

## RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL SUHU UNTUK UNIT REDUKSI

**Triyono, Moch Setyadji dan Adi Abimanyu**

*Pusat Sains dan Teknologi Akselerator, BATAN*

*Jl. Babarsari Kotak Pos 6101 Ykbb, Yogyakarta 55281*

*email: triyono793@gmail.com*

### ABSTRAK

*RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL SUHU UNTUK UNIT REDUKSI. Telah dilakukan rancang bangun sistem kontrol suhu untuk unit reduksi. Kegiatan meliputi: identifikasi beban, perencanaan wiring, instalasi dan uji fungsi. Identifikasi beban untuk mengetahui tegangan, arus, daya dan jumlah fase yang diperlukan oleh masing-masing beban. Pengkabelan sistem instrumen kontrol bertujuan untuk memudahkan konstruksi instalasi komponen. Uji fungsi alat berguna untuk mengetahui unjuk kerja sistem instrumen kontrol pasca rancang bangun. Hasil rancang bangun dan uji fungsi sistem kontrol suhu untuk unit reduksi menunjukkan bahwa: sistem kontrol suhu dapat dioperasikan secara aman untuk menangani beban utama dan beban pendukung pada unit reduksi. Beban utama berupa pemanas zone 1-3 bertegangan antara 212-221 Volt AC dengan arus beban 20,6-23,3 Amper dengan waktu operasi 196 menit diperoleh suhu pada ruang reduktor 27-950 °C dengan laju panas rerata 4,71 °C/menit. Beban pendukung berupa pompa vakum bertegangan 380 Volt AC 3 fase dengan arus 3,0 Amper dan pompa pendingin darurat bertegangan 221 Volt AC dengan arus 0,5 Amper.*

*Kata kunci : rancang bangun, sistem kontrol suhu, unit reduksi*

### ABSTRACT

*DESIGN OF THE TEMPERATURE CONTROL SYSTEM ON THE REDUCTION UNIT. The temperature control system on the reduction unit has been designed. The activities include: identification of the load, the manufacture of wiring systems, installation and functional test. Identification of the load to determine the voltage, current, power and number of phases needed by each load. Wiring instrument control system aims is to ease the work of the component installation. Function test of the system on the reduction unit is useful to understand the performance of temperature control system post design. The result of the design and function test temperature control system on the reduction unit shows that: the temperature control system can be operated safely to handle the main load and supporting load on reduction unit. The main load is heater in zone 1 to 3 with voltage between 212 to 221 Volts AC and currents from 20.6 to 23.3 Amperes AC and operating time 196 minutes is obtained at room temperature reductorred 27 to 950 °C with a heat rate of 4.71 °C/minutes. Supporting the load is vacuum pump 3-phase 380 Volts 3.6 Amperes and emergency cooling pump current 0.5 Amperes voltage 221 Volt.*

*Keyword: design, temperature control system, reduction unit*

### PENDAHULUAN

Unit reduksi merupakan salah satu alat proses untuk mereduksi kernel  $U_3O_8$  menjadi kernel  $UO_2$  pada suasana hidrogen. Untuk pembuatan bahan bakar nuklida kernel  $U_3O_8$  perlu diubah menjadi  $UO_2$  melalui proses reduksi, karena  $UO_2$  akan lebih stabil pada suhu tinggi serta mempunyai kerapatan lebih tinggi. Proses reduksi terutama bertujuan untuk mengubah butiran  $U_3O_8$  menjadi butiran  $UO_2$  serta menghilangkan pengotor-pengotornya (Fe dan Boron) yang mungkin masih terdapat dalam butiran. Proses reduksi dilakukan dengan cara memanaskan  $U_3O_8$  pada suhu antara 600-900°C dalam lingkungan gas hidrogen ( $H_2$ ) [1, 2].

Pada awalnya unit reduksi bekerja secara manual, terutama sistem kontrol suhu meliputi *setting*

suhu dan waktu operasi. Tegangan input pada pemanas zone 1-3 bertegangan penuh, sehingga menghasilkan laju panas relatif besar dan cenderung menghasilkan kernel  $UO_2$  cacat. Kontrol suhu bekerja untuk memutus dan menghidupkan relay AC 3 fase tegangan 380 Volt AC dan arus 50 Amper secara *on-off* pada suhu setting yang diinginkan (600-900°C) [3].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut dilakukan rancang bangun sistem kontrol suhu pada unit reduksi yang terdiri dari beberapa bagian antara lain: bagian utama sistem kontrol (*power supply, earth leakage circuit breaker, programmable logic control, solid state relay 3 fase 380 Volt, solid state relay 1 fase 240 Volt, relay kontak 24 Volt DC*), bagian pintu (kontrol suhu, monitor suhu dan saklar operasi) [4].

Rancang bangun sistem kontrol suhu pada unit reduksi bertujuan untuk memudahkan sistem kontrol suhu proses reduksi pada suhu setting 600-900°C dengan waktu operasi 0-3 jam dan waktu *off* secara otomatis. Kontrol suhu berupa Autonics TK4H-B4RN dengan fasilitas keluaran berupa: relay *on-off*, *input* sensor (J, K, R, B, S dan T). Kontrol suhu TK4H-B4RN dapat dioperasikan pada tegangan 100-240 Volt AC dan memberikan dua keluaran yaitu: relay *on-off* pada *pin* 21 dan 23 dan keluaran RS 485 pada *pin* 18 (+) dan *pin* 19 (-) [5].

*Input* sensor suhu ke kontrol suhu TK4H-B4RN berupa termokopel tipe K3 yang dapat digunakan pada suhu 0-1250°C, tetapi pada aplikasinya hanya digunakan pada suhu sampai 900°C. Sensor suhu termokopel tipe K3 berdiameter 3 mm dengan panjang 2 meter dipasang dalam *chamber* pada posisi dibawah umpan U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> yang direduksi. Sensor suhu berfungsi untuk mendeteksi perubahan suhu *chamber* pada proses reduksi antara 600-900°C sebagai *input* ke kontrol suhu [6].

Sistem kontrol suhu dilengkapi dengan *programmable logic controller* T100MD2424 memiliki kapasitas *input/output* 24 yang digunakan untuk menyimpan program *ladder*. Keluaran PLC mengaktifkan relay 24 Volt DC memberikan *input solid state relay* 3 fase 380 Volt ke pemanas zone 1-3. PLC T100MD2424 disuplai tegangan 24 Volt DC arus 3 Amper [7,8].

Tegangan *input* ke *solid state relay* 3 fase 380 Volt AC diatur melalui pengatur tegangan LPC-90HDA, sehingga arus beban *start* tidak terlalu besar [9].

Dengan dilakukan rancang bangun sistem kontrol suhu pada unit reduksi diharapkan proses reduksi akan memberikan data operasi yang lebih akurat.

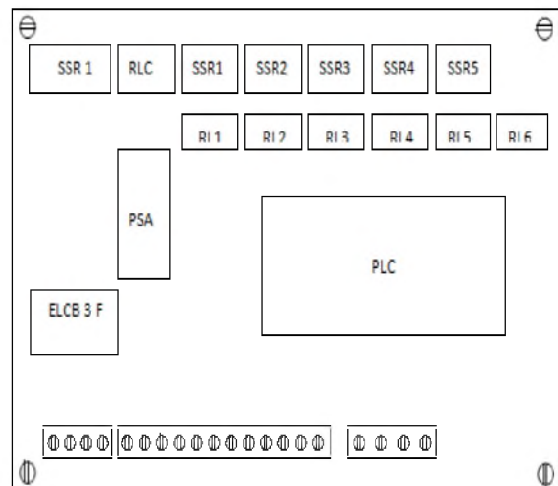
### TATA KERJA

Pelaksanaan rancang bangun sistem kontrol suhu pada unit reduksi dilakukan sebagai berikut:

1. Identifikasi terhadap beban utama dan beban pendukung meliputi: jumlah fase, tegangan, arus dan daya beban.
  2. Perancangan tata letak komponen sistem kontrol suhu bagian dalam pada kasis plat aluminium dengan ukuran panjang 59 cm dan lebar 40 cm.
- Perancangan tata letak komponen pada sistem kontrol suhu bagian panel utama ditunjukkan pada Gambar 1.

Komponen pada panel utama terdiri dari: *solid state relay* 3 fase 380 Volt AC (SSR1) dengan *input* 4-32 Volt dan *output* 24-380 Volt AC mengaktifkan pemanas zone 1-3. Relay kontak (RLC) bertegangan 380 Volt AC 3 fase tipe SK-20 dengan spesifikasi:

daya 20 kW, tegangan 380 Volt arus 20 Amper mengaktifkan pompa vakum 3 fase 380 Volt AC. *Solid state relay* 1 fase 25 Amper (SSR1-5) dengan tegangan *input* 5-24 Volt DC, tegangan *output* 24-240 Volt AC mengaktifkan beban: pompa pendingin, relay kontak AC, kontrol suhu, *output* TC *pin* 9, monitor suhu pemanas dan pendingin/van.

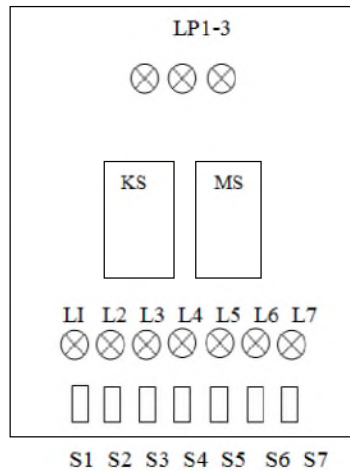


Kode	Keterangan
SSR1	<i>Solid state relay</i> 40 Amper 3 fase
RLC	Relay 3 fase 50 Amper pompa vakum.
SSR1-5	<i>Solid state relay</i> 1 fase 25 Amper ke beban: pompa pendingin, relay RLC, kontrol <i>chamber</i> , ke <i>output</i> TC <i>pin</i> 9, monitor suhu pemanas, pendingin.
RL1-6	Relay 24 Volt DC <i>input</i> ke: SSR1-SSR6.
PSA	<i>Power supply</i> 24 Volt DC 3 Amper
PLC	<i>Programmable logic controller</i> T100MD2424+
ELCB	<i>Earth leakage circuit breaker</i> 3 fase
TM1	Terminal <i>input</i> 3 fase 380 Volt AC
TM2	Terminal beban 1 fase 220 Volt AC
TM3	Terminal beban 3 fase 40 Amper

**Gambar 1.** Perancangan tata letak komponen pada sistem kontrol suhu bagian panel utama Relay 24 Volt DC (RL1-RL5) arus 10 Amper berfungsi mengaktifkan *solid state relay* 1-5 secara *on-off*. *Power supply* bertegangan 24 Volt DC dengan kemampuan arus 3 Amper untuk mensuplai tegangan 24 Volt DC ke PLC dan SSR 1 fase maupun 3 fase. *Programmable logic controller (PLC)* T100MD2424+ untuk menanamkan program *ladder* sesuai narasi proses yang diinginkan [10]. ELCB 3 fase merupakan komponen yang berfungsi untuk mengamankan panel instrument bilamana

terjadi kebocoran arus akan *trip* secara otomatis<sup>(11)</sup>. TM1 merupakan terminal saluran tegangan *input* 3 fase 380 Volt AC dari sub panel. TM2 merupakan saluran tegangan *output* ke masing-masing beban. TM3. TM3 menyalurkan tegangan *output* 380 Volt 3 fase ke beban pemanas *zone* 1-3.

- Perancangan tata letak komponen sistem kontrol suhu pada pintu panel ditunjukkan pada Gambar 2.



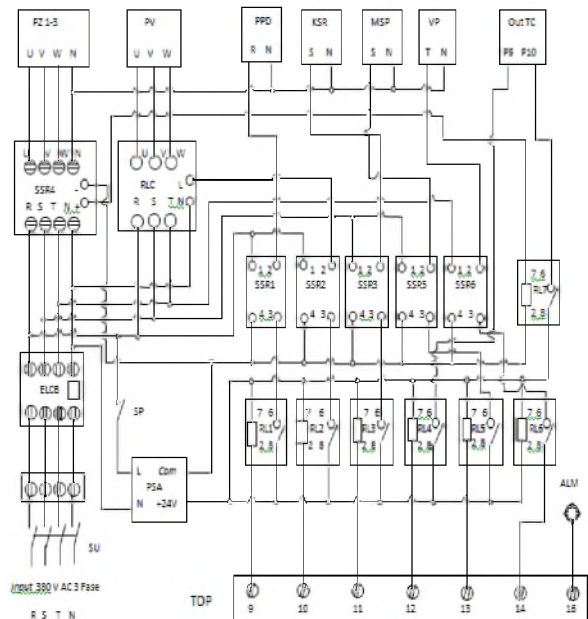
**Gambar 2.** Perancangan tata letak komponen sistem kontrol suhu pada pintu panel

Keterangan Gambar 2

Kode	Keterangan
LP1-3	Lampu indikator RST
KS	Kontrol suhu <i>chamber</i>
MS	Monitor suhu pemanas <i>zone</i>
L1-7	Lampu indikator beban
S1-7	Saklar operasi beban 1-7

Perencanaan sistem kontrol suhu pada pintu panel memerlukan beberapa komponen antara lain: lampu indikator LP1-3, kontrol / monitor suhu autonic TK4H-B4RN, lampu indikator operasi L1-7 dan saklar operasi *on-off* 220 Volt AC. Lampu indikator LP1-3 merupakan lampu indikator *power input* fase RST. Kontrol suhu TK4H-B4RN berfungsi sebagai kontrol suhu pada ruang reduktor pada suhu *setting* yang diinginkan. Kontrol suhu TK4H-B4RN yang lain sebagai monitor suhu pada ruang pemanas *zone* 1-3. Lampu indikator L1-7 sebagai lampu indikator operasi pada masing-masing beban. Sedangkan saklar *on-off* berfungsi sebagai masukan ke *input* PLC untuk mengaktifkan masing-masing relay.

- Perencanaan sistem *wiring* kontrol suhu pada panel utama ditunjukkan pada Gambar 3.

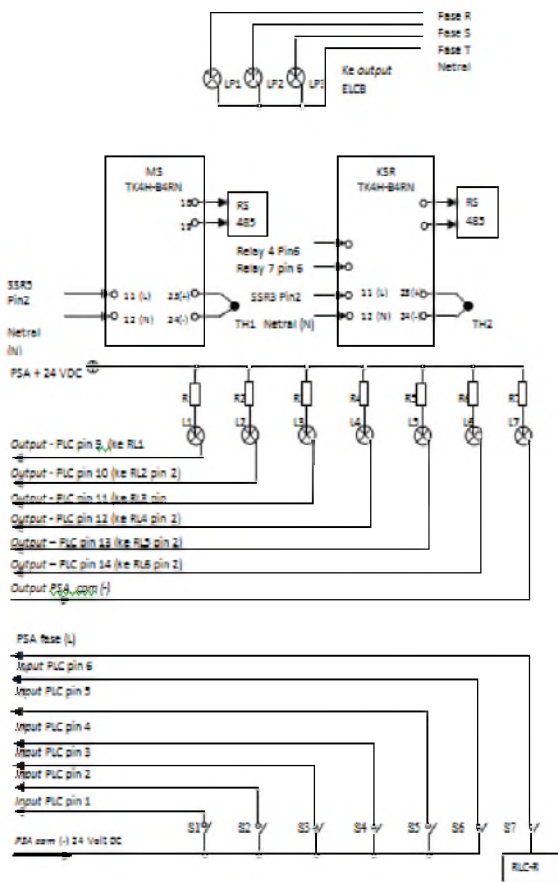


**Gambar 3.** Perencanaan sistem *wiring* kontrol suhu pada panel utama.

Keterangan Gambar 3.

Kode	Keterangan
RSTN	Sumber tegangan 3 fase 380 Volt
SU	Saklar sub panel 3 fase 380 Volt
ELCB	<i>Earth leakage circuit breaker</i> 40 A
TOP	Terminal <i>output</i> PLC
RL1-7	Relay kontak 24 Volt DC ke SSR
SSR1-6	<i>Solid state relay</i> 1 fase 25 Amper
SSR4	<i>Solid state relay</i> 3 fase 40 Amper
RLC	Relay kontak 3 fase 20 Amper
PZ1-3	Pemanas <i>zone</i> 1-3
PV	Pompa vakum 3 fase 380 Volt
PPD	Pompa pendingin darurat 220 Volt
KSR	Kontrol suhu <i>chamber</i> reduktor
MSP	Monitor suhu pemanas
VP	Van pendingin pintu reduktor
Out TC	<i>Out</i> kontrol suhu pin 9 dan pin 10
ALM	Alarm
TOP	<i>Output</i> PLC pin 9-16 ke <i>input</i> RL1-6

- Perencanaan sistem *wiring* kontrol suhu pada bagian pintu panel ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.**Perencanaan sistem *wiring control suhu* pada pintu panel

Keterangan Gambar 4.

Kode	Keterangan
LP1,LP2, LP3	Lampu <i>input</i> fase RST
MS	Monitor suhu TK4M-B4RN <i>zone</i> 1-3
KSR	Kontrol suhu TK4H-B4RN <i>chamber</i>
R1-R7	Relay 24 Volt DC
L1-L7	Indikator LED beban
L&N	<i>Line</i> dan <i>netral</i>
S1-S7	Saklar <i>input</i> ke PLC
RLC-R	Relay AC ke fase R
PLC	<i>Programmable logic Control T100MD2424</i>
SSR3 & SSR5	<i>Solid state relay</i> 1 fase 25 Amper
TH1 & TH2	Sensor suhu K3

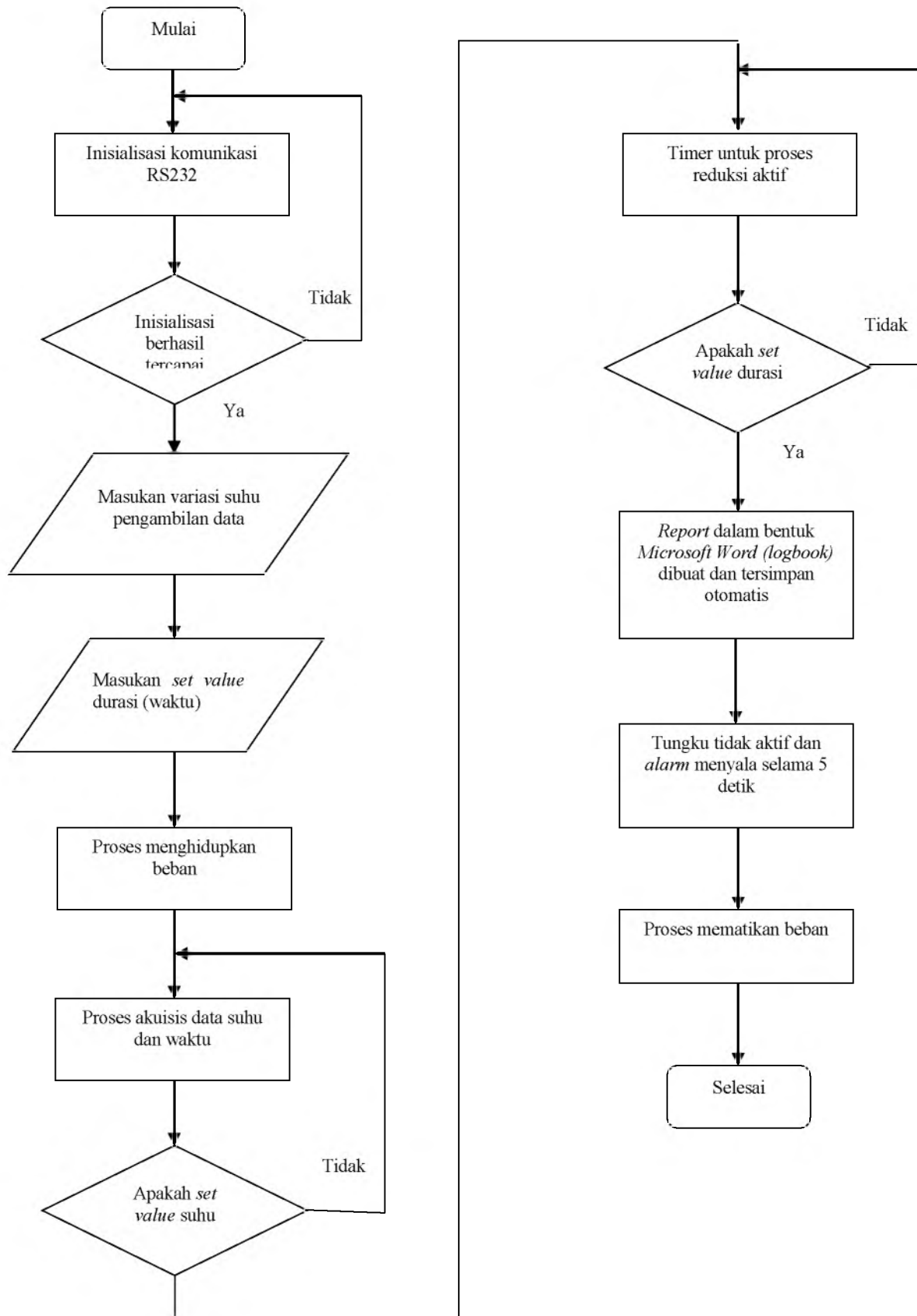
Kontrol suhu yang digunakan pada *chamber* adalah Autonics TK4H-B4RN bertegangan 100-240

Volt AC dengan fasilitas yaitu: multi *input* sensor, *output* relay kontak dan *output* RS 485 yang dapat terkoneksi dengan PC/komputer dan memungkinkan untuk dilakukan pengontrolan dari ruang kontrol. *Input* sensor berupa termokopel tipe K3 ditempatkan pada *chamber* dekat dengan umpan yang akan direduksi, sehingga data suhu operasi lebih akurat. Kontrol suhu diaktifkan oleh saklar S-4 sebagai *input* PLC nomor 3 dan menghasilkan *output* PLC nomor 11 ke RL-3. RL-3 menghidupkan kontrol suhu TK4H-B4RN memberikan *input* ke *solid state relay* 3 fase 380 Volt AC ke pemanas *zone*. Monitor suhu pemanas TK4H-B4RN dilengkapi dengan sensor suhu termokopel terpasang diluar *chamber* yaitu dekat dengan sumber panas untuk memonitor suhu pada pemanas *zone* 1-3. Monitor suhu diaktifkan melalui saklar S-6 ke sbagai *input* PLC nomor 5 dan memberikan *output* PLC nomor 13 berupa tegangan - 24 Volt DC mengaktifkan relay RL1 ke *solid state relay* SSR1, sehingga menghidupkan monitor suhu.

Saklar S-1 untuk mengaktifkan *power supply* 24 Volt DC ke sistem kontrol meliputi: PLC, *solid state relay* 3 fase 380 Volt AC, *solid state relay* 1 fase 240 Volt AC, relay kontak dan lampu beban. Saklar S-2 sampai saklar S-7 memberikan digital *input* ke PLC 2-6 dan memberikan digital *output* PLC 10-14 berupa tegangan -24 Volt DC untuk mengaktifkan relay (RL2, RL5 dan RL6) ke *solid state relay* (relay kontak 3 fase, SSR1, SSR2SSR5 dan SSR6) mengaktifkan beban.

#### 6. Rancangan perangkat lunak.

Program PLC akan berfungsi mengontrol keseluruhan sistem. Program dibuat dengan menggunakan *ladder* atau tangga. PLC akan mengendalikan urutan proses reduksi. Pada saat proses dimulai, PLC akan mengambil nilai suhu aktual dari kontrol suhu. Sistem akuisisi dan kontrol dimulai dengan bekerjanya pompa air pendingin. Bilamana pompa air pendingin belum diaktifkan, semua perangkat yang ada pada sistem belum bisa diaktifkan. Pompa air berfungsi untuk mensirkulasikan air pendingin pada pintu panel dan persyaratan penting yang harus dilakukan agar pintu reduktor tidak rusak. Setelah pompa pendingin dihidupkan, kemudian berikutnya pompa vakum, kontrol suhu *chamber*, pemanas *zone* 1-3, monitor suhu pemanas dan van dihidupkan secara berurutan. Pada saat pemanas dihidupkan, nilai suhu yang diinginkan (*set value*) oleh *user* akan dikirim ke kontrol suhu. Proses reduksi akan berlangsung sampai diperoleh nilai suhu yang diinginkan dan suhu akan dijaga dengan durasi waktu 3 jam. Diagram alir sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir sistem secara keseluruhan

7. Dilakukan konstruksi komponen pada sistem kontrol suhu bagian utama dan pintu panel. Komponen sistem kontrol suhu bagian utama diinstal pada kasis aluminium berukuran panjang 59 cm dan lebar 40 cm. Komponen sistem kontrol suhu pada pintu panel diinstal pada kasis berukuran tinggi 50 cm dan lebar 40 cm.
8. Pengecekan hasil konstruksi secara cermat. Pengecekan hasil konstruksi harus dilakukan secara cermat pada tiap bagian sesuai perencanaan dan dilakukan secara berulang untuk memastikan bahwa konstruksi telah benar dan aman.
9. Dilakukan uji fungsi alat secara bertahap pada kondisi tanpa beban dan berbeban penuh. Uji fungsi tanpa beban dilakukan tanpa mengaktifkan beban pemanas zone, sedangkan uji fungsi berbeban yaitu pemanas diaktifkan secara penuh. Uji fungsi dilakukan secara bertahap pada suhu *setting* 50-950 °C.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum dilakukan rancang bangun sistem control suhu pada unit reduksi terlebih dulu dilakukan identifikasi terhadap beban yang akan dilayani oleh panel instrumen. Identifikasi beban secara keseluruhan pada unit reduksi ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Identifikasi beban secara keseluruhan pada unit reduksi

No	Nama beban	Spesifikasi beban		Keterangan
		Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	
1	Pemanas zone 1	220	20,5	Pemanas 1
2	Pemanas zone 2	221	21,1	Pemanas 2
3	Pemanas zone 3	219	19,9	Pemanas 3
4	Pompa vakum	380	1,7	Vakum chamber
5	Pompa pendingin	220	1,0	Pendingin darurat
6	Kontrol suhu chamber	220	0,03	Mengontrol chamber
7	Monitor suhu	220	0,03	Memonitor pemanas

Tegangan pada beban utama berupa pemanas zone 1-3 sebesar 219-221 Volt AC dengan arus pemanas sebesar 19,9-21,1 Amper AC. Beban pendukung berupa pompa vakum bertegangan 380 Volt AC 3 fase dengan arus beban 1,7 Amper AC, sedangkan beban pendukung berupa pompa

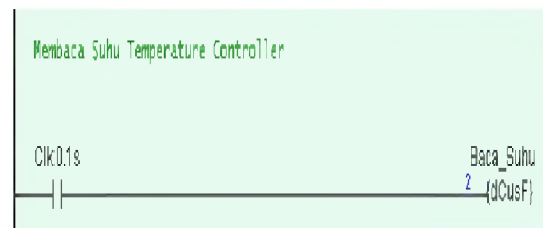
pendingin bertegangan 220 Volt AC dengan arus beban 1 Amper dan kontrol suhu ruang reduktor maupun monitor pemanas bertegangan 220 Volt AC dengan arus 0,03 Amper AC. Jumlah arus beban secara keseluruhan pada beban utama maupun pada beban pendukung sebesar 35,79 Amper AC. Dengan mengetahui arus beban total akan dapat diketahui besarnya arus pada pengaman arus bocor *earth leakage circuit breaker (ELCB)*. Arus nominal pada ELCB dipilih sama/lebih besar dari arus beban total 40 Amper.

Program *ladder* diawali dengan inisialisasi awal terhadap PLC dan mempunyai fungsi *set-awal* yang hanya akan dieksekusi pada awal sistem ketika dihidupkan, karena menggunakan I/O 1 set scan.



**Gambar 6.** Program *ladder* inisialisasi awal.

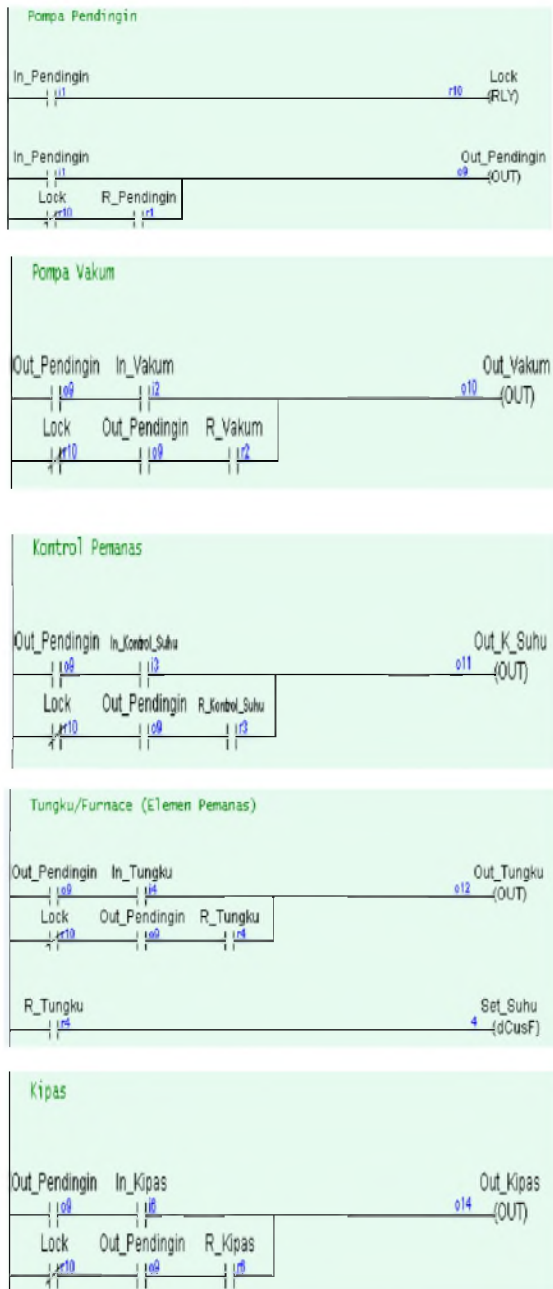
Setelah dilakukan inisialisasi awal, PLC akan melakukan fungsi baca-suhu setiap 0.1 detik. Fungsi ini akan melakukan pembacaan *set-value* dan *process value* dengan perintah READ MODBUS dan nilai tersebut disimpan dalam *variable* data memori (MD). Kontrol suhu memiliki alamat 01 dan monitor suhu memiliki alamat 02. *Ladder* pembacaan suhu pada kontrol suhu ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 7.** *Ladder* pembacaan suhu pada kontrol suhu.

*Ladder* untuk pembacaan suhu pada kontrol suhu ruang reduktor akan diperoleh data berupa perubahan suhu ruang reduktor pada tiap detik/menit dan proses pemanasan akan bekerja secara otomatis.

*Program ladder* untuk mengoperasikan pompa pendingin, pompa vakum, kontrol pemanas, tungku dan vang ditunjukkan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Program ladder untuk mengoperasikan pompa pendingin, pompa vakum, kontrol pemanas, tungku dan van.

Program ladder pada pompa pendingin merupakan program pengunci untuk program ladder berikutnya. Program pompa pendingin berfungsi untuk mengoperasikan pompa pendingin pada pintu reaktor, sehingga bilamana aliran air pendingin belum normal atau mati program selanjutnya tidak dapat diaktifkan. Pembagian digital input (masukan) pada PLC ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pembagian digital input (masukan) pada PLC.

Digital input	Kegunaan/ fungsi
1	Saklar 1 mengaktifkan PLC input 1
2	Saklar 2 mengaktifkan PLC input 2
3	Saklar 3 mengaktifkan PLC input 3
4	Saklar 4 mengaktifkan PLC input 4
5	Saklar 5 mengaktifkan PLC input 5
6	Saklar 6 mengaktifkan PLC input 6

Pembagian digital input 1-6 pada PLC akan dapat bekerja bilamana S1-S6 diaktifkan dengan cara memposisikan pada kondisi on. Jikalau saklar S1-S6 hidup akan mengaktifkan keluaran PLC yang ditunjukkan dengan lampu LED menyala. Pembagian digital output (keluaran) pada PLC ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Pembagian digital output (keluaran) pada PLC.

Digital output	Kegunaan
9	Mengaktifkan relay RL1
10	Mengaktifkan relay RL2
11	Mengaktifkan RL3
12	Mengaktifkan RL4
13	Mengaktifkan RL5
14	Mengaktifkan RL6
16	Mengaktifkan alarm

Digital output 9 memberikan input -24 Volt DC ke relay RL1 mengaktifkan solid state relay 1 ke pompa pendingin 220 Volt AC. Digital output 10 memberikan input -24 Volt DC ke relay RL2 mengaktifkan solid state relay 2 ke relay kontak pompa vakum 380 Volt AC 3 fase. Digital output 11 memberikan input -24 Volt DC ke relay RL3 mengaktifkan solid state relay 3 ke kontrol suhu chamber reduktor. Digital output 12 memberikan input -24 Volt DC ke relay RL4 mengaktifkan output kontrol suhu pin 9. Digital output 13 memberikan input -24 Volt DC ke relay RL5 mengaktifkan solid state relay 5 ke monitor suhu pemanas zone. Digital output 14 memberikan input -24 Volt DC ke relay RL6 mengaktifkan solid state relay 6 ke pendingin van. Hasil uji fungsi sistem kontrol suhu pada unit reduksi ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil uji fungsi sistem kontrol suhu pada unit reduksi

Nama saklar operasi	Posisi I/O PLC		Keterangan
	Digital input	Digital output	
S-1 aktif	-	-	LED 1 <i>Power supply</i> 24 Volt DC aktif
S-2 aktif	1	9	LED 2 hidup
S-3 aktif	2	10	LED 3 hidup
S-4 aktif	3	11	LED 4 hidup
S-5 aktif	4	12	LED 5 hidup
S-6 aktif	5	13	LED 6 hidup
S-7 aktif	6	14	LED 7 hidup

Hasil uji fungsi sistem kontrol pada unit reduksi tanpa beban menunjukkan bahwa, semua saklar S1-S7 dapat berfungsi secara baik. Pada posisi I/O PLC dengan *digital input* 1-6 dan *digital output* 9-14 telah memberikan respon terhadap kerja PLC dengan memberikan *output* berupa indikator LED 1-7 menyala secara terang. Keluaran pada PLC berupa tegangan *output* -24 Volt DC pada pin 9-14 terhubung ke masing-masing indikator LED 1-7. Kondisi ini dapat dilanjutkan pada tahap uji fungsi dengan beban. Hasil uji fungsi sistem kontrol pada unit reduksi dengan beban ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil uji fungsi sistem kontrol suhu pada unit reduksi dengan beban.

Nama saklar	Hasil pengukuran beban			Keterangan
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	
S1	220	2,5	550	<i>Power supply</i> 24 Volt DC
S2	221	0,5	110,5	Pompa pendingin
S3	381	3,0	1140	Pompa vakum
S4	220	0,03	6,6	Kontrol suhu
S5	222	21	4662	Pemanas <i>zone</i>
S6	220	0,03	6,6	Monitor suhu pemanas
S7	220	0,5	110	Van pendingin pintu reduktor

Hasil uji fungsi sistem kontrol suhu pada unit reduksi dengan beban menunjukkan bahwa panel

dapat bekerja secara baik dengan beban 1 fase maupun 3 fase pada tegangan 220/380 Volt AC. Saklar operasi S1 dapat bekerja secara baik memberikan sumber tegangan utama 24 Volt DC ke PLC, *solid state relay* 1 fase/ 3 fase. Saklar operasi S2-S7 berfungsi secara baik memberikan *input* ke PLC untuk mengaktifkan beban berupa: pompa pendingin 1 fase 220 Volt AC, pompa vakum 3 fase 380 Volt AC, kontrol suhu TK4H-B4RN, pemanas *zone* 1-3, monitor suhu TK4H-B4RN dan van pendingin bagian luar pintu reduktor. Dalam kondisi operasi pada unit reduksi memerlukan arus nominal 24,56 Amper, sehingga pengaman arus ELCB masih mampu melayani beban secara keseluruhan secara aman tanpa mengalami *trip (off)*. Hasil uji fungsi sistem kontrol suhu pada unit reduksi dengan beban pemanas *zone* 1-3 ditunjukkan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil uji fungsi sistem kontrol suhu pada unit reduksi dengan beban pemanas *zone* 1-3.

Waktu operasi, menit	Suhu ruang, °C	Kondisi pemanas <i>zone</i>		Keterangan
		Tegangan, (V)	Arus (A)	
0	27	212	23,3	Kondisi awal uji
15	50	218	23,1	
24	100	216	21,6	
30	150	218	21,3	
35	200	214	20,6	
40	250	219	21,3	
45	300	217	21,3	
51	350	217	21,6	
58	400	218	21,3	
65	450	212	20,8	
73	500	220	20,9	
81	550	220	20,9	
92	600	221	21,0	
101	650	220	20,9	
109	700	220	21,2	
121	750	220	21,5	
136	800	220	21,0	
151	850	220	21,2	
170	900	221	21,3	
196	950	217	21,2	Kondisi akhir uji

Hasil uji fungsi sistem kontrol suhu pada unit reduksi dengan beban utama dan beban pendukung menunjukkan bahwa, panel instrumen dapat



melayani beban secara keseluruhan pada saat proses reduksi secara aman. Uji fungsi dilakukan pada kondisi beban bertegangan antara 212-221 Volt dengan arus beban 20,6-23,3 Amper dengan waktu uji 0-196 menit diperoleh suhu pada ruang reduktor 27-950°C. Suhu yang diperlukan pada proses reduksi antara 550-950°C secara sinambung dengan variasi waktu reduksi 1-3 jam. Sesuai kondisi hasil uji fungsi bahwa panel mampu melayani pemanas *zone* hingga menghasilkan suhu optimal untuk proses reduksi. Laju panas yang dihasilkan antara suhu awal hingga suhu akhir sebesar 4,709°C/menit dan yang disyaratkan pada proses reduksi minimal 0-5°C/menit, sehingga laju panas yang terjadi masih dalam daerah yang disyaratkan.

### KESIMPULAN

Telah dilakukan rancang bangun dan uji fungsi sistem kontrol suhu pada unit reduksi dengan kesimpulan sebagai berikut. Konstruksi sistem kontrol suhu dilakukan secara bertahap meliputi: identifikasi beban, perancangan tata letak komponen, perancangan sistem *wiring*, instalasi dan uji fungsi. Uji fungsi dilakukan tanpa beban dan berbeban. Pada kondisi uji fungsi tanpa beban menunjukkan bahwa saklar S2-S7 telah memberikan masukan *digital input* 1-6 ke PLC dan memberikan *digital output* 9-16 dan ditunjukkan dengan LED 1-7 menyala terang. Uji fungsi sistem kontrol suhu dengan beban menunjukkan bahwa saklar S1-S7 telah berfungsi memberikan *digital input* ke PLC dengan keluaran *digital output* 9-16 telah mengaktifkan beban berupa: *power supply*, pompa pendingin, pompa vakum, kontrol suhu, pemanas *zone*, monitor suhu, van pendingin. Uji fungsi sistem kontrol suhu dilakukan pada suhu *setting* 50-950°C dengan waktu tercapai 196 menit.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Kegiatan ini dibiayai oleh anggaran DIPA 2013. Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Bpk Nur Hidayat Supriyanto, Bpk Parimun, Bpk Bambang Suwondo, Sdri Nisa' Latifatul Ngilma yang telah memberikan bantuan kepada penulis.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Hari Aji Aditya Ardiyanto, *Sistem Instrumentasi dan Kendali (SIK) Proses Gelasi Dengan Menggunakan Super Programmable Logic Controller (PLC) T100MD1616+*, Skripsi Program Studi Elektronika Dan Instrumentasi Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, 2010.

2. Sri Rinanti Susilowati, Triyono, Endang Nawangsih, Sri Widiyati, *Pengaruh Zat Aditif THFA Terhadap Porositas dan Luas Muka Kernel U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> Hasil Gelasi External*, Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir, PTAPB-BATAN Yogyakarta, 2014.
3. Triyono, Parimun, Saminto, *Revitalisasi Unit Reduksi Pada Elemen Pemanas Zone 1-Zone 3*. Prosiding Seminar P3N PSTA- BATAN BATAN Yogyakarta, Selasa, 9 September 2014.
4. Nisa' Latifatul Ngilma, *Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Dan Kendali Pada Proses Reduksi Kernel U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> Menjadi UO<sub>2</sub>*, Program Studi Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, 2014.
5. Anoname, *Temperature Controller TK4 Series*, Autonics Corporation.
6. Anoname, *The Temperature hand Book*, An Omega Technologies Company, USA.
7. Anoname, *T100MD2424 PLC-triangle Research international Pte, Ltd*.
8. Asri Ratna Fitriani, *Rancang Bangun Otomatisasi Pada Proses Kalsinasi Butiran ADU (Amonium Diuranate) Menjadi Butiran U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>*, Program Studi Elektronika Dan Instrumentasi, Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, Fakultas matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2014.
9. Triyono, Moch Setyadi, *Rancang Bangun Sistem Pengatur Tegangan Pemanas Pada Furnace Reduksi*, Prosiding Seminar Penelitian dan pengelolaan Perangkat Nuklir PSTA-BATAN Yogyakarta, 9-10 Juni 2015, 2015.
10. Anoname, RS Component Catalog
11. Gina Kusuma, *Rancang Bangun MiniScada Pada Reaktor Furnace Induksi Pelapisan Kernel*, Program Studi Elektronika Instrumentasi, Jurusan Tekno Fisika Nuklir, Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir, Badan Tenaga Nuklir nasional Yogyakarta, 2013.

### TANYA JAWAB

#### Sudaryadi

- Uji coba dengan tegangan maksimal atau bertahap?
- Selama 196 menit diperoleh suhu pada ruang kolektor 27°C s/d 950°C, pengoperasiannya bertahap atau langsung?



PROSIDING SEMINAR  
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR  
Pusat Sains dan Teknologi Akselerator  
Surakarta, Selasa 9 Agustus 2016

---

**Triyono**

- Uji coba unit reduksi dapat dilakukan secara bertahap sehingga arah pemanas zen 1-3 lebih terkendali.

- Pengoperasian unit reduksi/uji fungsi dilakukan secara bertahap, sehingga akan diperoleh data suhu yang lebih baik, akurat.