



UJI FUNGSI ALAT PENGENDALI SUHU TIPE TZ4ST-R4C SEBAGAI PERANGKAT PENGKONDISIAN SINYAL

Saminto, Untung Margono, Ihwanul Aziz, Sugeng Riyanto
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan- BATAN Yogyakarta
ptapb@batan.go.id

ABSTRAK

UJI FUNGSI PENGENDALI SUHU TIPE TZ4ST-R4C SEBAGAI PERANGKAT PENGKONDISIAN SINYAL. Telah dilakukan uji fungsi pengendali suhu tipe TZ4ST-R4C sebagai perangkat pengkondisian sinyal. Uji fungsi ini dimaksudkan untuk mengetahui unjuk kerja dan karakteristik pengendali suhu tipe TZ4ST-R4C sebagai perangkat pengkondisian sinyal. Masukan TZ4ST-R4C pin 2 dan 3 dihubungkan ke termokopel. Keluaran TZ4ST-R4C pin 5 dan 6 diubah ke tegangan dan dihubungkan ke meter volt digital SANWA PC510. Uji fungsi dilakukan dengan memanaskan termokopel, merekam suhu dan tegangan keluaran. Hasil uji pengukuran suhu yaitu 30°C sampai 350°C dan tegangan keluaran adalah 0,586V sampai 3,898 Volt. Hasil uji fungsi menunjukkan bahwa kenaikan tegangan keluaran berbanding lurus dengan suhu masukan pada TZ4ST-R4C.

Kaya kunci: termokopel, pengubah arus ke tegangan, temperature controller tipe TZ4ST-R4C.

ABSTRACT

FUNCTION TEST OF TZ4ST-R4C TYPE TEMPERATURE CONTROLLER AS SIGNAL CONDITIONING DEVICE. The function test of TZ4ST-R4C type temperature controller as signal conditioning device has been done. This function test means to know performance and characteristic of TZ4ST-R4C type temperature controller as signal conditioning device. A pin 2 and 3 of TZ4ST-R4C input connected to the thermocouple. A pin 5 and 6 of TZ4ST-R4C output be converted to voltage and connected to PC510 SANWA digital volt meter. Function test performed by heating the thermocouple, recording of temperature and output voltage. The temperature measurement test results i.e. 30°C to 350°C and output voltage is 0.586 V to 3.898 Volt. Function test results showed that the output voltage rise is proportional to the temperature input of TZ4ST-R4C.

Key words: thermocouple, current to voltage converter, TZ4ST-R4C temperature controller

PENDAHULUAN

Pada proses nitridasi suhu dalam ruang bejana nitridasi berkisar pada suhu 350 °C sampai 590°C. Suhu operasi yang optimal perlu ditentukan untuk setiap aplikasi yang berbeda. Pada suhu lebih tinggi, lapisan keras yang dihasilkan dapat lebih dalam namun dengan resiko terjadi perubahan dimensi dan penurunan kekerasan maksimum yang dapat dicapai. Plasma nitrogen yang diperlukan untuk proses nitridasi dapat dibangkitkan dengan tegangan tinggi DC 0,5-1kV⁽¹⁾. Untuk menunjang proses operasi nitridasi plasma, maka diperlukan sebuah alat pengkondisi sinyal yaitu berfungsi

mendeteksi besaran suhu menjadi sinyal listrik (tegangan). Alat pengkondisi suhu yang digunakan pada perangkat nitridasi plasma adalah alat kendali suhu (*temperature controller*) tipe TZ4ST-R4C buatan Autonic. Alat tersebut mempunyai fasilitas masukan sinyal dari termokopel dan keluaran arus 4 to 20 mA. Dengan menggabungkan termokopel tipe K, maka alat kendali suhu (*temperature controller*) TZ4ST-R4C mampu mengukur suhu hingga 1200°C⁽³⁾. Untuk mengetahui unjuk kerja ataupun karakteristik alat kendali suhu (*temperature controller*) tipe TZ4ST-R4C buatan Autonic, maka perlu dilakukan uji fungsi terhadap alat tersebut. Uji

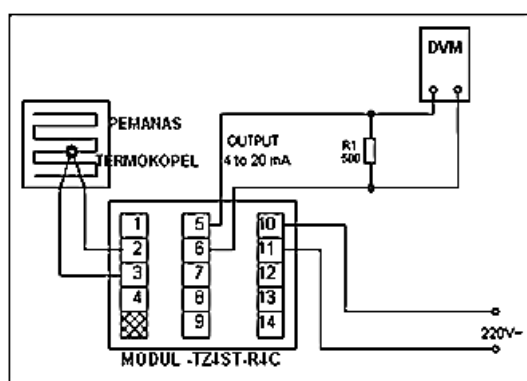


fungsi TZ4ST-R4C sebagai pengkondisian sinyal dilakukan dengan menghubungkan termokopel tipe K ke masukan modul TZ4ST-R4C. Sedang keluaran TZ4ST-R4C berupa arus (4 to 20 mA) di ubah menjadi tegangan dengan cara memasang resistor secara paralel pada keluaran tersebut. Sesuai dengan formulasi hukum Ohm dimana penurunan (*drop*) tegangan pada resistor akan berbanding lurus dengan arus yang mengalir pada resistor tersebut. Tegangan keluaran selanjutnya diukur menggunakan meter volt digital (DVM). Data hasil pengukuran berupa tegangan analog yang dapat digunakan sebagai data masukan pada ADC PLC yang selanjutnya diproses untuk mengendalikan keluaran tegangan tinggi pada nitridasi plasma bejana ganda. Dengan uji fungsi ini, maka akan dapat diketahui karakteristik dan unjuk kerja secara nyata (*real*) dari alat kendali suhu (*temperature controller*) tipe TZ4ST-R4C sebagai perangkat pengkondisian sinyal.

TATA KERJA

Uji Fungsi Temperature Controller Tz4st-R4c

Pengujian alat kendali suhu (*temperature controller*) tipe TZ4ST-R4C sebagai perangkat pengkondisian sinyal dilakukan dengan memasang termokopel pada masukan pin no 2 dan 3 modul TZ4ST-R4C. Keluaran pin 5 dan 6 (4 to 20 mA) dihubungkan ke meter volt digital (DVM) SANWA PC510. Diagram instalasi pengujian alat kendali suhu (*temperature controller*) tipe TZ4ST-R4C sebagai perangkat pengkondisian sinyal ditampilkan pada Gambar 1.



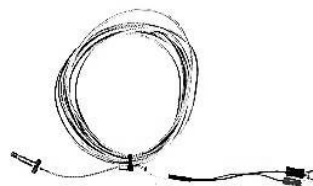
Gambar 1. Diagram pengujian *temperature controller* TZ4ST-R4C.

Pengujian dimulai dengan memanasi termokopel dengan pemanas sehingga keluaran *temperature controller* TZ4ST-R4C menghasilkan kenaikan arus 4 sampai 20 mA. Untuk merubah menjadi tegangan, maka pada pin 5 dan 6 TZ4ST-R4C dipasang resistor 500 ohm secara paralel dan dihubung ke meter volt digital (DVM). Suhu dibaca

lewat peraga digital pada TZ4ST-R4C, sedang pembacaan tegangan dibaca pada meter volt digital SANWA PC510. Hasil perekaman data selanjutnya dibuat kurva untuk mengetahui karakteristik dan unjuk kerja alat.

Termokopel

Sebuah termokopel terdiri dari dua konduktor dari bahan yang berbeda (biasanya paduan logam) yang menghasilkan tegangan di sekitar titik di mana dua konduktor dalam kontak. Termokopel digunakan secara luas sebagai sensor suhu baik untuk pengukuran maupun sistem kendali dan dapat digunakan untuk mengkonversi gradien suhu menjadi listrik⁽²⁾. Tersedia konektor dalam bentuk standar dan dapat digunakan untuk mengukur suhu dalam jangkauan yang lebar. Sebuah termokopel tipe K ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Foto termokopel

Untuk mengukur perubahan suhu, gabungan dua macam konduktor sekaligus sering dipakai pada benda panas yang diukur. Konduktor kemudian akan mengalami gradiasi suhu dan mengalami perubahan tegangan secara berkebalikan dengan perbedaan temperatur benda. Dengan menggunakan logam yang berbeda akan menghasilkan tegangan yang berbeda, sehingga memungkinkan untuk dilakukan pengukuran sesuai pertambahan temperatur. Sangat penting diingat bahwa termokopel mengukur perbedaan temperatur di antara 2 titik, bukan temperatur absolut⁽²⁾. Pada banyak aplikasi, salah satu sambungan (sambungan dingin) dijaga sebagai temperatur referensi, sedang yang lain dihubungkan pada objek pengukuran. Biasanya termokopel dihubungkan dengan alat indikasi oleh kawat yang disebut kabel ekstensi atau kompensasi. Kabel ekstensi menggunakan kawat-kawat dengan jumlah yang sama dengan konduktor yang dipakai pada termokopel itu sendiri. Kabel ekstensi atau kompensasi harus dipilih sesuai kebutuhan termokopel. Pemilihan ini akan menghasilkan tegangan yang proporsional terhadap beda suhu antara sambungan panas dan dingin dan kutub harus dihubungkan dengan benar sehingga terjadi pertambahan tegangan pada termokopel. Sebuah termokopel tipe K terdiri chromel (90% nikel dan 10% chromium) dan alumel (95% nikel, 2% mangan, 2% aluminium dan 1% silicon), merupakan termokopel yang paling umum dengan tingkat sensitif sekitar $41 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Banyak terdapat



**PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012**

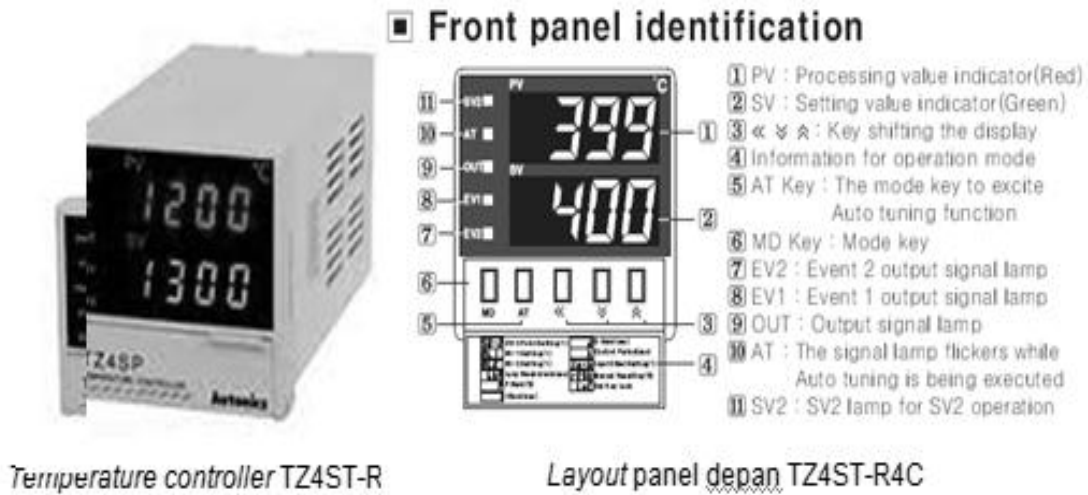
dipasar local dengan harga relatif murah dan jangkauan ukurnya -200 °C sampai +1350 °C⁽²⁾.

Temperature Controller Tipe TZ4ST-R4C.

Temperature controller TZ4ST-R4C adalah alat kendali suhu berupa modul terintegrasi yang dilengkapi *diplay* 4 digit berfungsi sebagai indikator proses suhu dan indikator seting suhu, keluaran kontak relay dan keluaran arus 4 to 20 mA. Alat ini dicatu langsung dari tegangan listrik

220 V AC. Sebuah alat kendali suhu (*temperature controller*) tipe TZ4ST-R4C ditampilkan pada Gambar 3. Penjelasan kode kendali suhu (*temperature controller*) tipe TZ4ST-R4C dapat diuraikan pada Gambar 4.

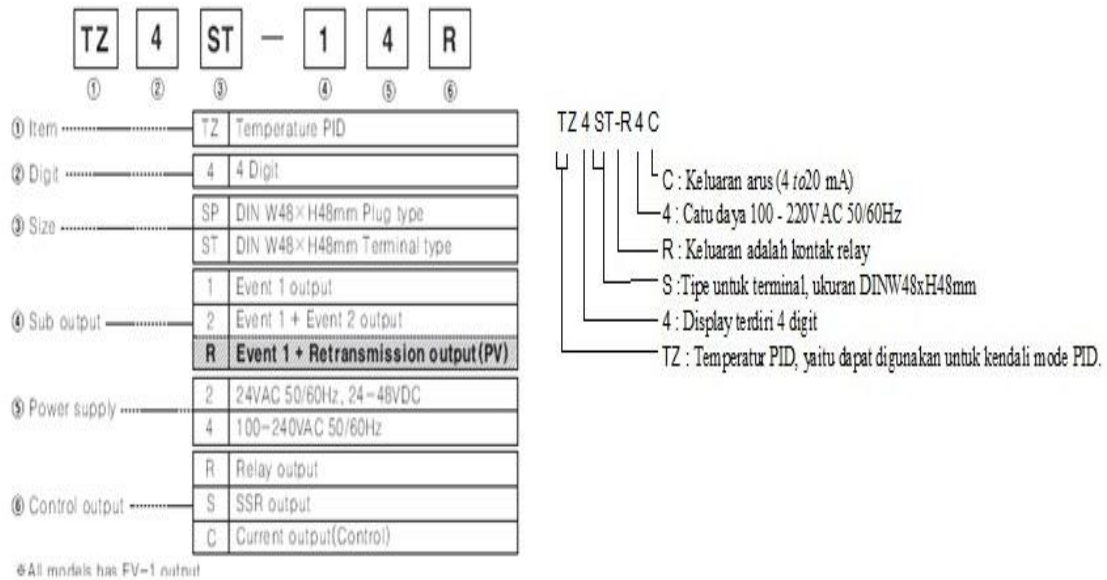
Adapun spesifikasi teknik alat kendali suhu (*temperature controller*) tipe TZ4ST-R4C ditampilkan pada Gambar 5.



Temperature controller TZ4ST-R

Layout panel depan TZ4ST-R4C

Gambar 3. Temperature controller TZ4ST-R4C⁽³⁾.



Gambar 4. Kode pada *temperature controller* tipe TZ4ST-R4C⁽³⁾



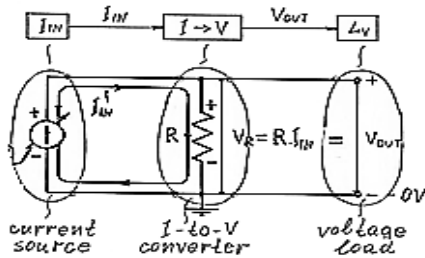
| | | |
|-------------------------|---|--|
| Series | TZ4ST/TZ4SP | |
| Power supply | 24VAC 50-60Hz, 24-48VDC | 100-240VAC 50-60Hz |
| Allowable voltage range | 90 to 110% of rated voltage | |
| Power consumption | Approx. 7VA, Max. 6W | Approx. 5VA |
| Display method | 7Segment LED display [Processing value(PY):Red, Setting value(SV):Green] | |
| Input sensor | <ul style="list-style-type: none"> • Thermocouple:K(CA), J(ICI), R(PRI), E(ICI), T(CCI), S(PP), N(PIN), W(TT) (Tolerance line resistance is max. 100Ω) • RTD:DIN Pt100Ω, JIS Pt100Ω, 3 wires type (Tolerance of line resistance is max. 5Ω per a wire) • Voltage:1-5VDC, 0-10VDC, Current:4-20mADC | |
| Control method | <ul style="list-style-type: none"> • ON/OFF Control • P, PI, PD, PIDF, PIDS | |
| Control output | <ul style="list-style-type: none"> • Relay contact output:250VAC 3A 1c • SSR output:12VDC ± 3V Max. 30mA • Current output :4-20mADC (Load resistance:Max. 600Ω) | |
| Retransmission output | PY retransmission:4-20mADC (Load resistance:Max. 600Ω), only for TZ4ST type | |
| Sub output | Event 1, 2 output:Relay contact output 250VAC 1A 1a | |
| Display accuracy | ± 0.3% based on F • S or 3°C Max. | |
| Setting type | Setting by front push buttons | |
| Hysteresis | Adjustable 1 to 100/0.1 to 100.0°C at ON/OFF control | |
| Alarm output | Set interval between ON and OFF for alarm output from 1 to 1000 (Decimal type : 0.1 to 100.0°C) | |
| Proportional band(P) | 0 to 100% | |
| Integral time(I) | 0 to 3600sec. | |
| Derivative time(D) | 0 to 3600sec. | |
| Control time(T) | 1 to 120sec. | |
| Sampling time | 0.5sec. | |
| LBA setting time | 1 to 999sec. | |
| Ramp setting time | Ramp up, Ramp down at 1 to 99 minute | |
| Dielectric strength | 2000VAC for 1 minute | |
| Vibration | Mechanical | 0.75mm amplitude at frequency of 10 to 55Hz in each of X, Y, Z directions for 2 hours |
| | Malfunction | 0.5mm amplitude at frequency of 10 to 55Hz in each of X, Y, Z directions for 10 minutes |
| Relay life cycle | Main output | Mechanical : Min.10,000,000 times Electrical : Min.100,000 times (250VAC 3A resistive load) |
| | Sub output | Mechanical : Min.20,000,000 times Electrical : Min.500,000 times (250VAC 1A resistive load) |
| Insulation resistance | Min. 100MΩ (at 500VDC) | |
| Noise strength | ± 500V R Phase & S Phase 1μs | ± 2kV R Phase & S Phase 1μs |
| Memory retention | 10 years | |
| Ambient temperature | -10 to 50°C (at non-freezing status) | |
| Storage temperature | -20 to 60°C (at non-freezing status) | |
| Ambient humidity | 35 to 65% RH | |
| Weight | Approx. 170g | |
| Approval | CE | UL CE |

Gambar 5. Spesifikasi *temperature controller* tipe TZ4ST-R4C⁽³⁾.



Pengubah Arus Ke Tegangan (*Current To Voltage Converter*)

Sinyal keluaran *temperature controller* TZ4ST-R4C berupa arus 4 sampai 20 mA, sedangkan untuk masukan ADC PLC maupun DVM perlu sinyal dalam bentuk tegangan, oleh karena itu diperlukan pengubah arus ke tegangan. Sebuah prinsip pengubah arus ke tegangan pasif ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengubah arus ketegangan pasif⁽⁴⁾.

Jika ada arus I_{IN} mengalir melalui resistor R (Gambar 6), aliran arus akan terhambat, sebagai akibatnya terjadi penurunan tegangan yang proporsional yaitu $V_R = R \cdot I_{IN}$ yang muncul di resistor R , hal ini sesuai dengan formulasi hukum Ohm yaitu ($V = R \cdot I$). Didalam arus yang mengalir lewat R , penurunan tegangan V_R bertindak sebagai tegangan keluaran V_{OUT} . Penurunan tegangan V_R dibuat bukan oleh resistor, melainkan diciptakan oleh sumber tegangan eksitasi dalam sumber arus. Dengan cara tersebut, saat I_{IN} dikonversi menjadi tegangan, V_{OUT} menjadi proporsional terhadap perubahan I_{IN} . Resistor R berfungsi sebagai konverter arus ke tegangan sirkuit linier dengan transfer rasio⁽⁴⁾: $k = \frac{V_{OUT}}{I_{IN}} \left[\frac{V}{mA} \right]$

Agar arus input (I_{IN}) dapat mengalir sepenuhnya ke R , maka beban ($load$) harus memiliki impedansi yang tidak terhingga, sesuai dengan kecenderungan arus melewati jalur yang lebih bebas hambatan. Pada realitanya nilai impedansi tidak tak terbatas sehingga arus akan mengalir sebagian ke R_L (beban) sehingga nantinya tegangan terukur pada R yang merupakan hasil konversi dari I ke V akan mengalami penurunan. Hal ini menyebabkan pembacaan hasil konversi tidak akurat karena adanya impedansi beban dan terjadi *loss* tegangan yaitu: $V_R = I_L \times R_L$.

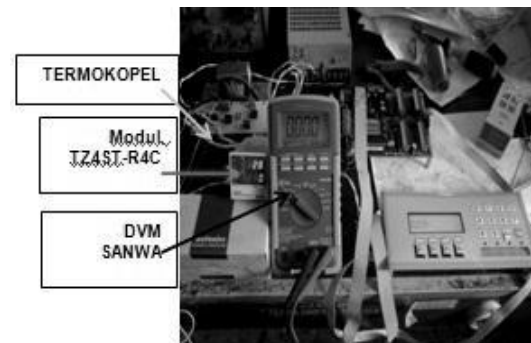
Prosedur Ujifungsi *Temperature Controller* TZ4ST-R4C

- ◆ Disiapkan *power supply*, *temperature controller* tipe TZ4ST-R4C, termokopel, meter volt digital SANWA PC 510 dan pemanas.
- ◆ Dihubungkan keluaran *power supply* ke TZ4ST-R4C dan ke termokopel.

- ◆ Keluaran 4 to 20 mA TZ4ST-R4C dihubungkan parallel dengan resistor 500 ohm dan meter volt digital SANWA PC 510.
- ◆ Pemasangan (tempelkan) termokopel pada pemanas.
- ◆ Pemanas dihubungkan ke sumber daya dan dilakukan pemanasan pada termokopel.
- ◆ Pengamatan tampilan suhu pada TZ4ST-R4C dan tampilan tegangan keluaran pada meter volt digital SANWA PC 510.
- ◆ Pencatatan dan perekaman data-data percobaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kendali suhu (*temperature controller*) tipe TZ4ST-R4C merupakan alat yang akan digunakan untuk membaca dan mengkondisikan sinyal suhu pada perangkat nitridasi plasma. Pengujian akuisisi suhu yang dilakukan mulai dari 30°C sampai 350°C. Dengan fasilitas yang dimiliki, TZ4ST-R4C dapat digunakan sebagai pengkondisi suhu lewat keluaran arus 4 to 20 mA (pin 5 dan 6) yang hanya memerlukan tambahan sebuah resistor. Resistor ini berfungsi perubah arus menjadi tegangan yang akan dibaca meter volt digital SANWA PC510. Selain itu *temperature controller* tipe TZ4ST-R4C dapat menampilkan pantauan suhu langsung lewat *display* pada panel depan. Instalasi uji fungsi akuisisi suhu menggunakan *temperature controller* TZ4ST-R4C ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Instalasi uji fungsi *temperature controller* TZ4ST-R4C untuk akuisisi suhu.

Pengujian dilakukan dengan mengamati dan merekam pembacaan data suhu dan tegangan keluaran pada meter volt digital SANWA PC510 yang berimpedansi masukan 1 Mega Ohm, maka arus yang lewat pada SANWA PC510 dalam orde mikro ampere (μA) jauh lebih kecil dibanding arus yang mengalir lewat resistor *converter* (R) yaitu dalam orde mili ampere (mA), oleh karena itu kerugian arus akibat penurunan (*drop*) tegangan yang timbul pada beban ($V_{RL} = I_L \times R_L$) dapat diabaikan. Selanjutnya data hasil pengukuran suhu dan tegangan ditampilkan pada Tabel 1.



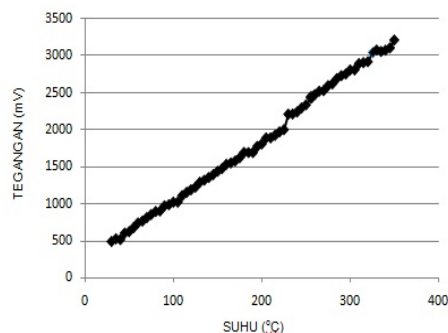
Tabel 1. Data data hasil pengujian akuisisi data suhu dengan TZ4ST-R4C

| SUHU (°C) | OUTPUT TZ4ST-R4C Volt | SUHU (°C) | OUTPUT TZ4ST-R4C Volt |
|--------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|
| 30 | 0.586 | 205 | 2.346 |
| 35 | 0.644 | 210 | 2.367 |
| 40 | 0.709 | 215 | 2.404 |
| 45 | 0.755 | 220 | 2.436 |
| 50 | 0.797 | 225 | 2.472 |
| 55 | 0.850 | 230 | 2.692 |
| 60 | 0.906 | 235 | 2.739 |
| 65 | 0.949 | 240 | 2.784 |
| 70 | 0.983 | 245 | 2.833 |
| 75 | 1.029 | 250 | 2.896 |
| 80 | 1.063 | 255 | 2.989 |
| 85 | 1.116 | 260 | 3.039 |
| 90 | 1.178 | 265 | 3.09 |
| 95 | 1.284 | 270 | 3.135 |
| 100 | 1.326 | 275 | 3.207 |
| 105 | 1.369 | 280 | 3.253 |
| 110 | 1.404 | 285 | 3.292 |
| 115 | 1.433 | 290 | 3.354 |
| 120 | 1.476 | 295 | 3.399 |
| 125 | 1.538 | 300 | 3.445 |
| 130 | 1.599 | 305 | 3.485 |
| 135 | 1.648 | 310 | 3.542 |
| 140 | 1.689 | 315 | 3.588 |
| 145 | 1.734 | 320 | 3.644 |
| 150 | 1.774 | 325 | 3.690 |
| 155 | 1.828 | 330 | 3.739 |
| 160 | 1.878 | 335 | 3.791 |
| 165 | 1.915 | 340 | 3.827 |
| 170 | 1.982 | 345 | 3.861 |
| 175 | 2.085 | 350 | 3.898 |
| 180 | 2.098 | 205 | 2.346 |
| 185 | 2.184 | 210 | 2.367 |
| 190 | 2.233 | 215 | 2.404 |
| 195 | 2.239 | 220 | 2.436 |
| 200 | 2.309 | 225 | 2.472 |
| 235 | 2.739 | 295 | 3.399 |
| 240 | 2.784 | 300 | 3.445 |
| 245 | 2.833 | 305 | 3.485 |
| 250 | 2.896 | 310 | 3.542 |
| 255 | 2.989 | 315 | 3.588 |
| 260 | 3.039 | 320 | 3.644 |
| 265 | 3.090 | 325 | 3.690 |
| 270 | 3.135 | 330 | 3.739 |
| 275 | 3.207 | 335 | 3.791 |
| 280 | 3.253 | 340 | 3.827 |
| 285 | 3.292 | 345 | 3.861 |
| 290 | 3.354 | 350 | 3.898 |

Dari Tabel 1, selanjutnya dapat dibuat kurva hubungan antara tegangan keluaran terhadap pembacaan data suhu pada TZ4ST-R4C, seperti ditampilkan pada Gambar 8.

Dari data percobaan diperoleh jangkauan pengukuran suhu mulai dari 30°C sampai 350°C menghasilkan tegangan keluaran 0.586V sampai 3.898V. Percobaan dilakukan hanya sampai pada suhu 350°C, hal tersebut karena keterbatasan sistem pemanas yang digunakan. Untuk mendeteksi suhu diatas 350°C, maka perlu sistem pemanas yang

mampu menghasilkan panas lebih tinggi. Dari percobaan uji fungsi TZ4ST-R4C diperoleh tegangan keluaran berbanding lurus atau linier terhadap perubahan suhu. Dari hasil uji fungsi ini menunjukkan bahwa *temperature controller* tipe TZ4ST-R4C dapat digunakan sebagai alat pengkondisi suhu pada perangkat nitridasi plasma *double chamber*.



Gambar 8. Kurva pengukuran suhu vs tegangankeluaran TZ4ST-R4C

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji fungsi *temperature controller* TZ4ST-R4C sebagai perangkat pengkondisian sinyal, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kinerja *temperature controller* TZ4ST-R4C dapat berfungsi dengan baik yaitu dapat menghasilkan tegangan keluaran yang berbanding lurus terhadap perubahan nilai suhunya.
2. Hasil uji fungsi diperoleh bahwa jangkauan pengukuran suhu mulai dari 30°C sampai 350°C menghasilkan tegangan keluaran 0.586V sampai 3.898V.
3. *Temperature controller* TZ4ST-R4C dapat digunakan sebagai perangkat pengkondisian sinyal pada perangkat nitridasi plasma *double chamber*.

DAFTAR PUSTAKA

1. BADRIANA, B. dan NUGRAHA, T., 2003, "Teknologi Nitridasi Plasma Untuk Pengerasan Permukaan Bahan Komponen Industri", INASEA Vol. 4 No. 1 April 2003
2. Wikipedia, 2011-a, Thermocouple, <http://en.wikipedia.org/wiki/Thermocouple>, 5 Oktober 2011, diakses 8 Oktober 2011. Spesifikasi teknik, Manual temperature controller tipe TZ4ST-R4C, Autonics.
3. Wikipedia, 2012, Current-to-voltage converter, http://en.wikipedia.org/wiki/Current-to-voltage_converter, 14 June 2012, 21 Agustus 2012.