini kemudian dibandingkan dengan data dari pembacaan dengan Avometer.

2.3 Pengambilan Data Secara Manual



Gambar 3. Sistem Pengukuran Simultan Secara Manual

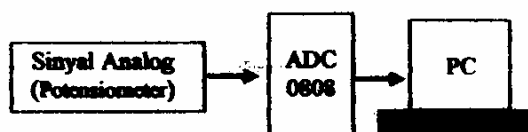
Pengambilan data secara manual dengan Multimeter digital (Avometer) seperti dijelaskan gambar 3 di atas, dilakukan sebagai perbandingan antara data hasil pengukuran program dengan data atau nilai yang diukur dengan menggunakan program komputer. Data yang diambil dari kedua metode tersebut berupa nilai tegangan (dalam satuan Volt) dan dibandingkan dengan menggunakan analisis statistik.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Konfigurasi Sistem

Sistem pengukuran simultan yang telah dibangun seperti ditunjukkan

gambar 12, terdiri dari: a. Sinyal analog (buatan), b. Analog to digital converter yang terhubung dengan port parallel (port printer), sebagai komponen perangkat keras sistem dan c. Program (*software*) sebagai perangkat lunak yang mengatur jalannya sistem pengukuran simultan ini.



Gambar 4. Blok Diagram Sistem Pengukur Simultan dengan PC

Sinyal analog sebagai input dari pengukuran sistem ini, tersusun atas empat buah potensiometer. Keempat potensiometer ini dihubungkan dengan sumber daya listrik (power supply) sebesar 5 Volt yang disesuaikan dengan spesifikasi ADC 0808.

ADC akan mengubah masukan sinyal analog dari empat buah potensiometer menjadi data biner 8 bit. Tegangan referensi (V_{ref}) dibuat menjadi 4.9 Volt untuk mengurangi error. Dengan tegangan referensi sebesar 4.9 volt, maka ADC akan mampu membaca data dengan ketelitian $\pm 0,02$ Volt setiap kenaikan 1 byte.

Untuk mengakses keluaran ADC menuju pin masukan parallel port, maka ditambahkan rangkaian multi-plexer. Pembacaan 8 bit data dari multi-plexer tidak cukup hanya dengan satu insruksi, melainkan dilakukan dengan 2-siklus, yaitu baca 4 bit-4 bit, dan dilakukan melalui register status.

Input A/B yang dihubungkan ke Strobe diberi nilai rendah, sehingga input 1A dimasukkan ke 1Y, dan seterusnya. Kemudian input A/B yang dihubungkan ke Strobe diberi nilai tinggi untuk memasukkan input 1B ke

1 Y, dan seterusnya. Strobe berlogika 1 dalam keadaan "low" (rendah) dan berlogika 0 dalam keadaan "high" (tinggi), karena *Strobe* adalah *hardware inverted*.

Untuk mengakses multiplexer, langkah pertama yang dilakukan adalah mengaktifkan selektor A, lalu meletakkan data ke LSB. Selanjutnya mengaktifkan selektor B dan meletakkan data ke MSB.

Setelah selektor A aktif, data digital akan terletak pada 4 bit rendah (LSB), yaitu bit 3, bit 2, bit 1 dan bit 0. Namun dalam rangkaian multiplexer ini, data selektor A dikirim pada bit 6, bit 5, bit 4 dan bit 3. Oleh sebab itu,

maka data tersebut harus digeser sebesar 3 bit ke kanan.

MSB 0111 1000 \longrightarrow 0000 1111_{LSB}

Begitu juga pada saat selektor B aktif, data digital akan digeser 1 bit ke kiri, sehingga terletak pada 4 bit tinggi (MSB).

MSB 0111 1000 \longrightarrow 1111 0000_{LSB}

Pergeseran 3 bit ke kanan (untuk selektor A) dan 1 bit ke kiri (untuk selektor B), dilakukan karena pin out pada multiplexer (1Y, 2Y, 3Y, dan 4Y) tidak terhubung pin parallel port: busy, ack, paper out dan select, tetapi terhubung pada pin parallel port: ack, paper out, select dan error.

3.2 Pemrograman

Penyusunan program (perangkat lunak) dalam penelitian ini menggunakan Bahasa Pemrograman Borland Delphi 5. Adapun langkah-langkah pemrograman yang dibuat meliputi alur kerja sebagai berikut :

3.2.1 Inisialisasi Port

```
const
    pData      :word=$378;
    pStatus    :word=$379;
    pControl   :word=$37A;
```

3.2.2 Pengaksesan ADC

```
procedure inport(pStatus:word;var a:byte);
var b:byte;
begin
asm
    mov dx,pStatus
    in al,dx
    mov b,al
    end;
    a:=b;
end;
procedure outport(pData:word; data:byte);
begin
asm
    mov dx,pData
    mov al,data
    out dx,al
    end
end;
procedure select(pControl:word; control:byte);
begin
asm
    mov dx,pControl
    mov al,control
    out dx,al
```

```

end;
end;

```

3.2.3 Pembacaan Data

```

procedure bacaADC();
begin
  select($37A,1);          *(baca ADC, selector A)
  delay();
  inport($379,jumlah);
  aa:=round(jumlah/8);     (geser 3 bit ke kanan)
  ab:=aa and 15;          {0000 1111}
  select($37A,0);         (baca ADC, selector B)
  delay();
  inport($379,jumlah);
  ac:=jumlah*2;           (geser 1 bit ke kiri)
  ad:=ac and 240;         {1111 0000}
  ae:=ad or ab;
end;

```

3.2.4 Hasil dan Konversi Sinyal

```

procedure delay();
var
  i,l:integer;
begin
  l:=0;
  for i:=0 to 1600000 do
    inc(l);
end;

```

Dalam program utama konversi sinyal kami menggunakan komponen Timer, yang pengambilan datanya mengacu pada *procedure outport* (pemilihan address input) dan *procedure Baca ADC* (pengaktifan selektor A dan B). Pada Timer ini kami menggunakan interval 1000 ms. Program di bawah ini menangani konversi sinyal dari ADC dan menampilkan dalam bentuk digit dan grafik, serta dalam format text.

```

procedure TForm1.Timer3Timer(Sender: TObject);
var
  t:longint;
  y:array[1..8] of double;
  x:integer;
  tegangan1, tegangan2, tegangan3, tegangan4:string[15];
  data1,data2,data3,data4:string[15];
begin
  outport($378,0);
  delay();
  bacaADC();
  Y[1]:=(ae/255)*4.900;
  Y[5]:=(ae);
  dbedit1.Text:=floattostr(Y[1]);
  dbedit5.Text:=floattostr(ae);
  dbedit9.Text:=floattostr(Y[1]);
  outport($378,1);
  delay();
  bacaADC();
  Y[2]:=(ae/255)*4.900;
  y[6]:=(ae);
  dbedit2.Text:=floattostr(Y[2]);
  dbedit6.Text:=floattostr(ae);
  dbedit10.Text:=floattostr(Y[2]);
  outport($378,2);
  delay();

```

```

bacaADC();
Y[3]:=((ae/255)*4.900);
Y[7]:=(ae);
dbedit3.Text:=floattostr(Y[3]);
dbedit7.Text:=floattostr(ae);
dbedit11.Text:=floattostr(Y[3]);
outport($378,3);
delay;
bacaADC;
Y[4]:=((ae/255)*4.900);
Y[8]:=(ae);
dbedit4.Text:=floattostr(Y[4]);
dbedit8.Text:=floattostr(ae);
dbedit12.Text:=floattostr(Y[4]);
x:=x+1;
for t:=0 to dbchart1.SeriesCount-1 do
with dbchart1.Series[t] do add(y[t+1],',',clteecolor);
with dbchart1.BottomAxis do
begin
automatic:=false;
maximum:=series1.XValues.Last;
end;
tegangan1:=floattostrf(y[1],ffixed,4,2);
tegangan2:=floattostrf(y[2],ffixed,4,2);
tegangan3:=floattostrf(y[3],ffixed,4,2);
tegangan4:=floattostrf(y[4],ffixed,4,2);
data1:=floattostrf(y[5],ffixed,3,0);
data2:=floattostrf(y[6],ffixed,3,0);
data3:=floattostrf(y[7],ffixed,3,0);
data4:=floattostrf(y[8],ffixed,3,0);
form2.Mem1.Lines.Add(datetostr(now)+' - '+timetostr(now)+'
'+(tegangan1)+'          '+ (tegangan2)+'          '+
(tegangan3)+'          '+ (tegangan4)+'          '+
(data1)+'          '+ (data2)+'          '+ (data3)+'          '+
(data4));
end;

```

3.2.5 Penyimpanan Data

```

procedure TForm1.Simpan1Click(Sender: TObject);
begin
  savedialog1.FileName:=form1.Caption;
  if savedialog1.Execute then
  begin
    form2.Mem1.Lines.SaveToFile(savedialog1.filename+'.txt');
    form1.Caption:=savedialog1.FileName;
  end;
end;

```

3.3 Cara Kerja Sistem

Secara keseluruhan kerja sistem dimulai pada saat program mulai di *run*, kemudian power supply di *on* kan untuk memberi sumber tegangan pada keempat unit potensiometer dan ADC. Pengontrolan masukan dari potensiometer sepenuhnya dapat dilakukan melalui program yang telah dibuat.

Tombol **START** sebagai pilihan utama, akan mengaktifkan pengalamat-an

pada *parallel port* sehingga sumber sinyal akan memberikan respon pada jendela tampilan program. Data masukan potensial ini ditampilkan dalam bentuk grafik, nilai ADC dalam satuan Volt dan satuan parameter yang sesungguhnya dengan interval perubah-an setiap 1000 msec. Data hasil ADC ini juga ditampilkan secara detail pada saat mengklik tombol **PREVIEW**. Tampilan secara detail dari menu ini adalah berupa *form* baru menyerupai daftar tabel.

Kemudian klik tombol **STOP** untuk menghentikan proses pembacaan ADC sekaligus tampilan pada jendela utama. Untuk melanjutkan proses pembacaan data, dapat langsung meng-klik tombol **START** kembali.

Untuk menyimpan data dalam format text, klik tombol **SIMPAN**. Sehingga muncul kotak konfirmasi **Simpan Data Ini ?** klik **No** jika data tidak disimpan. Tekan tombol **Yes** sehingga muncul kotak dialog **save** dan ketikkan nama *file* pada properti **file name** dan data akan secara otomatis tersimpan ke dalam *Notepad*.

Langkah yang perlu dilakukan sebelum kita akan mulai melakukan pengambilan data baru adalah dengan mengklik tombol **REFRESH**. Tombol ini berfungsi mengembalikan semua *port parallel* dalam keadaan awal dan meng-clear-kan semua item pada program sehingga masing-masing menu dalam keadaan siap untuk diaktifkan kembali.

Akhirnya setelah semua proses telah dijalankan, kita dapat menekan tombol **KELUAR** sebagai tanda akan mengakhiri program yang sudah dibuat. Sehingga muncul kotak informasi **Yakin Akan Keluar ?** klik **Yes** jika akan menutup aplikasi, dan klik **No** untuk **Kembali Aktifkan Aplikasi !**

3.4 Pengujian Sistem

Dalam pengujian hasil perancangan dan pembuatan sistem pengukur simultan ini akan dibahas dua bagian utama yaitu pengujian perangkat keras dan pengujian perangkat lunak berupa tampilan program.

3.5 Pengujian Perangkat Keras

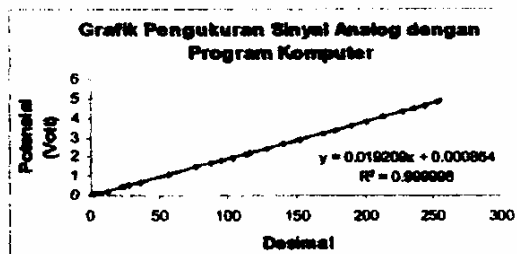
Pengujian pada perangkat keras ini meliputi pengujian terhadap rangkaian ADC 0808. Pengujian ADC 0808 dilakukan untuk menguji linearitas ADC dalam mengkonversi tegangan analog. Dalam pengujian rangkaian ADC

digunakan Avometer untuk mengukur tegangan masukan. Dengan mengatur nilai tegangan pada IN2 sebagai jalur pengalamanan masuk-an analog maka didapatkan keluaran biner ADC yang ditampilkan pada program dengan setting tertentu dan LED sebagai indikator. Di bawah ini adalah hasil dari pengujian rangkaian ADC.

Tabel 2. Hasil Pengujian Rangkaian ADC 0808

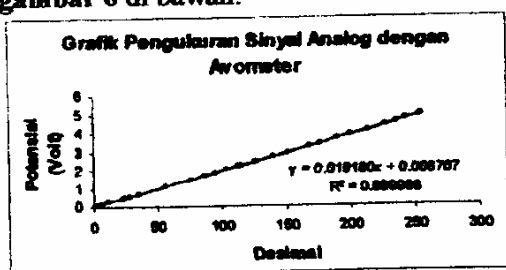
No	Potensial PC (Volt)	Biner
1	4.9	1111 1111
2	4.5	1110 1011
3	4.0	1101 0000
No	Potensial PC (Volt)	Biner
4	3.5	1011 0110
5	3.0	1001 1100
6	2.5	1000 0010
7	2.0	0110 1000
8	1.5	0100 1110
9	1.0	0011 0100
10	0.5	0001 1010
11	0	0000 0000

Grafik di bawah ini menunjukkan kelinieran hasil pembacaan ADC dengan program komputer yang dibangun, berdasarkan lampiran 1.



Gambar 5. Grafik Pengujian Potensial (Volt) ADC terhadap nilai Desimal menggunakan Program Komputer

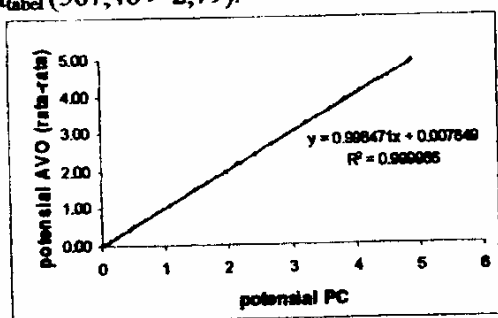
Pengujian hasil ADC yang pengambilan datanya dilakukan dengan menggunakan Program komputer, kemudian dibandingkan dengan pengujian hasil ADC yang dilakukan secara manual dengan Avometer. Hasil pembacaan ADC dengan menggunakan metode manual ini digambarkan dengan gambar 6 di bawah:



Gambar 6. Grafik Pengujian Potensial (Volt) ADC terhadap nilai Desimal menggunakan Avometer

Berdasarkan kedua gambar di atas, dapat dilakukan analisa perbandingan dengan Grafik Perbandingan Respon ADC (Volt) dengan Program komputer dan Avometer. Grafik hubungan kedua metode tersebut adalah sebagai berikut:

Persamaan kurva pada gambar 7 di atas, memiliki nilai $R^2 = 0,999966$ (mendekati 1). Sehingga dengan analisa statistik, diperoleh nilai t_{hitung} lebih dari t_{tabel} ($587,48 > 2,79$).



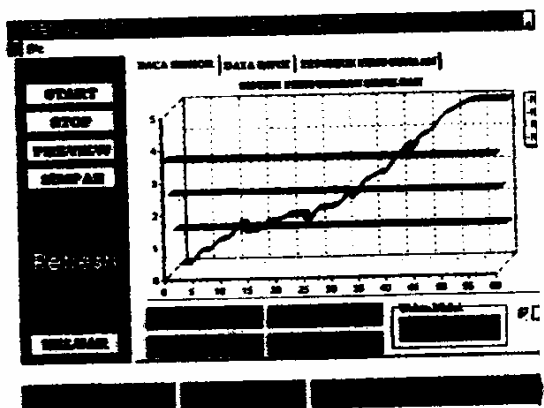
Gambar 7. Grafik Perbandingan Respon ADC (Volt) dengan Program komputer dan Avometer

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem pengukuran yang dibangun menggunakan program komputer adalah proporsional dengan metode manual yang pembacaannya menggunakan Avometer. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran sinyal analog secara simultan menggunakan program yang dibangun ini, sudah dapat mewakili pengukuran sistem yang "online".

3.6 Pengujian Perangkat Lunak

a.3.6.1 Tampilan Pengujian Pembacaan Data Grafik

Pada pengujian pembacaan data ADC, tampilan grafik akan terisi setelah tombol START ditekan dan unit ADC melakukan proses pengambilan data.

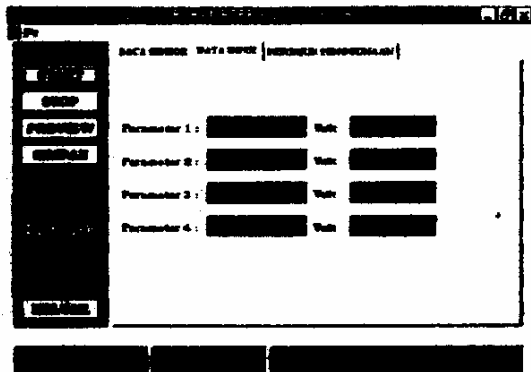


Gambar 8 di bawah ini menunjukkan tampilan menu utama pembacaan empat buah sinyal secara simultan.

Gambar 8. Tampilan Pengujian Grafik Pembacaan Sinyal secara Simultan

3.6.2 Tampilan Pengujian Pembacaan Data Input

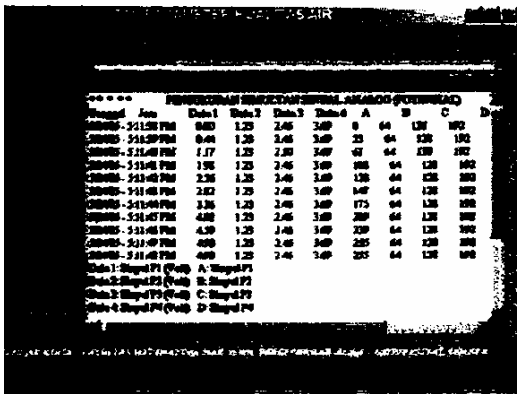
Pada pengujian dengan pembacaan data ADC, tampilan data input akan menyediakan nilai hasil pembacaan ADC dalam satuan Volt dan satuan parameter yang sesungguhnya dari sinyal-sinyal yang diukur. Tampilan program akan seperti dibawah ini.



Gambar 9. Tampilan Pengujian Grafik Pembacaan Sensor secara Simultan

3.6.3 Tampilan Pengujian Tabel Data Pengukur Simultan

Tampilan ini akan tampak ketika tombol **PREVIEW** ditekan, dan ditampilkan tanggal dan jam pada saat mulai dilakukan pengukuran (pada saat **START**). Keterangan Data 1, Data 2 dan seterusnya, pada bagian akhir form ini, akan ditampilkan setelah tombol **STOP** ditekan. Tampilan akan kembali pada menu utama setelah meng-klik bagian di luar form ini.

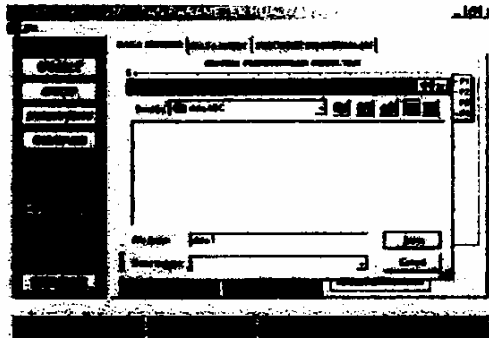


Gambar 10. Tampilan Pengujian Tabel Data Pengukur Simultan

3.6.4 Tampilan Pengujian Kotak Dialog Penyimpanan Data

Pada pengujian ini, tampilan kotak dialog Simpan data akan muncul apabila tombol **SIMPAN** di-klik atau klik **File** dan pilih sub menu **Simpan**. Tekan **Yes** untuk menyimpan data dalam

format text.. Tampilan menu ini tampak seperti gambar 11 di bawah:



Gambar 11. Tampilan Pengujian Kotak Dialog Penyimpanan Data

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pembuatan perangkat lunak pendukung pada pengukuran simultan ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengambilan data dari sinyal analog dilakukan secara simultan oleh empat buah potensiometer dengan memanfaatkan konverter ADC 0808, konektor 25 DB parallel port, text editor (Notepad) dan aplikasi Borland Delphi 5.0 untuk pengolahan, penyimpanan dan tampilan data.
2. Berdasarkan uji t, diperoleh bahwa nilai t hitung lebih besar dari t tabel. Hal ini menunjukkan bahwa ada kesesuaian dalam merespon sinyal analog, antara program yang dibangun dengan metode manual.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, sebaiknya perangkat lunak pendukung pada pengukuran simultan ini, didukung oleh pengkon-disian sinyal agar mendapatkan respon yang sebaik-baiknya untuk diaplikasikan pada pengukur simultan pH, temperatur, oksigen terlarut dan konduktivitas dalam air.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2002, "ADC0808/ADC0809 8-bit P Compatible A/D Converters with 8-Chanel Multiplexer",
Internet Resource (<http://www.national.com/pf/AD/ADC0809.html>)
- Anonim, 2002, *Panduan Pemrograman Borland Delphi 7.*, Penerbit MADCOMS, Yogyakarta
- Anonim, 2003, *Panduan Praktis Pemrograman Borland Delphi 7.0.*, Penerbit Andi, Yogyakarta
- Cerda, V., & Ramis, G., 1990, *an Introduction to Laboratory Automation*, John Willey & Son Inc, USA
- Ibrahim, K.F., 1996, *Teknik Digital*, Penerbit Andi, Yogyakarta
- Laplante, P., 1993, *Cara Mudah Merawat dan Memperbaiki Komputer*, Penerbit Gramedia, Jakarta
- Sudono, A., 2004, *Memfaatkan Port Printer Menggunakan Delphi: Teori dan Aplikasi*, Smart Books, Semarang
- Sutadi, Dwi, 2003, *I/O Bus & Motherboard*, Penerbit Andi, Yogyakarta