

Rancang bangun *furnace* temperatur tinggi dengan pengendali mikrokontrol ATMEGA 8535 menggunakan sumber pemanas *Silicon Carbide* (SiC)

Sulistiyawan, A¹⁾, Anas M.N¹⁾, Priyono²⁾

¹⁾Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, Semarang

²⁾Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

Email : ardisulistiyawan0801@gmail.com

ABSTRACT

It has been successfully designed high temperature furnace using Silicon Carbide (SiC) as an electric furnace source which can be controlled by ATMEGA 8535. The result of thermocouple test with standard measuring device as calibrator in temperature range 50 ° C - 500 ° C can work well, that have been indicated by the characteristics. The temperature in the thermocouple to the ADC (Analog to Digital Converter) value in the microcontroller is $Y(ADC) = 2.0062 T + 4.6$. In testing of the entire furnace system for various input voltages it can be shown that the higher operating voltage will increase the heating rate in the combustion chamber. In the design using 4 sources of heating SiC with the volume of combustion chamber 1.2 liters indicates the spread of heat is quite evenly and effectively.

Keywords: *Furnace, AVR ATMEGA 8535 Microcontroller, Silicon Carbide*

ABSTRAK

Telah berhasil dibuat rancang bangun furnace temperatur tinggi menggunakan Silicon Carbide (SiC) sebagai sumber pemanas Silicon Carbide (SiC) yang dapat dikontrol dengan ATMEGA 8535. Hasil pengujian termokopel dengan perangkat ukur standar sebagai kalibrator pada rentang temperatur 50 °C - 500 °C dapat bekerja dengan baik yang ditunjukkan dengan karakteristik suhu pada termokopel terhadap nilai ADC (Analog to Digital Converter) dalam mikrokontrol adalah $Y(ADC) = 2,0062 T + 4,6$. Dalam pengujian pada seluruh sistem furnace untuk berbagai tegangan masukan dapat ditunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan operasi akan meningkatkan kecepatan pemanasan pada ruang bakar. Dalam rancang bangun menggunakan 4 sumber pemanas SiC dengan volume ruang bakar 1,2 liter menunjukkan penyebaran panas cukup merata dan efektif.

Kata kunci : *Furnace, mikrokontrol AVR ATMEGA 8535, Silicon Carbide*

PENDAHULUAN

Furnace adalah sebuah alat yang biasa digunakan untuk melelehkan logam atau keramik. *Silicon Carbide* (SiC) sebagai sumber pemanas dengan medan listrik merupakan salah satu bahan yang dipakai untuk elemen pemanas pada *furnace* suhu tinggi. Bahan yang paling banyak digunakan untuk pembuatan elemen pemanas pada *furnace* listrik suhu tinggi terdiri dari beberapa jenis, antara lain: paduan *alloy* Ni-Cr, dan Fe-Cr-Ni yang biasa disebut elemen pemanas khantal. Bahan yang digunakan untuk temperatur tinggi sangat ditentukan oleh suhu maksimum yang dikehendaki. Misalnya *alloy*

furnace seperti tersebut di atas hanya dapat digunakan sampai temperatur 1000° C hingga 1250° C[1].

Bahan lain yang sering digunakan untuk suhu yang sangat tinggi adalah *Molibdinum Carbide* (MoC) dan *Silicon Carbide* (SiC). Kedua jenis bahan ini digolongkan dalam sumber pemanas *Carbide* yang akan berubah menjadi elemen oksida bila dipanaskan. *Molibdinum carbide* memiliki temperatur operasi yang sangat tinggi hingga 1800 C sedangkan *Silicon Carbida* pada temperatur menengah sampai di atas 1300° C[2].

Sumber bahan pemanas dari SiC memiliki beberapa kelebihan dibandingkan

dengan elemen material pemanas lainnya, karena memiliki sifat mekanik yang cukup kuat, koefisien muai relatif rendah serta kestabilan suhu yang cukup merata pada temperatur tinggi hingga 1400°C . Di samping itu meskipun bersifat *brittle*, bahan ini juga memiliki umur yang relatif lama dan mudah digantikan dalam rancang bangun sebagai elemen pemanas.

Pengontrolan temperatur dibuat menggunakan mikrokontrol AT-MEGA8535 karena mudah dalam perakitan dan telah dilengkapi dengan sistem *input/output* (I/O) yang telah terdeterminasi dan memori yang cukup untuk operasi, sehingga memberikan kemudahan dalam sistem pembacaan temperatur control yang dapat memudahkan pengguna untuk mengontrol dan mengamati setiap perubahan temperatur yang terjadi pada *furnace*..

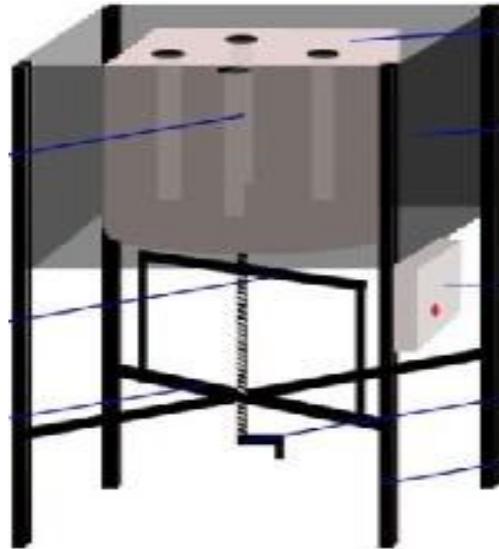
RANCANG BANGUN FURNACE

Rangka pembuatan *furnace*

Rangka pembuatan *furnace* ini terdiri dari dua bagian, yaitu: rangka luar dan bagian dalam. Rangka luar terbuat dari baja yang berfungsi untuk menahan rangka bagian dalam yang terbuat dari blok terbuat dari alumunium oksida atau alumina dengan rumus truktur Al_2O_3 yang cukup rapuh. Al_2O_3 juga berfungsi sebagai reflektor [3] agar panas dapat berkumpul dalam ruang bakar.

Alumina (Al_2O_3) merupakan material yang mempunyai sifat fisika dan kimia yang cukup baik untuk berbagai aplikasi seperti reflektor untuk *furnace*, karena memiliki temperatur leleh yang sangat tinggi mencapai 2051°C dan dapat mempertahankan kekuatan suhu 1500°C sampai 1700°C . Di samping itu Alumina mempunyai ketahanan listrik yang tinggi dan tahan terhadap kejutan termal dan korosi sehingga sangat cocok untuk bahan refraktori. Gambar 1 merupakan model rancang pembuatan furnace temperatur tinggi dengan volume ruang bakar 1,2 liter

menggunakan 4 buah sumber pemanas listrik dari bahan Silicon carbide berdiameter 12 mm.



Gambar 1. Rancang bangun rangka luar dari furnace temperatur tinggi

Sistem pengukuran temperatur

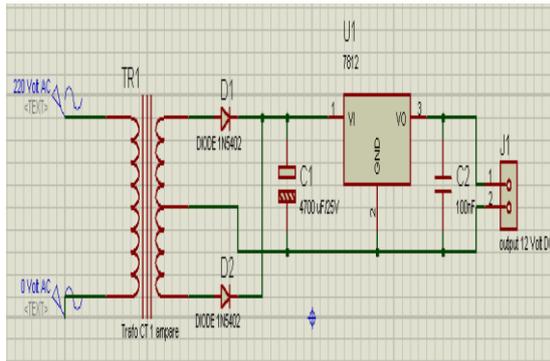
Pada rancang bangun *furnace* ini diperlukan sebuah sensor yang dapat membaca setiap perubahan suhu. Dalam sistem yang dibuat, digunakan sensor termokopel tipe K yang mampu mengukur hingga 1200°C [4]. Termokopel merupakan sensor temperatur yang bisa digunakan mengukur suhu dengan nilai yang tinggi. Oleh karena itu sensor suhu termokopel banyak digunakan untuk industri. Sensor suhu termokopel memiliki nilai *output* yang kecil dengan *noise* yang tinggi, sehingga memerlukan rangkaian pengkondisi sinyal agar nilai *output* tersebut dapat dibaca dengan baik

HASIL DAN PENGUJIAN

Hasil pengujian catu daya

Pengujian catu daya dilakukan untuk mengetahui tegangan *output* catu daya yang akan diberikan mikrokontrol dan sensor temperatur. Catu daya kedua sumber ini dihasilkan dari satu sumber transformator.

Sensor termokopel bekerja dengan daya 12 Volt sehingga diperlukan IC LM7812 sebagai regulator untuk sensor, sedangkan LM7809 digunakan untuk regulator mikrokontrol. Pemanas SiC menggunakan sumber 220 Volt yang dikendalikan dengan *switch* solid state relay (SSR 220V, 75 A) yang terhubung dengan mikrokontrol[5, 6].



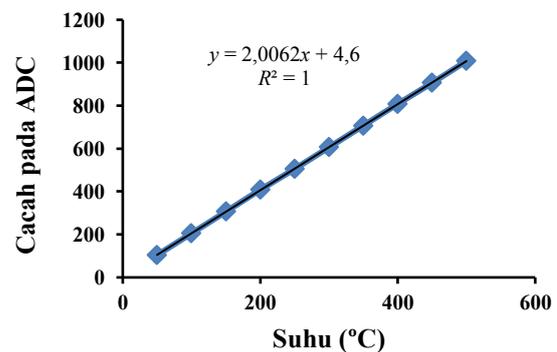
Gambar 2. Sistem catu daya pembangkit sensor termokopel dan mikrokontrol

Hasil pengujian sensor termokopel

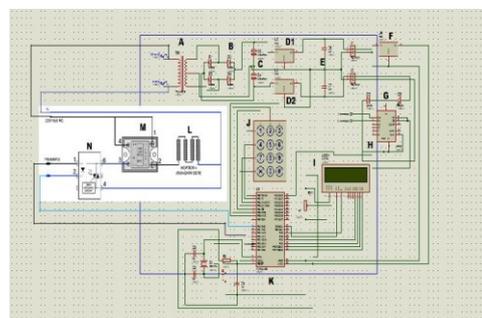
Rangkaian elektronika adalah gabungan dari beberapa komponen yang membentuk sistem untuk menjalankan perangkat elektronika. Dalam hal ini rangkaian pengkondisian sinyal dengan IC AD595 digunakan untuk pengendali dan penguat pada sistem tungku furnace. IC AD595 sendiri akan mengkondisikan dan menguatkan tegangan keluaran dari termokopel, sebelumnya termokopel akan membaca panas yang dihasilkan *heater*. Inti dari IC AD595 ini sebagai penguat tegangan keluaran dari termokopel, sebab tegangan keluaran termokopel sangat kecil sehingga perlu dikuatkan dengan rangkaian pengkondisian sinyal. Setelah dikuatkan oleh IC AD 595 kemudian tegangan tersebut yang berupa analog akan diolah oleh mikrokontroler menjadi data digital melalui ADC dan akan di proses mikrokontroler menjadi data suhu. Penguatan yang dihasilkan oleh rangkaian ini adalah sebesar 10 mV setiap kenaikan suhu 1°C.

Pengujian rangkaian sensor termokopel dilakukan dengan cara membandingkan nilai ADC mikrokontroler terhadap perubahan nilai suhu pada alat ukur termokopel standar. Range perubahan nilai suhu yang dibaca alat ukur termokopel standar yaitu 50°C - 800°C. Hasil pengujian rangkaian sensor termokopel.

Gambar 3 merupakan grafik hasil pengujian rangkaian sensor termokopel, yang diolah menggunakan metode analisis regresi sederhana. Tujuan dari pengolahan data rangkaian sensor termokopel bertujuan untuk mendapatkan karakteristik dan kalibrasi data ADC pada mikrokontrol. Berdasarkan gambar 3, linieritas antara data ADC terhadap perubahan perubahan suhu pada termokopel standar. Hasil ini cukup baik dengan memenuhi persamaan garis $Y(ADC) = 2,0062 T + 4,6$ dan faktor korelasi yang cukup sempurna.



Gambar 3. grafik karakteristik rangkaian sensor termokopel terhadap output ADC dari mikrokontrol ATMEGA 8535



Gambar 4. Skema lengkap rangkaian pengontrolan sistem pemanas pada pembuatan *furnace*.

Gambar 4 merupakan skema rangkaian lengkap dari kontrol *furnace* menggunakan SRR relay dengan mikrocontrol ATMEGA 8535 dengan LCD display 2 x 16.

Pengujian temperatur dan kecepatan perambatan panas pada *furnace*

Pengujian alat secara keseluruhan dilakukan dengan mencoba sistem secara keseluruhan. Pengujian ini dilakukan dengan batas pengukuran antara 50°C sampai 500°C. Hasil pengukuran alat keseluruh ini akan dilihat hasil *setpoint* dengan temperatur sesuai perintah *setpoint*. Hasil pengujian alat secara keseluruhan akan ditunjukkan pada Tabel 1 dan Table 2 dengan arus listrik pada elemen dengan memberi tegangan input sebesar 50 Volt dan 60 volt. Apabila dibandingkan antara Tabel 1 dan Tabel 2 terlihat bahwa pada tegangan elemen pemanas yang besar memberi dampak pada kecepatan kenaikan suhu dalam ruang bakar.

Tabel 1. Hasil pengujian alat secara keseluruhan tegangan 50 V

No.	Suhu Tercapai (°C)	Arus (Ampere)	Waktu (menit)
1	50	9,7	2
2	100	11,1	4
3	150	12,27	5
4	200	12,25	8,5
5	250	12,37	11,5
6	300	12,53	18
7	350	12,62	26
8	400	12,58	41
9	450	12,83	62
10	500	13,28	85

Pengujian penyebaran panas

Data pada hasil pengujian alat secara keseluruhan yang pengujiannya dilakukan dengan membandingkan suhu yang terbaca

Tabel 2. Hasil pengujian alat secara keseluruhan tegangan 60 V

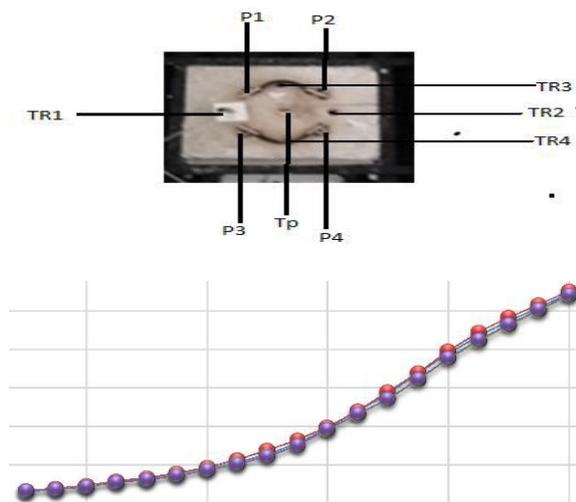
No.	Suhu Tercapai (°C)	Arus (Ampere)	Waktu (menit)
1	50	12,45	2
2	100	13,7	2,5
3	150	14	4
4	200	14,26	5
5	250	14,4	6
6	300	14,3	7,5
7	350	14,4	10
8	400	14,37	14
9	450	14,5	19
10	500	14,47	26

pada sistem dengan suhu dari alat ukur standar, didapatkan hasil yang mendekati sempurna. Hal ini menunjukkan bahwa pengujian termokopel dapat berjalan dengan baik. Gambar 5 merupakan posisi pemanas

dengan kode P dan posisi termokopel dengan kode TR untuk melakukan *monitoring* distribusi penyebaran suhu pada rongga *furnace*. Berdasarkan grafik *monitoring* suhu hingga 500⁰ C terlihat keempat termokopel memiliki temperatur yang hampir sama dan identik. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi penyebaran panas pada jarak yang sama bersifat merata dan homogen, yang menandakan keempat pemanas dapat bekerja dengan efektif.

Dari hasil *monitoring* temperatur pusat dan sisi yang ditunjukkan dalam gambar 5 pada pengukuran temperatur rendah (< 100 C), termokopel pusat (T_P) memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan keempat termokopel pada sisi sisinya. Hal ini terjadi sebaliknya, pada pengukuran suhu tinggi (> 450 C) ketika termokopel pusat T_P telah mencapai suhu 425°C termokopel sisi luar TR-1 sampai dengan TR-4 mendeteksi suhu lebih panas daripada T_P. Dari kedua fenomena tersebut dapat dirumuskan bahwa perambatan panas pada ruang bakar efektif terjadi pada

suhu tinggi atau dibutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan suhu yang merata pada temperatur rendah. Hal ini didukung dengan konsep perambatan yang digambarkan pada grafik gambar 4.



Gambar 5. Monitoring penyebaran panas yang dihasilkan oleh sumber pemanas P1 P2 P3 dan P 4 diukur pada posisi termokopel (TR 1 sampai dengan TR 4)

Distribusi penyebaran panas yang ditunjukkan dalam grafik pada gambar 5 menandakan bahwa penyebaran panas pada ruang bakar tidak bersifat linier. Hal ini menandakan bahwa panas yang dihasilkan oleh sumber panas akan direfleksikan oleh dinding furnace menuju pusat ruang bakar yang berakibat bahwa pada pusat ruang bakar akan memiliki temperatur yang relative lebih tinggi dibandingkan dengan sisi dan dinding furnace.

KESIMPULAN

Telah berhasil dibuat alat pemanas furnace elektrik temperatur tinggi yang dikontrol menggunakan mikrokontroler AVR Atmega 8535 dengan menggunakan pemanas berbagai Silicon Carbide (SiC) dan sensor suhu termokopel tipe-K. Hasil pengujian penyebaran panas pada ruang bakar dengan volume 1,2 liter dengan menggunakan 4 heater pemanas SiC cukup merata dan efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Waltz, R. (2008) *Muffle Furnaces for Temperatur from 200 – 1200 C with Controlled Atmospheres and Vacuum*, International magazine for industrial furnaces, Vol. 6, I. 1, Hal. 34-38.
- [2] Munro. R.G. dan Dapkunas, S. J. (1993) *Corrosion Characteristics of Silicon Carbide and Silicon Nitride*, Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology, Vol. 98, No. 5, Hal. 607-631
- [3] Chaouki S., Iz-Edinne E. A. dan Albizane, A. (2013) *Composition and Refractory Properties of Mixtures of Moroccan Silica-Alumina Geomaterials and Alumina*, New Journal of Glass and Ceramics, No.3, Hal. 59-66.
- [4] Burn, G.W dan Scroger, M.G. (1989) *The Calibration of Thermocouple Materials*, NIST Special publication, Hal. 1–186
- [5] Anoname, 1997, *Philips Semiconductors Product Specification Data Sheet for BC 109, BC 108, BC107 NPN General Purpose Transistors*
- [6] Branley A., *Solid State Relay Application Guide*, Publication 700-AT001A-E,