

LAPORAN KERJA PRAKTIK
PEMODELAN SISTEM PADA TUNGKU PEMANAS DAN
SIMULASI MODEL *HEATING* PADA SUHU 1000°C DI
***ELECTRIC KILN* MENGGUNAKAN MATLAB**
DI BALAI BESAR KERAMIK
Periode 29 Agustus – 30 September 2016



Oleh :
NUGROHO WISNU MURTI **1108110008**

Pembimbing Akademik
M. RAMDLAN KIROM, S.Si., M.Si.
(NIP : 99620166-1)

PRODI S1 TEKNIK FISIKA FAKULTAS
TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS TELKOM
2016

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMODELAN SISTEM PADA TUNGKU PEMANAS DAN
SIMULASI MODEL *HEATING* PADA SUHU 1000°C DI
ELECTRIC KILN MENGGUNAKAN MATLAB**

BALAI BESAR BANDUNG

Periode 29 Agustus – 30 September 2016

Oleh :

NUGROHO WISNU MURTI

1108110008

Mengetahui,

Pembimbing Akademik

Pembimbing Lapangan

M. Ramdlan Kirom, S. Si., M. Si.

NIP 99620166-1

DR. Handoko Setyo

Kuncoro, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D.

NIP 197412122002121002

ABSTRAK

Pembakaran keramik merupakan salah satu proses vital pada pembuatan keramik yang menentukan hasil akhir dari keramik yang diproduksi. Pembakaran dilakukan di dalam tungku pemanas elektrik. Sistem yang digunakan merupakan sistem On/Off yang melibatkan berbagai komponen pendukung, seperti *Solid State Relay* (SSR), *thermocouple* sebagai sensor suhu, mikrokontroler sebagai pengendali pusat. Pemodelan sistem menghasilkan input berupa *setpoint* temperatur, SSR sebagai aktuator, mikrokontroler, dan tungku pemanas sebagai tempat terjadinya sistem, dan output berupa temperatur yang terukur. *Setpoint* temperatur yang diberikan yaitu 1200 °C sesuai dengan ketahanan komponen. Kemudian dibuat simulasi menggunakan Matlab yaitu simulasi sistem *heating* pada *electric kiln* pada suhu 1000° C yang menghasilkan grafik hubungan antara temperatur dan waktu dengan *hysteresis* sebesar 100. Berdasarkan simulasi diperoleh bahwa untuk mencapai suhu 1000° C dibutuhkan waktu selama 5100 detik atau 85 menit.

Kata kunci: tungku pemanas, *thermocouple*, SSR.

DAFTAR ISI

LAPORAN KERJA PRAKTIK	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
A B S T R A K	iii
KATA PENGANTAR	v
BAB I PENDAHULUAN	6
1.1 Latar Belakang Penugasan	6
1.2 Lingkup Penugasan	7
1.3 Target Pemecahan Masalah	7
1.4 Metode Pelaksanaan Tugas/Pemecahan Masalah	7
1.5 Rencana dan Penjadwalan Kerja	7
1.6 Ringkasan Sistematika Laporan	8
BAB II PROFIL INSTANSI	8
2.1 Profil Instansi	9
2.2 Struktur Organisasi Instansi/Perusahaan	10
2.3 Lokasi/Unit Pelaksanaan Kerja	10
BAB III KEGIATAN KP DAN PEMBAHASAN KRITIS	11
3.1 Skematik Umum Sistem Yang Terkait Kerja Praktek	11
3.4. Skematik dan Prinsip Kerja Sub-Sistem Yang Dihasilkan	15
BAB IV SIMPULAN DAN SARAN	21
6.1 Simpulan	21
6.2 S a r a n	21
Lampiran A - Copy Surat Lamaran ke Perusahaan/Instansi	23
Lampiran B - Copy Balasan Surat Lamaran dari Perusahaan/Instansi	24
Lampiran C - Lembar Penilaian Pembimbing Lapangan dari Perusahaan/Instansi	25
Lampiran D - Lembar Berita Acara Presentasi dan Penilaian Pembimbing Akademik	26
Lampiran E - Logbook	27

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat serta kasih sayangNya sehingga kerja praktik dan laporan kerja praktik ini dapat terselesaikan dengan baik. Penyusunan laporan Kerja Praktik dengan judul “Pemodelan Sistem pada Tungku Pemanas dan Simulasi Model *Heating* pada suhu 1000 °C di *Electric Kiln* Menggunakan Matlab“ disusun dalam rangka memenuhi kewajiban untuk mendapatkan gelar S1 Teknik Fisika di Universitas Telkom.

Penulis menyadari bahwa selama Kerja Praktik hingga tersusunnya laporan ini melibatkan berbagai pihak yang telah mendukung penulis hingga akhirnya laporan dapat terselesaikan. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas limpahan berkah dan kasih sayangNya sehingga penulis dapat menyelesaikan proses Kerja Praktik ini.
2. Kedua orangtua penulis yang telah memberikan dukungan moril maupun materiil sehingga proses Kerja Praktik ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak M. Ramdhan Kirom, S.Si., M.Si. selaku Kaprodi S1 Teknik Fisika, dosen wali, sekaligus dosen pembimbing Kerja Praktik atas bimbingan dan dukungan kepada penulis sehingga Kerja Praktik dapat selesai.
4. Bapak DR. Handoko Setyo Kuncoro, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D. selaku pembimbing lapangan di Balai Besar Keramik yang telah memberikan arahan serta bimbingan sehingga dapat membantu proses Kerja Praktik selama di Balai Besar Keramik.
5. Bapak-bapak dan Ibu-ibu karyawan Balai Besar Keramik yang telah membantu penulis selama melakukan Kerja Praktik di Balai Besar Keramik.
6. Semua pihak yang telah membantu penulis sehingga proses Kerja Praktik dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa pembuatan laporan Kerja Praktik ini masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca demi perkembangan laporan yang lebih baik. Akhir kata semoga dengan adanya laporan Kerja Praktik ini dapat memberikan manfaat kepada penulis serta pembaca.

Bandung, 30 September 2016

Penulis

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penugasan

Kerja Praktek merupakan salah satu mata kuliah wajib dalam rangka memenuhi syarat mendapatkan gelar S1 Teknik Fisika. Kerja Praktek dilakukan pada perusahaan-perusahaan yang disesuaikan dengan bidang keahlian mahasiswa seperti Instrumentasi, Material, Akustik, dan Manajemen Energi. Salah satu bidang keahlian yaitu Instrumentasi dapat melakukan Kerja Praktek pada berbagai macam perusahaan karena industri maupun teknologi erat kaitannya dengan instrumentasi. Salah satu perusahaan yang memungkinkan keahlian instrumentasi agar tersalurkan yaitu Balai Besar Keramik.

Balai Besar Keramik bukan hanya lembaga bidang teknologi keramik, namun juga menyediakan jasa layanan teknis litbang, Pelatihan, Pengujian, Konsultasi, Standardisasi, Sertifikasi, Perencanaan, Jasa Penelitian dan Pengembangan. Kaitannya dengan pengembangan dan pembuatan keramik pada lembaga ini, tentunya diperlukan pengembangan dari teknologi yang telah digunakan sebelumnya agar hasil produksi yang diperoleh semakin berkualitas.

Kualitas dari keramik yang dihasilkan selain bergantung pada bahan baku pembuatan juga dipengaruhi oleh proses pembuatannya. Salah satu proses pembuatan keramik yang dianggap vital yaitu proses pembakaran keramik, karena pada proses ini akan terlihat mana keramik yang bagus dan tidak. Berbagai komponen pembakaran keramik yang tersedia di Balai Besar Keramik memungkinkan dapat dihasilkannya keramik berkualitas tinggi. Akan tetapi berbagai instrumen yang mendukung tersebut sebaiknya dilakukan simulasi dan pemodelan sebelum diverifikasi dengan pengukuran sebenarnya.

Simulasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan *software* Scilab maupun Matlab yang akan digunakan untuk pemodelan pada tungku pembakaran dan model *Heating and Cooling* pada sistem pembakaran elektrik. Pemodelan On/Off pada tungku pemanas ini digunakan untuk memberikan pemodelan terkait diagram blok sistem dan diagram alir sistem yang digunakan pada tungku pemanas. Pemodelan sistem ini membahas komponen-komponen yang diperlukan pada sistem pemanas seperti *Solid State Relay* (SSR) dan Mikrokontroler.

Simulasi dilakukan pada model *Heating* pada sistem pembakaran elektrik yang melibatkan *Solid State Relay* (SSR) juga. Simulasi ini menggunakan Matlab. Simulasi dilakukan untuk memperkirakan kondisi sistem dengan menggunakan fungsi transfer.

Diharapkan dengan adanya kerja praktik ini dapat memberikan pengalaman dan ilmu terkait sistem instrumentasi pada tungku pemanas terhadap penulis.

1.2 Lingkup Penugasan

- a. Bagaimana merancang pemodelan sistem kontrol On/Off pada tungku pemanas.
- b. Bagaimana merancang dan membuat simulasi *Heating* pada sistem pembakaran elektrik.

1.3 Target Pemecahan Masalah

- a. Merancang pemodelan sistem kontrol On/Off pada tungku pemanas.
- b. Merancang dan membuat simulasi *Heating* pada sistem pembakaran elektrik.

1.4 Metode Pelaksanaan Tugas/Pemecahan Masalah

- a. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan tujuan memperoleh dan memahami data, teori yang diperoleh yang berkaitan dengan perancangan penelitian melalui buku, jurnal, publikasi dan referensi yang relevan.

- b. Perancangan dan Realisasi Sistem

Proses perancangan sistem dan melakukan integrasi perangkat sehingga dapat diimplementasikan sesuai dengan kriteria yang dibutuhkan.

- c. Pengujian dan Eksperimen

Melakukan analisa dari hasil yang didapatkan. Pengujian dilakukan dengan cara eksperimen sesuai dengan parameter yang ditentukan, batasan masalah serta data yang dibutuhkan.

1.5 Rencana dan Penjadwalan Kerja

Rincian Kegiatan	September 2016				
	Minggu I	Minggu II	Minggu III	Minggu IV	Minggu V

Pengenalan profil perusahaan					
Pengolahan data dan pembuatan kurva menggunakan Scilab					
Pemodelan sistem tungku pemanas					
Simulasi dan pemodelan <i>Heating and Cooling</i>					
Penyusunan Laporan					

1.6 Ringkasan Sistematika Laporan

BAB I PENDAHULUAN

Berisi mengenai latar belakang kerja praktik dan penugasan. Batasan penugasan dan tujuan dari penugasan juga tercantum dalam bab ini. Juga *timeline* kerja dari kerja praktik selama di Balai Besar Keramik.

BAB II PROFIL INSTANSI

Berisi mengenai profil Balai Besar Keramik, seperti sejarah berdirinya lembaga ini, fungsi, dan tugas. Tercantum pula struktur organisasi lembaga ini.

BAB III KEGIATAN KP DAN PEMBAHASAN

Membahas terkait sistem kerja praktik yang telah dilakukan secara umum. Juga membahas pemecahan masalah dari penugasan yang telah dilakukan pada kerja praktik.

BAB IV SIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari kerja praktik yang telah dijalani.

BAB II PROFIL INSTANSI

2.1 Profil Instansi

Balai Besar Keramik adalah suatu lembaga teknis di bawah Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, Kementerian Perindustrian. Teknologi pembuatan keramik di Indonesia pun mulai berkembang dengan didirikannya Laboratorium Keramik atau “Het Keramische Laboratorium” pada tahun 1922 di Bandung. [1] Fungsi utama dari laboratorium ini yakni sebagai pusat penelitian bahan bangunan seperti bata, genteng, saluran air, dan sebagainya yang terbuat dari tanah liat. Selain itu pula laboratorium ini mengembangkan teknologi glasir untuk barang gerabah halus yang disebut dengan “aardewerk” yang didatangkan dari Belanda.

Laboratorium Keramik ini kemudian diubah namanya ketika tentara Jepang masuk ke Indonesia menjadi “Toki Shinkenjo”. Fungsinya pun semakin berkembang yaitu sebagai balai penelitian yang meneliti dan mengembangkan serta memproduksi barang-barang keramik dengan suhu bahan bakar tinggi. Barang-barangnya diantaranya yaitu bata tahan api, botol sake, dan sebagainya. Barang-barang tersebut dibuat untuk keperluan tentara Jepang di Indonesia.

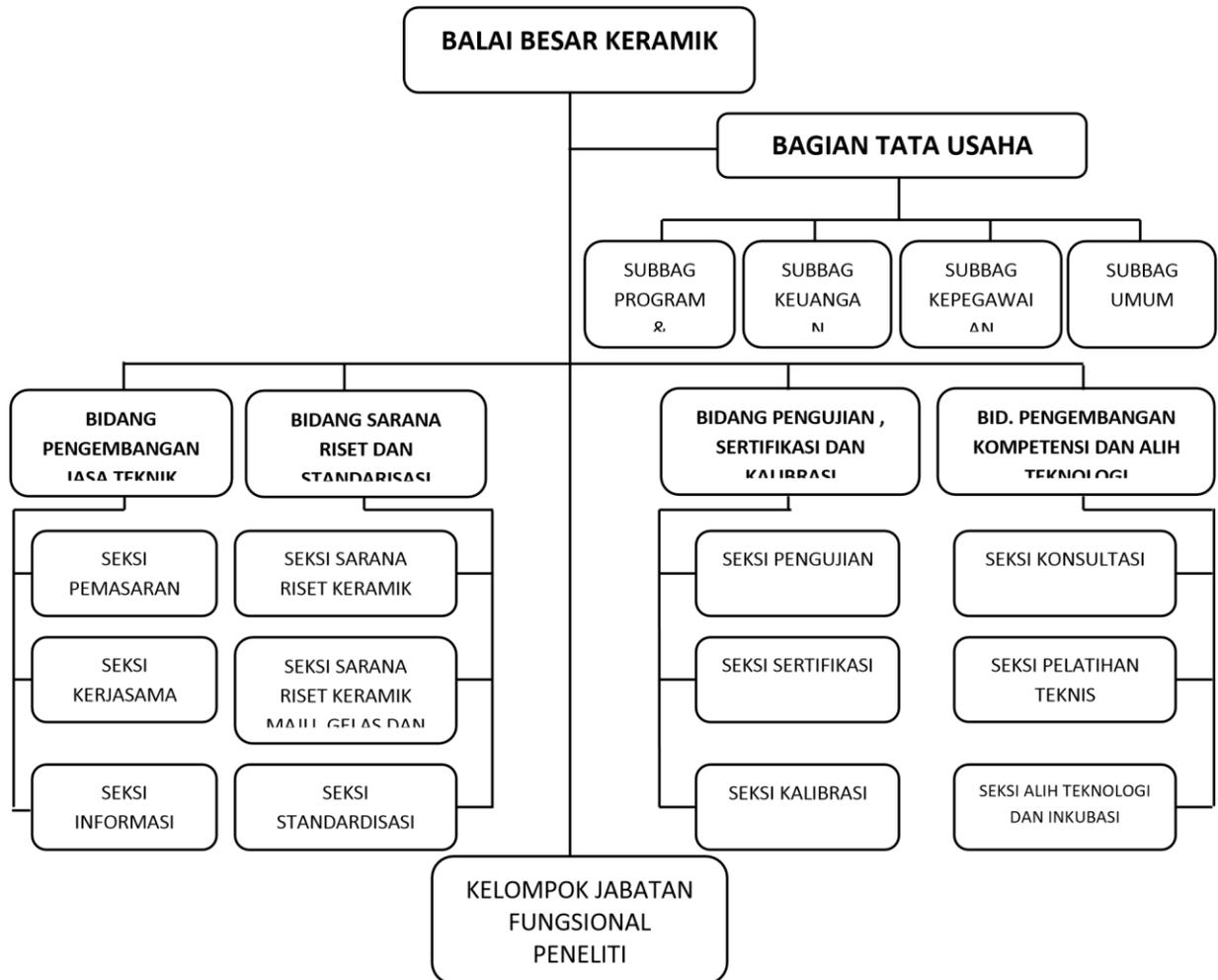
Kemudian pada tahun 1960 setelah pemerintah kembali direbut oleh pemerintah Republik Indonesia, maka nama laboratorium ini diubah menjadi Balai Penelitian Keramik yang menghasilkan bermacam-macam produk seperti produk gerabah, porselen, benda hias, dan sebagainya. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya pabrik-pabrik keramik yang didirikan pada saat itu. Namun pada tahun 2006 lembaga ini direorganisasi dan namanya berubah menjadi Balai Besar Keramik.

Sebagai lembaga profesional di bidang teknologi keramik, Balai Besar Keramik menyediakan jasa layanan teknis litbang, Pelatihan, Pengujian, Konsultasi, Standardisasi, Sertifikasi, Perekayasaan, Jasa Penelitian dan Pengembangan. Jasa Penelitian dan Pengembangan pada lembaga ini bersifat terapan dalam ruang lingkup penelitian bahan baku dan bahan pembantu serta pembuatan berbagai macam keramik, pemberian glasir, pembuatan batu bata, refraktori, genteng sehingga dapat dikembangkan produknya.

Pelatihan yang diadakan oleh Balai Besar Keramik meliputi Penyiapan Bahan Baku, Pembuatan Model dan Cetakan, Teknologi Keramik Hias jenis Porselen, Stoneware, dan Gerabah, Teknologi Bata dan Genteng, teknologi Produksi Refraktori, Teknologi Produksi Gelas, Cara Pengoperasian Tungku, Teknologi Produksi Ubin Keramik, Pengujian Bahan dan Produk Keramik, Pengoperasian Alat Produksi, dan Pelatihan Pengujian Produk Kaca. Sedangkan jasa Pengujian pada lembaga ini diantaranya Pengujian Kimia, Kaca dan Gelas, Pengujian Ubin, Genteng, pengujian Refraktori, Bahan Baku, Mikro Struktur, dan laboratorium lainnya.

Dalam mengembangkan industri keramik Balai Besar Keramik meningkatkan mutu standar keramik dengan menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI). Hal ini dilakukan agar produk-produk yang dibuat dan diedarkan di pasaran telah teruji karena memiliki sertifikat berdasarkan standar an syaratsyarat mutu yang telah ditetapkan Balai Besar Keramik.

2.2 Struktur Organisasi Instansi/Perusahaan



2.3 Lokasi/Unit Pelaksanaan Kerja

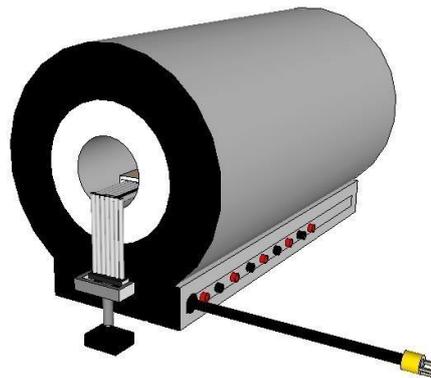
Unit Pelaksana Teknis Balai Besar Keramik ini yaitu Jl. Jend. Ahmad Yani No. 392, Bandung, Jawa Barat, 40272. Telp.: 022-7206221 dan 7206296.

BAB III KEGIATAN KP DAN PEMBAHASAN KRITIS

3.1 Skematik Umum Sistem Yang Terkait Kerja Praktek

Sistem umum yang dikerjakan pada kerja praktik ini meliputi pemodelan sistem dan simulasi. Sistem merupakan kumpulan obyek yang saling berinteraksi dan bekerjasama untuk mencapai tujuan logis dalam suatu lingkungan yang kompleks. Obyek yang menjadi komponen dari sistem dapat berupa obyek terkecil dan bisa juga berupa sub sistem yang lebih kecil lagi. Sedangkan pemodelan merupakan suatu langkah awal yang dilakukan untuk pembuatan suatu rekayasa dari sebuah sistem yang akan disimulasikan. Dalam pemodelan ini diperlukan beberapa tahap seperti penetapan variabel yang terlibat, spesifikasi terhadap model, dan kalibrasi model.

Sistem dikerjakan pada sebuah tungku pemanas yang akan digunakan untuk pembakaran keramik. Ilustrasi tungku pemanas yang digunakan digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3.1. Tungku Pemanas

Parameter tungku pemanas pada sistem adalah sebagai berikut. Tabel 3.1. Parameter tungku pemanas

Dimensi	55 x 22.6 x 34.5 cm
Temperatur Maksimum	1200 °C

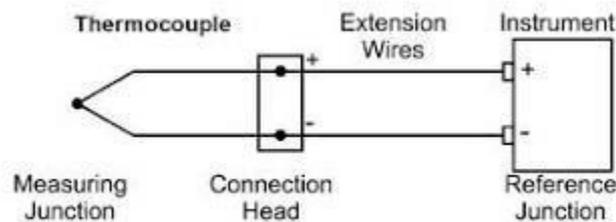
Untuk mengontrol tungku pemanas dibutuhkan komponen lain yaitu sensor untuk mengukur temperatur dan elemen regulator. Sensor yang digunakan pada pembuatan simulasi dan pemodelan ini yaitu termokopel dan sebagai elemen regulator yaitu *Solid State Relay* (SSR). Semua komponen-komponen tersebut akan dibahas selanjutnya.

- a. Pemodelan sistem yang dikerjakan pada kerja praktik ini adalah pemodelan sistem On/Off pada tungku pemanas. Pada sistem pembakaran keramik,

dibutuhkan perangkat yang dapat mengontrol suhu agar sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan. Perangkat yang sering digunakan ini yaitu *Thermocontroller*. Perangkat ini digunakan sebagai mikrokontroler yang mengendalikan sistem kontrol. Dalam mengontrol suhu pembakaran, perangkat ini membutuhkan berbagai komponen-komponen yang menunjang proses pembakaran agar hasil pembakaran maksimal. Komponen-komponen pada proses pembakaran ini akan dijelaskan lebih rinci sebagai berikut.

3.1. *Thermocouple*

Merupakan transduser elektronik yang tersusun oleh dua buah batang logam yang ujungnya disatukan. Apabila kedua ujung tersebut disatukan dan kemudian dipanaskan maka akan menghasilkan tegangan. Tegangan yang dihasilkan tersebut akan berbanding lurus dengan kenaikan suhu.



Gambar 3.2. Termokopel [2]

Termokopel terdiri dari dua jenis kawat logam konduktor yang digabung di ujungnya sebagai ujung pengukuran. Konduktor ini kemudian akan mengalami gradiasi suhu dan dari perbedaan suhu antara ujung pengukuran dengan ujung kedua kawat logam konduktor yang terpisah akan menghasilkan tegangan listrik. Hal ini disebut dengan efek termoelektrik.

Prinsip kerja dari *thermocouple* ini yaitu mengubah besaran fisis yang berupa suhu yang merupakan hasil pembacaan dari *furnace* menjadi besaran elektris yang berupa tegangan. [3] Tegangan ini yang akan diolah oleh fuji mikrokontroler sehingga dapat mengontrol output sesuai dengan fungsinya.

Ada berbagai macam jenis termokopel, tergantung aplikasi penggunaannya. Berikut merupakan beberapa jenis termokopel.

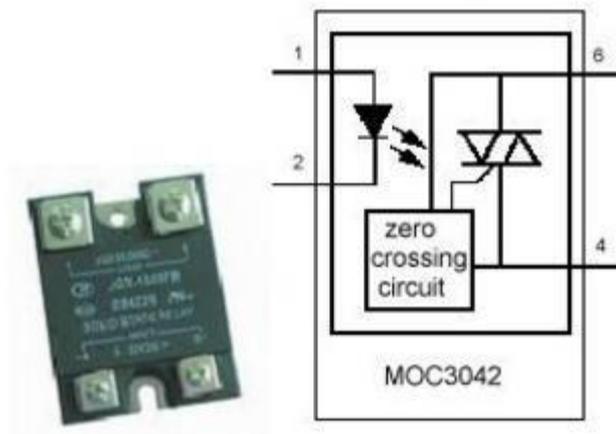
Tabel 3.2. Perbandingan jenis-jenis *Thermocouple* [3]

Tipe	Rentang Temperatur	Material
K	-200 °C sampai 1250°C	<i>Chromel-Alumel</i>
J	-4°C sampai 750°C	<i>Iron-Constantan</i>

E	-50°C sampai 740°C	<i>Chromel-Constantan</i>
T	-200°C sampai 350°C	<i>Copper-Constantan</i>

3.2. Solid State Relay (SSR)

Solid State Relay (SSR) merupakan relay yang berbeda dari relay pada umumnya. Relay jenis ini digunakan untuk *switching* daya yang besar. Jika pada umumnya relay memiliki bagian mekanis yang bergerak maka pada SSR tidak ada. Bagian utama dari SSR ada tiga yaitu sensor sebagai sinyal input kontrol, *switch load*, dan bagian ketiga yaitu *electrically insulated*. [4] Prinsip kerjanya yaitu diode *photo sensitive* akan aktif dengan menggunakan sinar dari sebuah LED. Ketika terjadi beda potensial antara kaki 1 dan kaki 2 maka LED akan menyala. Dengan demikian maka diode *photo sensitive* akan aktif dan terjadi kontak antar kaki 4 dan kaki 6.



Gambar 3.3. Solid State Relay (SSR) [5]

Output dari SSR berupa tegangan DC sehingga belum dapat digunakan untuk mengontrol suhu *furnace* sesuai dengan yang diinginkan. Untuk mengatasi hal tersebut maka ditambahkan sebuah kontaktor yang akan menghubungkannya dengan SSR. Keuntungan dari SSR yaitu lebih cepat daripada relay elektromekanik lainnya.

3.3. Kontaktor

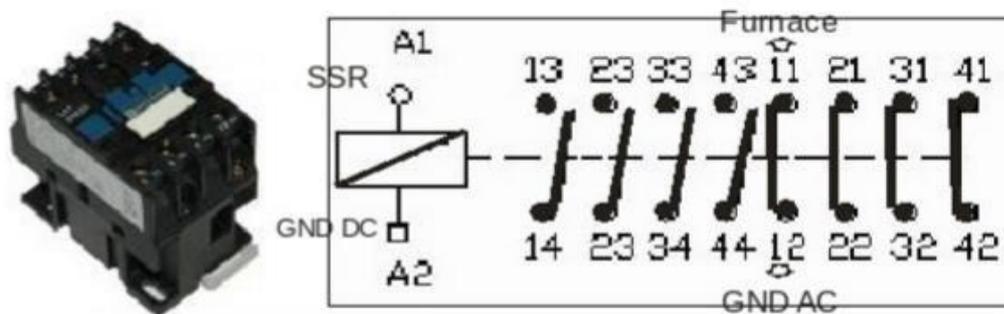
Kontaktor dan relay pada umumnya sama saja, yaitu fungsinya untuk menghubungkan dan melepaskan dengan sarana koil. Kontaktor umumnya digunakan untuk aplikasi berat hingga ratusan ampere. Pada kontaktor, selain terdapat fungsi kontak utama juga terdapat kontak bantu dengan kemampuan lebih kecil dari kontak utama. Pada kontaktor juga terbagi menjadi NO dan NC namun dalam pengontrolan *furnace* biasanya digunakan jenis NC karena bermanfaat untuk mengurangi kebisingan. Kaki kontaktor yang digunakan yaitu kaki A1 terhubung pada SSR, kaki 2

terhubung pada *ground* DC, kaki 11 terhubung ke tegangan AC, dan kaki 12 terhubung ke *furnace*.

Secara umum proses kerja dari sistem pemanas ini yaitu output dari termokontroler sebagai mikrokontroler ini yang hanya memiliki arus sebesar kurang lebih 20mA sehingga tidak mungkin output termokontroler dapat langsung mengendalikan tungku pemanas. Oleh karena itu dibutuhkan dua komponen tambahan yaitu SSR dan kontaktor. SSR berfungsi untuk mengubah output dari termokontroler yang hanya 20mA menjadi tegangan yang mampu mengaktifkan kontaktor. Kontaktor berfungsi untuk mengubah output dari SSR yang berupa tegangan DC menjadi output tegangan AC yang dapat digunakan untuk mengontrol suhu tungku pemanas.

SSR yang digunakan memiliki 4 buah kaki dua kaki digunakan untuk menyalakan led yang dihubungkan ke output termokontroler. Output termokontroler yang disambungkan ke SSR yaitu pada kontrol output 1 atau pada kaki nomor 31 dan 32 sedangkan dua kaki lainnya dihubungkan ke kontaktor

Kontaktor yang merupakan saklar elektronik dapat mensaklar tegangan AC dengan kontrol tegangan DC. Tegangan DC dari SSR dihubungkan ke kaki A1 kaki A2 terhubung ke *ground* DC kaki 11 terhubung ke tungku pemanas dan kaki 12 terhubung ke tegangan DC.



Gambar 3.4. Hubungan pin input-output sistem

Jika terjadi kontak maka tegangan AC yang menuju ke tungku pemanas akan terputus sehingga tungku pemanas berada dalam keadaan off sehingga menyebabkan suhu dalam tungku pemanas pun akan menurun. Jika penurunan suhu pada tungku pemanas mencapai batas bawah maka kontak putus sehingga tungku pemanas akan aktif dan suhu dalam tungku pemanas akan meningkat. Dengan demikian suhu dapat dipertahankan pada posisi *set value*.

Komponen-komponen tersebut merupakan variabel-variabel yang akan digunakan pada pemodelan sistem On/Off pada tungku pemanas. Kontrol on/off atau kontrol dua posisi merupakan kontrol yang memungkinkan termokontroler untuk melakukan kontak on atau off saja. Kontrol ini banyak digunakan karena

selain sederhana dan mudah dioperasikan, juga membutuhkan biaya yang relatif murah. Pada sistem ini digunakan kontrol on/off karena hanya untuk menjaga suhu sistem agar sesuai dengan *setpoint*.

b. Simulasi Model Menggunakan Matlab

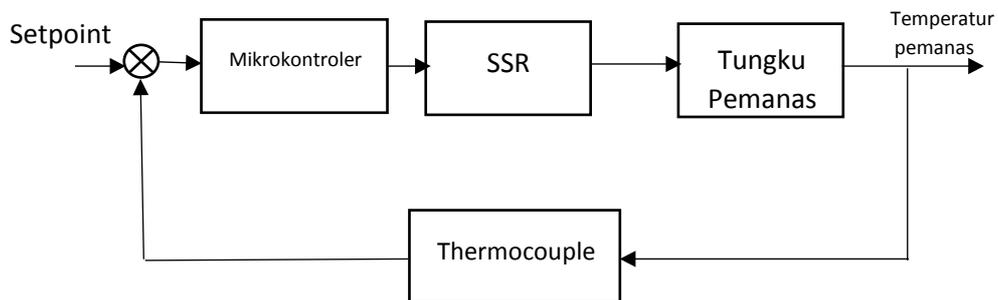
Simulasi digunakan untuk merepresentasikan kondisi nyata suatu sistem. Tujuannya yaitu untuk mempelajari dan menganalisis tingkah laku sistem. Simulasi dapat dilakukan dengan berbagai *software* seperti Scilab, *Labview*, ataupun Matlab. *Software* yang sering digunakan untuk pembuatan simulasi sistem control yaitu Matlab. Matlab memiliki kemampuan untuk menyimpan data dalam bentuk matriks tanpa perlu mendefinisikan dimensinya terlebih dahulu. Kelebihan dari Matlab ini yaitu memiliki *toolbox* yang memungkinkan pengguna untuk mengaplikasikan pada teknologi-teknologi tertentu seperti sistem kontrol, simulasi, dan sebagainya.

Pada simulasi ini dilakukan simulasi terhadap sistem *Heating* pada *electric kiln*. Simulasi ini digunakan untuk melihat pengaruh dari sistem sehingga dapat digunakan sebagai acuan pada sistem nyata. Simulasi ini memungkinkan untuk memperkirakan kondisi sistem dengan pendekatan analisis dengan menggunakan sistem fungsi transfer.

3.4. Skematik dan Prinsip Kerja Sub-Sistem Yang Dihasilkan

a. Pemodelan Sistem On/Off pada Tungku Pemanas

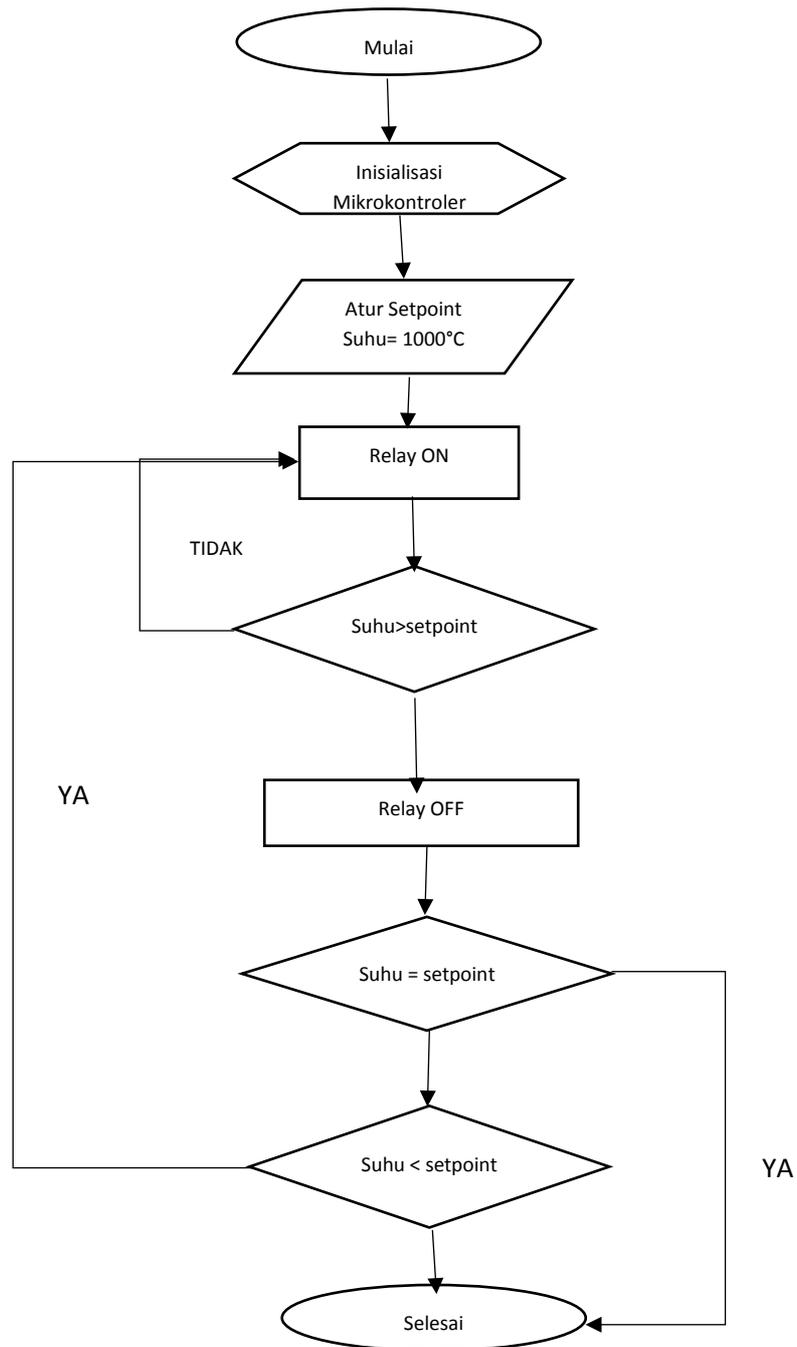
Kontrol On/Off atau kontrol dua posisi merupakan kontrol yang memungkinkan termokontroler untuk melakukan kontak on/off saja. Dalam hal ini output kontrol dihubungkan pada SSR yang kemudian disambungkan pada kontaktor yang melakukan kontak on/off pada tungku pemanas. Berikut merupakan pemodelan sistem on/off pada tungku pemanas.



Gambar 3.5. Blok diagram sistem

Setpoint dari sistem ini diatur sesuai dengan suhu yang diharapkan pada tungku pemanas. Pada tungku pemanas di sistem ini dibuat sebesar 1000 °C. Output pada sistem yaitu temperatur pemanas. Proses yang terjadi di dalam sistem yaitu sistem pengendali berupa mikrokontroler yang dihubungkan dengan SSR

yang akan mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Input sistem yang berupa suhu terbaca oleh termokopel yang kemudian informasi data tersebut akan diubah menjadi sinyal listrik menjadi tegangan. Tegangan tersebut yang menjadi input pada SSR yang akan diubah menjadi arus dan tegangan AC. Seluruh proses ini terjadi di dalam tungku pemanas dimana sistem pembakaran terjadi.



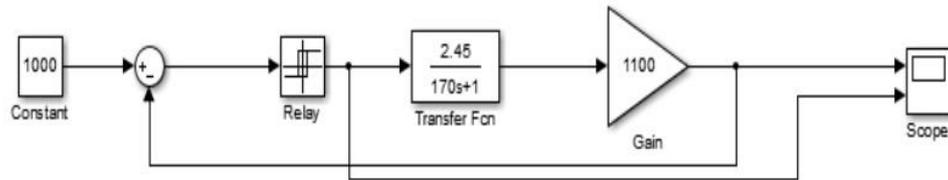
Gambar 3.6. Diagram Alir Sistem

Gambar diatas merupakan diagram alir pada sistem kontrol On/Off pada tungku pemanas. Setelah inialisasi mikrokontroler maka akan diatur setpoint suhu yaitu sebesar 1000 °C. Apabila telah melebihi suhu *setpoint* maka akan mematikan relay yang berarti sistem selesai. Namun apabila suhu masih belum mencapai *setpoint* maka relay akan terus aktif hingga suhu melebihi *setpoint* yang telah ditentukan.

b. Simulasi Model *Heating* pada *Electric Kiln* Menggunakan Matlab

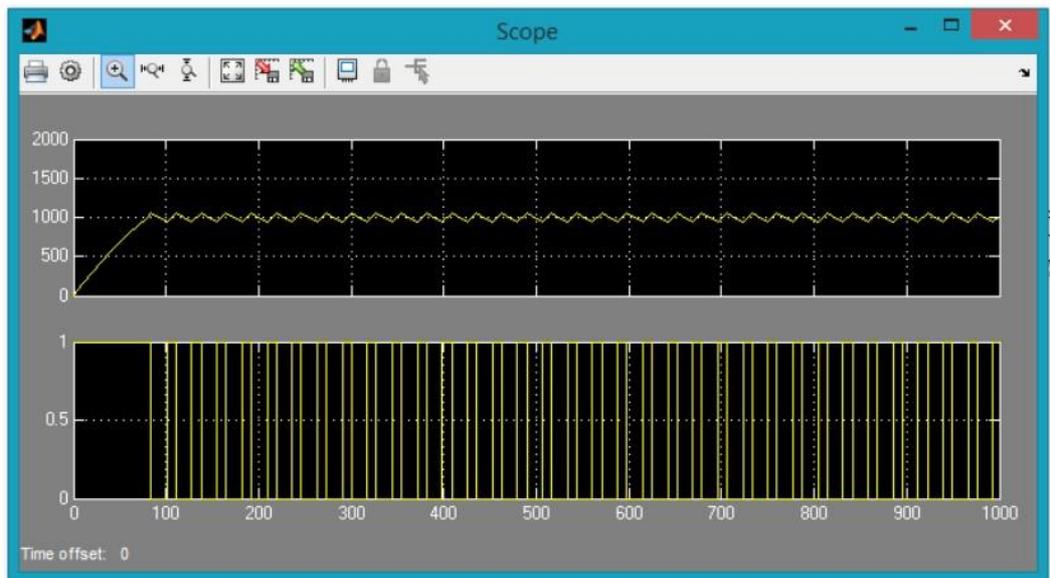
Simulasi dilakukan pada Matlab. Pembuatan simulasi model bertujuan untuk melakukan perkiraan pada perilaku sistem dengan pendekatan analitis yaitu dengan menggunakan sistem fungsi transfer.

Simulasi dilakukan pada sistem *heating* pada *electric kiln*. Input sistem berupa *setpoint* suhu sebesar 1000 °C. Output sistem yang berasal dari fungsi transfer *heating* berupa suhu terbaca yang akan diberikan nilai *hysteresis*. Kemudian hasil pembacaan ini akan ditampilkan pada *scope*.



Gambar 3.7. Simulasi model *heating* pada Matlab

Sedangkan kurva hasil simulasi ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3.8. Grafik model *heating* pada Matlab

Dari gambar tersebut ditunjukkan hubungan antar suhu terhadap waktu. Grafik tersebut merupakan hasil dari simulasi model *heating* dengan nilai *hysteresis* sebesar 100. *Hysteresis* adalah sebuah gap atau celah yang digunakan untuk menjaga peralatan agar tidak cepat rusak karean output pada sistem ini menjadi on/off secara berkala akibat perubahan yang sedikit pada temperatur. Hal ini mengakibatkan umur yang pendek dari output relay dan memengaruhi peralatan lain yang terhubung. Untuk mencegahnya, maka digunakan *hysteresis* tersebut. Dalam kasus ini, mikrokontroler sebagai pengendali akan mengatur input temperatur sistem sebesar 1000°C. Kemudian *thermocouple* akan membaca temperatur. Apabila temperatur

turun dari setpoint maka relay tidak langsung ON. Relay akan benar-benar ON apabila sudah mencapai batas bawah nilai *hysteresis* yang telah ditentukan. Dalam kasus ini nilai *hysteresis* adalah 100 sehingga nilai batas atas yaitu 1050 dan batas bawahnya 950. Begitu juga sebaliknya. Apabila temperatur melebihi setpoint maka relay tidak akan langsung OFF namun menunggu hingga nilai batas *hysteresis* tercapai yaitu 1050 baru relay akan OFF. Hal ini bertujuan untuk mencegah perpindahan yang cepat (ON/OFF) saat suhu bergerak di temperatur di sekitar setpoint.

Pada grafik tersebut diperoleh data bahwa untuk mencapai suhu 1000 °C dibutuhkan waktu sebesar 5100 detik atau 85 menit.

c. Karakteristik Kinerja Sistem

Karakteristik kinerja sistem pengendalian dicirikan oleh respon transien terhadap input sinyal uji tangga satuan (step). Jika respon terhadap input sinyal uji tangga satuan diketahui, maka secara matematis dapat dihitung respon untuk sembarang input. Respon transien suatu sistem pengendalian secara praktis selalu menunjukkan osilasi teredam sebelum mencapai keadaan *steady state*. Indeks kinerja dari suatu sistem pengendalian adalah sebagai berikut.

1. Waktu naik (*rise time*): waktu yang dibutuhkan oleh respon untuk naik dari 10% menjadi 90%, 5% menjadi 95%, atau 0% menjadi 100% dari nilai akhir yang digunakan. Untuk sistem *overdamped*, *rise time* yang biasa digunakan yaitu 10% menjadi 90%.
2. Waktu puncak (*peak time*): waktu yang dibutuhkan respon untuk mencapai puncak pertama *overshoot*.
3. *Overshoot*: nilai yang dicapai sistem sistem kontrol ketika pertama kali mencapai nilai setpoint dan selalu lebih besar dari nilai setpoint.
4. Waktu Turun (*Settling time*): waktu yang diperlukan untuk respon tangga satuan input daerah kriteria 2% atau 5% dari nilai akhir.

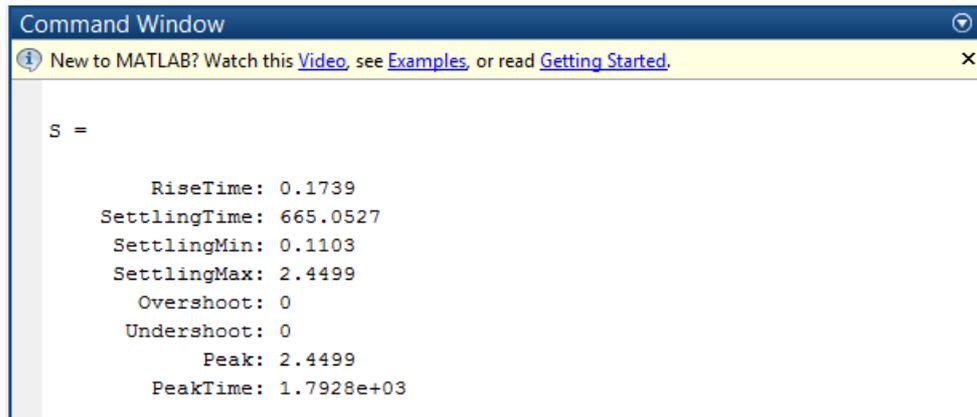
Berikut fungsi transfer dan karakteristik sistem yang telah dikerjakan.

```

1      G=tf(2.45,[170,1]);
2      step(G);
3      S=stepinfo(G,'RisetimeLimits',[0,0.001])
4      |

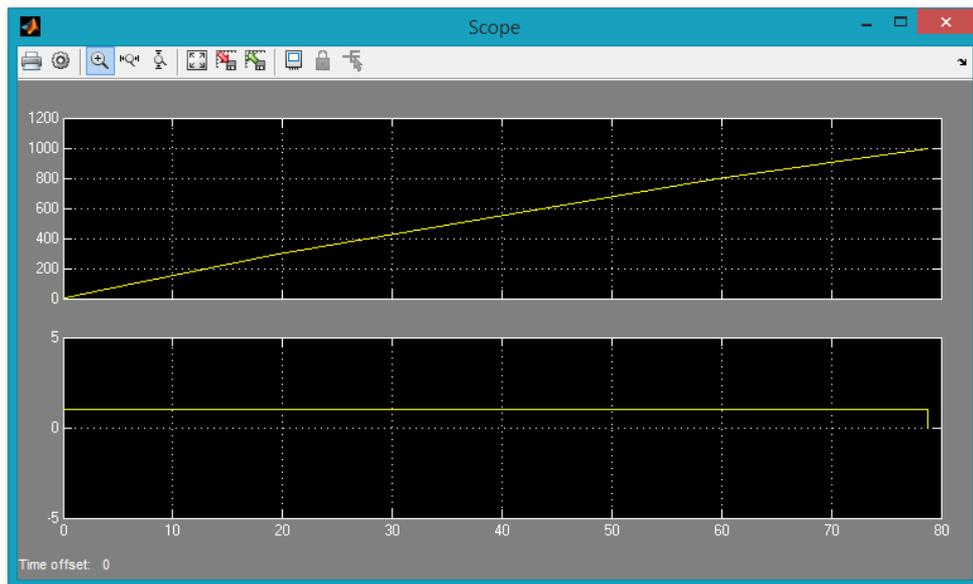
```

Gambar 3.9. Fungsi transfer sistem



Gambar 3.10. Karakteristik kinerja sistem

Dari gambar tersebut dapat diketahui nilai karakteristik kinerja sistem dari simulasi Matlab dengan input temperatur sebesar 1000 °C pada fungsi transfer $G(s) = \frac{2.45}{170s+1}$. Nilai *overshoot* sebesar 0% diperoleh tanpa adanya nilai *hysteresis* yang dimasukkan, sehingga sistem langsung menuju setpoint dan sistem akan terus *steady state* pada suhu 1000 °C seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3.11. Grafik sistem tanpa *hysteresis*

BAB IV SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

- a. Pemodelan sistem kontrol On/Off pada tungku pemanas menggunakan *Solid State Relay* (SSR) sebagai *switch* nya dan termokopel sebagai sensor suhunya.
- b. Simulasi model *heating* pada *electric kiln* menggunakan Matlab menghasilkan grafik hubungan antara suhu terhadap waktu yaitu untuk mencapai suhu 1000 °C dibutuhkan waktu 85 menit atau 5100 detik dengan *hysteresis* sebesar 100.

6.2 S a r a n

- a. Terkait dengan waktu pelaksanaan Kerja Praktik, sebaiknya lebih diperpanjang agar lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] «www.bbk.go.id,» [En línea]. Available: <http://www.bbk.go.id/index.php/page/index/1/sejarah>. [Último acceso: 26 September 2016].
- [2] «trikueni-desain-sistem.blogspot.co.id,» [En línea]. Available: <http://trikuenidesain-sistem.blogspot.co.id/2013/09/Prinsip-Dasar-Termokopel.html>. [Último acceso: 26 September 2016].
- [3] R. M. Park, «Thermocouple Fundamentals».
- [4] «www.sparkfun.com,» [En línea]. Available: <https://www.sparkfun.com/products/13015>. [Último acceso: 26 September 2016].
- [5] «www.elprocus.com,» [En línea]. Available: <https://www.elprocus.com/three-phase-solid-state-relays-with-zvs/>. [Último acceso: 26 September 2016].

LAMPIRAN

Lampiran A - Copy Surat Lamaran ke Perusahaan/Instansi

-
Lampiran B Copy Balasan Surat Lamaran dari Perusahaan/Instansi

-
**Lampiran C Lembar Penilaian Pembimbing Lapangan dari
Perusahaan/Instansi**

-
Lampiran D Lembar Berita Acara Presentasi dan Penilaian Pembimbing Akademik

Lampiran E - Logbook