

OTOMATISASI PROSES SPUTTERING BERBASIS MIKROKONTROLER AT89C51

Muchlas¹⁾, Tole Sutikno²⁾, Bmbang Hermawan³⁾

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan,
Kampus III UAD Jl. Prof. Dr. Soepomo, Janturan, Umbulharjo, Yogyakarta
Telp 0274-379418, 381523, Fax 0274- 381523

email: muchlas@lycos.com, tholes2000@yahoo.com, Bam6an9_Herma1@yahoo.com

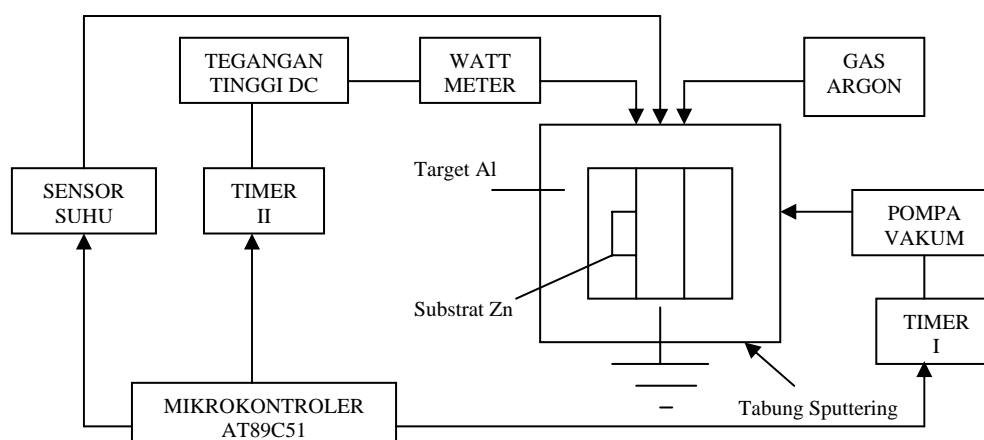
Abstrak

Saat ini proses sputtering di laboratorium Akselerator P3TM-BATAN Yogyakarta dilakukan secara manual oleh seorang operator. Proses sputtering merupakan pendeposisian lapisan tipis antara 2 senyawa. Pengendalian secara manual tersebut memiliki kelemahan-kelemahan fundamental, seperti ketelitian timer yang rendah dan pengoperasian yang tidak praktis serta mengandung resiko yang tinggi terhadap proses sputtering. Perlu dirancang suatu sistem kendali otomatis pada proses sputtering berbasis mikrokontroler AT89C51 yang dapat memperbaiki kelemahan-kelemahan tersebut. Hasil sampel proses sputtering berupa Aluminium-Seng dengan pengujian pada XRF diperoleh kesamaan ketebalan lapisan tipis sebesar 80 netto dengan toleransi 2 %. Sistem kendali manual yang ada dapat digantikan dengan sistem otomatis berbasis mikrokontroler AT89C51 dengan sensor suhu dan timer digital. Ketelitian hasil sistem timer 10 menit sebesar 99,9819 %, timer 15 menit sebesar 99,9909 %, timer 20 menit sebesar 99,9884 %, timer 25 menit sebesar 99,9936 %, dan timer 30 menit sebesar 99,9966 %.

Kata kunci : sputtering, timer, mikrokontroler, sensor suhu

1. PENDAHULUAN

Pewaktu sangat dibutuhkan dalam pengendalian proses sputtering yang digunakan untuk mendapatkan hasil sputtering yang seragam. Dalam keadaan sekarang ini, sistem pengoperasian yang digunakan pada proses sputtering masih menggunakan cara manual, yaitu dengan mengikutsertakan seorang operator. Pengendalian secara manual selain memiliki kelemahan fundamental, seperti ketelitiannya rendah dan pengoperasian yang tidak praktis juga mengandung resiko yang tinggi. Dikarenakan manusia memiliki sifat kelelahan fisik dan psikis maka pengendalian secara manual dapat menyebabkan *human error* yang tinggi. Atas dasar kenyataan tersebut perlu dilakukan usaha-usaha pengendalian proses sputtering secara otomatis.



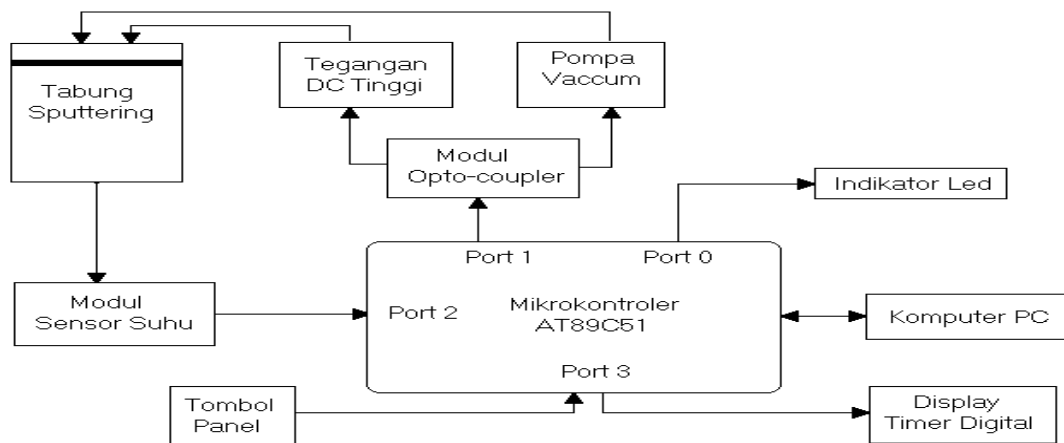
Gambar 1. Struktur Dasar Proses Sputtering Berbasis Mikrokontroler AT89C51

Sistem pengendalian otomatis sangat dibutuhkan pada proses *sputtering* agar diperoleh hasil proses yang seragam. Dalam hal ini, pengendalian proses tersebut akan diaplikasikan dengan pewaktu di P3TM-BATAN Yogyakarta bidang Akselerator untuk penggunaan proses *sputtering* (pendeposisian lapisan tipis) atau proses perpaduan dua bahan di tabung *sputtering*.

Pada penelitian ini dirancang perbaikan sistem pengendalian pada proses *sputtering* berbasis mikrokontroler AT89C51 menggunakan *timer* digital dan sensor suhu. Struktur dasar dari sebuah sistem otomatisasi proses *sputtering* ditunjukkan pada Gambar 1. Pada paper ini akan membahas perancangan dan pengaplikasian otomatisasi proses *sputtering* berbasis mikrokontroler AT89C51.

2. PERANCANGAN ALAT

Perangkat keras yang digunakan terdiri dari PC (*personal computer*), modul *downloader programmer* TeUAD, modul opto-coupler, modul transduser suhu, *display timer* digital, tombol panel, indikator LED. Diagram blok rancangan perangkat keras otomatisasi proses *sputtering* ditunjukkan pada Gambar 2.



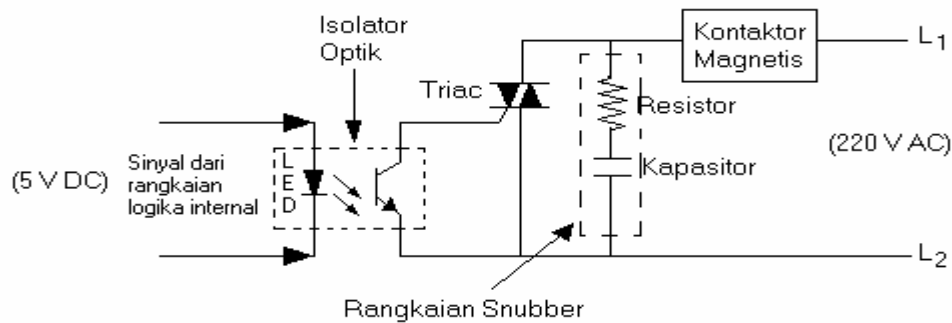
Gambar 2. Diagram Kotak Rancangan Sistem Otomatisasi Proses Sputtering

PC digunakan untuk menulis program dalam *assembly*, mengkompilasi program bahasa *assembly* ke format ekstensi ASM, mengirim program dalam ekstensi ASM ke RAM mikrokontroler dan mencoba mikrokontroler serta melakukan simulasi terhadap kinerja dari *timer* digital yang dirancang. Simulasi menggunakan program HB 2000 Plus, sedangkan untuk merancang skema rangkaian otomatisasi proses *sputtering* menggunakan program OrCad 10.

Modul mikrokontroler yang dirancang dalam bentuk *single chip*, yaitu hanya mikrokontroler AT89C51 yang digunakan sebagai piranti utama. Sistem kerja yang digunakan pada mikrokontroler adalah dengan memasukkan tegangan keluaran dari modul sensor suhu yang telah berubah menjadi data digital oleh ADC 0804 melalui port 2. Data pada Port 2 ini yang telah diubah oleh ADC 0804 menjadi kode-kode biner 8-bit, yaitu 00000000b–11111111b (256 byte), data-data biner tersebut kemudian disimpan di dalam register atau memori yang telah ditentukan untuk kemudian diolah oleh mikrokontroler melalui alir program yang telah dibuat untuk sistem ini.

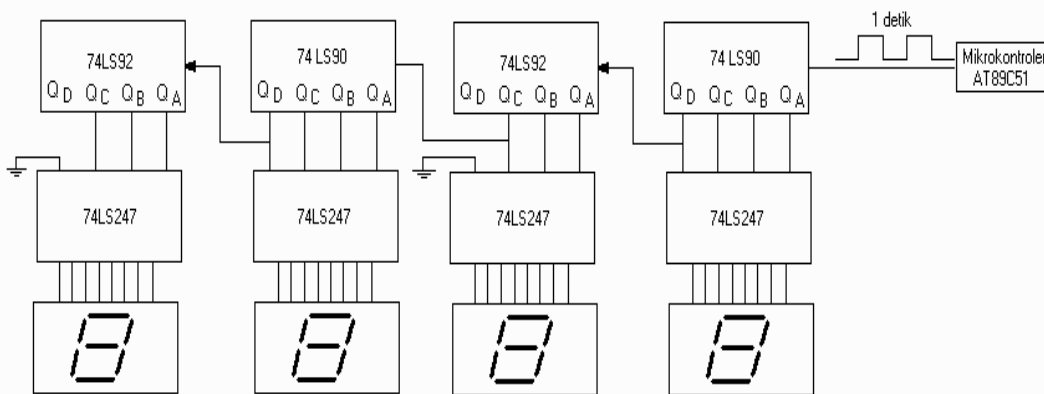
Pada modul *opto-coupler* yang dirancang terbagi menjadi 2 buah rangkaian. Rangkaian pertama digunakan untuk menghidupkan pompa vakum dengan tegangan 3-phase melalui kontaktor. Rangkaian kedua digunakan untuk menghidupkan tegangan DC tinggi melalui kontaktor. Rangkaian *opto-coupler* terdiri dari IC MOC 3021, triac, dan rangkaian snubber. Untuk melindungi rangkaian *opto-coupler* dari adanya transisi arus saat triac mengendalikan rangkaian *opto-coupler*, dan mencegah terjadinya efek perubahan tegangan yang sangat cepat

antara anoda dan katoda triac, rangkaian *opto-coupler* dilengkapi dengan rangkaian proteksi *Snubber*.



Gambar 3. Rangkaian Proteksi Triac melalui *Opto-coupler*

Display timer digital dirancang menggunakan penampil tujuh segmen dengan perkiraan waktu menit dan detik yang digunakan sebagai penampil waktu proses *sputtering*. Frekuensi untuk menghidupkan *display timer* digital diambil dari mikrokontroler AT89C51 dengan perhitungan keluaran frekuensi selama 1 detik melalui perintah pemrograman. Frekuensi keluaran dari mikrokontroler masuk ke pencacah dekode IC 74LS90 dan IC 74LS92 yang kemudian keluaran dari IC tersebut masuk ke IC pengubah bilangan BCD ke tujuh segmen yakni IC 74LS247. Diagram blok *display timer* digital dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Blok *Timer* Digital

Pada modul transduser suhu terdiri dari IC LM35 dan rangkaian penguat op-amp dengan menggunakan IC 308. Transduser suhu tersebut digunakan untuk melindungi elemen dalam tabung *sputtering* dari suhu yang tinggi (sebesar 400 °C suhu dalam tabung) dengan cara memberi batasan suhu maksimum pada sensor suhu (sebesar 80 °C suhu pada sisi tabung) dari proses *sputtering* sehingga pada saat proses *sputtering* dijalankan dan suhu pada tabung meningkat pesat, tepat mengenai batasan suhu yang ditetapkan pada sensor suhu maka proses yang sedang berjalan segera terhenti melalui program yang ada di dalam mikrokontroler.

Pengkalibrasian pembacaan suhu pada transduser suhu dilakukan menggunakan termometer air raksa. Jika suhu yang terbaca pada termometer telah mencapai 70 °C maka penguat transduser suhu di-set sehingga keluaran tegangannya sebesar 2.5 V. Tegangan tersebut digunakan sebagai input ADC0804. Data konversi suhu yang telah diubah oleh ADC0804 dimasukkan dan diproses ke mikrokontroler AT89C51.

Batasan suhu yang ditetapkan pada sensor suhu sebesar 70 °C diasumsikan sebagai suhu maksimum yang ada di dalam tabung *sputtering*. Pemberian nilai batasan suhu tersebut

tidak sampai 80°C (sama dengan 400°C suhu di dalam tabung) karena pada saat proses dihentikan suhu yang ada di dalam tabung tidak segera berhenti melainkan meningkat sebesar 10°C . Oleh karena itu, pemberian nilai batasan suhu sebesar 70°C mencegah agar elemen-elemen di dalam tabung *sputtering* tidak sampai rusak atau terbakar.

Pada tombol panel terdiri dari 1 tombol *reset* dan 5 tombol waktu *timer* yang telah ditetapkan, yaitu dengan nilai waktu sebesar 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit, dan 30 menit. Masing-masing waktu tersebut dipotong 3 menit untuk proses kevakuman tabung *sputtering* melalui pompa vakum. Proses kevakuman digunakan agar dalam tabung *sputtering* terjadi kehampaan udara. Sisa waktu dari waktu yang telah terpakai untuk kevakuman tabung *sputtering* digunakan untuk menghidupkan tegangan DC tinggi sebesar 0 - 1500 V dan pada pompa vakum tetap hidup serta membuka katup pada tabung gas Argon sampai akhir waktu yang ditetapkan.

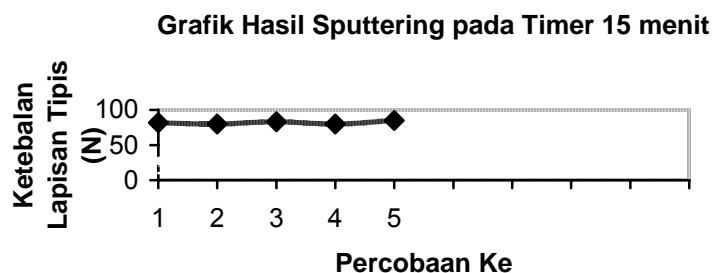
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sistem Kerja Otomatis

Percobaan sistem kendali sebagai umpan balik (*feed back*) bagi proses *sputtering* saat sistem diaktifkan, dimaksudkan untuk memperoleh suatu data karakteristik kerja sistem otomatis dengan menggunakan sensor suhu LM35. Cara yang ditempuh untuk memperoleh data yang dikenal oleh mikrokontroler AT89C51 adalah data analog pada sensor suhu yang diambil harus dikonversikan terlebih dahulu menjadi data digital dengan cara mengatur tegangan pada penguat sensor agar sama dengan tegangan referensi pada konverter ADC0804 sebesar 2,5 volt.

Nilai batas (*set point*) yang ditetapkan oleh sensor suhu agar tidak terjadi *overheat* (panas yang berlebihan) adalah 70°C sehingga pada saat proses *sputtering* berlangsung dan mencapai derajat suhu 70°C , sistem proses selesai tetapi suhu pada tabung masih tetap meningkat sebesar 10°C . Suhu yang terukur oleh transduser suhu (sensor suhu) LM35 diasumsikan sebagai suhu pada sisi dalam tabung *sputtering*. Jika nilai suhu sisi tabung sama dengan nilai *set point*, maka mikrokontroler akan mengirimkan sinyal perintah untuk mematikan relai pada pompa vakum dan tegangan DC tinggi sehingga proses *sputtering* selesai.

Untuk melihat keberhasilan sistem yang dibuat, maka dapat digambar grafik hubungan antara waktu dengan hasil pembentukan bahan lapisan tipis pada proses *sputtering*, seperti terlihat pada Gambar 5. Selain itu, sistem kendali berbasis mikrokontroler AT89C51 ini dapat mengendalikan kondisi suhu agar tidak mencapai *overheat* pada saat proses *sputtering* berlangsung. Dengan demikian, sistem pengendalian *timer* digital berbasis mikrokontroler AT89C51 dapat menggantikan sistem cara manual yang dilakukan oleh seorang operator menjadi sistem otomatis.



Gambar 5. Grafik Hasil Proses *Sputtering* pada Waktu 15 menit

3.2. Perhitungan Siklus Waktu *Timer*

Sebagai kendali *timer*, data pengulangan yang dibutuhkan untuk mendapatkan *timer* 'overflow' (limpahan bit) setiap 0,05 detik adalah 20 kali ($1/20$ detik). Karena menggunakan kristal 12 MHz maka waktu yang diperlukan setiap siklus mesin adalah $12 / (12 \times 10^6) = 1 \mu\text{s}$. Dengan menggunakan mode 1 (16 bit *timer*) dan register mula-mula dalam keadaan kosong,

maka *timer* akan 'overflow' jika isi register tersebut mencapai maksimum sebesar FFFFh atau 65535d, waktu yang diperlukan adalah $65535 \times 1 \mu \text{ detik} = 0,065535 \text{ detik}$.

Jika register mula-mula diisi 3CAFh (15535d), maka waktu yang diperlukan untuk 'overflow' adalah:

$$(65535-15535) \times 1 \mu \text{ s} = 0,05 \text{ detik},$$

atau dapat dicari dengan persamaan (11) berikut: ^[15]

$$X = \frac{((12/f) \times 65535) - N}{(12/f)}$$

X : nilai yang akan dimasukkan ke register TH dan TL

f : frekuensi kristal

N : lamanya 'overflow'.

Perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} X &= \frac{((12/f) \times 65535) - N}{(12/f)} \\ &= \frac{((12/12 \times 10^6) \times 65535) - 0,05}{10^{-6}} = 15535d \\ &= 15535d = 3CAFh \quad (d = \text{desimal} ; h = \text{Hexadesimal}) \end{aligned}$$

Untuk mencapai waktu 1 detik, *timer* akan overflow sebanyak 20 kali pengulangan. Adapun cara lain untuk memperoleh waktu tundaan sebesar 1 detik pada *prototype*, yang dibutuhkan adalah *timer* yang terdapat di dalam mikrokontroler AT89C51. Ada 4 macam mode kerja *Timer* dengan tundaan maksimal yang bisa dilakukan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tundaan maksimum Tiap Mode Kerja *Timer* (Frekuensi Kristal=12 MHz)

Mode	Nama Mode Timer	Tundaan Maksimum
0	Timer 13-bit	8.192 μ d
1	Timer 16-bit	65.535 μ d
2	Isi-ulang 8 bit	256 μ d
3	Timer split	TL0: 256 μ d TH0: 256 μ d

Dari Tabel 1 tak ada satupun yang memenuhi hal tersebut sehingga dilakukan pengulangan kerja *timer* agar mendapatkan total 1.000.000 mikrodetik. Dengan mencoba melakukan perhitungan untuk mode 0, 1 dan 2 sebagai berikut: Mode 0 : 5.000 mikrodetik x 200 pengulangan = 1×10^6 mikrodetik. Mode 1 : 50.000 mikrodetik x 20 pengulangan = 1×10^6 mikrodetik. Mode 2 : 250 mikrodetik x 4.000 pengulangan = 1×10^6 mikrodetik. Peneliti memilih Mode 1 pada kerja *Timer* dengan pertimbangan jumlah pengulangan lebih sedikit.

Pengulangan kerja *timer* tidak sekedar menghidupkan dan mematikan flag limpahan (*overflow flag*) *timer* yang bersangkutan. Tetapi limpahan terjadi saat transisi dari FFFFh ke 0000H (untuk mode timer 16-bit), dengan demikian terjadi setiap 50.000 mdetik (=50.000 siklus) maka *timer* (digunakan *Timer* 0) diisi dengan konstanta 50.000, sehingga pada program dilakukan inisialisasi. Pada R1 (Register-1) diisikan jumlah pengulangan dan pada TH0 dan TL0 yang masing-masing penyimpanannya LOW-nya -50.000 dan HIGH-nya -50.000, baru menunggu hingga di nolkan secara manual begitu juga *Timer* 0 dimatikan secara manual. Proses diulangi hingga 20 kali untuk 1 detik.

3.3. Hasil Pengujian Sampel

Hasil pengujian sampel Aluminium yang diperoleh dari *prototype* otomatisasi proses *sputtering* berbasis mikrokontroler AT89C51 dapat dilihat pada Tabel 1. Penerapan tegangan DC tinggi yang sama sebesar 480 V dan tingkat kevakuman yang sama pula yakni 10^{-1} mbar serta waktu proses yang sama yaitu 15 menit pada tiap-tiap sampel dan pada pengujian diterapkan waktu pengujian yang sama pula yakni 10 menit diperoleh Tabel 2, sebagai hasil proses *sputtering*. Diperoleh hasil *Net Area* (Netto) atau ketebalan lapisan tipis Seng (Zn) pada bahan Aluminium (Al) saat penelitian bahwasannya hasil sampel yang diperoleh pada penelitian

dikatakan sama, dengan persentase rata-rata ketebalan lapisan tipis sebesar 2 %, seperti dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Pengujian Lapisan Tipis pada Seng (ZN) Menggunakan XRF

Sampel	Ketebalan Seng (Netto)
1	82
2	80
3	83
4	80
5	85

Tabel 3. Selisih Ketebalan Hasil Pengujian Lapisan Tipis pada Seng (ZN) Menggunakan XRF

Sampel	Standard Ketebalan Seng	Ketebalan Seng (Netto)	Selisih Ketebalan
1	80	82	2
2	80	80	0
3	80	83	3
4	80	80	0
5	80	85	5

Ketidaksamaan hasil tersebut dapat disebabkan pada tegangan DC tinggi yang tidak stabil, area pengujian sampel yang tidak sama, dan media sampel yang tidak merata.

3.4. Pengujian Perbandingan *Setting Waktu*

Perbandingan waktu yang dihasilkan *timer* digital dengan pewaktu acuan (*stopwatch*) dilakukan untuk memperoleh keakuratan *setting waktu timer* yang dibangun. Perbandingan *setting waktu* tersebut dilakukan dengan membandingkan *setting timer* dengan *stopwatch* untuk 5 kombinasi *setting waktu* yaitu 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit, dan 30 menit. Hasil data perbandingan waktu yang dihasilkan *timer* dengan *stopwatch*, dapat dilihat dalam Tabel 4, yaitu dengan waktu 10 menit.

Tabel 4. Data Selisih Waktu *Timer* Digital berbasis Mikrokontroler AT89C51 Dengan Waktu *Stopwatch* beserta Koreksi Faktor Kesalahan

No.	Waktu		Selisih Waktu (detik)	Faktor Kesalahan (%)
	Penelitian (menit)	Stopwatch (menit)		
1.	10:00.00 s	10:00.21 s	0.21 s	0.035
2.	10:00.00 s	10:00.21 s	0.21 s	0.035
3.	10:00.00 s	10:00.12 s	0.12 s	0.019
4.	10:00.00 s	10:00.16 s	0.16 s	0.026
5.	10:00.00 s	10:00.08 s	0.08 s	0.013
6.	10:00.00 s	10:00.07 s	0.07 s	0.011
7.	10:00.00 s	10:00.01 s	0.01 s	0.001
8.	10:00.00 s	10:00.06 s	0.06 s	0.009
9.	10:00.00 s	10:00.10 s	0.10 s	0.016
10.	10:00.00 s	10:00.10 s	0.10 s	0.016

Timer hasil penelitian mempunyai faktor kesalahan yang dimungkinkan karena kekurangtepatan frekuensi osilator pada kristal akibat pengaruh toleransi komponen penyusun, maupun faktor pengkabelan yang mungkin menimbulkan suatu guncangan yang menyebabkan tidak stabilnya *timer* dan dapat juga disebabkan oleh perintah yang dilaksanakan mikrokontroler, yang perintah tersebut tidak hanya melakukan pengerjaan pada *display timer* tetapi juga ada perintah pengaktifan sistem lainnya, yaitu pengaktifan tegangan DC tinggi dan pompa vakum serta perintah dari sensor suhu.

Persentase faktor kesalahan yang ditimbulkan *timer* ditunjukkan pada Tabel 5

Tabel 5. Kesalahan Rerata dan Standar Deviasi pada Waktu *Timer*

No.	Waktu <i>Timer</i> (menit)	Kesalahan Rerata (\bar{x})	Standar Deviasi (Q_n)
1.	10	0.0181 %	0.0104 %
2.	15	0.0091 %	0.0087 %
3.	20	0.0116 %	0.0053 %
4.	25	0.0064 %	0.0052 %
5.	30	0.0034 %	0.0026 %

3.5. Pengujian Transduser Suhu

Hasil pengujian transduser suhu yang merupakan data variabel masukan untuk menentukan *set point* dan kalibrasi pada suhu di sisi tabung *sputtering*, dan pengukuran tegangan pada Op-Amp untuk me-*sinkron*-kan dengan tegangan masukan nominal bagi ADC 0804, serta dilakukan pembacaan terhadap tampilan indikator LED, dan hasilnya merupakan data variabel masukan dalam format Biner yang dapat dilihat hasil konversi data suhu pada tabung *sputtering*.

Tabel 6. Hasil Konversi Data Analog menjadi Data Digital Pada Tabung *Sputtering* Untuk Perancangan Masukan Fungsi Keanggotaan Suhu

No.	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Kode (Heksadesimal)	Data Digital ADC0804 pada LED (Biner)							
			P1. 7	P1. 6	P1. 5	P1. 4	P1. 3	P1. 2	P1. 1	P1. 0
1.	100	82 H	1	0	0	0	0	0	1	0
2.	98	81 H	1	0	0	0	0	0	0	1
3.	95	7F H	0	1	1	1	1	1	1	1
4.	93	7A H	0	1	1	1	1	0	1	0
5.	90	75 H	0	1	1	1	0	1	0	1
6.	87	73 H	0	1	1	1	0	0	1	1
7.	85	70 H	0	1	1	1	0	0	0	0
8.	83	6D H	0	1	1	0	1	1	0	1
9.	80	67 H	0	1	1	0	0	1	1	1
10.	78	65 H	0	1	1	0	0	1	0	1
11.	75	63 H	0	1	1	0	0	0	1	1
12.	73	60 H	0	1	1	0	0	0	0	0
13.	70	55 H	0	1	0	1	0	1	0	1
14.	68	53 H	0	1	0	1	0	0	1	1
15.	65	50 H	0	1	0	1	0	0	0	0
16.	63	4D H	0	1	0	0	1	1	0	1
17.	60	48 H	0	1	0	0	1	0	0	0
18.	57	45 H	0	1	0	0	0	1	0	1
19.	55	43 H	0	1	0	0	0	0	1	1
20.	53	41 H	0	1	0	0	0	0	0	1
21.	50	3F H	0	0	1	1	1	1	1	1
22.	48	3D H	0	0	1	1	1	1	0	1
23.	45	3B H	0	0	1	1	1	0	1	1
24.	40	33 H	0	0	1	1	0	0	1	1
25.	38	30 H	0	0	1	1	0	0	0	0

Data pada Tabel 6 diatas merupakan dataA yang akan dimasukkan ke mikrokontroler AT89C51 berupa data biner yang diubah menjadi data heksadesimal. Data tersebut digunakan untuk mensinkronkan data yang terdeteksi oleh transduser suhu sehingga data pada transduser suhu yang terbaca sama dengan data yang ditetapkan pada mikrokontroler AT89C51. Dalam hal ini data yang dimaksud pada suhu $70^{\circ}\text{C} = 55 \text{ H} = 01010101 \text{ B}$. Ketika suhu pada proses *sputtering* bernilai 70°C maka transduser suhu akan memberikan respon pada mikrokontroler untuk segera mematikan proses *sputtering* dengan memutuskan hubungan pada modul *opto*-

coupler dan proses berakhir. Dengan demikian, otomatisasi proses sputtering berbasis mikrokontroler AT89C51 dapat menggantikan cara manual yang dilakukan oleh seorang operator.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian otomatisasi proses *sputtering* dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Otomatisasi pada proses *sputtering* dengan berbasis mikrokontroler AT89C51 yang telah dirancang dapat direalisasikan dengan hasil sesuai kinerja yang diinginkan.
2. Tanggapan hasil sistem *timer* 10 menit mempunyai ketelitian 99,9819 %, *timer* 15 menit mempunyai ketelitian 99,9909 %, *timer* 20 menit mempunyai ketelitian 99,9884 %, *timer* 25 menit mempunyai ketelitian 99,9936 %, dan *timer* 30 menit mempunyai ketelitian 99,9966 %.
3. Proses yang dilakukan secara otomatis lebih menguntungkan dari segi efisiensi sistem yang hanya dengan menekan tombol yang telah ditentukan waktunya untuk sistem proses *sputtering* maka sistem akan bekerja sendiri secara otomatis tanpa harus ditunggu terusan oleh operator dan dapat mengendalikan kondisi suhu agar tidak mencapai kelebihan panas (*overheat*) pada saat proses *sputtering* berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Coughlin, F. R., Driscoll, F. F, "**Penguat Operasional Dan Rangkaian Terpadu Linier**", Erlangga, Jakarta, 1994.
- [2] Eko Putra, A., "**Teknik Antarmuka Komputer: konsep dan Aplikasi**", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2002.
- [3] Eko Putra, A., "**Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasi**", Gaya Media, Yogyakarta, 2002.
- [4] Holland, L., "**Vacuum Deposit**", 1961.
- [5] Milman, J., Halkias. C. C., "**Elektronika Terpadu (Integrated Electronics) Rangkaian dan Sistem Analog dan Digital**", Jilid-2, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993.
- [6] Nalwan, A. P., "**Panduan Praktis Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51**", Penerbit PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 2003.
- [7] Niamur.A., "**Rancang Bangun Kendali Waktu Pencacah Terprogram 8253**", Tugas Akhir Diploma III, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 1997.
- [8] Sumanto, "**Elektronik Industri**", ANDI, Yogyakarta, 2001.
- [9] Sutanto, B., "**Timer dan Counter dalam MCS51**", <http://alds.stts.edu/DIGITAL/Timer.htm>, 2001.
- [10] Sutanto.D., Hermawan. B., "**Pembuatan Timer Pada Tabung Sputtering**", Laporan Kerja Praktek, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, 2004.
- [11] Triyanto, "**Rancang Bangun Sistem Pengatur Waktu (Timer) Untuk Emisi Laser Helium-Neon (He-Ne)**", Skripsi-S1, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta, 2000.
- [12] Wijaya, I., "**Prinsip-prinsip dan Penerapan Digital**", Penerbit Erlangga, Jakarta, 1994.
- [13] Wijananto., "**Rancang Bangun Simulasi Sistem Aktuator Catu Daya Sumber Elektron Mesin Berkas Elektron Menggunakan Mikrokontroler**", Tugas Akhir Diploma IV, Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN, Yogyakarta, 2003.
- [14] Wasa, K., Hawakawa, S., "**Handbook of Sputter deposition Technology, Principles, Technology and Applications**", Noyes Publications, New Jersey, 1992.
- [15] ----, "**FUSI Majalah Ilmiah Fungsional**", Puspiptek Serpong BATAN Tangerang, Jakarta, 1994.
- [16] ----, "**AT89 Series Hardware Description**", Atmel Inc., USA, <http://www.atmel.com>, 1997.
- [17] ----, "**LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors**", National Semiconductor Inc., USA, <http://www.nationalsemiconductor.com>, 2000.
- [18] ----, "**Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan 2002**", Puslitbang Teknologi Maju BATAN, Yogyakarta, 2002.