

PEMBUATAN PROGRAM AKUISISI DATA DAN PERHITUNGAN VARIASI SUHU UNTUK UJI KERJA TUNGKU

Achmad Hindasyah, Eko Y. P. dan Doddy S. E.

Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) - BATAN

Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang 15314

ABSTRAK

PEMBUATAN PROGRAM AKUISISI DATA DAN PERHITUNGAN VARIASI SUHU UNTUK UJI KERJA TUNGKU. Program ini merupakan program yang dibuat untuk pengendalian antarmuka antara komputer dengan alat uji tungku dan menentukan unjuk kerja tungku. Program ini dibuat dengan menggunakan sistem operasi *Windows*, bahasa *Borland Delphi 5* dan bahasa *Assembler Intel 8088*. Data suhu dari 10 sensor dibaca melalui kartu ADC 16 bit menggunakan bahasa *Assembler*, besaran elektriknya dikonversi ke besaran suhu dengan mengacu pada skala suhu internasional (ITS 90), kemudian nilai suhu ini disimpan pada *field* dan *record* basis data menggunakan bahasa *Delphi*. Data suhu pada basis data diolah dengan metoda sesuai standar AS-2853. Dari hasil pengujian terhadap tungku merek *Thermolyne* pada suhu *setting* 300 °C diperoleh faktor pengkelasan 1, maksimum variasi suhu yang diijinkan 4,0 °C, dan kelas tungku 8. Dengan program ini, informasi mengenai unjuk kerja tungku dapat diperoleh lebih cepat.

Kata kunci: *Borland, delphi, assembler intel 8088*

ABSTRACT

PROGRAM DEVELOPMENT OF DATA ACQUISITION AND VARIED TEMPERATURE CALCULATION FOR TESTING THE FURNACE PERFORMANCE. This program is a program used for controlling of interface between computer and furnace testing instrument, and determining the performance of furnace. The program was made under windows, using Borland Delphi 5 and Intel Assembler 8088 language. Temperature data taken from 10 sensors are read by computer trough 16 bit ADC card using assembler language. The electric signal obtained are converted to temperature based on International Temperature Scale (ITS 90), then the temperatures data are saved in the fields and records of data base by Delphi language. The temperatures data at the data base are processed using AS-2853 standard reference. From the examination of Thermolyne type furnace at temperature setting of 300 °C, the grading factor of 1, maximum permitted temperature variation of 4.0 °C, and the class furnace of 8 are obtained. With this program, the performance of the furnace could be found faster.

Keywords : *Borland, delphi, assembler intel 8088*

PENDAHULUAN

Kualitas penggunaan tungku (seperti *oven, furnace*) sebagai alat perlakuan panas dalam kegiatan litbang bahan sangat ditentukan oleh kualitas tungku. Sementara itu kualitas tungku dipengaruhi oleh beberapa parameter, seperti distribusi dan fluktuasi suhu di dalam tungku, selisih antara suhu terkecil dan terbesar di dalam tungku, selisih antara suhu di dalam tungku dengan suhu yang ditunjukkan oleh indikator pengontrol dan *shielding* energi panas[1]. Seluruh parameter tersebut dapat diperoleh melalui sertifikat pangujian yang dirangkum dalam informasi berupa parameter kelas pemanas.

Suatu tungku sebelum digunakan sebaiknya dikalibrasi terlebih dahulu untuk mengetahui secara pasti kemampuan pemanas dalam pemenuhan standar mutu yang telah disepakati secara internasional. Tungku yang tidak terkalibrasi tidak dapat diuji kemampuan telusurnya[1,10]. Hal ini menyulitkan jika akan dilakukan

uji banding hasil penelitian dengan negara lain yang peralatannya terstandarisasi. Selain itu daya saing hasil penelitian akan menurun karena tidak sanggup membuktikan bahwa hasil penelitian telah memenuhi standar internasional.

Makalah ini menguraikan tentang pembuatan program akuisisi data yang dapat melakukan akses ke perangkat keras, menyimpan data pengujian dalam tabel basis data, menghitung hasil pengujian dan menampilkan laporan hasil pengujian. Program ini terkait erat dengan sistem uji analog yang mendukung proses pengujian tungku secara *on-line* dengan komputer.

Saat ini pengolahan data uji tungku banyak dilakukan dengan menggunakan program-program aplikasi *spread sheet*. Hal ini memiliki kelemahan yaitu tidak *executable*, tidak dapat mengakses perangkat keras (*on-line measurement*), tidak aman, rumus-rumus

mudah terhapus, dan tidak menggunakan manajemen data terpadu sehingga menyulitkan dalam proses pencarian informasi data hasil uji. Untuk mengatasi kelemahan-kelemahan tersebut dan pemenuhan kebutuhan akan sistem uji tungku di P3IB, dibuat program basis data menggunakan bahasa *Borland Delphi 5* dan bahasa *Assembler Intel 8088*. *Delphi* digunakan sebagai *compiler* program basis data sedangkan *Assembler* digunakan untuk mengakses perangkat keras ADC dan pengaturan *multiplexer* analog [9]. Bahasa *Assembler* ini disisipkan pada bahasa *Delphi* sebagai program pembantu, sehingga keseluruhan program dapat di eksekusi pada *Delphi Compiler*[2,6].

Keuntungan yang diperoleh dengan program basis data ini adalah pengujian dilakukan dengan hampir *real time* (beda waktu pembacaan antara dua sensor bisa mencapai satu detik) dan kemudahan dalam proses pengujian tungku yang diawali dengan pengambilan data suhu secara berulang dan otomatis dari banyak sensor yang digunakan di dalam tungku, pencatatan data-data suhu, pengolahan data-data suhu hingga penyajian laporan hasil uji. Selain itu program ini dapat dieksekusi langsung tanpa harus melalui *source* program, pengujian tungku dapat dilakukan *on-line*, manajemen data dapat dilakukan lebih baik, dan keamanan data dapat dijaga. Diharapkan dengan adanya program ini, informasi mengenai karakteristik dan unjuk kerja tungku dapat diperoleh segera sehingga kegagalan dalam perlakuan panas terhadap bahan dapat diperkecil bahkan dihindari.

TEORI

Dalam penelitian seringkali digunakan tungku sebagai alat untuk mengetahui karakteristik bahan pada daerah suhu tertentu. Tungku yang tidak dikalibrasi akan sangat diragukan unjuk kerja dan kemampuan telusurnya.

Untuk mengkalibrasi tungku dibutuhkan sistem uji tungku dengan banyak sensor, tergantung pada volume pemanas, sedangkan jenis sensor yang digunakan tergantung pada media yang digunakan oleh tungku tersebut. Untuk media panas berupa udara dapat digunakan sensor termokopel. Jumlah sensor yang digunakan pada kalibrasi tungku dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$N = 3 + (3G^{0.6})V^{0.2} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana N adalah jumlah sensor, G adalah *grade* (kelas tungku) dan V adalah volume tungku dalam m³.

Setelah diketahui nilai N, kemudian sensor dipasang di dalam ruang tungku. Suhu setiap titik yang dipasang termokopel dibaca secara berurutan dari sensor ke satu sampai ke N dan diulang sampai paling sedikit tiga kali pembacaan untuk masing-masing sensor. Kemudian dihitung nilai rata-rata untuk masing-masing

sensor menggunakan persamaan berikut [5]:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_n}{n} \dots\dots\dots (2)$$

dimana X adalah nilai suhu rata-rata, X_n adalah nilai suhu pembacaan ke n dan n adalah jumlah pembacaan untuk masing-masing sensor.

Dari nilai rata-rata untuk masing-masing sensor, dicari nilai suhu maksimum (MAK) dan suhu minimum (MIN). Kedua nilai ini digunakan untuk menghitung nilai variasi suhu (OV) dan menghitung nilai suhu terukur di dalam tungku (MET). Untuk menghitung OV dan MET digunakan persamaan berikut:

$$OV = MAK - MIN \dots\dots\dots (3)$$

$$MET = (MAK + MIN)/2 \dots\dots\dots (4)$$

Selanjutnya dihitung nilai beda suhu (D) antara suhu terukur di dalam tungku (MET) dengan suhu ruangan (AMB) dengan persamaan berikut:

$$D = MET - AMB \dots\dots\dots (5)$$

Nilai D dan nilai OV digunakan untuk menghitung faktor pengkelasan tungku (F). Nilai F dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$F = \frac{100 \times OV}{100 + D} \dots\dots\dots (6)$$

Hasil dari perhitungan-perhitungan ini, kemudian dibandingkan dengan tabel pengkelasan dan variasi seperti pada Tabel 1 [1].

Tabel 1. Faktor pengkelasan dan variasi.

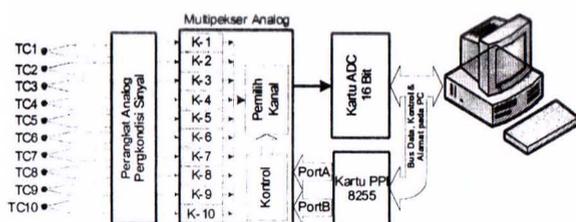
Kelas (G)	Maksimum Faktor Pengkelasan (F _m)	Maksimum Variasi Overall yang Dijinkan (OV _m)			
		D = 30	D = 100	D = 300	D = 1000
1	11,3	15	23	45	120
2	8,0	10	16	32	88
3	5,66	7,4	11	23	62
4	4,00	5,2	8,0	16	44
5	2,83	3,7	5,7	11	31
6	2,00	2,6	4,0	8,0	22
7	1,41	1,8	2,8	5,7	16
8	1,00	1,3	2,0	4,0	11
9	0,707	0,92	1,4	2,8	7,8
10	0,500	0,65	1,0	2,0	5,5
11	0,354	0,46	0,71	1,4	3,9
12	0,250	0,33	0,50	1,0	2,8
13	0,177	0,23	0,35	0,71	2,0
14	0,125	0,16	0,25	0,50	1,4

Dari tabel ini dapat ditentukan nilai maksimum faktor pengkelasan (F_m), nilai maksimum variasi suhu yang diijinkan (OV_m) dan kelas tungku (G). Semakin kecil nilai faktor pengkelasan maka akan semakin kecil pula variasi suhu di dalam tungku dan kelas tungku semakin tinggi. Tungku yang bocor atau tidak memiliki *shielding* panas yang baik akan memiliki nilai D yang relatif kecil

terhadap MET dan kelas yang rendah, disamping itu variasi suhu di dalam tungku pun besar. Variasi suhu ini bisa dijadikan sebagai acuan toleransi yang diperkenankan pada pemanasan bahan.

METODE PERCOBAAN

Program basis data ini dibuat dengan menggunakan bahasa *Borland Delphi 5* dan *Assembler Intel 8088* dengan sistem operasi *Windows Me*. Program ini dapat dieksekusi pada komputer pentium dua, atau komputer yang masih memiliki *slot ISA*. Untuk membaca data suhu diperlukan kartu ADC 16 bit, sedangkan untuk pengaturan pemilihan kanal analog digunakan kartu PPI 8255. Untuk menguji kemampuan program ini digunakan tungku merek *Thermolyne*, model F21130 yang menggunakan pengontrol model TZ4L. Diagram blok rangkaian akuisisi data sistem uji tungku dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok rangkaian akuisisi data sistem uji tungku

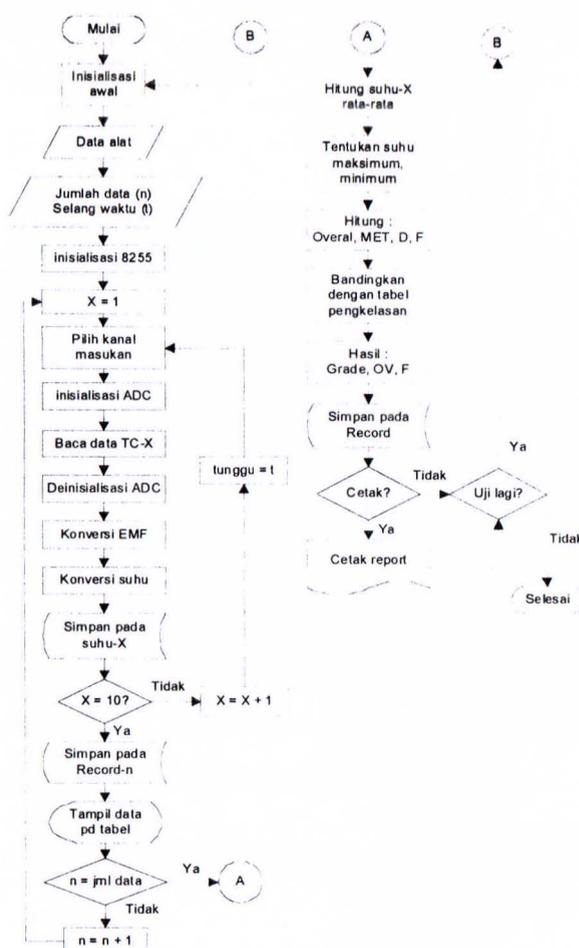
Sistem ini terdiri dari sepuluh termokopel, pengkondisi sinyal, multiplekser analog, kartu ADC 16 bit, kartu PPI 8255 dan komputer. Suhu yang dideteksi termokopel, berupa tegangan emf, dikompensasi dan dikuatkan 150 kali pada perangkat analog. Keluaran perangkat analog ini, masing-masing dikoneksikan pada kanal-kanal (K-1 sampai dengan K-10) multiplekser. Komputer membaca data suhu masing-masing termokopel dengan mengaktifkan kanal analog yang dipilih, dengan memberikan kode pada blok kontrol multiplekser. Pembacaan data suhu dilakukan komputer melalui kartu ADC 16 bit, sedangkan pemilihan kanal analog multiplekser dilakukan oleh kartu PPI 8255 melalui Port A dan Port B yang difungsikan sebagai port keluaran.

Tahapan awal dalam penyusunan program ini adalah membuat diagram alir untuk lingkup sistem yang akan ditangani. Selanjutnya membuat form menu program utama, membuat tabel-tabel basis data yang terdiri dari tabel IdentifikasiPemilik, tabel IdentifikasiAlat, tabel IdentifikasiAwal, tabel DataPengukuran, tabel RataSDV dan tabel DataPerhitungan, kemudian membuat instruksi-instruksi untuk mengakses perangkat keras kartu ADC dan kartu PPI 8255 menggunakan *assembler* dan terakhir mengisi setiap *event-event handler* yang diperlukan pada setiap komponen objek.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Program ini terdiri dari tiga bagian besar program yaitu program untuk mengakses perangkat keras, program untuk menghitung atau mengolah data, dan program basis data untuk mengatur data yang seluruh bagian program dikemas dalam satu program menu.

Diagram alir program ini dapat dilihat seperti pada Gambar 2. Setelah program dijalankan, inisialisasi awal dilakukan untuk memasukkan data pemilik alat yang disimpan dalam tabel IdentifikasiPemilik. Selanjutnya memasukkan data informasi alat yang disimpan dalam tabel IdentifikasiAlat dan menentukan jumlah data yang akan dibaca untuk masing-masing termokopel serta beda waktu pembacaan antara dua termokopel. Penamaan *record* untuk masing-masing tabel ini dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2. Diagram alir program sistem uji tungku

Untuk memilih kanal analog digunakan multiplekser analog yang dikendalikan oleh kartu PPI 8255. Port yang digunakan adalah Port A dan Port B yang diinisialisasi sebagai Port keluaran. Port A dan Port B, masing-masing memiliki alamat 380H dan 381H, diaktifkan sebagai keluaran dengan cara menginisialisasi register *Control Word* IC 8255 yang memiliki alamat 383H dengan data 80H. Instruksi program untuk

melakukan inialisasi IC 8255 adalah sebagai berikut :

```
MOV DX, 383H
MOV AL, 80H
OUT DX, AL
```

Alamat masing-masing kanal analog dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai alamat-alamat ini merupakan data yang dikeluarkan oleh *Port A* dan *Port B* pada multiplexer.

Tabel 2. Alamat kanal analog

	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7	K-8	K-9	K-10
<i>Port A</i>	C0H	D0H	E0H	F0H	40H	44H	48H	4CH	80H	81H
<i>Port B</i>	00H	00H	00H	00H	01H	01H	01H	01H	01H	01H

Instruksi program untuk melakukan pemilihan kanal analog adalah sebagai berikut :

```
MOV DX, PORTA
MOV AL, ALMT1
OUT DX, AL
MOV DX, PORTB
MOV AL, ALMT2
OUT DX, AL
```

Dimana ALMT1 dan ALMT2 merupakan alamat kanal analog yang bersesuaian dengan alamat pada Tabel 1. Iterasi pemilihan kanal dan pembacaan data suhu dilakukan pada *Delphi*. Sedangkan untuk program *assembler* hanya sebagai sub rutin[2].

Suhu yang terbaca oleh termokopel dikonversi menjadi tegangan emf. Tegangan ini dikuatkan 150 kali, kemudian dikonversi menjadi data digital menggunakan kartu ADC 16 bit yang memiliki alamat 300H untuk *start* konversi dan 304H untuk pengambilan data. ADC yang digunakan adalah AD976A yang memiliki waktu konversi dari sinyal analog ke sinyal digital sekitar 5 mikro detik dengan ketelitian 152 µV untuk tegangan masukan +10 V [3,7]. Instruksi program untuk melakukan konversi sinyal analog ke sinyal digital adalah sebagai berikut :

```
MOV DX, 300H
MOV AX, F2H {kontrol word untuk konversi}
OUT DX, AX
```

Sedangkan untuk pengambilan data, instruksi program yang diberikan adalah :

```
MOV DX, 304H
IN AX, DX
MOV Data_in, AX {pindahkan data dari register AX ke fungsi Data_in}
```

Data tegangan yang disimpan dalam variabel *Data_in* dihitung menggunakan persamaan (7) untuk mendapatkan tegangan emf (V_{emf}).

$$V_{emf} = \frac{Data (digit)}{2^{16}} \times \frac{V_{ref}}{150} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana Data(digit) adalah data digital hasil konversi yang bersesuaian dengan tegangan analog, V_{ref} adalah tegangan referensi internal ADC sebesar 10 Volt, nilai 150 adalah faktor penguatan tegangan emf termokopel dan nilai 2^{16} adalah pembagi untuk ADC 16 bit. V_{emf} kemudian dikonversi ke besaran suhu, dalam °C, menggunakan persamaan (8).

$$Suhu = C_0 + C_1 V_{emf} + C_2 V_{emf}^2 + C_3 V_{emf}^3 + C_4 V_{emf}^4 + C_5 V_{emf}^5 + C_6 V_{emf}^6 + C_7 V_{emf}^7 + C_8 V_{emf}^8 + C_9 V_{emf}^9 \dots(8)$$

Dimana C_0 sampai dengan C_9 merupakan konstanta yang telah ditentukan pada tabel termokopel tipe K[4]. Pembacaan suhu dilakukan mulai dari termokopel pertama sampai dengan kesepuluh. Masing-masing termokopel dibaca n kali sesuai dengan inialisasi awal pada program.

Data suhu, hasil perhitungan dari persamaan (8), disimpan dalam tabel DataPengukuran yang terdiri dari satu *field* kunci dan sepuluh *field* data. Data suhu pada masing-masing *field* dihitung nilai rata-rata menggunakan persamaan (2) dan hasilnya disimpan pada tabel RataSDV yang terdiri dari satu *field* kunci dan sepuluh *field* data.

Selanjutnya, nilai-nilai pada *field record* tabel RataSDV diperbandingkan untuk memperoleh nilai suhu maksimum (MAK) dan suhu minimum (MIN). Kedua nilai ini digunakan untuk menghitung variasi suhu (OV) menggunakan persamaan (3) dan menghitung nilai suhu terukur di dalam tungku (MET) menggunakan persamaan (4). Kemudian dihitung nilai beda suhu (D) antara suhu terukur di dalam tungku (MET) dengan suhu ruangan (AMB) menggunakan persamaan (5). Nilai D dan nilai OV digunakan untuk menghitung nilai faktor pengkelasan tungku (F) menggunakan persamaan (6). Hasil dari perhitungan-perhitungan ini, kemudian dibandingkan dengan tabel faktor pengkelasan dan variasi yang terdapat dalam Tabel 1 untuk mendapatkan nilai maksimum faktor pengkelasan (F_m), nilai maksimum variasi suhu yang diijinkan (OV_m) dan kelas tungku (G). Data-data seperti MAK, MIN, OV, MET, D, F, F_m , OV_m dan G disimpan dalam tabel DataPerhitungan.

Tabel-tabel DataPengukuran, RataSDV dan DataPerhitungan terhubung ke tabel IdentifikasiAlat melalui *field* kunci KodeUji, hubungan ini disebut sebagai hubungan satu-ke-banyak. Sedangkan tabel IdentifikasiAlat terhubung ke tabel IdentifikasiPemilik melalui *field* kunci NamaPemilik, hubungan ini disebut sebagai hubungan satu-ke-satu[8]. Definisi *record* untuk masing-masing tabel yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

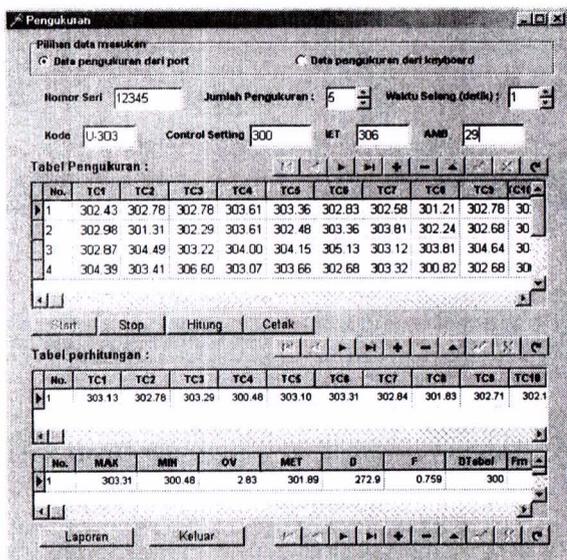
Masing-masing tabel, di dalam *Delphi*, dapat diakses menggunakan komponen tidak visual yaitu komponen *Table*. Pada komponen *Table* didefinisikan nama basis data dan nama tabel yang akan diakses. Untuk dapat menghubungkan tabel dengan komponen visual digunakan komponen *DataSource*. Komponen

Tabel 3. Daftar tabel-tabel dan definisi record yang digunakan dalam program basis data.

IdentifikasiPemilik:	IdentifikasiAlat	IdentifikasiAwal
- NamaPemilik - Alamat - Telpn - Faximile - Penghubung	- KodeUji - NamaPemilik - NamaAlat - TipeModel - NoSeri - Pembuat	- KodeUji - AMB - CIS - IET
DataPengukuran	RataSDV	DataPerhitungan
- KodeUji - Termokopel1 - Termokopel2 - Termokopel3 - Termokopel4 - Termokopel5 - Termokopel6 - Termokopel7 - Termokopel8 - Termokopel9 - Termokopel10	KodeUji - Term1 - Term2 - Term3 - Term4 - Term5 - Term6 - Term7 - Term8 - Term9 - Term10	- KodeUji - MAK - MIN - OV - MET - D - F - F _m - OV _m - G

Data Source dan Table terhubung melalui Data Set.

Tampilan program berupa Form Pengukuran seperti pada Gambar 3. Program ini memiliki pilihan untuk proses memasukkan data pengujian, bisa melalui Port jika terkoneksi langsung dengan sistem uji analog atau melalui keyboard jika hanya digunakan sebagai pengolahan data saja.



Gambar 3. Form pengukuran dan perhitungan

Pada pengujian ini digunakan pilihan pertama yaitu data pengukuran melalui Port. Parameter lain yang harus dimasukkan adalah jumlah pengukuran, selang waktu pembacaan antara dua termokopel, pengesetan pengontrol pada suhu tertentu (kontrol setting), penunjukkan suhu oleh pengontrol tungku (IET) dan suhu ruang (AMB). Sedangkan Nomor seri dan Kode sudah dimasukkan terdahulu pada Form Identifikasi Alat. Setelah selesai, klik buton Start untuk memulai pengukuran. Komputer secara otomatis membaca

sepuluh termokopel secara bergantian dan masing-masing dibaca lima kali sesuai dengan jumlah pengukuran. Proses pembacaan suhu dari seluruh termokopel sesuai dengan diagram alir pada Gambar 1. Jika pengukuran sudah selesai, klik buton Hitung, hasil perhitungan akan ditampilkan pada tabel perhitungan.

Dari hasil pengujian pada tungku merek Thermolyne, model F21130 yang menggunakan pengontrol model TZ4L, dengan suhu setting tungku 300 °C diperoleh data pengukuran suhu seperti yang diperlihatkan Tabel Pengukuran pada Gambar 2. Sedangkan Tabel Perhitungan pada Gambar 2 memperlihatkan hasil perhitungan rata-rata dari pengukuran dan perhitungan parameter-parameter pengkelasan. Hasil-hasil ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter-parameter pengkelasan hasil perhitungan dan perbandingan dengan tabel faktor pengkelasan dan variasi.

Hasil perhitungan		Hasil perbandingan dengan tabel pengkelasan	
MAK	303,13	F _m	1,00
MIN	300,48	D	300
OV	2,83	OV _m	4,0
MET	301,89	G	8
D	272,9		
F	0,759		

Pada kolom hasil perhitungan, nilai-nilai OV, D dan F dibandingkan dengan tabel pengkelasan pada Tabel 1 dan hasilnya diperoleh seperti pada kolom berikutnya pada Tabel 4. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa untuk pengujian tungku merek Thermolyne, model F21130 yang menggunakan pengontrol model TZ4L, pada suhu setting tungku 300 °C, diperoleh maksimum faktor pengkelasan adalah 1,00, maksimum variasi suhu di dalam tungku adalah 4,0 °C sehingga suhu di dalam tungku dapat dituliskan 301,89 ± 4,0 °C dan kelas tungku adalah kelas 8. Data-data ini (F_m, OV_m dan G) dapat digunakan sebagai pertimbangan apakah variasi suhu di dalam tungku masih memadai untuk digunakan sebagai alat perlakuan panas terhadap bahan atau tidak. Dengan adanya informasi mengenai unjuk kerja tungku seperti ini, kegagalan dalam perlakuan terhadap bahan dapat diperkecil bahkan dihindari, sehingga dapat menghemat dalam hal pembelian bahan untuk penelitian yang menggunakan tungku sebagai alat perlakuan bahan.

KESIMPULAN

Sebuah program basis data untuk pengendalian perangkat antarmuka dan pengolahan data uji tungku menggunakan basis data berbasis windows telah dapat dibuat. Program basis data ini dapat dieksekusi langsung tanpa melalui program sumber dan memiliki kemampuan untuk melakukan pengendalian terhadap perangkat antarmuka yang menghubungkan komputer

dengan alat uji tungku analog (pengukuran *on line*). Selain itu, program ini juga dapat mengolah data pengujian dan dapat melakukan manajemen data dengan baik karena memanfaatkan teknologi basis data. Dengan adanya program ini, informasi mengenai karakteristik dan unjuk kerja tungku dapat diperoleh dengan cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. AS 2853-1986, *Enclosure Temperature Controlled Performance Testing And Grading*,
- [2]. MARCO CANTU, *Mastering Delphi 5*, Sybex Inc, (1999)
- [3]. ANALOG DEVICES, *16 bit, 100 kSPS/200 kSPS BiCMOS A/D Converter*, Analog Devices, Inc. (1999)
- [4]. ASTM E 220-1996, *Standard Specification And Temperature Electromotive Force (EMF) For Standardized Thermocouples*, ASTM, (1999)
- [5]. ISO/TAG 4-1993, *Guide to The Expression of Uncertainty in Measurement*, ISO/TAG, (1993)
- [6]. DAVID M. AUSLANDER, PAUL SAGUES, *Microprocessor for Measurement and Control*, Osborne/McGraw-Hill, (1988)
- [7]. R.E. VEARS, *Microprocessor Interfacing*, Butterworth – Heinemann Ltd, (1992)
- [8]. ABDUL KADIR, *Konsep dan Tuntunan Praktis Basis Data*, Andi Offset, (1999)
- [9]. ACHMAD HINDASYAH, BAMBANG H.P., AGUNG W.K., EKO Y.P., dan RILAZ ANWAR, *Pengembangan Sistem Pengontrol Suhu Menggunakan Komputer Personal*, *Prosiding Pertemuan Ilmiah Iptek Bahan '02*, (2002)
- [10]. ISO/IEC 17025-1999, *General Requirement for The Competence of Testing and Calibration Laboratories*, ISO/IEC, (1999)