

Sistem Operasi Tungku Reduksi ME-11 Menggunakan Kendali Logik Tambahan

Achmad Suntoro
PRPN-BATAN

Abstrak -- SISTEM OPERASI TUNGKU REDUKSI ME-11 MENGGUNAKAN KENDALI LOGIK TAMBAHAN. Dijelaskan dalam makalah ini sistem operasi tungku reduksi ME-11 di B3N, PTBN BATAN setelah sistem tungku tersebut kendali logiknya dimodifikasi. Ada 11 jenis gangguan yang akan diantisipasi dengan menggunakan kendali logik tambahan ini (sistem lama hanya mengantisipasi 6 gangguan). Fungsi utama kendali logik tambahan adalah membantu operator dalam hal menanggulangi gangguan yang terjadi selama operasi reduksi berlangsung. Batasan waktu penyelesaian ketika gangguan terjadi ditetapkan diawal pada kendali logik, sehingga jika dalam batas waktu tersebut gangguan tidak bisa diatasi baik oleh operator maupun sistem kendali maka kendali logik akan menghentikan kerja tungku secara gawat-darurat. Dengan pola ini dimaksudkan untuk meningkatkan faktor keselamatan kerja selama tungku beroperasi.

Kata kunci: Sistem Operasi Tungku ME-11, modifikasi kendali logik, proses reduksi.

Abstract -- OPERATIONAL SYSTEM OF THE REDUCTION FURNACE ME-11 AFTER LOGIC CONTROLLER ENHANCEMENT. Operational system of the reduction furnace ME-11 in B3N PTBN BATAN is described in this paper after the furnace's logic controller has been modified. There are 11 disturbances will be anticipated by the modification while the old controller system only anticipated 6 disturbances. The main task of the modified controller is to help the furnace's operator in solving any disturbances during the reduction furnace operation. Interval time limitation to solve any disturbances is set at the pre-operational stage in the controller system so that if either the controller or furnace's operator could not solve the disturbance happened within the set up time, the logic controller will shut down the operational furnace in emergency mode. By this pattern of working, hopefully it will increase the operational safety factor of the furnace system.

Keywords : operational system , reduction furnace, logic controller modification, reduction process

I. PENDAHULUAN

Tungku kalsinasi-reduksi ME-11 didisain untuk dapat dioperasikan sebagai tungku proses oksidasi maupun reduksi. Namun demikian, untuk operasi reduksi sistem tungku belum siap untuk dioperasikan. Hal ini disebabkan oleh beberapa sebab, di antaranya adalah lemahnya sistem pengaman gas buang yang meliputi sistem pembakaran gas buang dan saluran gas buang itu sendiri yang tidak dilengkapi dengan katup penutup (tungku selalu terbuka). Selain itu, konstruksi ruang tungku yang memungkinkan terjebaknya udara di dalam

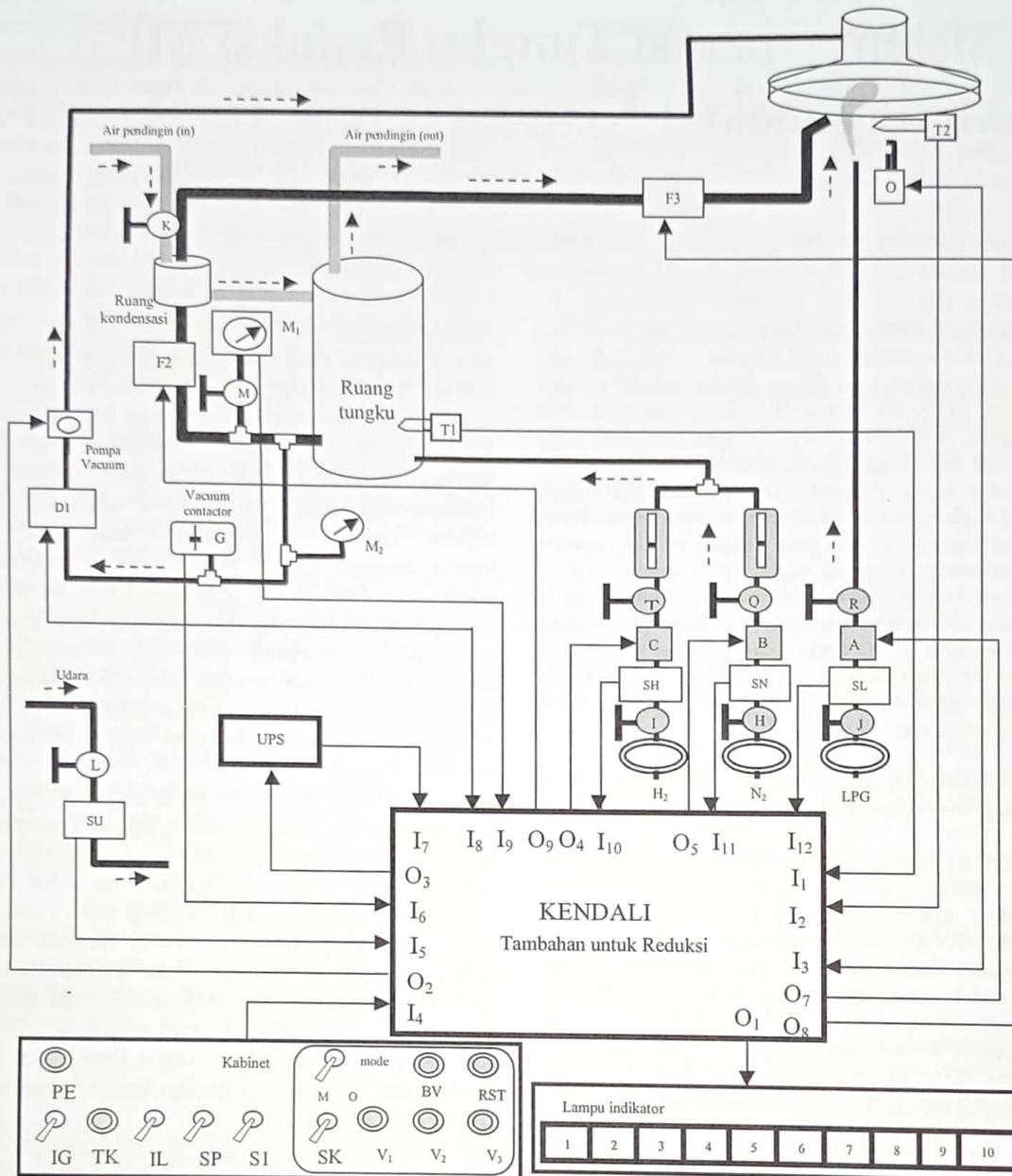
ruang tungku menjadi perhatian khusus, mengingat proses reduksi akan menggunakan gas hidrogen. Hasil diskusi bersama dengan staf B3N mengenai kondisi ruang tungku tersebut disimpulkan bahwa udara dalam tungku perlu dikosongkan (vacuum) terlebih dahulu sebelum proses reduksi dijalankan, padahal sistem instrumentasi untuk pengosongan udara dalam tungku belum tersedia. Kelemahan lain pada sistem keselamatannya adalah jika terjadi pemadaman aliran listrik dari luar (PLN) dan gangguan kebocoran gas hidrogen ke lingkungan, kondisi demikian belum diantisipasi oleh sistem instrumentasi tungku ME-11. Antisipasi gangguan tersebut diserahkan kepada sistem keselamatan gedung dan operator tungku untuk bertindak disesuaikan dengan gangguan yang dihadapi saat tersebut.

Kendali logik tambahan pada sistem tungku ME-11 telah dipasang untuk membantu operator tungku dan ia bertindak jika sistem tungku mengalami gangguan ketika sedang beroperasi [1,2,3]. Makalah ini berisi cara kerja sistem operasi tungku ME-11 yang telah menggunakan kendali logik tambahan tersebut. Dengan penjelasan dalam makalah ini akan diketahui posisi kendali logik tambahan di dalam sistem kerja menyeluruh tungku ME-11, sehingga pengembangan atau antisipasi lainnya yang perlu dikembangkan dalam rangka meningkatkan faktor keselamatan kerja sistem tungku ketika beroperasi lebih mudah dilaksanakan.

II. KENDALI LOGIK TAMBAHAN

Dalam dunia instrumentasi nuklir, redundancy adalah metoda yang lazim digunakan, bahkan ada yang diharuskan untuk menggunakannya dalam rangka antisipasi problematika keselamatan kerja [4]. Pada dasarnya prinsip kerja sistem kendali logik tambahan pada tungku ME-11 ini adalah redundansi dengan tindakan kerja operator guna menanggulangi gangguan yang terjadi ketika tungku beroperasi. Bagan posisi kendali logik tambahan ditunjukkan pada Gambar 1.

Ada perubahan atas bagan tersebut terhadap disain sebelumnya seperti yang disebutkan dalam pustaka [1] dalam hal instalasi sistem vakum dan aliran gas buang, yaitu hanya menggunakan satu solenoid valve D1 dan mengambil cabang pada saluran keluar ruang tungku seperti pada Gambar 1 tersebut. Sensor aliran gas buang (flow-switch) dihilangkan mengingat gas buang yang mengalir bisa bervariasi jenisnya serta suhunya. Selanjutnya aliran gas buang dimonitor melalui tekanan



Gambar 1. Bagan Posisi Kendali Logik Tambahan pada tungku ME-11.

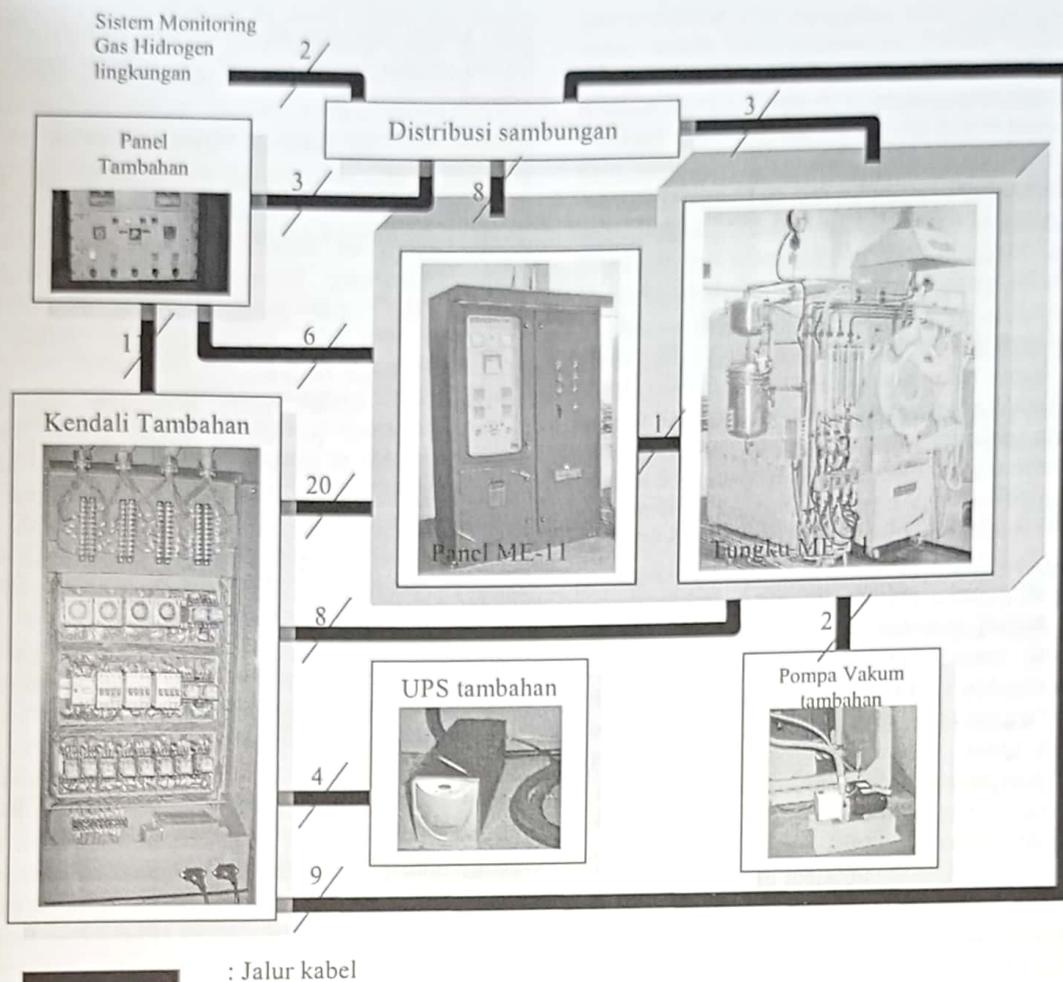
gas dalam tungku. Perubahan ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa disain menjadi lebih sederhana dan tidak mengurangi hal yang pokok

Implementasi kendali logik tambahan tersebut menggunakan komponen utama yaitu contactor relay, timer, UPS, dan sistem pompa vakum. Instalasi perkabelan (wiring) mengikuti pola dasar seperti pada Gambar 2. Angka disetiap jalur pada Gambar 2 menunjukkan jumlah helai kabel yang diperlukan dalam instalasi tersebut. Panel tambahan dibuat dengan memanfaatkan ruang kosong pada segmen panel paling bawah. Sambungan distribusi berada di dalam lemari panel ME-11 dan berfungsi sebagai penyambung antar modul, yang sekaligus sebagai titik pengujian (test-point) untuk aktifitas troubleshooting. Sambungan distribusi juga terdapat di blok tungku ME-11 di bawah ruang tungku, tetapi tidak digambarkan pada Gambar 2. Modul kendali tambahan dan UPS keduanya juga berada di dalam lemari panel ME-11. Sistem kendali logik

tambahan ini juga menerima sinyal masukan dari sistem monitoring gas hidrogen yang sistem kerjanya terpisah dari sistem kerja tungku ME-11 ini. Detail rangkaian listrik dari instalasi Gambar 2 tersebut berikut detail layout instalasi kabelnya ada pada dokumen Modifikasi Kendali Logik (switching) Tungku ME-11[5].

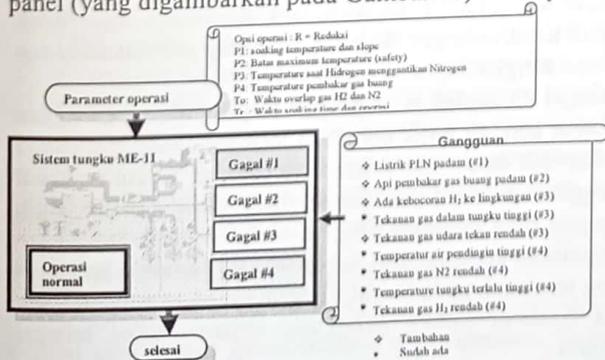
III. TATA KERJA

Pola kerja sistem instrumentasi tungku ME-11 untuk operasi reduksi pada dasarnya terdiri dari tiga jenis, yaitu operasi normal, operasi dengan gangguan, dan operasi purna gawat-darurat. Ada 11 jenis gangguan yang diantisipasi oleh kendali logik tambahan ketika sistem tungku beroperasi. Gangguan tersebut dikelompokkan menjadi empat kelompok gangguan yaitu Gagal #1 sampai dengan Gagal #4 [1]. Pada sistem lama hanya mengantisipasi 6 gangguan (tanda • pada Gambar 3) dan tindakannya diserahkan penuh kepada operator tungku

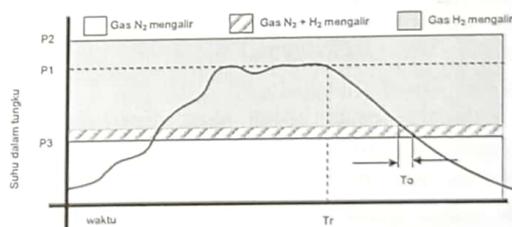


Gambar 2. Bagan Instalasi perkabelan perangkat Kendali Logik Tambahan pada tungku ME-11.

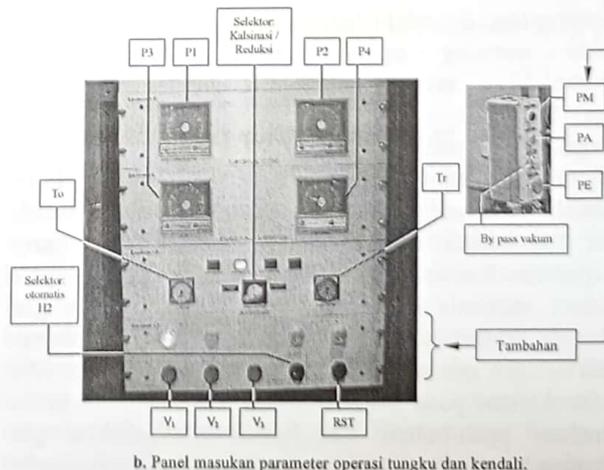
(sistem tungku hanya memberi *warning* saja). Tambahan antisipasi gangguan oleh kendali-logik-tambahan ada 5 gangguan (tanda ❖ pada Gambar 3). Pola kendali-logik-tambahan tidak hanya memberi *warning* jika terjadi gangguan, tetapi juga berusaha mencegah kelanjutan dari gangguan. Usaha kendali tersebut dilakukan bersamaan dengan operator tungku secara paralel (redundan). Bagan konseptual antisipasi gangguan tersebut dapat dilihat di [1] dan bagan operasionalnya digambarkan seperti pada Gambar 3. Parameter operasi yang ditunjukkan pada Gambar 3 berkaitan dengan format pola perubahan suhu yang ditunjukkan pada Gambar 4.a untuk proses reduksi, dan parameter tersebut diberikan melalui panel (yang digambarkan pada Gambar 4b) oleh operator.



Gambar 3. Bagan operasional tungku reduksi ME-11.



a. Pola perubahan suhu dalam tungku sesuai dengan parameter operasi



b. Panel masukan parameter operasi tungku dan kendali.

Gambar 4. Pola suhu proses reduksi dan panel sistem tungku ME-11

A. OPERASI NORMAL

Selektor Kalsinasi/Reduksi pada Gambar 4.b digunakan untuk menentukan jenis operasi tungku, yaitu operasi Kalsinasi atau Reduksi. P1, P2, P3 dan P4 adalah kendali suhu manual dimana nilainya ditentukan oleh operator dengan cara memutar jarum penunjuk sesuai dengan nilai yang diinginkan. P1 untuk menentukan nilai suhu dalam tungku, P2 untuk menentukan batas maksimum suhu yang diperbolehkan dalam tungku, P3 untuk menentukan suhu ketika gas hidrogen masuk ke tungku menggantikan gas nitrogen, dan P4 untuk menentukan batas suhu deteksi nyala api LPG. Untuk detail operasional penggunaan P4 dapat dilihat di [2]. Nilai P1, P2, dan P3 disesuaikan dengan keperluan format pola seperti pada Gambar 4.a. Ketika gas hidrogen masuk menggantikan gas nitrogen dapat dilakukan baik secara manual maupun otomatis tergantung pada selektor otomatis H2, dan detail operasional selektor H2 tersebut dapat dilihat di pustaka [6]. Ketika gas hidrogen masuk ke tungku, terjadi *overlap* antara gas hidrogen dan nitrogen, yaitu masuk bersama-sama ke dalam ruang tungku selama waktu T_o yang nilainya ditentukan melalui *rotary timer* T_o pada Gambar 4.b. Sedangkan *rotary timer* T_r digunakan untuk menentukan lama operasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.a.

Setelah parameter operasi (P1, P2, P3, P4, T_o , dan T_r) ditentukan oleh operator, maka awal operasi reduksi dilakukan dengan pengosongan udara dalam tungku yaitu operator menekan *push-button* V_1 . Tindakan ini akan membuat sistem vakum bekerja, dan jika tekanan vakum yang diinginkan telah tercapai maka secara otomatis gas nitrogen akan masuk mengisi ruang tungku. Detail kerja *switching* sistem vakum dapat dilihat di pustaka [7]. Setelah proses vakum selesai, maka operator menekan *push-button* V_2 yang berakibat terjadi aliran gas nitrogen masuk dan keluar ruang tungku. Pada posisi ini operator harus mengatur besar aliran yang diperlukan melalui katup manual Q pada Gambar 1. Selanjutnya *push-button* V_3 ditekan, hal ini berakibat gas LPG mengalir dan dibakar secara otomatis di ruang pembakaran. Detail cara kerja pembakaran gas LPG dapat dilihat di pustaka [2]. Pada posisi ini semua persiapan operasi reduksi telah selesai yang ditandai dengan telah padamnya semua lampu *warning* operasi reduksi, dan operator diperbolehkan menghidupkan filamen sistem tungku yang berakibat suhu dalam tungku akan berubah mengikuti pola pada Gambar 4.a.

Perubahan suhu dalam tungku dilakukan secara manual, yaitu secara periodik operator harus merubah nilai P1, sesuai dengan *slope* kenaikan suhu yang diinginkan. Ketika suhu telah mencapai nilai P3, jika selektor otomatis H2 pada posisi otomatis maka gas hidrogen akan secara otomatis masuk ke tungku bersama-sama dengan gas nitrogen selama waktu T_o . Tetapi jika posisi selektor pada posisi manual, maka operator harus menekan *push-button* PM untuk mengalirkan gas hidrogen ke tungku. Ketika waktu T_r telah dilewati, maka filamen pemanas tungku akan berhenti bekerja dan suhu dalam tungku akan turun secara alamiah seperti pada Gambar 4.a. Ketika suhu dalam tungku telah mendekati

suhu kamar, operator diperbolehkan menghentikan kerja sistem tungku secara normal dan operasi proses reduksi selesai.

B. OPERASI DENGAN GANGGUAN

Operasi dengan gangguan disiapkan sebagai antisipasi jika gangguan terjadi selama operasi reduksi berlangsung. Ketika gangguan terjadi maka sistem kendali akan memberi *warning* berupa alarm dan lampu yang menunjukkan jenis gangguan yang timbul. Jenis gangguan tersebut dikelompokkan dalam empat kelompok sebagai berikut.

Gagal #1 adalah jenis gangguan khusus untuk gangguan akibat padamnya aliran listrik dari PLN. Antisipasi kendali logik atas jenis gangguan ini adalah secara berurutan sebagai berikut. Pertama sistem kendali logik akan tetap menahan nyala api LPG selama (*default*) 3 menit yaitu menggunakan UPS untuk tetap membuat katup LPG terbuka. Kedua dilakukan bersamaan dengan tindakan pertama, operator menutup katup gas hidrogen & membuka katup gas nitrogen jika saat itu gas hidrogen sedang digunakan. Tindakan ini akan mendorong gas yang ada di dalam tungku (oleh gas nitrogen) ke luar dan dibakar oleh api LPG. Ketiga dilakukan setelah tindakan pertama selesai (3 menit) yaitu operator mematikan nyala api LPG dengan menutup katupnya. Pada kondisi terakhir ini operator menekan *push-button* RST dan menutup semua katup manual gas yang digunakan termasuk katup manual udara tekan dan air pendingin serta memutar mati saklar utama aliran listrik dari PLN ke sistem tungku.

Gagal #2 adalah jenis gangguan khusus yaitu padamnya nyala api LPG. Antisipasi yang dilakukan adalah kendali logik menutup semua katup masuk dan keluar tungku F2, F3, B, dan C. Bersamaan dengan hal tersebut, kendali logik berusaha menyalakan api LPG. Usaha untuk menyalakan api LPG ini dilakukan selama 7 detik (*default*). Jika dalam selang waktu tersebut gas LPG tidak juga nyala, kendali logik akan menghentikan operasi tungku secara gawat-darurat dengan memutus aliran listrik ke sistem tungku. Pada kondisi ini, operator harus segera menutup semua katup manual gas yang digunakan termasuk katup manual udara tekan dan air pendingin serta memutar mati saklar utama aliran listrik dari PLN ke sistem tungku. Jika dalam gangguan tersebut nyala api LPG dapat diatasi oleh kendali logik, katup gas F2 membuka bersama-sama dengan katup gas C dan diikuti F3 membuka 2 detik kemudian. Katup F3 sengaja dibuat terlambat 2 detik ketika membuka agar tidak terjadi hembusan gas langsung ke ruang pembakaran, dan operasi tungku dapat dilanjutkan.

Gagal #3 adalah jenis gangguan yang akibat gangguan tersebut kendali logik berusaha menanggulangnya dalam waktu 30 detik (*default*). Jika dalam waktu tersebut gangguan tidak dapat diatasi baik oleh kendali logik maupun oleh operator tungku, maka kendali logik akan mematikan kerja tungku secara gawat-darurat. Gangguan yang termasuk pada Gagal #3 serta tindakan kendali logik dan operator ketika gangguan terjadi adalah sebagai berikut.

- Kebocoran gas hidrogen di lingkungan ; Tekanan gas udara-tekan untuk instrumen saat H_2 ber-

operasi rendah: Selama 30 detik alarm dan lampu *warning* akan aktif. Jika operator tidak mampu mengatasi gangguan tersebut maka kendali logik mematikan sistem tungku secara gawat-darurat. Jika dalam 30 detik tersebut operator mampu mengatasinya, maka alarm dan lampu *warning* akan padam dan operasi tungku dapat dilanjutkan. Untuk dua jenis gangguan ini kendali logik hanya memberi *warning*.

- Tekanan gas dalam tungku tinggi : Selama 30 detik alarm dan lampu *warning* aktif serta katup gas masuk ke tungku (B dan C) menutup, jika operator tidak mampu mengatasi gangguan tersebut dan gangguan belum juga teratasi maka kendali logik mematikan sistem tungku secara gawat-darurat. Jika dalam 30 detik tersebut operator mampu mengatasinya atau akibat menutupnya katup B & C tersebut tekanan tungku menjadi turun hingga batas daerah kerjanya, maka alarm dan lampu *warning* akan padam serta katup B atau C kembali membuka, dan operasi tungku dapat dilanjutkan.

Gagal #4 adalah jenis gangguan dimana keputusan untuk operasi sistem tungku diserahkan kepada operator. Gangguan yang termasuk pada Gagal #4 adalah sebagai berikut beserta penjelasannya.

- Temperatur tungku tinggi: Alarm dan lampu *warning* aktif dan kendali logik mematikan aliran listrik ke filamen tungku. Ini berakibat temperatur tungku akan turun. Jika temperatur tungku telah berada di daerah kerjanya maka sistem tungku kembali beroperasi. Tetapi jika temperatur tetap tinggi (usaha kendali logik mematikan aliran listrik ke tungku gagal) dan operator tidak bisa mengatasinya, maka operator harus mematikan operasi tungku secara normal.
- Tekanan gas dalam tungku rendah ketika H₂ mengalir: Alarm dan lampu *warning* aktif dan kendali logik menutup katup gas keluar tungku (F2 dan F3). Ini berakibat tekanan dalam tungku akan naik. Jika tekanan dalam tungku telah berada di daerah kerjanya (diatas tekanan udara luar) maka sistem tungku kembali beroperasi. Tetapi jika tekanan tetap rendah (usaha kendali logik menaikkan tekanan dalam tungku gagal) dan operator tidak bisa mengatasinya, maka diserahkan operator untuk mematikan operasi tungku secara normal.
- Suhu air pendingin naik ; Tekanan gas nitrogen rendah ; Tekanan gas hidrogen rendah ; Tekanan gas LPG rendah : Alarm dan lampu *warning* aktif dan diserahkan kepada operator untuk mengatasinya. Jika operator tidak mampu mengatasi gangguan tersebut maka operator harus menghentikan operasi tungku secara normal. Jika operator mampu mengatasinya, maka alarm dan lampu *warning* akan padam dan operasi tungku dapat dilanjutkan.

C. MENGHENTIKAN OPERASI TUNGKU

Operasi tungku dapat dihentikan atau dimatikan secara normal atau secara gawat-darurat oleh operator. Sistem kendali logik dapat menghentikan operasi tungku secara

gawat-darurat jika gangguan tidak dapat diatasi dalam batas waktu yang ditetapkan. Untuk operator tungku, menghentikan operasi secara gawat-darurat dilakukan dengan menekan *push-button* gawat-darurat PE pada Gambar 4.b dan segera dilanjutkan dengan menutup semua katup manual gas yang digunakan termasuk katup manual udara tekan dan air pendingin serta memutar mati saklar utama aliran listrik PLN dan filamen tungku. Konsekuensi menghentikan operasi tungku secara gawat-darurat (juga oleh kendali logik) ketika gas hidrogen saat itu sedang digunakan, yaitu operasi purna gawat-darurat harus dilakukan setelah kondisi gawat-darurat dapat diatasi.

Untuk menghentikan operasi tungku secara normal dapat dilakukan dengan urutan seperti sebagai berikut:

Prosedur penghentian normal saat gas N₂ digunakan:

1. Putar *switch* aliran listrik ke filamen tungku menjadi OFF.
2. Tunggu hingga suhu dalam tungku mencapai dibawah 100°C.
3. Tekan *push-button* RST lalu tutup semua katup manual gas yang digunakan termasuk katup udara tekan dan air pendingin.
4. Putar *switch* aliran listrik dari PLN menjadi OFF.
5. Selesai.

Prosedur penghentian normal saat gas H₂ digunakan:

1. Putar *switch* aliran listrik ke filamen tungku menjadi OFF.
2. Putar selektor H₂ hingga menjadi manual, dan tekan *push-button* PA (Gambar 4.b), sehingga gas nitrogen masuk ke tungku menggantikan gas hidrogen.
3. Tutup katup manual gas hidrogen.
4. Tunggu 3 menit untuk kendali logik membakar gas H₂ dalam tungku.
5. Tunggu hingga suhu dalam tungku mencapai dibawah 100°C.
6. Tekan *push-button* RST lalu tutup semua katup manual gas yang digunakan termasuk katup udara tekan dan air pendingin.
7. Putar *switch* aliran listrik dari PLN menjadi OFF.
8. Selesai.

D. OPERASI PURNA GAWAT-DARURAT

Tindakan ini harus dilaksanakan jika kerja tungku dihentikan secara gawat-darurat baik oleh operator maupun oleh kendali logik. Tindakan ini dilakukan jika kondisi gangguan yang terjadi telah dapat diatasi. Operasi ini dimulai dari kondisi awal seolah sistem tungku hendak digunakan setelah istirahat (suhu dalam tungku dibawah 100°C). Oleh karena itu perlu diperhatikan bahwa kondisi awal katup gas adalah sebagai berikut (Gambar 1): katup C, F2 dan F3 tertutup. Katup B terbuka. Dari kondisi tersebut dilakukan prosedur sebagai berikut:

1. Putar *switch* aliran listrik dari PLN menjadi ON.

2. Buka katup manual gas nitrogen dan LPG (katup H dan J). Pembukaan katup H dibuat sedemikian rupa sehingga tekanan di dalam tungku tidak terlalu tinggi.
3. Tekan *push-button* by pass vakum (Gambar 4.b) ; operasi tanpa vakum.
4. Tekan *push-button* V_3 , berakibat gas LPG mengalir keluar dan dibakar.
5. Tekan *push-button* V_2 , berakibat katup pembuangan gas tungku terbuka dan gas hidrogen di dalam tungku didorong keluar oleh gas nitrogen. Gas yang keluar dari tungku di bakar oleh nyala api LPG.
6. Tunggu 3 menit untuk memastikan semua gas hidrogen dalam tungku telah didorong keluar semua.
7. Tekan *push-button* RST lalu tutup katup manual gas nitrogen dan LPG.
8. Putar *switch* aliran listrik dari PLN menjadi OFF.
9. Selesai.

IV. PEMBAHASAN

Dasar pemikiran pengelompokan jenis gangguan menjadi empat kategori adalah berdasarkan tingkat tinggi rendahnya pengaruh gangguan terhadap operasi kerja tungku dan faktor keselamatan kerja. Gagal #1 adalah gangguan yang tidak mungkin untuk diatasi baik oleh operator maupun oleh kendali logik. Oleh karena itu, titik berat tindakan dalam mengatasi gangguan adalah pada faktor keselamatan kerja. Gagal #2 adalah jenis gangguan yang mempunyai tingkat pengaruh kepada faktor keselamatan kerja sangat tinggi, oleh karena batas interval waktu penanggulangan gangguan harus ditetapkan tidak boleh terlalul lama. Batas interval waktu ditetapkan (*default*) 7 detik. Angka ini dapat diubah melalui *setting* pada kendali logik. Pertimbangan 7 detik adalah angka perkiraan bahwa dalam waktu lebih kecil dari 7 detik maka campuran gas hidrogen sisa yang sempit keluar ke ruang pembakaran dengan udara masih pada daerah aman yaitu di bawah 18%^[1]. Kategori Gagal #3 serupa dengan Gagal #2, tetapi mempunyai tingkat pengaruh terhadap faktor keselamatan kerja lebih rendah, sehingga batas interval waktu penanggulangan diperkirakan dengan angka (*default*) 30 detik. Untuk gangguan kategori Gagal #4 batas interval tersebut diserahkan kepada operator karena diperkirakan mempunyai pengaruh terhadap faktor keselamatan cukup rendah.

Angka (*default*) 3 menit untuk pengosongan gas hidrogen dalam tungku untuk dibakar di luar tungku adalah angka perkiraan. Angka-angka *default* tersebut 3 menit, 7 detik dan 30 detik) harus ditentukan secara tepat nantinya berdasarkan perhitungan dan penelitian tersendiri karena angka tersebut menyangkut pada faktor keselamatan kerja. Disain kendali logik tambahan bersifat memberi fasilitas untuk memungkinkan pengaturan nilai tersebut dengan memberi angka *default* sebagai perkiraan.

V. KESIMPULAN

Sistem operasi tungku ME-11 untuk proses reduksi telah dijelaskan. Kendali logik tambahan berfungsi membantu pekerjaan operator dalam hal monitoring terutama jika terjadi gangguan selama operasi. Antisipasi gangguan selama operasi tidak bisa hanya diserahkan kepada operator dan antisipasi sistem gedung di mana sistem tungku berada, tetapi secara lokal juga harus dilakukan sebagai tindakan redundansi. Dengan penjelasan sistem operasi dalam makalah ini diharapkan operator tungku dan juga pihak yang berkepentingan dengan sistem tungku tersebut akan lebih mudah membaca dokumen petunjuk operasi tungku ME-11 tersebut yang ditulis secara detail di pustaka [5].

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat berterima kasih kepada saudara Zaidi, Djoko Kisworo, Triarjo, dan Dede Sutarya staf Bidang Bahan Bakar Nuklir, Kelompok Proses Konversi dan Fabrikasi Bahan Bakar Nuklir – PTBN BATAN, atas bantuan teknis-nya selama kegiatan instalasi dan percobaan berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SUNTORO A., "Methodology Kendali Logik Tambahan pada Sistem Tungku Reduksi ME-11", Prosiding Seminar Nasional SDM-STTN, pp. 301- 310, Yogyakarta, 6 November, 2007.
- [2] SUNTORO A., "Pemantik LPG Otomatis untuk Pembakar Gas Hidrogen pada Proses Reduksi Tungku ME-11", Prosiding PPI-PDITN 2007 Pustek Akselerator dan Proses Bahan-Batan, pp. 55-62, Yogyakarta 10 Juli 2007.
- [3] SUNTORO A., "Pengembangan Teknik Penanggulangan Gangguan Listrik pada Operasi Tungku Reduksi ME-11", Prosiding Seminar Nasional Perangkat Nuklir PRPN, pp. 13-24, Serpong 5 November 2007.
- [4] IAEA, "Nuclear Power Plant Instrumentation and Control – A Guidebook", *Technical Reports Series No. 239*, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1984.
- [5] SUNTORO A., "Modifikasi Kendali Logik (*switching*) Tungku ME-11: Dokumen Teknis Operasi dan Hasil Modifikasi", Revisi 1., 2008.
- [6] SUNTORO A., "Otomatisasi Penggerak Katup Masuk Gas Hidrogen Pada Tungku Reduksi ME-11", Prosiding PPI-PDITN 2007 Pustek Akselerator dan Proses Bahan-Batan, pp. 279-285, Yogyakarta 10 Juli 2007.
- [7] SUNTORO A., "Sistem Switching Pompa Vakum Tambahan pada Tungku Reduksi ME-11", Prima, Vol. 4., No. 9, pp. 103- 110, Yogyakarta 10 Juli 2007.