

RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU TUNGKU KALSINASI KR-260E

Sugeng Rianto¹, Dedy Haryadi¹, Triarjo¹

¹Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir BATAN

Email : sugeng-r@batan.go.id

ABSTRAK - Telah dilakukan rancang bangun sistem kendali suhu tungku kalsinasi KR-260E untuk proses kalsinasi kernel UO_2 . Rancang bangun sistem kendali suhu dilakukan untuk mengganti modul kendali lama yang telah rusak. Modul controller kendali suhu yang digunakan disesuaikan dengan proses kalsinasi kernel UO_2 yaitu dengan sistem pemanasan secara bertahap. Controller mampu menyimpan 30 pola program pemanasan dan tiap program dapat berisi hingga 10 langkah operasi. Uji fungsi sistem kendali suhu tungku kalsinasi KR-260E dilakukan pada kondisi tanpa beban dan dilakukan secara bertahap dengan pertimbangan kondisi pemanas yang baru. Tahapan uji fungsi dilakukan pada suhu 200°C, 300°C, 450°C dan 600°C dengan setting laju pemanasan (*ramp*) 250°C/jam, suhu ditahan selama 1 jam dan *ramp* penurunan 250°C/jam. Pada pemanasan suhu 200°C didapat deviasi suhu 2,7°C, suhu 300°C deviasi suhu 1,3°C, suhu 450°C *overshoot* sebesar 9,8 °C dan deviasi suhu rata-rata 0,2337°C, serta pada suhu 600°C *overshoot* sebesar 10,3 °C dan deviasi suhu rata-rata 5,0453°C. Hasil uji fungsi ini menunjukkan tungku bisa berfungsi untuk operasi kalsinasi kernel UO_2 .

Kata Kunci: rancang bangun, sistem kendali, unit kalsinasi KR-260E.

ABSTRACT- The temperature control system of calcination furnace KR-260E has been design for calcination process UO_2 kernel. The design of the temperature control system is to replace the old damaged control module. The temperature controller of control module used is adjusted to kernel UO_2 calcination proces with a gradual heating system. The controller is capable of storing 30 heating program patterns and each program can contain up to 10 steps of operation. The functional system test of the calcination furnace KR-260E temperature control system is carried out under no load conditions and is carried out gradually with consideration of the new heating conditions. The functional testing stage is at 200°C, 300°C, 450°C and 600°C with a 250°C/hour heating ramp setting, 1 hour temperature soaking and the ramp decreasing to 250°C/hour. The deviation at 200°C deviation is 2,7°C was obtained, at 300°C the temperature deviation is 1.3°C, at 450°C was obtained overshoot is 9.8°C and the mean temperature deviation is 0.2337C, and at 600°C obtained an overshoot is 10,3°C and an average temperature deviation is 5.0453°C. The result of this function test indicates that the furnace can function for kernel UO_2 calcination operation.

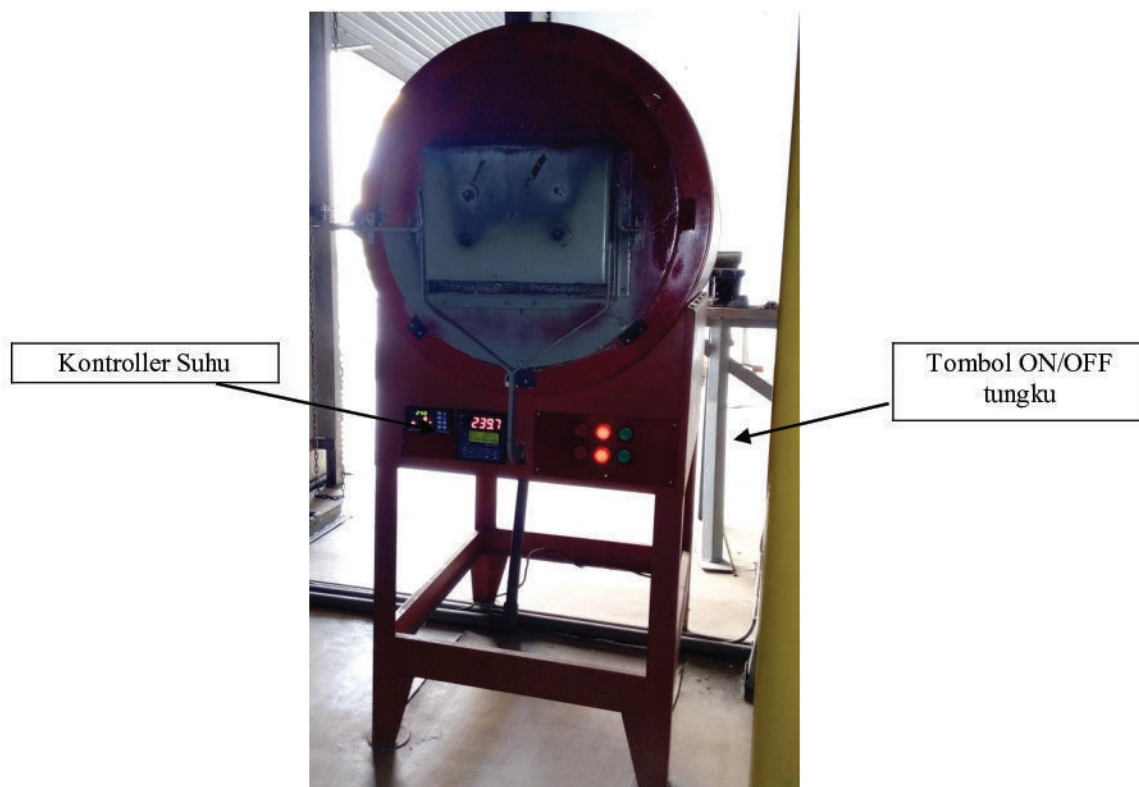
Key words: Design, Control System, Calcination Unit KR-260E.

I. PENDAHULUAN

Tungku kalsinasi tipe KR-260E yang berlokasi di Gedung 07 PTBBN-BATAN, Gambar 1, adalah sebuah sistem pemanas ruang tertutup yang digunakan untuk proses kalsinasi gel ADU U_3O_8 menjadi kernel U_3O_8 dengan kemampuan suhu maksimum 1000°C tegangan 380 volt 3 fase dengan arus maksimum 21 Ampere dan daya maksimum 8 kw. Dimensi ruang dari tungku kalsinasi ini, lebar 26 cm, tinggi 16 cm dan kedalaman 45 cm, sehingga tungku mampu digunakan untuk proses

pemanasan atau kalsinasi dengan jumlah cuplikan sampel yang relatif banyak^[1]. Untuk operasi kalsinasi kernel UO_2 itu sendiri dilakukan pada suhu 400°C dan 600°C

Pada awalnya kendali suhu tungku tersebut menggunakan modul kendali suhu Merk Heraeus yang dikendalikan secara analog baik kendali maupun sistem tampilan suhunya. Dalam perjalanan operasinya, modul kendali suhu tersebut telah rusak sehingga tidak mampu lagi mengendalikan suhu di dalam tungku. Perbaikan terhadap modul tersebut dilakukan dengan modul kendali lain yang mempunyai kemampuan operasi sama atau lebih besar.



Gambar 1. Tungku kalsinasi tipe KR-260E dengan modul kendali suhu yang telah diganti.

Di Gedung 07 PTBBN-BATAN Terdapat 2 (dua) unit tungku kalsinasi model KR-260E. Tungku kalsinasi A berfungsi setelah dilakukan pergantian dan modifikasi sistem pemanasnya^[2], dan dilakukan disain ulang sistem instrumen kontrol suhunya^[3]. Sedangkan untuk tungku kalsinasi B mengalami kerusakan, maka dilakukan rancang bangun sistem kendali suhu tungku kalsinasi, dengan mengacu pada persyaratan dan kemampuan tungku kalsinasi A.

Pada kendali suhu pada unit kalsinasi A digunakan controller tipe TK4M-B4RN yang didukung dengan sistem PLC tipe T100MD2424+ untuk pengaturan kenaikan suhu (*Ramp*) dan penahanan suhunya (*Soaking*) dengan keluaran kendali *heater* menggunakan sakelar semi konduktor SSR (*Solid State Relay*) dengan prinsip kerja ON/OFF^[3].

Sedangkan rancang bangun dalam kegiatan ini dilakukan pada tungku kalsinasi B, digunakan komponen utama berupa controller suhu tipe NP-201. Kelebihan dari controller suhu NP-201 adalah bisa mencakup gabungan dari sistem controller dan PLC yang digunakan pada tungku kalsinasi A, dimana pengendalian suhu dan sistem pola pemanasan tungku menjadi satu dalam controller ini. Controller tipe NP-201 juga mempunyai 30 program pola pemanasan (*pattern*) dengan tiap pemanasan suhu maksimal 10 segmen sehingga bisa dilakukan banyak pola pemanasan pada proses kalsinasi dengan variasi parameter suhunya dan disimpan dalam memori controller ini. Keluaran controller ini adalah arus 4-20 mA yang digunakan untuk mengendalikan thyristor SSR secara linier sehingga didapat pengendalian dengan akurasi lebih tinggi dibandingkan pengendalian secara ON/OFF. Selain itu controller NP-201 mempunyai tingkat presisi tampilan 0,1% dan laju sampling data 250ms^[4]. Kriteria pengendalian suhu dapat berfungsi dengan baik pada operasi kalsinasi kernel UO₂ adalah deviasi suhu yang diizinkan adalah maksimal adalah 5% pada suhu operasi kalsinasi. Kriteria ini sebagai dasar untuk pengujian kendali suhu berfungsi dengan baik atau tidak.

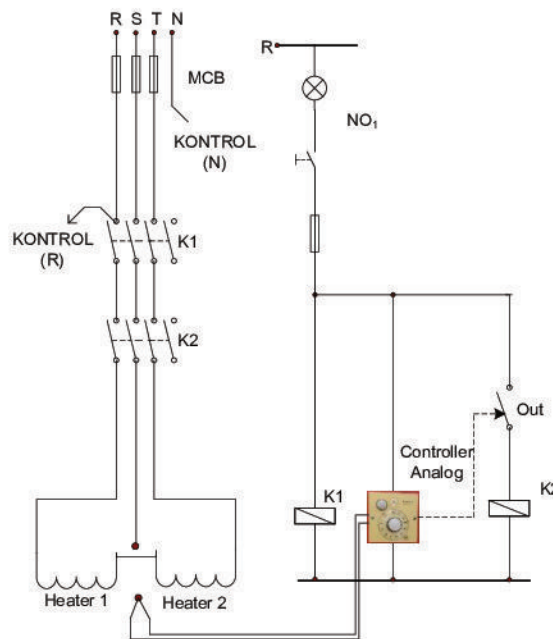
II. TATA KERJA

Rancang bangun sistem kendali suhu dilakukan melalui tahapan proses teknis yang diawali dengan analisis terhadap penyebab tidak berfungsinya sistem tungku. Hasil dari analisis menyimpulkan bahwa modul kendali suhu telah rusak. Tahapan proses teknis berikutnya adalah tahapan dalam rancang bangun sistem kendali tungku dalam rangka memfungsikan kembali sistem tungku kalsinasi KR-260E tersebut.

a. Pertimbangan Teknis

Secara garis besar sistem tungku kalsinasi KR-260E terdiri dari dua bagian. Pertama, sistem pemanas beserta pengaman pintu tungku. Kedua, sistem kendali suhu yaitu sebuah modul kendali temperatur. Tekanan di dalam tungku tidak dikendalikan sehingga akan berubah secara natural mengikuti temperatur dan tekanan udara luar melalui celah dinding yang tidak tertutup rapat, sehingga memang tidak ada komponen pengendalian tekanan dalam sistem tungku ini.

Gambar 2 memperlihatkan rangkaian listrik yang menghubungkan modul kendali dengan sistem pemanas tungku. Rangkaian diperoleh dari *circuit tracing*, karena dokumen sistem tungku tidak menyediakan rangkaian tersebut. Dari analisis yang dilakukan, kerusakan ditemukan pada seluruh sistem rangkaian listrik dan modul kendali suhu yang telah mengalami kerusakan sehingga perlu dilakukan disain ulang atau rancang bangun sistem kendali suhu tungku dengan spesifikasi teknis modul pengganti sesuai dengan kemampuan sistem tungku yang ada.



Gambar 2.

Rangkaian listrik sistem tungku kalsinasi
KR-260E dengan modul kendali lama

Dari pertimbangan teknis tersebut, ditetapkan modul kendali suhu model NP-201 buatan Hanyoung digunakan untuk mengganti modul kendali suhu analog Heraeus yang telah rusak.

b. Spesifikasi Hardware

Tabel 1 adalah perbandingan spesifikasi teknis *hardware* dari dua modul kendali suhu bersangkutan.

Tabel 1. Spesifikasi hardware

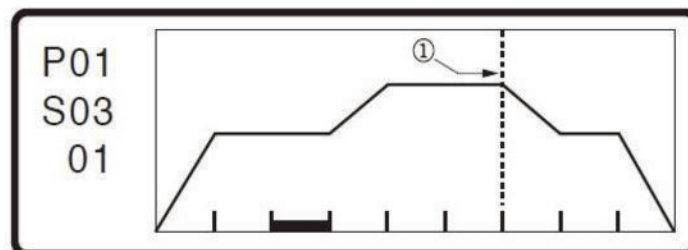
Spesifikasi	Spesifikasi
-------------	-------------

	Lama	Baru
Tegangan	AC 220 Volt	AC 220 Volt
Termokopel	K	K
Kendali	ON/OFF	PID
Output	Relay	Arus 4-20 mA
Actuator	Kontaktor	Thyristor
Interface	Analog	Digital

Dari Tabel 1 tersebut, secara hardware kedua modul telah sesuai sehingga modul baru dapat menggantikan modul lama dengan modifikasi pada sistem kendali yang semula kendali ON/OFF dengan aktuator berupa kontaktor diganti dengan kendali berbasis PID (*Proportional Integral Derivative*) dengan aktuator berupa thyristor SSR sehingga pengendalian suhu lebih presisi dengan deviasi suhu jauh lebih rendah.

c. Spesifikasi Software

Pola kerja modul kendali Hanyoung NP-201 mempunyai fasilitas 30 program (*pattern*) atau pola kerja, dimana tiap program dapat tersusun dari 10 segmen perubahan suhu.

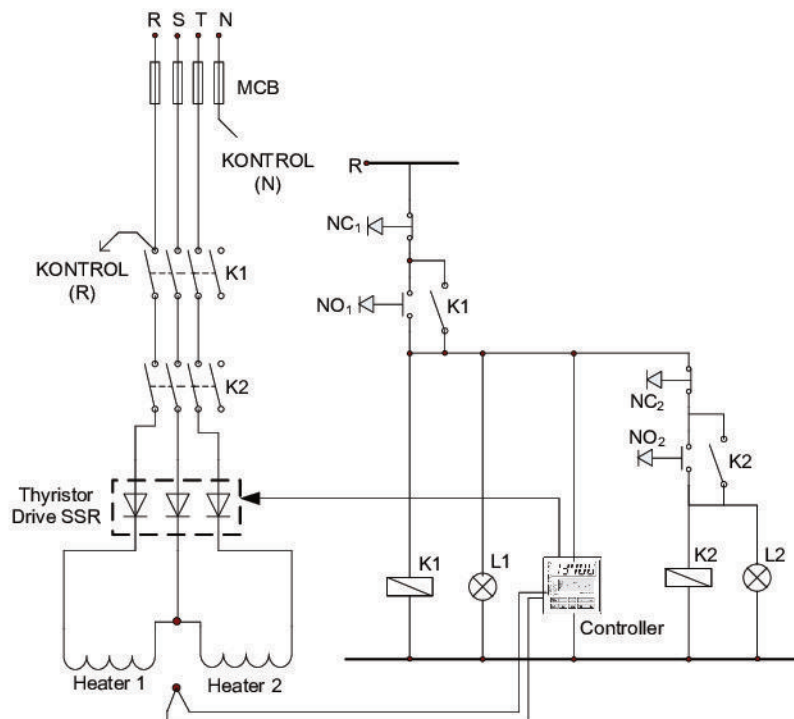


Gambar 3. Pola kerja modul kendali NP-201

Gambar 3 memperlihatkan spesifikasi software modul controller kendali suhu. Pergantian ini memberikan banyak fasilitas pada pola perlakuan suhu pemanasan untuk proses kalsinasi, dimana proses pemanasan dapat dilakukan secara bertahap dengan laju kenaikan pemanasan (*ramp*) dan penahanan waktu pemanasan (*soaking time*) dapat diatur sesuai parameter proses yang diinginkan. Pola program yang lebih dari satu memberikan banyak variasi pola pemanasan yang langsung tersimpan dalam memori controller sehingga waktu setting pola pemanasan pada controller akan jauh lebih singkat.

d. Rangkaian Modul Baru

Rangkaian listrik untuk rancang bangun kendali suhu tungku kalsinasi dengan penggantian modul controller kendali baru dengan penyesuaian fasilitas tungku dan sambungan ke modul kendali. Gambar 4 adalah rangkaian listrik tersebut.



Gambar 4. Rangkaian dengan modul baru.

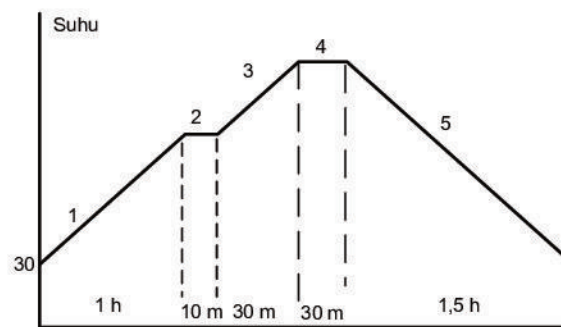
Ada perubahan rangkaian dalam rancang bangun sistem tungku kalsinasi ini, saklar utama tungku diganti dengan tombol tekan NO₁ dan NC₁ untuk menghidupkan kontaktor K₁, controller dan lampu indikator. Tombol tekan ini ditambahkan untuk perbaikan unjuk kerja. Ketika modul controller sedang diberi masukan program (*setting program*), maka hubungan dengan filamen pemanas tungku dilepas untuk mencegah beroperasinya filamen pemanas ketika tungku dalam status setting program. Fasilitas ini tidak tersedia pada modul kendali lama, tetapi ditambahkan pada sistem kendali baru.

Setelah setting program selesai, tombol tekan NO₂ dan NC₂ baru digunakan untuk menghidupkan kontaktor K₂, sehingga sistem terhubung ke filamen pemanas tungku. Rancang bangun yang ditambahkan adalah penambahan sistem thyristor SSR

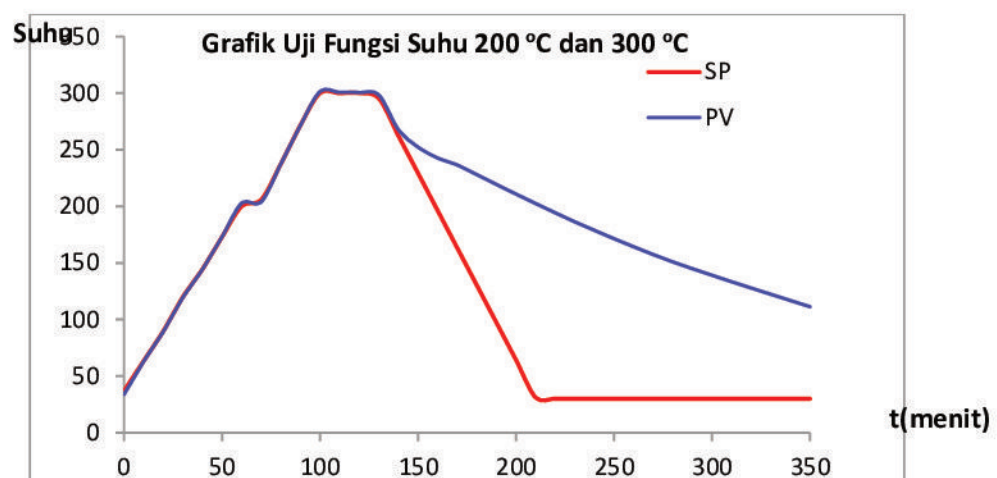
(*Solid State Relay*) yang dikendalikan oleh controller. Algoritma PID pada controller NS-201 digunakan dengan masukan adalah sinyal termokopel tipe-K dan keluaran adalah arus 4-20 mA yang digunakan untuk mengendalikan (*driver*) bukaan thyristor SSR secara linier dari 0 -100 %. Sehingga dengan pengendalian ini suhu tungku bisa lebih akurat dengan nilai laju kenaikan pemanasan tungku (*ramp*) bisa diatur sesuai dengan sampel yang akan di lakukan proses kalsinasi.

III. HASIL DAN BAHASAN

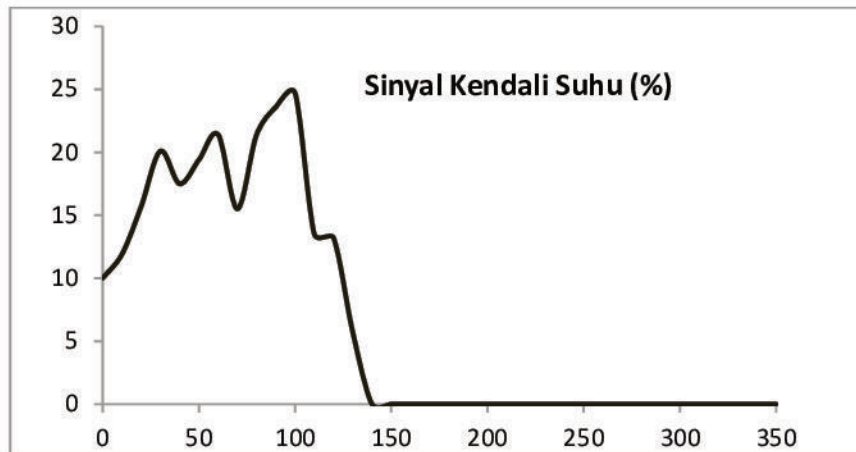
Sistem tungku hasil rancang bangun dengan modul controller kendali baru tersebut telah diujicoba dan berhasil sesuai dengan kondisi operasi yang diinginkan. Gambar 5 adalah pola pengujian awal untuk 5 step/langkah pengujian dari suhu 200 °C kemudian dinaikan menjadi suhu 300 °C. Ramp kenaikan dan penurunan suhu 200°C/jam. Hasil uji coba tersebut, yang menggunakan 5 langkah dengan sketsa pola yang diinginkan dan dimasukkan sebagai program ke modul kendali suhu. Gambar 6 merupakan hasil dari pengujian suhu 200 °C dan 300 °C.



Gambar 5. Pola pengujian awal suhu 200°C dan 300°C



Gambar 6 hasil pengujian tungku kalsinasi suhu 200°C dan 300°C

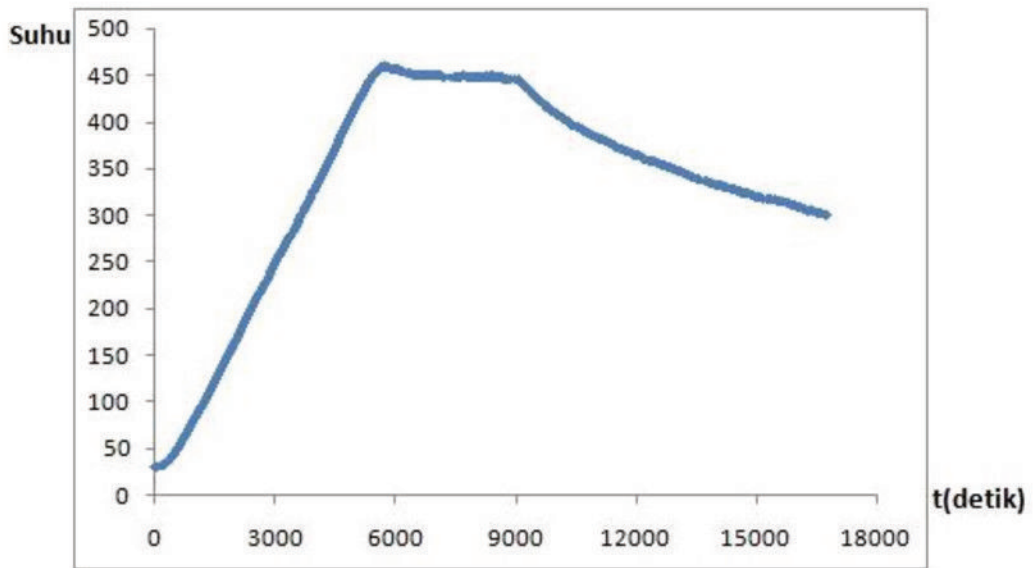


Gambar 7. Grafik kendali suhu pengujian 200°C dan 300°C

Dari gambar 6, pada saat kenaikan suhu hingga penahanan suhu nilai tampilan suhu ($PV=Process Value$) suhu mengikuti setting controller ($SP=Setting Point$). Ketika proses penurunan suhu, pada suhu 262,3 °C kendali controller sudah 0% artinya penurunan suhu terjadi secara alami. Ketika proses kenaikan suhu baik suhu 200 °C maupun 300 °C didapat kesalahan antara SP dan PV adalah 1,09 °C atau 1,04%. Nilai kesalahan ini cukup baik untuk proses pengendalian suhu ini. Untuk proses penahanan suhu pemanasan pada suhu 200°C didapat deviasi suhu 2,7°C atau 1,35%, dan pada suhu 300°C didapat deviasi suhu 1,3°C atau 0,43%.

Gambar 7 menunjukkan grafik kendali suhu sinyal keluaran controller dengan menggunakan algoritma PID. Sinyal keluaran dalam % dikonversi menjadi besarnya arus yang digunakan untuk mengendalikan thyristor. Dari grafik gambar 7 dapat dilihat % kendali maksimum adalah 24,7 % pada suhu 300°C. Artinya kekuatan heater untuk suhu 300°C baru mencapai 24,7% dari kekuatan heater secara keseluruhan.

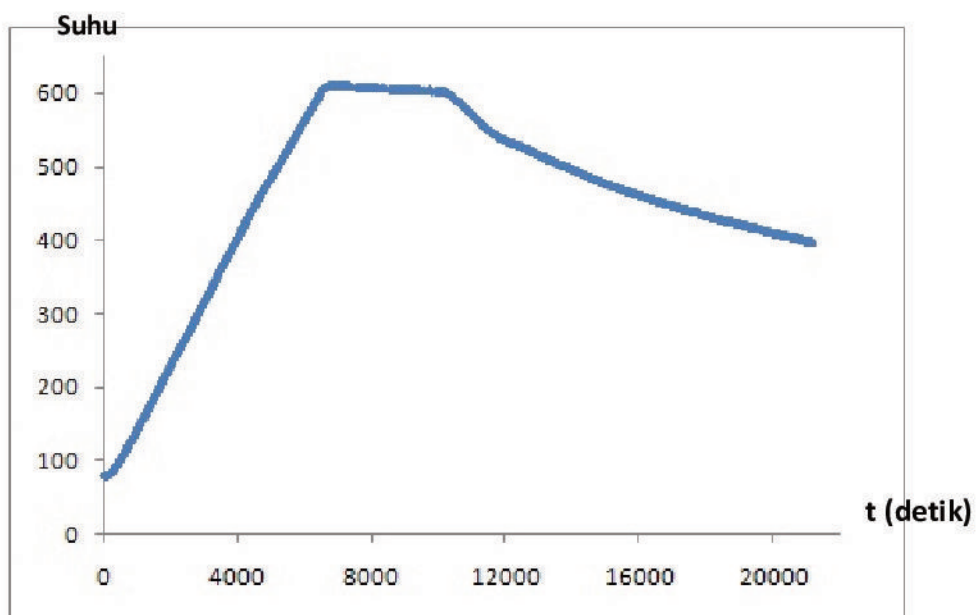
Tahapan uji fungsi berikutnya adalah setting suhu dinaikan menjadi 450°C dan 600°C dengan laju pemanasan (*ramp*) 250°C/jam. Pengujian pada kedua suhu ini data pengukuran suhu langsung ditampilkan pada komputer dengan sampling 1 detik menggunakan sistem akuisisi data (*data logging*). Gambar 8 menunjukkan hasil uji fungsi suhu 450 °C.



Gambar 8. hasil pengujian tungku kalsinasi suhu 450°C

Pengujian pada suhu 450°C dengan laju kenaikan suhu 250°C/jam dan suhu 450 °C ditahan selama 1 jam. Hasil yang diperoleh pada suhu 450°C didapat *overshoot* pada kenaikan suhu (*ramp*) sebesar 9,8°C atau 2,18% dan deviasi suhu rata-rata 0,2337°C atau 0,05%

Gambar 9 menunjukkan hasil uji fungsi suhu 600°C dengan laju kenaikan suhu 250°C/jam dan suhu 600 °C ditahan selama 1 jam. pada suhu 600°C didapat *overshoot* sebesar 10,3 °C atau 1,72% dan deviasi suhu rata-rata 5,0453°C atau 0,84%.



Gambar 9 hasil pengujian tungku kalsinasi suhu 600°C

Pengujian suhu 450°C dilakukan selama 4 jam 40 menit, sedangkan untuk pengujian suhu 600 °C dilakukan selama 5 jam 53 menit. Dari kedua pengujian ini terlihat kesalahan *overshoot* rata-rata sebesar 1,95%, sedangkan untuk pengendalian ketika suhu tercapai, kesalahan rata-rata 0,445%. Selama waktu penahanan tungku ini (*soaking time*) pengendalian tungku relatif stabil, dan gangguan (*disturbance*) terutama *noise* selama operasi pengendalian tungku dalam interval waktu tersebut dapat dikatakan kecil sekali, hali ini diperoleh dengan mengganti kabel logam perpanjangan termokopel untuk type K yang dibungkus logam shielding.

IV. KESIMPULAN

Telah dilakukan rancang bangun sistem kendali suhu tungku kalsinasi KR-260E untuk proses kalsinasi kernel UO₂ dengan mengganti modul kendali lama yang rusak. Pengujian rancang bangun kendali dilakukan dengan menghidupkan tungku dengan pengujian secara bertahap yaitu pada suhu 200°C, 300°C, 450°C dan 600°C yang sesuai dengan suhu kalsinasi bahan kernel UO₂.

Secara keseluruhan untuk pengujian hasil rancang bangun kendali suhu tungku kalsinasi pada tahapan suhu diatas memperlihatkan respon kinerja yang baik dengan tidak terjadi kegagalan atau terhentinya proses pengendalian tungku yang disebabkan oleh kerusakan sistem. Nilai deviasi suhu pada saat pengendalian ada pada kisaran 1% menunjukkan pengendalian suhu berfungsi baik guna operasi kalsinasi kernel UO₂.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Noname, *Operating Instruction Chamber Furnance Model KR E, With Electronics Controller*,Heraeus, 1992.
- [2]. Triyono, *Modifikasi Sistem Pemanas Pada Unit Kalsinasi*, Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir, PTAPB BATAN, 2012
- [3]. Triyono, *Rancang Bangun Sistem Instrumen Kontrol Unit Kalsinasi KR-260E*, Pengelolaan Perangkat Nuklir, PSTA-BATAN, 2016
- [4]. Noname, *Instruction Manual NP-200 Programmable Controller*, Hanyoung, 2016.
- [5]. Achmad Suntoro, *Modifikasi Modul Kendali Suhu Tungku Perlakuakn Panas N-41/H*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Nasional Rekayasa Perangkat Nuklir Serpong, 20 Nopember 2007.

- [6]. Qyvind Wilson, *Modeling and control of calcination furnace*, Master of Science in Cybernetics and Robotics Department of Engineering Cybernetics Norwegian University of Science and Technology, 2017