

**PERANCANGAN SISTEM INSTRUMEN PENGUKUR
SUHU TINGGI NON KONTAK**

M. Yusup Nur Khakim, M.Si
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pada pengukuran suhu tinggi sulit dilakukan secara kontak langsung dengan obyek yang diukur, karena sensor yang digunakan harus memiliki titik leleh yang tinggi. Pada penelitian ini dirancang alat yang mampu mengukur suhu tinggi dengan menggunakan sinar laser He-Ne yang dikontrol dengan komputer. Defleksi sinar laser He-Ne dideteksi dengan menggunakan fotodetektor yang digerakkan dengan motor stepper dan dikontrol dengan komputer. Komputer ini juga berfungsi sebagai stasiun pengumpulan data yang berasal dari termokopel NiCr-Ni. Dari data pergeseran detektor dan suhu objek selanjutnya dibuat interpolasi polynomial orde dua. Berdasarkan hasil interpolasi dari data, maka dimungkinkan alat tersebut mengukur suhu 4977,46^oC.

ABSTRACT

A high temperature is hard to be directly measured in physical contact with an object because a sensor used has to have a high melting point. Therefore, this research designs an instrument that can be used to measure the high temperature using controlled by a computer. A deflection of the He-Ne laser was detected by using a photo-detector moved by a stepping-motor and controlled by the computer. The computer was also used to be a station for collecting the temperature data from NiCr-Ni thermocouple. The displacements of the photo-detector and the temperatures of the object were interpolated with second-order polynomials. Based on the interpolation the designed instrument can be used to measure temperature up to 4977.46^oC.

PENDAHULUAN

PC (Persona Computer) adalah salah satu perluasan dari penggunaan mikroprosesor, dengan bantuan program dapat melakukan berbagai macam fungsi sesuai dengan kehadak pemakai. Salah satunya sebagai alat bantu pengukuran sekaligus pengontrolan (Widyatmo, A. dkk, 1994).

Suhu merupakan besaran fisis yang penting dalam kehidupan sehari-hari. Dalam proses industri, suhu sering harus dipantau setiap saat dan dianalisis besarnya untuk mengoptimalkan prosesnya. Oleh karena itu sangat diperlukan instrumen untuk mengukur suhu yang handal.

Alat ukur atau instrumen dalam industri seringkali tidak hanya digunakan sebagai alat pemberi informasi tetapi juga alat analitis dan alat kendali. Kualitas produksi industri sangat dipengaruhi oleh kualitas alat ukur yang digunakan. Penambahan sistem mikroprosesor pada system pengukuran dapat meningkatkan fungsi alat ukur, yang mana alat ukur bisa berlaku sebagai analisator ataupun alat kendali, tergantung dari program yang diberikan.

Penggunaan laser sangat luas dan mencakup berbagai disiplin ilmiah, seperti Fisika, Kimia, Biologi, kedokteran dan sebagainya. Pada Penelitian ini dikenalkan penggunaan laser yang ada di laboratorium yaitu laser He-Ne dalam pengukuran suhu non kontak yang dikontrol dengan komputer.

METODE PENELITIAN

A. Perancangan Alat

Perancangan alat meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak

A1. Perancangan perangkat keras

Rangkaian antar muka. Dalam system ini digunakan PPI 8255. Rangkaian antar muka berfungsi sebagai penghubung antara komputer dengan peralatan yang diotomatisasi sehingga komputer dapat berkomunikasi dengan transducer. Pada PPI 8255 terdapat jalur address decoder dari rangkaian antar muka yang berhubungan dengan komputer.

Address decoder digunakan untuk memilih alamat tertentu pada komputer, dimana alamat tersebut tidak dipergunakan dalam proses internal. Sehingga komputer dapat berhubungan dengan peralatan yang masing-masing menempati alamat tertentu. Pemilihan alamat ini harus disesuaikan

dengan alamat peralatan input output yang lain, dimana alamat tersebut masing-masing harus berbeda. Pada IBM-PCC memiliki 20 bit alamat akan tetapi hanya 10 bit alamat yang digunakan untuk berhubungan dengan unit I/O port.

Pada perancangan ini digunakan alamat 300H-303H, dimana alamat tersebut disediakan untuk prototype card. Penunjukkan address decoder diatur oleh dua

buah IC 7485 yang berupa decoder BCD 4 bit. Sedangkan untuk menjaga validitas data digunakan IC 74245 dan IC 74244.

Dalam PPI 8255 terdapat 3 buah port yaitu port A, port B dan port C, masing-masing terdiri dari 8 bit, dimana ketiga port tersebut dapat diprogram sebagai input, output dan input output. Dalam perancangan ini port-port tersebut diprogram:

Tabel 3.1 Penggunaan Port PPI 8255

Nama Port		Fungsi	
Port A	PA0-PA7	Input	Data dari keluaran ADCC
Port B	PB0-PB2	Output	Pemilihan alamat input analog ADC
	PB3	Output	Signal ALE dari ADC
	PB4	Output	Signal SC dari ADC
	PB5-PB7	Output	Tidak digunakan
Port C	PC0	Input	Signal EOC dari ADC
	PC1	Input	Signal fotodetektor
	PC2-PC3	Input	Tidak digunakan
	PC4-PC7	Output	Signal penggerak driver

Rangkaian Konverter Analog ke Digital.

Dalam rangkaian ini digunakan ADC 0808 sebagai komponen utamanya. Tegangan catu yang digunakan adalah sebesar 5 volt, tegangan ini juga digunakan sebagai tegangan referensi. Adapun tegangan referensi negatif yang digunakan adalah sebesar nol volt. Karena ADC ini menggunakan 8 bit dengan range tegangan acuan 5 volt, maka perubahan

tegangan masukan yang dapat dideteksi sebesar 19,6 volt. Beroperasinya ADC dibangkitkan dengan clock, dimana dirancang dengan frekuensi:

$$f = \frac{1}{1,7RC}$$

dengan nilai R dan C masing-masing 1kΩ dan 0,001μF (Gayakwad,R dan Sokoloff,L,1988). Perangkat keras clock ini

dibentuk dari frekuensi R dan C yang dikendalikan oleh pemicu Schmit dari IC7414.

Rangkaian Penyesuai Masukan.

Rangkaian ini berupa rangkaian penguat dari tegangan yang dihasilkan oleh termokopel NiCr-Ni. Tegangan keluaran dari termokopel ini hanya berorde millivolt, sehingga masih perlu dikuatkan sebelum masuk ke ADC. Rangkaian ini terdiri atas 4 buah resistor dan sebuah IC LM 324 yang terdiri atas 4 buah op-amp dan factor penguatnya sebesar

$$A = 1 + R2/R1$$

Sehingga tegangan keluarannya:

$$V_{out} = AV_{in}$$

Dengan V_{in} adalah tegangan masukan, nilai $R1$ adalah $1k\Omega$ dan $R2$ sebuah resistor variable yang nilainya $10k\Omega$. Jadi faktor penguatan yang didapatkan $5/1,2$ kali.

Rangkaian Driver Motor Stepper.

Rangkaian ini berfungsi sebagai penggerak motor stepper. Rangkaian ini menggunakan transistor darlington BD 677 sebagai komponen utamanya. Pengaktifannya sesuai dengan sinyal yang diberikan oleh komputer melalui PPI 8255. Dalam rangkaian ini diperlukan 4 buah rangkaian saklar

elektronik yang identik. Untuk menggerakkan motor stepper diperlukan arus sebesar 1,4 A dan tegangan 6,5 V pada setiap kumparan fasenya.

Rangkaian fotodetektor.

Rangkaian ini berfungsi untuk mendeteksi sinar laser. Rangkaian ini menggunakan fototransistor sebagai transdusernya. Rangkaian ini dirancang agar rangkaian antar muka dapat menerima data dari detector dengan baik. Tegangan yang dihasilkan detector dirancang sebesar 2,4 V bila detector menangkap sinar laser.

A2. Perancangan perangkat lunak

Operasional suatu system yang menggunakan komputer, penggunaan perangkat lunak sangat diperlukan sebagai pengatur perangkat keras sehingga system kerjanya sesuai dengan yang diinginkan (Busono,1991). Perangkat lunak tersebut mempunyai fungsi:

- mengatur kerja perangkat keras yang dirancang yaitu meliputi pengaturan mode operasi PPI 8255, kerja dari system operasi ADC, kerja motor stepper, sinyal masukan ke fotodetektor dan lalu lintas data.

➤ Mengatur data hasil konversi dari ADC, menampilkan dan mendokumentasikan data hasil pengukuran.

Perintah-perintah yang digunakan dalam bahasa pascal untuk melakukan pengontrolan adalah :

1. Perintah pengiriman data
 - a. `port[$address]:=data.` {data ditulis dalam desimal}
 - b. `port[$address] := $data` {data ditulis dalam heksadesimal}
2. Perintah pembacaan data
`Data := port[$address]`
Artinya data dibaca dari port yang beralamat address dalam heksadesimal.

Inisialisai I/O card.

Perangkat lunak inisialisai port I/O ini adalah mengatur mode operasi PPI 8255 yang dilakukan pada awal program. Penentuan mode operasi ini dimaksudkan untuk mengirim control word yang sesuai dengan mode yang dikehendaki. Penentuan control word dapat dilakukan sebagai berikut:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	0	1	0	0	0	1

Biner = 91 heksa

Keterangan:

- D0 = 1, port C0-C3 sebagai input
- D1 = 0, port B0-B7 sebagai output
- D2 = 0, port B0-B7 pada mode)
- D3 = 0, port C4-C7 sebagai output
- D4 = 1, port A sebagai input
- D5,D6 = 0, port A0-A7 pada mode 0
- D7 = 1, tanda pengatur awal register pengatur aktif

Dengan demikian maka untuk menginisialisasi PPI 8255 diberikan kontrol word 91H. Alamat register kontrol adalah 303 H sehingga alamat port A, B dan C masing-masing 300H, 301H dan 302 H.

Pengontrolan ADC.

Secara sistematis perangkat lunak pengontrol ADC disusun sebagai berikut:

1. memberikan alamat saluran input analog ADC yang akan diubah ke bentuk digital
2. memberikan sinyal pada pin ALE dari ADC untuk menahan alamat dengan memberikan logika 0 ke 1.
3. memberikan sinyal SC pada pin ADC untuk memulai proses konversi dengan logika 0-1-0
4. selanjutnya ADC akan melakukan proses pengubahan sinyal analog ke digital secara internal. Proses ini berlangsung selama 8 periode clock. Selama proses ini

perangkat lunak mendeteksi pin EOC, dimana bila ADC telah selesai dalam proses konversi maka ADC akan memberikan sinyal EOC yang berubah dari keadaan logika 0 ke logika 1.

5. setelah ADC mengirim sinyal EOC maka data digital hasil konversi dapat dibaca oleh komputer dengan memberikan logika 1 pada pin OE.

Pengendalian Motor Stepper.

Pengendalian ini digunakan untuk menggerakkan fotodetektor. Motor stepper dikendalikan dari port C upper (PC4-PC7). Mode operasi yang digunakan adalah half step, sehingga setiap stepnya adalah 0,9 derajat. Berarti untuk memutar 360 derajat diperlukan $360/0,9$ kali pulsa. Pola bit yang dinyatakan dalam bilangan desimal untuk suatu arah putaran seperti ditunjukkan pada table 3.2.

Tabel 3.2. Pola Bit Pengoperasian motor stepper

No step	PC 7	PC 6	PC 5	PC 4	Desima 1
1	0	0	1	1	48
2	0	0	0	1	16
3	1	0	0	1	144
4	1	0	0	0	128
5	1	1	0	0	192
6	0	1	0	0	64
7	0	1	1	0	96
8	0	0	1	0	32

Urutan perintah dimulai dari nomor bit 1 kemudian nomor step 3, 4, 5, 6, 7, 8, 1 dan seterusnya. Karena pola bit yang diberikan sebanyak 8 macam maka dibutuhkan 400/8 kali pengulangan program.

Pengujian Alat.

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengamati apakah rangkaian yang dibuat sesuai dengan perencanaan atau tidak. Langkah-langkah pengujian untuk rangkaian alat pengukur suhu adalah:

- memasang rangkaian antara muka pada slot ekspansi yang tersedia pada PC
- menghubungkan port-port antara muka sebagai berikut:
 - PA0-PA7 dihubungkan dengan jalur data dari ADC
 - PB0-PB4 dihubungkan dengan pin kontrol ADC
 - PC0dihubungkan dengan pin EOC dari AOC
 - PC1 dihubungkan dengan keluaran fotodetektor
 - PC4-PC7 dihubungkan dengan driver motor stepper
- Menghubungkan 2 buah termokopel NiCr-Ni ke masukan analog IN0 dan

- IN1 dari rangkaian ADC dan posisi ujung probenya pada ujung plat besi yang akan dipanaskan
- Menghubungkan rangkaian driver yang telah terpasang dengan rangkaian antar muka motor sepper
- Memberikan catu daya pada semua bagian rangkaian sesuai dengan keperluannya.
- Memanaskan plat besi
- Menjalankan proses pengukuran dengan perangkat lunak yang telah dibuat.

6	3.0	153	720.00
7	3.5	178	837.65
8	4.0	204	960.00
9	4.5	230	1082.35
10	5.0	255	1200.00

Tabel 3. Hasil pengujian fotodetektor

No	Keadaan	Tegangan keluaran (volt)
1	Gelap	0.0
2	Terkena sinar laser	2.4
3	Cahaya polikromatis	0.6

Tabel 4. Hasil pengujian alat

No	Suhu 1	Suhu 2	Suhu rata ²	Pergeseran detektor
	(°C)	(°C)	(°C)	(cm)
1	28.24	28.24	28.24	0.00
2	65.88	65.88	65.88	0.07
3	94.12	98.82	96.47	0.13
4	136.47	136.47	136.47	0.20
5	207.06	207.06	207.16	0.28
6	258.82	268.24	263.53	0.34
7	324.71	334.12	329.42	0.40
8	385.88	390.59	388.23	0.45
9	451.76	456.47	454.12	0.49
10	522.35	531.76	527.05	0.55
11	583.53	592.94	588.23	0.59
12	644.71	649.41	647.06	0.64
13	715.29	720.00	717.65	0.69
14	800.00	809.41	804.71	0.75
15	889.41	898.82	894.11	0.79

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Tabel 1 Hasil pengujian rangkaian masukan

No	Tegangan masukan (volt)	Tegangan keluaran (volt)
1	0.0	0.0
2	0.2	0.8
3	0.4	1.7
4	0.6	2.5
5	0.8	3.3
6	1.0	4.2
7	1.2	5.0

Tabel 2. Hasil pengujian rangkain ADC

No	Tegangan masukan (volt)	Hasil konversi	
		desima	[suhu(°C)]
1	0.0	0	0.00
2	1.0	51	240.00
3	1.5	76	357.65
4	2.0	102	480.00
5	2.5	128	602.24

B. Pembahasan

Pengujian-pengujian yang telah dilakukan pada dasarnya bermaksud untuk mengetahui dan mengamati apakah rangkaian

yang dirancang dapat digunakan sesuai dengan fungsinya atau tidak.

Pengujian rangkaian antara muka yang dilakukan dengan 8 deret LDR dan 8 deret saklar pada dasarnya untuk mengetahui apakah rangkaian tersebut dapat digunakan sebagai alat penghubung fisis dengan komputer. LDR merupakan bagian pembaca sinyal biner dari input yang diberikan oleh saklar (pemberi sinyal). Setelah program operasi kontrol dijalankan maka apabila saklar diubah-ubah, tampilan di monitor dan LDR akan berubah mengikutinya. Proses ini bukan berarti antara LDR dengan saklar berhubungan langsung, melainkan harus melalui kontrol dari komputer.

Untuk menggerakkan fotodetektor sebagai detector sinar laser digunakan rangkaian motor stepper. Rangkaian motor stepper ini berupa rangkaian driver dan motor stepper. Rangkaian stepper ini berupa rangkaian penerapan dari fungsi transistor sebagai saklar. Sehingga rangkaian driver ini sering disebut rangkaian saklar elektronik.

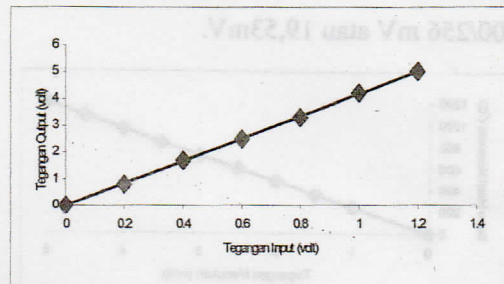
Mode operasi yang digunakan untuk menggerakkan motor stepper tersebut adalah half step. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan gerakan yang sekecil mungkin. Sudut yang terbentuk untuk setiap stepnya

adalah $0,9^{\circ}\text{C}$. dan diameternya 1,8 cm. Sehingga rangkaian ini mampu menggerakkan detector sebesar 0,014 cm untuk tiap stepnya. Motor ini mampu menggerakkan naik atau turun sesuai program yang dikehendaki. Rangkaian ini mampu menggerakkan detektor maksimum 2.2 cm. Menurut table 2 pola pengoperasian motor stepper, bahwa bila urutan perintahnya menurut 1.2.3.4.5.6.7.8.1 dan seterusnya motor stepper akan menggerakkan detector naik dan bila urutannya dibalik maka akan turun gerakannya.

Detektor sinar laser menggunakan fototransistor sebagai komponen utamanya. Apabila sinar laser menggunakan detector ini maka motor stepper akan berhenti, kemudian komputer mengambil data pergeseran detector dan suhu yang terukur melalui rangkaian ADC. Detektor ini apabila terkena sinar laser akan mempunyai tegangan keluaran 2,4 volt. Hal ini dirancang agar sinar tersebut dapat diolah oleh system antarmuka. Apabila detector ini tidak menangkap adanya sinar laser maka motor stepper akan terus menggerakkan detector. Hal ini karena tegangan keluaran dari rangkaian detector yang terhubung ke port C1 akan mempunyai 0,8 volt. Tegangan ini untuk

tegangan kondisi low. Pada kondisi tersebut sesuai perangkat lunaknya bukan kondisi interupsi dalam proses pengoperasiannya. Sebelum tercapai kondisi high yaitu apabila tegangan keluaran dari detector 2,4 volt, motor akan selalu bergerak.

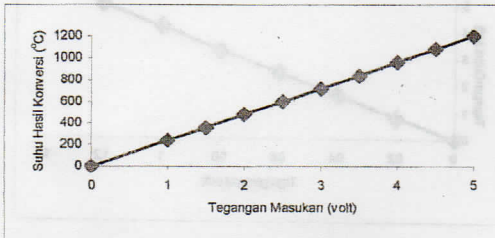
Untuk monitoring suhu dibutuhkan rangkaian ADC. Sebagai rangkaian utamanya selain antar muka dan penguat. Hal ini karena besaran fisisnya (suhu) dalam bentuk sinyal analog. Sedangkan komputer digital bekerja dalam bentuk sinyal digital sehingga sinyal analog ini terlebih dahulu diubah kedalam digital. Transduser suhu yang dipergunakan adalah termokopel NiCr-Ni. Tegangan keluaran dari termokopel tersebut dalam orde milivolt, sehingga masih perlu dikuatkan sebelum masuk ke rangkaian konverter analog ke digital. Penguat yang digunakan adalah IC LM 324. IC yang bersifat linier tegangan keluaran terhadap tegangan masukannya seperti yang ditunjukkan pada gambar 1:



Gambar 1. Grafik hubungan antara tegangan masukan dan tegangan keluaran dari rangkaian penyesuai masukan

Setelah tegangan keluaran dari temokopel dikuatkan maka tegangan analog tersebut dikonversikan kedalam kata digital. Kata digital ini kemudian dibaca oleh komputer yang kemudian dikonversikan lagi ke satuan suhu yaitu derajat Celsius melalui perangkat lunaknya. Karena ADC yang digunakan adalah 8 bit dan suhu maksimum yang terukur adalah 1200°C maka besarnya langkah perubahan satu tingkat tegangan dari ADC 0808 adalah 4,7°C. ADC 0808 bersifat rasiometrik artinya linier antara masukan acuan dan keluaran. Masukan 5 volt akan menghasilkan keluaran 255 (angka desimal) masukan 0 volt menghasilkan keluaran nol seperti yang ditunjukkan pada table 2. dan dapat digambarkan secara grafik seperti gambar 2. Ini mengikuti V_{ref} yang digunakan yaitu +5 vlt. Dengan demikian satu

angka (LSB) setara dengan masukan 5000/256 mV atau 19,53mV.

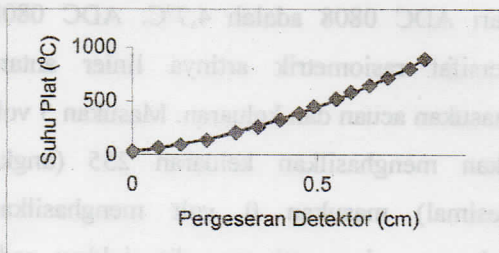


Gambar 2. Grafik pengujian rangkaian ADC

Untuk mencari persamaan yang menunjukkan hubungan antara suhu target dan pergeseran detector dilakukan dengan interpolasi polynomial. Berdasarkan interpolasi tersebut didapatkan hubungannya adalah :

$$T_{target} = 820,51\delta^2 + 446,23\delta + 24,485$$

Dengan δ adalah besarnya pergeseran detector. Berdasarkan dari kemampuan alat yang dirancang, dimana pergeseran maksimum detector adalah 2,2 cm sehingga alat tersebut dimungkinkan dapat mengukur suhu sampai 4977,46°C.



Gambar 3, Hasil interpolasi data pengamatan

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan :

Dapat dirancang gerak motor stepper untuk menggerakkan detector tiap stepnya 0,014 cm

Dapat dirancang rangkaian ADC untuk mengkonversikan suhu dengan resolusi 4,7°C

Berdasarkan interpolasi polynomial orde 2 maka alat yang dirancang dimungkinkan dapat digunakan untuk mengukur suhu sampai 4977,46°C

DAFTAR PUSTAKA

- Busono, 1991, Komputer dan Turbo Pascal, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta
- Gayakwad,R. dan Sokoloff,L., 1988, Analog and Digital Control System, Prentice Hall Interbational Inc.,New Jersey..
- Widyatmo, A. dkk, 1994, Belajar Mikroprosesor-Mikrokontroler Melalui PC, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.