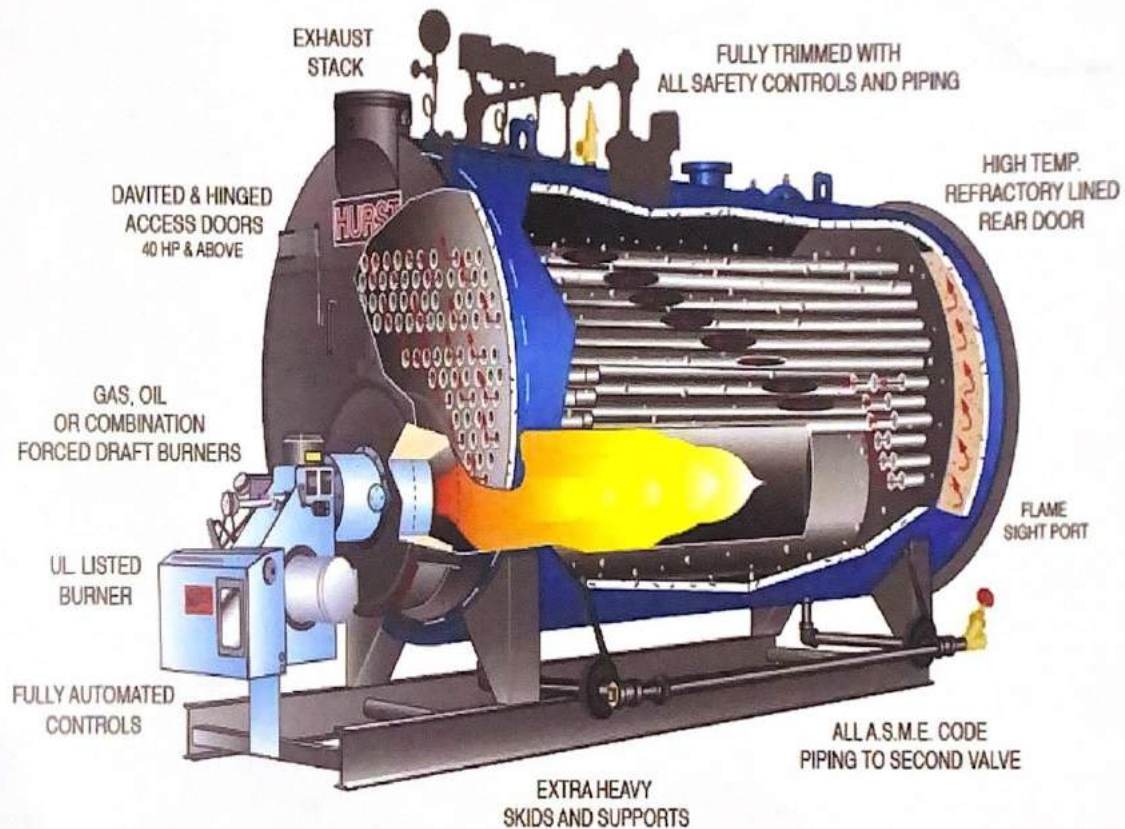


MODUL
PEMBINAAN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
OPERATOR PESAWAT UAP KELAS I



KONTROL OTOMATIS

Materi 8

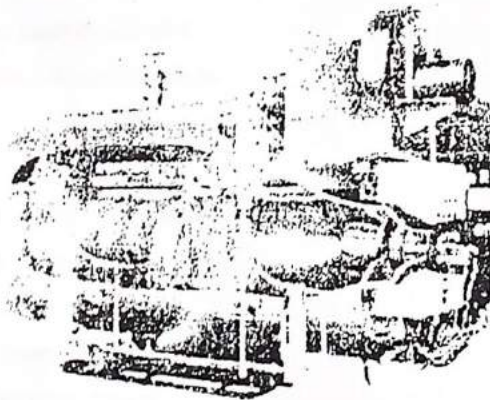
PT. DHIYA ANEKA TEKNIK
PERUSAHAAN JASA KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (PJK3)
BIDANG PEMBINAAN K3

JALAN RAYA SERANG – CILEGON KM.02 RUKO KEPANDEAN KAV 5 – 6 KELURAHAN LONTAR BARU KECAMATAN SERANG KOTA,
KOTA SERANG, PROVINSI BANTEN TELP 0254-216344, WEB dhiya.co.id

14 Rong an.

MODUL
OPERATOR KETEL UAP
KELAS II

KONTROL OTOMATIS KETEL UAP



DIREKTORAT BINA AWASAN NORMA KESELAMATAN
DAN KESEHATAN KERJA
KERJA RUMAH

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
TAHAP N° 098/1999

DAFTAR ISI

	halaman
1. Pendahuluan	1
1.1. Tujuan Pembelajaran Umum	1
1.2. Tujuan Pembelajaran Khusus	1
2. Dasar-dasar kontrol otomatis	2
2.1. Pengertian kontrol otomatis	2
2.2. Kuantitas kontrol dan kuantitas operasi	4
3. Kontrol umpan balik (feedback control)	5
3.1. Pengertian feedback	5
3.1.1. Kontrol ON/OFF	7
3.1.2. Kontrol proporsional	8
3.1.3. Kontrol integral	10
3.1.4. Kontrol differensial	10
4. Kontrol berurutan (sequence control)	11
4.1. Pengertian kontrol sequence	11
4.2. Bagian-bagian listrik utama untuk sirkuit kontrol sequence	13
4.2.1. Magnet relay	13
4.2.2. Elektron	14
4.2.3. Pengatur waktu (timer relay)	15
4.2.4. Switch	15

4.3. Sirkuit dasar kontrol sequence	17
4.3.1. Sirkuit self holding	17
4.3.2. Sirkuit pricedent	18
4.3.3. Sirkuit alarm	
5. Jenis-jenis sistem kontrol	20
5.1. Sistem kontrol tekanan	20
5.1.1. Sistem operasi ON/OFF	20
5.1.2. Aturan-aturan tekanan	22
5.1.3. Pengontrol tekanan uap proporsional	22
5.1.4. Pengontrol tekanan lainnya	24
5.2. Kontrol temperatur	24
5.3. Kontrol ketinggian air ketel uap	27
5.3.1. Alat pengontrol ketinggian air tipe float switch	28
5.3.2. Alat pengontrol ketinggian air tipe elektroda	29
5.3.3. Alat pengontrol ketinggian air tipe heat expansion tube	29
5.3.4. Alat pengontrol ketinggian air tipe tekanan differensial	30
5.4. Kontrol pembakaran	31
5.4.1. Permasalahan-permasalahan yang perlu mendapat perhatian pada alat pembakaran dan juga alat keselamatan pembakaran	33
5.4.2. Alat keselamatan pembakaran	35
5.4.3. Kotak kontrol keselamatan utama	35

KONTROL OTOMATIS PADA KETEL UAP

1. Pendahuluan

Pesawat uap atau ketel uap adalah suatu peralatan yang dioperasikan agar memproduksi uap-air yang kemudian dapat digunakan sebagai sumber tenaga penggerak, alat pemanas, pembersih, penguap cairan dan kegunaan lainnya. Demikian luasnya peranan dan kegunaan ketel uap, sehingga tanpa adanya ketel uap suatu pabrik atau industri tidak dapat beroperasi dengan sempurna. Namun dilihat dari segi negatifnya dan bila tidak mengikuti prosedur kerja yang baik, tentu saja akan dapat menimbulkan kecelakaan berupa peledakan yang dapat merusak bangunan, menelan korban jiwa manusia yang bekerja di sekitar industri tersebut.

Agar dapat lebih menjamin keselamatan serta mengurangi kemungkinan-kemungkinan dari bahaya yang dapat timbul maka dalam pengoperasian sebuah ketel uap digunakan sistim kontrol secara otomatis terhadap peralatan-peralatan pada ketel uap tersebut.

1.1. Tujuan Pembelajaran Umum

Setelah mengikuti pelajaran ini diharapkan peserta dapat memahami tentang cara kerja dan kegunaan dari peralatan dengan sistim kontrol otomatis secara benar.

1.2. Tujuan Pembelajaran Khusus

Setelah mengikuti pelajaran ini diharapkan para peserta dapat mengetahui/memahami cara kerja peralatan sistim kontrol otomatis, sehingga diharapkan para peserta :

- a) Mampu menjelaskan tentang prinsip-prinsip kerja peralatan kontrol otomatis yang umum dipakai pada ketel uap.
- b) Mampu memahami dan menjelaskan cara kerja dan fungsi masing-masing peralatan otomatis.

2. Dasar-dasar kontrol otomatis

Di dalam mengoperasikan suatu ketel uap operator sering menemui hambatan-hambatan atau kesulitan-kesulitan. Ini terjadi karena ketel uap tersebut dioperasikan secara manual. Agar pekerjaan operator dalam mengoperasikan ketel uap lebih mudah dan untuk menghindari atau mengurangi hambatan serta kesulitan yang ada maka digunakan sistem kontrol secara otomatis terhadap peralatan-peralatan pada ketel uap. Metoda dengan pengontrolan otomatis juga akan meningkatkan efisiensi ketel uap di samping kecelakaan dalam pengoperasian dapat ditekan.

2.1. Pengertian kontrol otomatis

Tekanan uap dan temperatur air selalu berubah tergantung pada banyak pemakaian masing-masing, yang di sesuaikan dengan kebutuhannya. Perubahan-perubahan yang terjadi pada tekanan maupun pada temperatur dapat dikontrol dengan pengaturan bahan bakar yang di suplai, serta menjaga agar pemakaian bahan bakar selalu seimbang dengan tekanan dan temperatur, sehingga uap yang di hasilkan selalu konstan dan pada waktu yang bersamaan air pengisi ketel uap juga harus dikontrol menurut ketinggian air ketel uap di dalam drum.

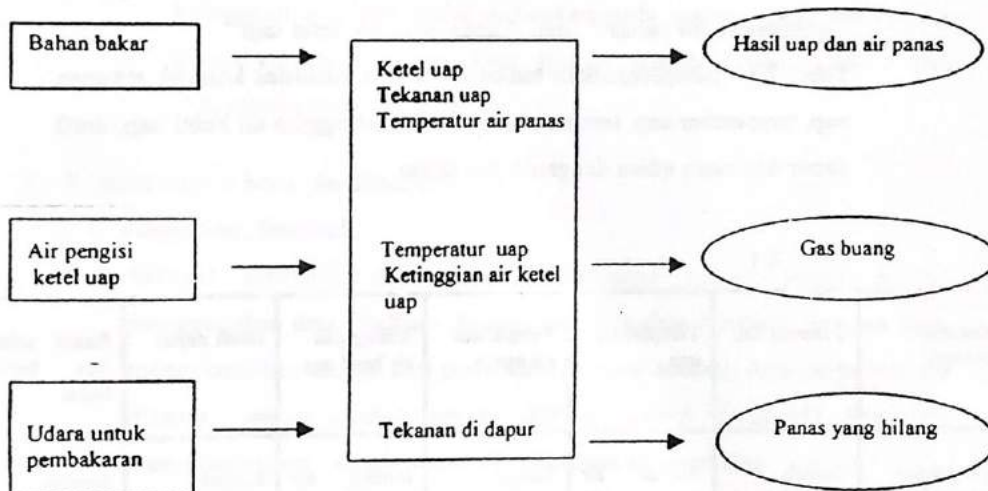
Kontrol terhadap pemakaian bahan bakar dan air pengisi ketel uap dimaksudkan untuk menjaga keseimbangan energi di dalam ketel khususnya dalam pembentukan uap atau air panas.

Kondisi pengoperasian harus selalu dalam keadaan baik, dan juga keseimbangan antara energi yang masuk dan yang keluar. Untuk ketel-ketel dengan kapasitas kecil keseimbangan antara energi yang masuk dan yang keluar dapat dikontrol secara manual. Tetapi setiap jenis ketel mempunyai kondisi yang berbeda-beda antara yang satu dengan yang lainnya, sehingga

dimungkinkan pada satu ketel pengoperasiannya mudah dan pada ketel yang lain sulit.

Jika kita ingin agar efisiensi operasi tetap tinggi, harus digunakan sistem kontrol otomatis secara menyeluruh dan ini akan lebih menjamin keselamatan operator maupun ketel uapnya.

Tujuan dari sistem kontrol otomatis ini adalah untuk mengontrol tekanan dan temperatur agar didapatkan uap dan air panas yang lebih dan konstan. Selain itu juga diinginkan agar kondisi operasi tetap baik sehingga efisiensi pengoperasian juga tetap tinggi, dengan demikian akan menghemat energi pada kapasitas yang optimal. Jika suatu ketel uap menggunakan sistem kontrol otomatis, maka biasanya digunakan sistem kontrol otomatis secara menyeluruh.



Gambar 2.1. Energi yang masuk dan keluar pada ketel uap

2.2. Kuantitas kontrol dan kuantitas operasi.

Energi yang masuk dan keluar pada ketel uap diperlihatkan pada Gambar 2.1. Energi yang masuk adalah dari bahan bakar, air pengisi ketel dan udara pembakaran sedangkan energi yang keluar adalah uap atau air panas, gas buang dan umumnya panas yang hilang yang berasal dari pancaran badan ketel dan air yang dibuang. Jika energi yang masuk dan keluar ini dikontrol dengan sempurna maka ketel akan beroperasi secara stabil.

Energi yang keluar dari ketel umumnya sukar untuk diketahui dengan pasti, sehingga untuk mengetahui banyaknya energi yang keluar ditentukan dengan tekanan uap dan ketinggian air ketel uap. Batasan harga untuk objek kontrol disebut dengan " kuantitas kontrol". Kuantitas kontrol dapat dilakukan dengan " tekanan uap " , " temperatur air panas " dan " ketinggian air ketel uap ".

Tabel 2.1. memperlihatkan hubungan antara kuantitas kontrol, tekanan uap, temperatur uap, temperatur air panas, ketinggian air ketel uap, draft dapur dan rasio udara dengan bahan bakar.

Tabel 2.1.

Kuantitas kontrol	Tekanan uap	Temperatur uap	Temperatur air panas	Ketinggian air ketel uap	Draft dapur	Rasio udara dan bahan bakar
Banyaknya manipulasi	Jumlah pembakaran dan udara	Jumlah air dari De superheater atau kontrol bidang pemanasan	Jumlah pembakaran atau udara pembakaran	Jumlah air pengisi ketel uap	Jumlah ventury atau gas buang	Jumlah pembakaran atau udara pembakaran

Untuk ketel uap dengan kapasitas dan tekanan yang kecil pengontrol tekanan uap dan ketinggian air ketel uap terpisah dengan pengontrolan tekanan di dalam dapur. Dalam hal ini sistem kontrol utama adalah pembakarannya yang disebut dengan sistem "ACC" atau "Automatic combustion control".

Ketel uap dengan kapasitas dan tekanan yang besar (misalnya ketel uap sulzer, ketel uap pipa air) mempunyai daya tampung air yang relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan ketel uap yang kapasitas dan tekanannya kecil (misalnya ketel silinder mendatar), karena air ketel uap hanya berada di dalam pipa-pipa air sehingga pengontrolannya lebih sensitif. Dalam hal ini ketel uap dengan kapasitas dan tekanan yang besar harus mempunyai kontrol pembakaran dan juga kontrol ketinggian air yang dapat digunakan pada waktu yang bersamaan. Sistem kontrol yang demikian disebut dengan sistem "ABC" atau "Automatic Boiler Control".

3. Kontrol umpan balik (feedback control)

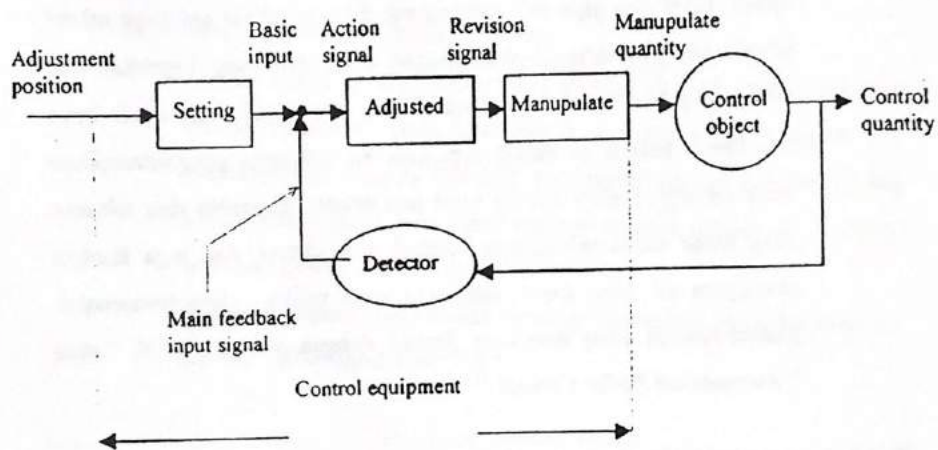
3.1. Pengertian feedback.

Kontrol feedback dapat diartikan sebagai setting katup dengan menggunakan data feedback dimana dari data-data feedback tersebut akan mengakibatkan adanya aksi perbaikan (revision action). Aksi perbaikan ini disebut dengan kontrol umpan balik (kontrol feedback). Feedback mengandung arti : signal output dikembalikan ke input line.

Sebagai contoh : kontrol ketinggian air ketel uap.

Ketinggian air di setting standar pada drum ketel uap, selama beroperasinya ketel uap signal ketinggian air aktual akan melakukan feedback ke posisi setting ketinggian air kemudian mengirimkan signal ke kontrol ketinggian air dan katup air pengisi ketel uap akan membuka/menutup. Sistem kontrol

terhadap ketinggian air ketel uap ini disebut *sistem kontrol feedback*.
Skema rangkaian sistem kontrol feedback diperlihatkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Skema rangkaian kontrol feedback

Pengontrolan dari sistem kontrol feedback dapat dibedakan dari signal untuk aksi perbaikan (revision action), yaitu berupa : (1) Kontrol proporsional (proportional control) atau kontrol P, (2) Kontrol integral (integral control) atau kontrol I, (3) Kontrol differensial (differential control) atau kontrol D.

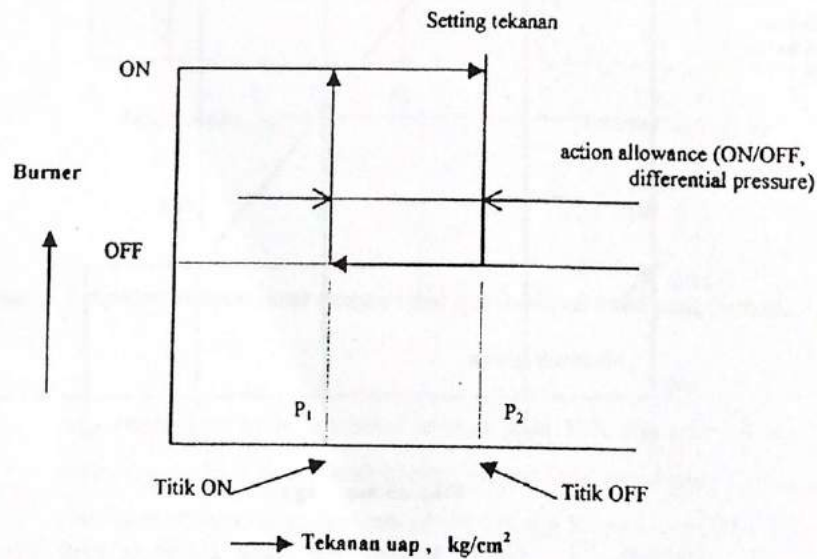
Metoda kontrol yang digunakan adalah :

- Kontrol ON/OFF
- Kontrol proporsional
- Kontrol proporsional + Kontrol ON/OFF
- Kontrol proporsional + Kontrol integral
- Kontrol proporsional + Kontrol integral + Kontrol differensial

3.1.1. Kontrol ON/OFF (ON/OFF control)

Kontrol ON/OFF digunakan untuk mengontrol tekanan, temperatur dan ketinggian air pada ketel uap yang mempunyai kapasitas dan tekanan kecil. Kontrol ON/OFF mengambil signal aksi baik yang positif atau negatif. Bila signal kontrol berubah positif atau negatif, ketel uap akan berhenti beroperasi.

Kuantitas kontrol memerlukan beberapa allowance dan allowance ini disebut " differential ON/OFF ".

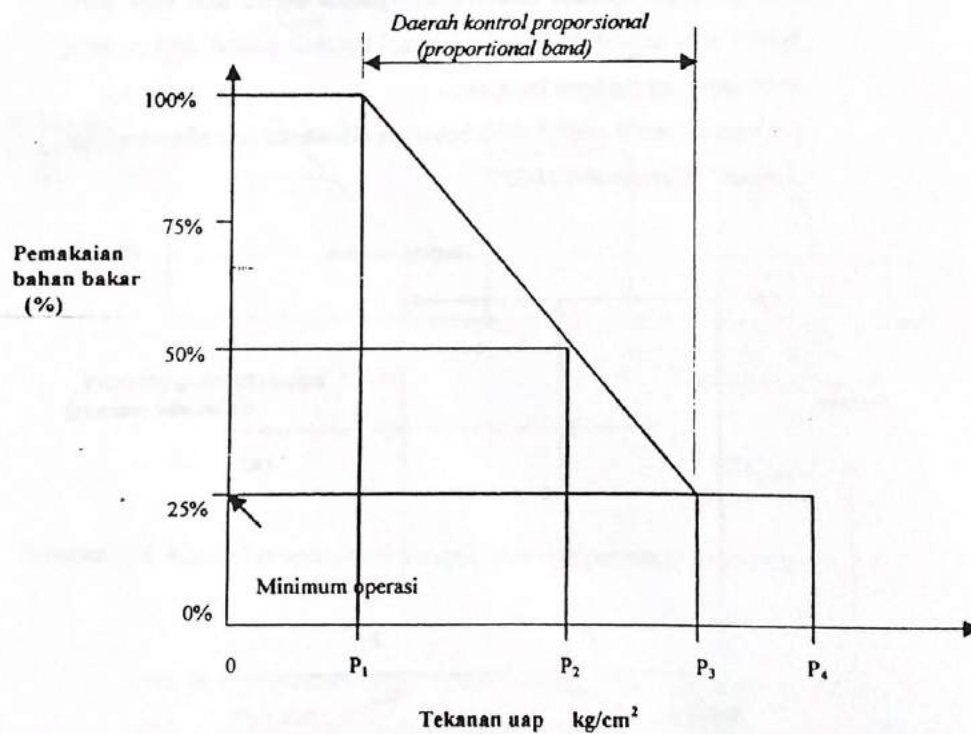


Gambar 3.1. Kontrol deviasi pada tekanan uap

Gambar 3.1. memperlihatkan pengoperasian kontrol ON/OFF pada sistim kontrol tekanan ketel uap. Bila tekanan uap mencapai P_2 , ketel uap berhenti beroperasi, lalu tekanan uap akan turun sampai ke P_1 dan kemudian ketel uap start lagi.

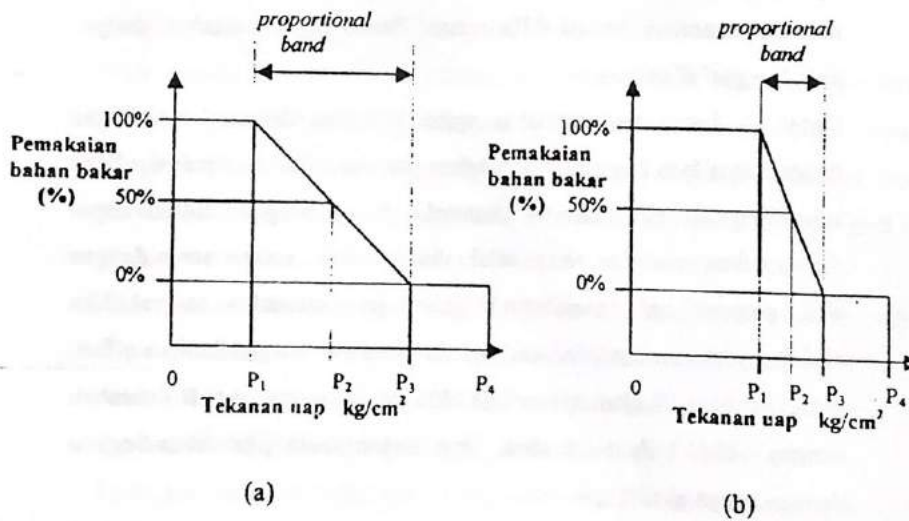
3.1.2. Kontrol proporsional (proportional control) atau Kontrol P.

Kuantitas aksi proporsional di kontrol menurut perbandingan atau rasio deviasi dari posisi setting (misal pengoperasian burner 25% ~ 100% atau setting tekanan uap pada $7,5 \text{ kg/cm}^2 \sim 8,5 \text{ kg/cm}^2$). Gambar 3.2 memperlihatkan tekanan uap yang di kontrol oleh kontrol proporsional.



Gambar 3.2. Grafik tekanan uap yang dikontrol oleh kontrol proporsional

Tekanan yang diinginkan di set pada P_2 , batas tekanan terendah adalah P_1 dan batas tekanan tertinggi P_3 . Dalam hal ini $P_1 \sim P_3$ disebut daerah kontrol proporsional (proportional band). Daerah kontrol proporsional tidak akan sama untuk setiap objek yang di kontrol. Jika daerah kontrol proporsional dibuat menjadi lebih kecil, maka kontrol akan menjadi lebih sensitif dan burner akan mengalami kesulitan karena adanya tekanan naik - turun yang terlalu cepat.



Gambar. 3.3. Kontrol proporsional dengan lebar proportional band yang berbeda

Jika pengoperasian bahan bakar sampai pada 25% dan tekanan terus naik sehingga melebihi daerah kontrol proporsional misal pada P_4 maka pembakar (burner) akan berhenti (disini bekerja kontrol ON/OFF). Bila tekanan turun lagi maka burner akan menyala lagi. Kadang-kadang kontrol proporsional membuat chattering dan melakukan operasi

ON/OFF dalam waktu pendek. Daerah proporsional (proportional band) harus dijaga selebar mungkin agar kontrol proporsional dapat beroperasi secara stabil.

Gambar 3.3 memperlihatkan kontrol proporsional dengan lebar daerah kontrol proporsional (proportional band) yang berbeda, dimana (a) mempunyai proportional band yang lebih besar dari pada (b).

3.1.3. Kontrol integral (I control) dan Kontrol integral proporsional (PI control).

Kontrol integral di kontrol oleh kecepatan perubahan proporsional menurut kuantitas deviasi differensial. Peristiwa ini disebut dengan *aksi Integral (I action)*.

Untuk itu kecepatan perubahan untuk kuantitas deviasi kontrol atau dengan kata lain kecepatan perubahan dari kuantitas manipulasi adalah sebanding dengan deviasi kontrol. Aksi integral tidak dapat dioperasikan sendirian, tetapi selalu dioperasikan bersama-sama dengan aksi proporsional membentuk kontrol proporsional + integral. Jika aksi P digunakan sendirian kadang-kadang dapat mengakibatkan offset, untuk itu aksi PI akan merombak aksi ini. Kuantitas aksi P ditambah dengan aksi I dapat dirubah lebih kuantitasnya jika dibandingkan dengan hanya aksi P saja.

3.1.4. Kontrol differensial dan kontrol aksi PID.

Kuantitas manipulasi aksi differential akan naik - turun karena adanya perubahan proporsional. Aksi kontrol dari kontrol differential adalah sebanding dengan harga differential dari deviasi kontrol, kemudian kuantitas manipulasi dikontrol oleh PID. Aksi differensial tidak dapat dioperasikan sendirian, tetapi selalu dioperasikan bersama-sama dengan proporsional + integral membentuk kontrol proporsional + integral +

differensial. Jika hanya pergerakan deviasi, kontrol differensial membuat aksi. Dasar kontrol untuk aksi PID adalah aksi P dan kekurangan ini ditangani dengan aksi I kemudian secara bersamaan kelambatan kontrol P dan kontrol I akan diimbangi oleh kontrol D.

4. Kontrol berurutan (sequence)

4.1. Pengertian kontrol sequence

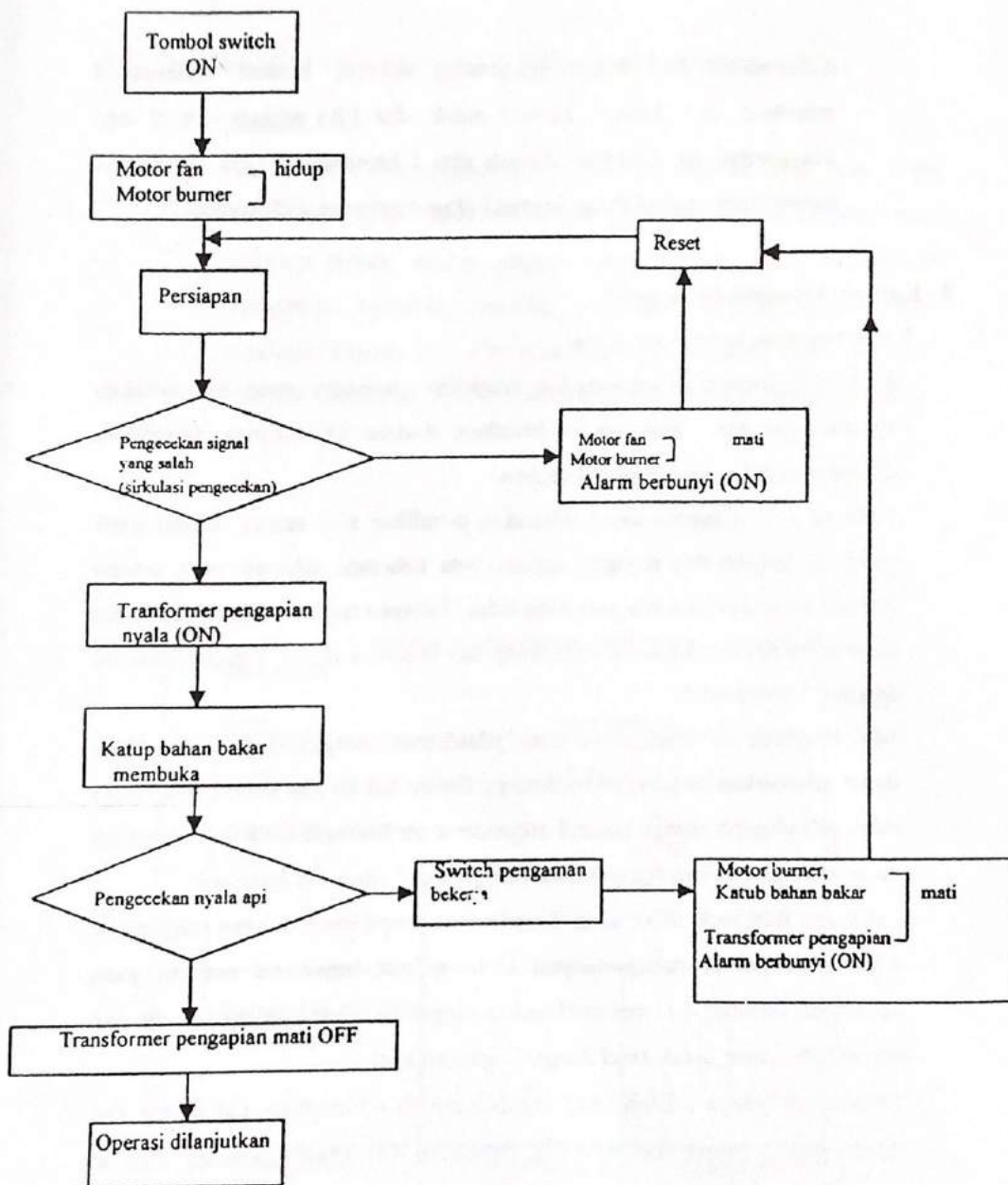
Kontrol sequence adalah tahapan rangkaian prosedur yang dilaksanakan secara berurutan atau secara bertahap, dimana sebelumnya ditentukan dengan prosedur yang telah ditetapkan.

Pada kontrol sequence dapat dilakukan pemilihan aksi sesuai dengan hasil yang diinginkan dan menguntungkan. Ada beberapa tahapan yang selesai dengan sempurna dan ada juga yang tidak. Tahapan rangkaian prosedur dapat berlanjut terus atau berhenti tergantung dari beberapa signal. Signal-signal ini disebut " *Interlock* ".

Jika *Interlock* ini kondisinya tidak jelas/bersih, rangkaian prosedur tidak dapat dilanjutkan ke tahapan berikutnya. Dalam hal ini jika kondisinya masih tidak jelas/bersih semua kontrol sequence akan berhenti. Sistem kontrol ini dapat dikombinasikan dengan *Interlock* disebut " *Lock out Interlock* ".

Lock out Interlock tidak akan dioperasikan tanpa reset dengan tangan, ini dilakukan untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya sesuatu yang abnormal. Gambar 4.1 memperlihatkan rangkaian prosedur/diagram alir dari kontrol sequence untuk ketel dengan kapasitas kecil.

Tahapan alirannya adalah : (1) Tombol switch dihidupkan, (2) Motor fan, motor burner mulai bekerja, (3) Persiapan, (4) Masing-masing tahapan dilanjutkan, (5) Jika sesuatunya baik, operasi ketel uap dilanjutkan. Jika sirkuit pengapian mulai bekerja tetapi pembakar (burner) tidak menyala, switch pengaman akan bekerja kemudian terjadi lock out interlock.



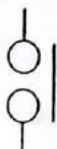



Gambar 4.1 Diagram alir kontrol sequence

4.2. Bagian-bagian listrik utama untuk sirkuit kontrol sequence.

4.2.1. Magnet relay

Gambar 4.2 memeperhatikan prinsip dari magnet relay, jika aliran arus listrik sampai pada coil yang berupa core solenoid di dalam core tersebut terjadi medan magnet. Magnet relay listrik mempunyai pengontak bergerak (moving contactor) dan pengontak diam (stationary contactor). Jika arus listrik sampai pada coil, core akan bekerja, pengontak bergerak akan berfungsi sebagai pengontak diam.

Nama umum	Relay	
Nama	Magnet relay	
Signal	R atau K	
Penggerak magnet relay		
Pengontak reset otomatis		
Jenis pengontak	Pengontak A A contactor	Pengontak B B contactor

Gambar 4.2. Prinsip magnet relay

Pada Gambar 4.2 di atas :

- Pengontak A: jika aliran arus listrik berhenti, menutup, pengontak B membuka.
- Pengontak B: jika aliran arus listrik berhenti, menutup, pengontak A membuka

Aliran listrik ke coil merupakan relay contact karena adanya magnet, operasi ini disebut "action". Setelah aliran arus listrik keluar dari coil, relay akan berhenti, operasi ini disebut "reversion".

Karakteristik magnet relay :

- Dengan power sirkuit yang kecil dapat mengontrol sirkuit yang mempunyai power yang besar.
- Output signal dapat berfungsi sebagai input signal dengan menggunakan pengontak B.
- Banyak output signal yang dapat digabung menjadi satu signal dengan menggunakan satu pengontak multi contactor.
- Masing-masing output signal dan input signal berdiri sendiri dan di isolasi sehingga memudahkan untuk diseleksi voltase atau arusnya dengan meter pengontrol.
- Logic circuit dapat diatur atau disusun dengan pengontak ON/OFF.
- Perilakunya dapat dilihat dengan mata.

4.2.2. Elektron

Sirkuit kontrol yang digunakan adalah semi konduktor , yaitu transistor, syristor, dioda untuk fungsi amplifier, rectitication, switching dan timing. Sekarang ini banyak digunakan Integrated circuit (IC) untuk memory, kontrol, dan pengoperasian dimana Integrated circuit ini menggunakan semi konduktor jenis silicon.

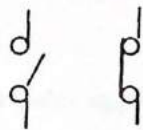
4.2.3. Pengatur waktu (timer relay OFF the day)

Jenis-jenis timer :

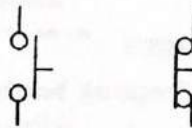
- Motor type timer (keep relay fixing type safety switch)
- Motor type cum timer (program timer)
- Electron type timer
- Heater type timer

4.2.4. Switch

Switch gunanya untuk pengontak arus listrik atau memutus hubungan arus listrik.



(a) Pengontak A (b) Pengontak B



(a) Pengontak A (b) Pengontak B

Gambar 4.3. Bentuk switch umum

Gambar 4.4. Bentuk switch tombol

Ada beberapa jenis switch yaitu :

- a. Knife switch
- b. Button switch
- c. Micro switch
- d. Mercury switch

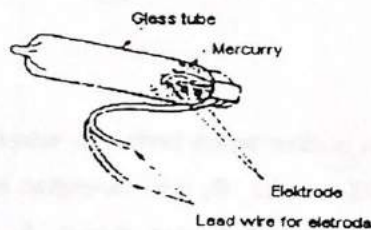
- (1) Knife switch , switch jenis ini pemakaiannya menggunakan tangan atau manual. Gambar 4.3 memperlihatkan switch yang umum dan Gambar 4.4 memperlihatkan switch tombol.
- (2) Button switch, switch jenis ini berupa sebuah tombol . Jika switch ditekan "ON", tombolnya akan kendur dari switch, bila dilepaskan switch masih terjadi kontak , ON akan naik karena adanya pegas dan begitu juga sebaliknya.
- (3) Micro switch, switch terdiri dari pelat pegas dengan status pengontak switch yang paling populer untuk sirkuit listrik.
- (4) Mercury switch, switch "ON" jika tube gelas miring. Air raksa (mercury) yang berada di dalam gelas akan berada di sudut, kemudian aliran arus listrik diantara dua elektroda menembus mercury. Biasanya di dalam tube gelas dimasukkan gas nitrogen (Gambar 4.5).

Keuntungannya :

- Pengontak berada di dalam tube gelas sehingga tidak akan terjadi masalah bila ada miscontac karena debu.
- Pada pengontak tidak akan ada masalah walaupun terjadi oksidasi karena pengontak tidak berhubungan langsung dengan udara luar.
- Pengontak dapat di switch dengan pasti dan dapat mempunyai karakteristik yang baik karena adanya specific gravity dan tegangan permukaan yang besar.

Kekurangannya :

- Switch tidak dapat digunakan bila ada getaran dan kejutan.
- Jika tube gelas retak atau mengalami kesalahan posisi karena masuknya gas dimana di dalam tube gelas terjadi oksidasi mercury, penguapan, dan penyebaran, pengontak akan mengalami kesulitan.
- Jika tube gelas rusak atau pecah, mercurynya berbahaya bagi tubuh manusia bila sampai terkena kulit ataupun tertelan.



Gambar 4.5. Mercury switch

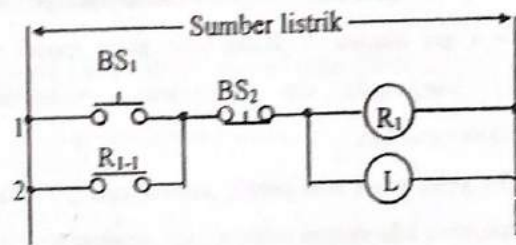
4.3. Sirkuit dasar kontrol sequence.

Gunanya untuk mengontrol bekerjanya alat-alat kontrol keselamatan otomatis pada ketel uap.

4.3.1. Sirkuit self holding.

Diagram sirkuit self holding diperlihatkan pada Gambar 4.6.

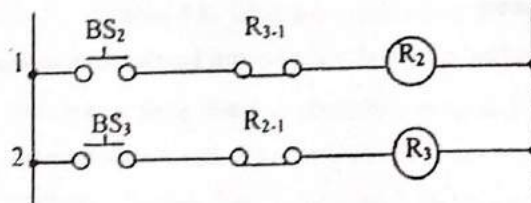
1. BS_1 ditekan.
2. R_1 bekerja.
3. Jika BS_1 dilepas R_1 diambil alih oleh pengontak R_{1-1} .
4. Pada waktu bersamaan L menyala.
5. Jika BS_2 dilepas R_1 dan pengontak R_{1-1} mati. Sirkuit ini disebut "Sirkuit self holding"



Gambar 4.6. Diagram sirkuit self holding.

4.3.2. Sirkuit pricedent.

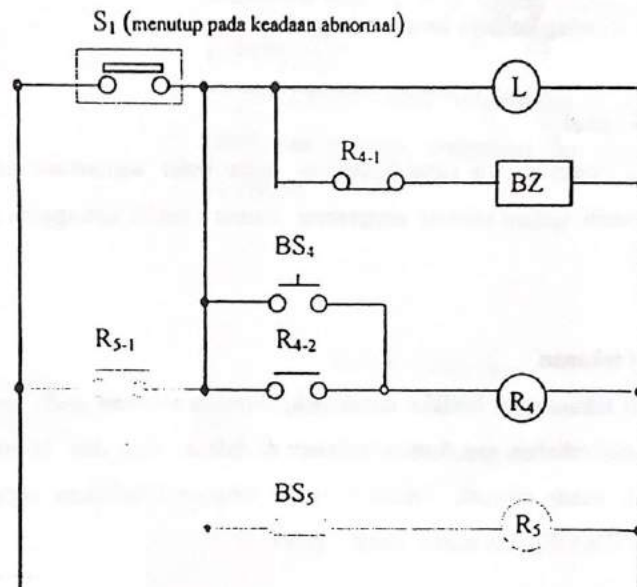
Jika BS_2 dan BS_3 ditekan secara bersamaan tetapi BS_2 ditekan lebih cepat dari pada BS_3 , maka R_2 aktif sedangkan R_3 tidak dapat aktif karena BS_2 memutuskan hubungan dengan R_{2-1} . Diagram sirkuit pricedent diperlihatkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Sirkuit pricedent.

4.3.3. Sirkuit alarm.

Diagram sirkuit alarm diperlihatkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8. Diagram sirkuit alarm

Jika signal yang diterima abnormal, pengontak S_1 akan menutup. Di dalam hal ini lampu L menyala dan pada saat yang bersamaan alarm BZ berbunyi. Setelah konfirmasi hanya bunyi alarm yang dapat di stop dengan menekan tombol BS_4 . Pengontak S_1 akan mengulangi lagi peristiwa ini secara otomatis sampai nyala lampunya padam. Kadang-kadang sekali waktu memerlukan sirkuit tambahan dan untuk itu BS_5 ditekan.

Contoh penggunaan alarm circuit pada ketinggian air ketel uap : bila ketinggian air ketel uap terlalu rendah signal dari detector mengontakkan S_1 (menutup), lampu L menyala dan BZ berbunyi . Bila $R_{4.1}$ diputus BZ berhenti berbunyi. BZ juga dapat dimatikan dengan jalan menghidupkan BS_4 , dimana BS_4 mengaktifkan R_4 dan bila BS_4 dimatikan R_4 tetap bekerja karena adanya $R_{4.2}$ (holding).

5. Jenis-jenis sistem kontrol

Ada beberapa jenis sistem kontrol yang digunakan pada ketel uap, antara lain : sistem kontrol tekanan, sistem kontrol temperatur, sistem kontrol ketinggian air ketel uap.

5.1. Sistem kontrol tekanan.

Sistem kontrol tekanan ini berlaku untuk pengontrolan tekanan pada ketel uap yaitu kontrol tekanan uap, kontrol tekanan di dalam dapur dan kontrol tekanan bahan bakar minyak. Sistem kontrol tersebut dilakukan secara sistem operasi ON/OFF dan sistem kontrol proporsional.

5.1.1. Sistem operasi ON/OFF.

1. Sebagai contoh lihat Gambar 5.1 yang memperlihatkan sebuah mercury switch yang digunakan untuk kontrol tekanan dan di setting pada :

Setting tekanan = 8 kg/cm^2 , tekanan differensial $0,5 \text{ kg/cm}^2$

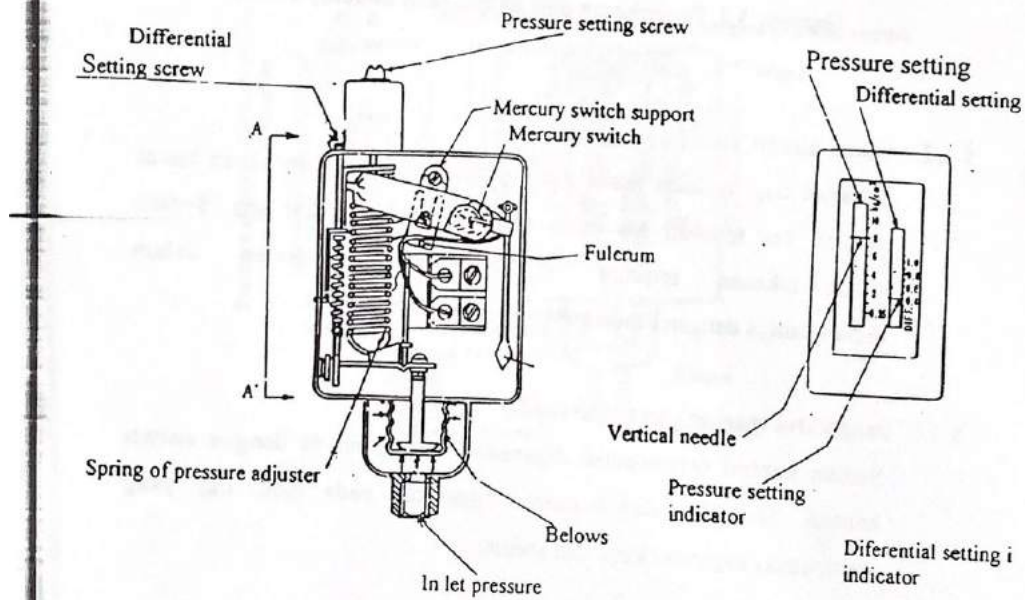
$$8 \text{ kg/cm}^2 + 0,5 \text{ kg/cm}^2 = 8,5 \text{ kg/cm}^2$$

Setting pengontak membuka pada tekanan = $8,5 \text{ kg/cm}^2$

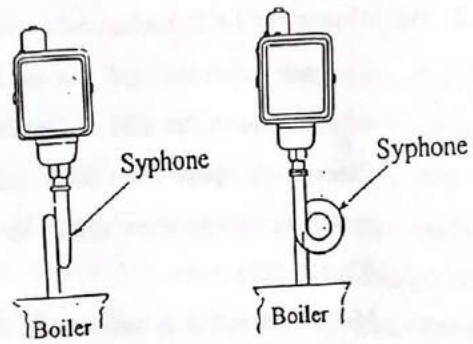
Setting pengontak menutup pada tekanan = 8 kg/cm^2

Ketel dioperasikan pada range tekanan $8,5 \text{ kg/cm}^2 \sim 8 \text{ kg/cm}^2$

2. Hal-hal yang perlu diperhatikan pada waktu pemasangan.
- Pemasangan secara tegak dan mendatar harus dilakukan dengan hati-hati dan tidak ada getaran
 - Pasang pipa siphon untuk mencegah aliran uap langsung masuk ke belows. Pipa siphon harus penuh dengan air (Gambar 5.2).
 - Mercury switch akan menganalisa dengan akurat tentang perubahan tekanan, temperatur dan getaran yang dikirim ke switch.



Gambar 5.1. Switch kontrol tekanan uap tipe ON/OFF



Pemasangan yang salah

Pemasangan yang benar

Gambar 5.2. Penempatan pipa siphon pada mercury switch

5.1.2. Aturan-aturan tekanan.

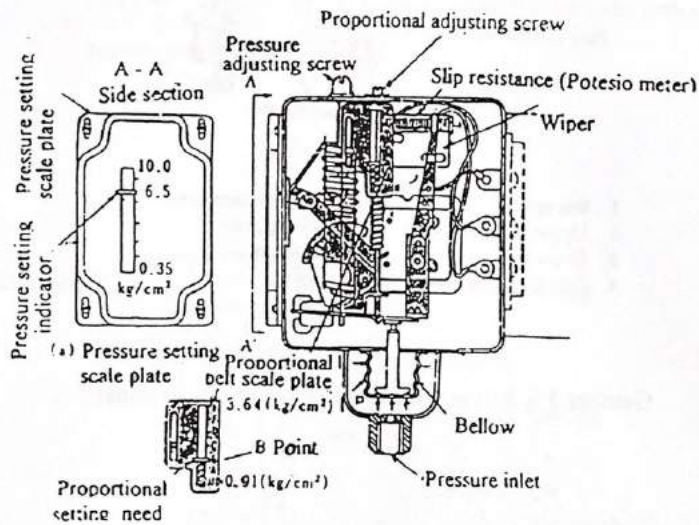
Tekanan uap, tekanan udara untuk pembakaran, tekanan bahan bakar minyak dan tekanan gas untuk pembakar bahan bakar gas. Switch tekanan-tekanan tersebut menggunakan aturan-aturan dalam hubungannya dengan keselamatan operasi.

5.1.3. Pengontrol tekanan uap proporsional.

Sistem kontrol proporsional digunakan bersama-sama dengan switch kontrol ON/OFF dan biasanya digunakan pada ketel uap yang mempunyai kapasitas kecil dan sedang.

Konstruksinya

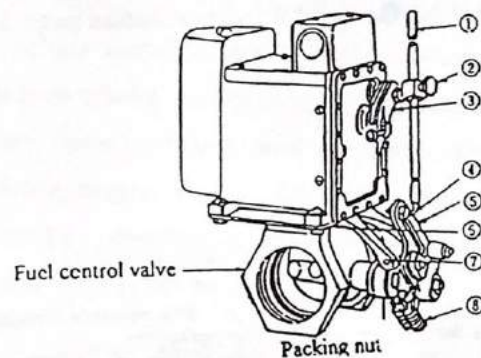
Gambar 5.3. memperlihatkan contoh konstruksi dari switch kontrol tekanan proporsional yang mempunyai tekanan tertinggi 10 kg/cm^2 . Daerah kontrol proporsional (proportional control belt) adalah $0,91 \text{ kg/cm}^2 \sim 3,64 \text{ kg/cm}^2$. Gambar 5.3. (a) memperlihatkan pelat skala untuk setting tekanan dan Gambar 5.3 (b) menunjukkan alat setting proporsional dan Gambar 5.4. memperlihatkan motor kontrol.



Gambar 5.3. Switch kontrol tekanan uap proporsional

5.1.4. Pengontrol tekanan lainnya.

Alat-alat pengontrol tekanan ini ada yang menggunakan elektron, listrik, pneumatic, tekanan dari minyak sebagai pengontrolnya dan umumnya alat-alat tersebut digunakan untuk ketel uap yang mempunyai kapasitas besar.



- | | |
|--------------------------|---------------------|
| 1. linkage rod | 5. Valve action arm |
| 2. Upper side bolt joint | 6. Fixing plate |
| 3. Cram arm | 7. Bracket |
| 4. Down side bolt joint | 8. Spring |

Gambar 5.4. Motor kontrol tekanan uap proporsional

5.2. Kontrol temperatur.

Sistem kontrol temperatur suatu ketel uap mempunyai fungsi untuk mengontrol :

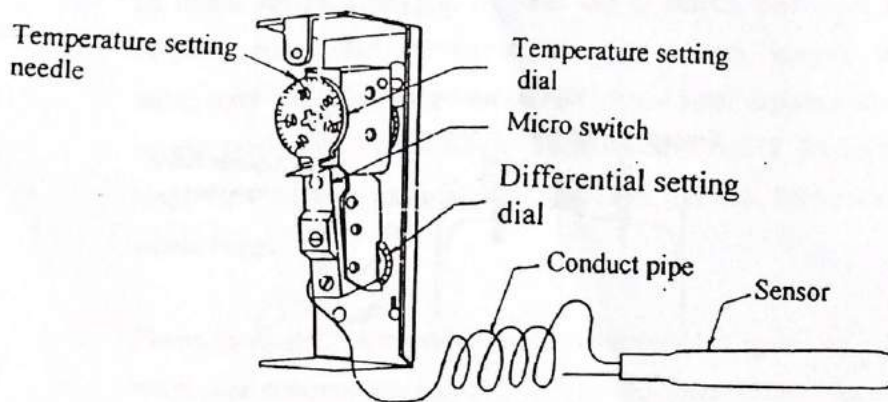
- Temperatur air panas untuk ketel air panas
- Temperatur dari panas bahan bakar minyak
- Temperatur uap untuk uap yang dipanaskan lanjut
- Temperatur udara yang keluar dari pre heater

Umumnya yang sering digunakan adalah pengontrol jenis elektron dan jenis listrik.

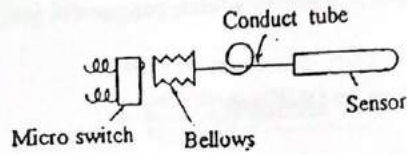
Kontrol temperatur ON/OFF.

Konstruksinya

Gambar 5.5 memperlihatkan salah satu konstruksi dari pengontrol jenis listrik. Jenis ini beroperasi dengan prinsip ON/OFF. Di dalamnya umumnya cairan yang digunakan adalah ether, alkohol ataupun toluene. Cairan mengembang dan menyusut dimana hal ini akan menekan belows atau diafragma, kemudian micro switch bekerja dengan prinsip ON/OFF. Adjustor temperatur tipe ON/OFF diperlihatkan pada gambar 5.6 metoda settingnya sama seperti pada switch tekanan.



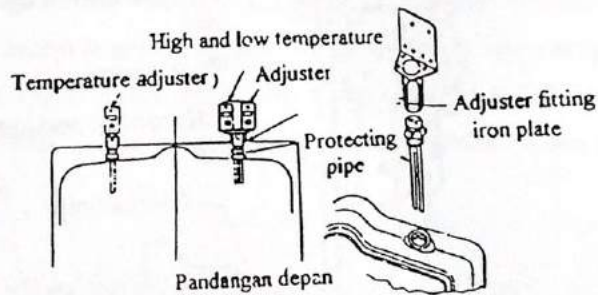
Gambar 5.5. Pengontrol temperatur jenis listrik



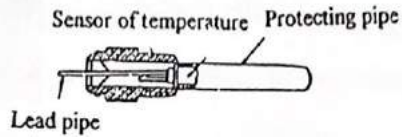
Gambar 5.6. Adjustor temperatur tipe ON/OFF

Instalasi atau pemasangannya

Ada dua cara yang digunakan untuk pemasangannya pada ketel uap, yaitu dengan cara dipasang langsung pada fitting dan dengan menggunakan prevention tube. Gambar 5.7 memperlihatkan contoh pemasangan pengontrol temperatur jenis listrik yang dipasang langsung pada fitting, sedangkan Gambar 5.8 memperlihatkan sebuah prevention tube.



Gambar 5.7. Contoh pemasangan langsung pengontrol temperatur jenis listrik pada fitting



Gambar 5.8. Prevention tube

5.3. Kontrol ketinggian air ketel uap.

Kontrol level air pada ketel adalah mengontrol perubahan kuantitas air pengisi ketel uap sesuai dengan fluktuasi beban ketel uap. Ada beberapa macam sistem kontrol ketinggian air ketel uap, yaitu sistem kontrol tunggal, sistem kontrol dua elemen dan sistem kontrol tiga elemen.

Sistem kontrol tunggal hanya mengontrol fluktuasi ketinggian air ketel uap. Di dalam hal ini ketinggian air ketel uap di deteksi oleh float switch, ekspansi panas dari thermostat, kemudian sistem kontrol tersebut mengontrol secara langsung kuantitas air pengisi ketel uap atau pompa air pengisi ketel uap di kontrol dengan prinsip operasi ON/OFF. Sistem kontrol tunggal ini tidak akurat pengontrolannya bila fluktuasi beban ketel uap terlalu tinggi.

Sistem kontrol dua elemen tidak hanya mengontrol ketinggian air ketel uap tetapi juga mengontrol aliran uap. Sedangkan sistem kontrol tiga elemen mengontrol ketinggian air ketel uap, kuantitas aliran uap dan kuantitas air pengisi ketel uap.

Peralatan-peralatan untuk kontrol ketinggian air ketel uap dan kontrol kuantitas air pengisi ketel uap antara lain float, elektroda level air, expansion tube karena panas, alat pengontrol ketinggian air tipe tekanan differential dll.

5.3.1. Alat pengontrol ketinggian air tipe switch pelampung (float switch)

Konstruksinya

Float switch mempunyai ruang float dan pada bagian atas atau bagian bawah dihubungkan dengan uap atau air kemudian float dapat bergerak naik atau bergerak turun tergantung dari level air.

Instalasinya

1. Biasanya dipasang dua buah float switch yang berbeda jenisnya untuk mencegah hal-hal yang tidak diinginkan ketika level air menjadi sangat rendah.
2. Pipa penghubung air dari detektor ketinggian air ketel uap tidak dapat digunakan untuk detektor ketinggian air ketel uap yang lainnya.
3. Katup uap dan katup air untuk detektor tidak harus dua katup atau dua cock pada satu seri.
4. Katup atau cock untuk pipa penghubung untuk kolom detektor harus diberi tanda untuk mengetahui apakah katup tersebut membuka atau menutup.
5. Katup atau cock untuk pipa penghubung dari sisi air dapat menggunakan pipa lurus.
6. Diameter pipa penghubung dari sisi air untuk kolom detektor harus dijaga agar tetap lebih dari 20 mm.

7. Bekerjanya detektor ketinggian air untuk ketinggian air ketel uap yang rendah harus ditetapkan dengan safety low water level dari ketel uap. Masing-masing peralatan harus dipasang mendatar, pipa pendukung harus vertikal.

5.3.2. Alat pengontrol level air tipe elektroda

Konstruksinya

Ketinggian air ketel uap dideteksi apakah dengan aliran arus listrik atukah tidak diantara elektroda ke elektroda. Sistem elektroda mempunyai konstruksi yang sederhana dan kita dapat mengontrol ketinggian air, emergency low water level atau high water level alarm, kemudian sebagai tambahan elektroda dapat mengontrol hal-hal lainnya selain ketinggian air ketel uap.

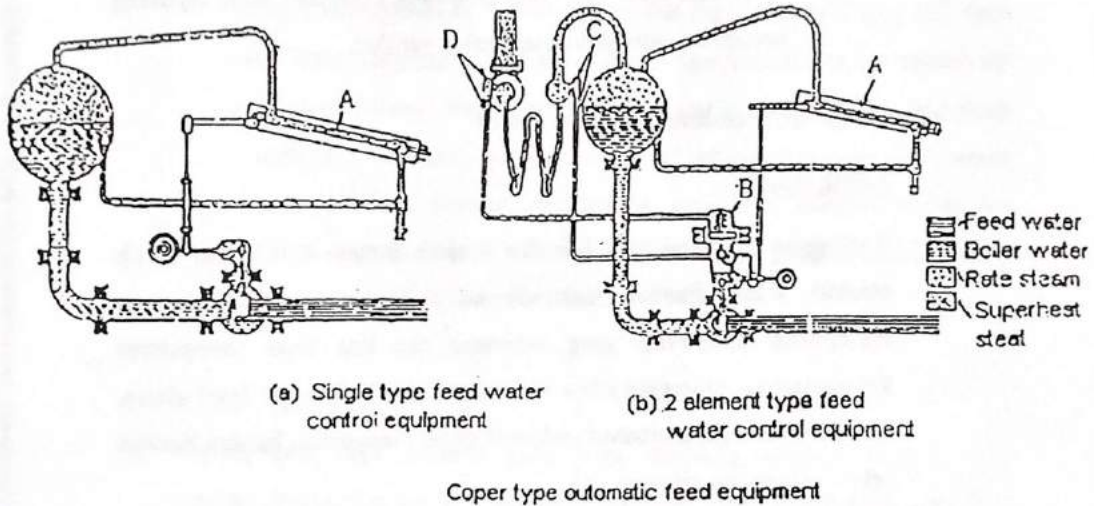
Air pada kolom detektor menjadi lebih murni karena adanya air kondensat dan konduktivitas naik. Di dalam hal ini arus listrik tidak dapat mengalir diantara elektroda ke elektroda. Elektroda akan dipasang langsung ke badan ketel uap untuk mencegah kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi karena adanya air murni di dalam kolom. Konduktivitas air murni = $0,055 \mu \text{ s/cm}$.

5.3.3. Alat pengontrol ketinggian air ketel uap tipe heat expansion tube (thermostat).

Konstruksinya

Heat expansion tube type biasanya menggunakan copes dan bekerja seperti logam yang mengembang dan menyusut karena adanya variasi temperatur. Gambar 5.9 memperlihatkan tentang copes. Karena copes tidak menggunakan arus listrik untuk pengontrolannya maka disebut

juga dengan "peralatan kontrol yang berdiri sendiri" atau *by itself control equipment*".



Gambar 5.9. Copes dengan 1 elemen dan copes dengan 2 elemen

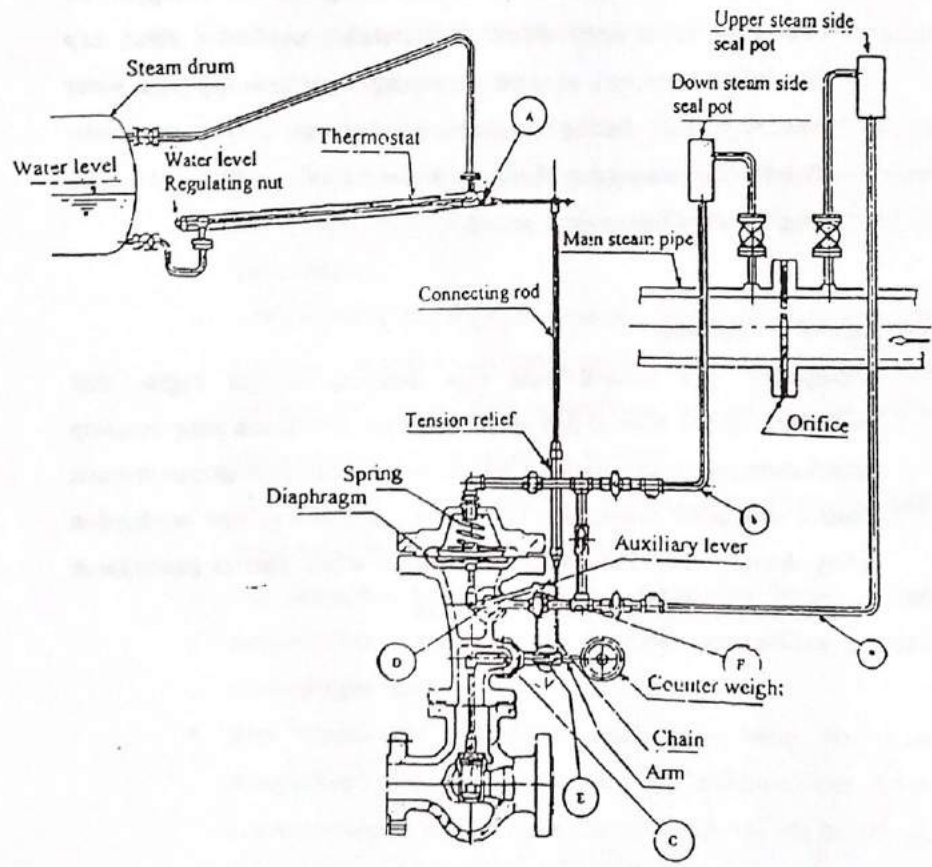
5.3.4. Alat pengontrol ketinggian air ketel uap tipe tekanan differential.

Ketel uap yang mempunyai kapasitas besar biasanya menggunakan sistem kontrol ini. Sistem kontrol ini biasanya menggunakan dua atau tiga elemen, ini berarti pengontrolan terhadap level air + aliran uap + kuantitas air pengisi. Ada tipe float, tipe diafragma, tipe elektro, tetapi pemasangan transmitter tersebut dikerjakan berdasarkan permintaan teknik secara khusus.

Gambar 5.10 memperlihatkan sistem pengontrolan ketinggian air ketel uap dengan menggunakan 2 elemen (disebut juga dengan Copes DO type feed water regulator). Sistem ini terdiri dari pendeteksi ketinggian air ketel uap (water level detector/thermostat), pendeteksi aliran uap (steam flow detector), pengatur aliran air pengisi ketel uap (feed water flow regulator), batang penghubung rangkaian dengan thermostat (linkage bar connecting thermostat) dan katup pengontrol aliran air pengisi (water flow control valve).

5.4. Kontrol pembakaran.

Merupakan unit kontrol yang juga dipasang sebagai bagian dari mekanisme sistem kontrol dan untuk mencegah kecelakaan yang mungkin terjadi pada saat pengoperasian ketel yang berasal dari pembakaran dan unit kontrol ini disebut dengan alat keselamatan pembakaran atau combustion safety device. Alat keselamatan pembakaran untuk kontrol pembakaran tersusun atas hal-hal yang bersifat mendasar.



Gambar 5.10. Sistem pengontrolan ketinggian air ketel uap dengan 2 elemen

5.4.1. Permasalahan-permasalahan yang perlu mendapat perhatian pada alat pembakaran dan juga alat keselamatan pembakaran.

1. Alat pembakaran, pengapian harus dapat dipastikan dan harus mempunyai pengaturan perbandingan bahan bakar dan udara agar memudahkan pengoperasian.
2. Alat pembakaran, setelah pembakaran berhenti, tidak boleh ada tetesan/sisa bahan bakar yang tertinggal di dalam dapur agar mudah untuk memeriksa, merawat dan mengetahui adanya kebocoran bahan bakar.
3. Sebelum memulai pengapian, gas-gas sisa pembakaran di dalam ketel uap (termasuk gas buang yang ada di dalam saluran pipa pembuangan) harus dapat dibersihkan dan dikeluarkan dengan mudah dengan menggunakan fan ventilasi.
4. Jika fan ventilasi secara mendadak berhenti, katup shut down bahan bakar harus dapat menutup dengan cepat.
5. Alat pengapian, harus dipasang pada posisi yang benar dan harus menghasilkan energi panas untuk dapat menyalakan pembakar utama dengan tepat.
6. Alat keselamatan pembakaran yang baik harus benar-benar diwujudkan yang terdiri dari alat pembakaran, alat kontrol keamanan utama, alat deteksi nyala api, katup cut off bahan bakar dan lain-lain sebagaimana yang telah ditentukan.
7. Alat kontrol keselamatan utama mengambil signal dari detektor nyala api dan yang lainnya, dan mengirimkan perintah kepada kontrol pembakaran sebagaimana yang telah ditetapkan.
8. Alat kontrol keselamatan utama akan berfungsi jika alat pembakar tidak mampu untuk membakar, di dalam hal ini terjadi kesalahan

deteksi dari nyala api dan juga berfungsi untuk memeriksa adanya api secara otomatis terutama disamping itu juga untuk memudahkan mencari penyebab gagalnya pembakaran di dalam ruang pembakaran.

9. Alat kontrol keselamatan utama, mempunyai fungsi sebagai alat kontrol keselamatan utama yang menangani proses pembakaran dari pembakar utama secara otomatis, di dalam hal ini jika sambungan kawat terhadap alat deteksi nyala api cut off (putus) atau putus di bagian dalam alat deteksi nyala api, alat ini akan berbunyi selama terjadinya proses pembakaran oleh pembakar utama.
10. Peralatan kontrol pembakaran, mempunyai fungsi memulai lagi beroperasinya alat keselamatan pembakaran bila terjadi kegagalan pembakaran dengan melakukan pengoperasian secara manual dan memblokir suplai bahan bakar dari pembakar utama dengan segera dan pada saat yang bersamaan pembakaran padam.
11. Ganti switch dan alat-alat lainnya yang beroperasi pada saat ketel uap diproduksi dan yang menyebabkan tidak berfungsinya alat keselamatan pembakaran.
12. Katup bahan bakar minyak, aliran bahan bakar minyaknya tidak dapat dilakukan secara by pass.
13. Sistem blok terhadap bahan bakar pada ketel yang menggunakan minyak ringan seperti kerosen dan juga bahan bakar gas bila diinginkan dapat di kontrol dengan menggunakan dua buah katup stop otomatis.
14. Safe switch mempunyai fungsi sebagai blok terhadap suplai bahan bakar ke pembakar utama secara otomatis di dalam waktu yang telah ditentukan tanpa harus menyala dengan penyebab kegagalan lainnya setelah akhir dari pre purge di dalam ketel uap yang

beroperasi untuk pengapian secara otomatis atau di dalam hal ini tidak dapat mendeteksi nyala api yang telah ada.

15. Jika tidak mampu me restart, operasikan dengan cara manual, di dalam hal ini safe switch dioperasikan.

16. Katup cut off bahan bakar gas harus mampu membuka dan menutup harus dapat diketahui dari luar dan katup tersebut dapat diperiksa dengan mudah bila ada kebocoran pada dudukan katupnya.

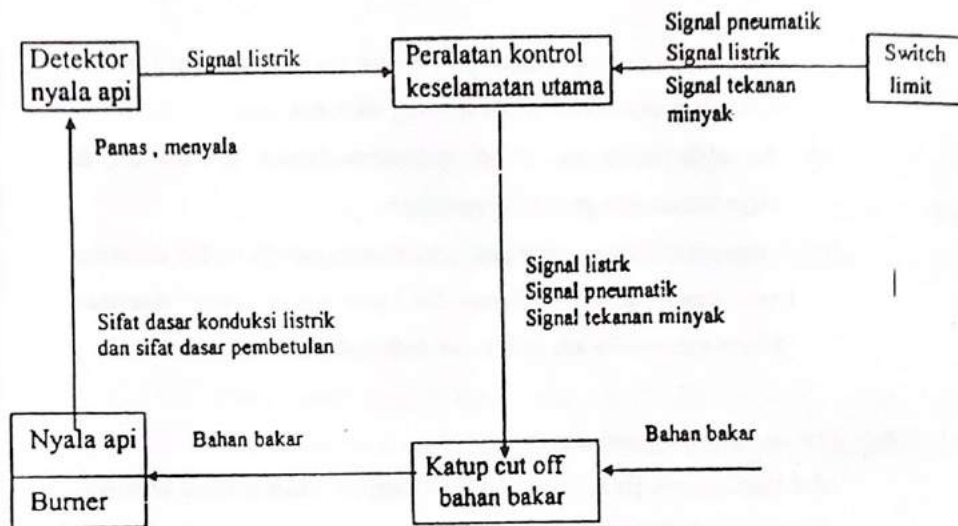
5.4.2. Alat keselamatan pembakaran

Alat keselamatan pembakaran tersusun membentuk konstitusi oleh alat pembatas seperti interlock yang akan mencegah kerusakan terhadap alat kontrol keselamatan utama, detektor nyala api, katup blok bahan bakar dan juga berbagai macam kecelakaan yang mungkin terjadi (lihat Gambar 5.11).

5.4.3. Kotak kontrol keselamatan utama.

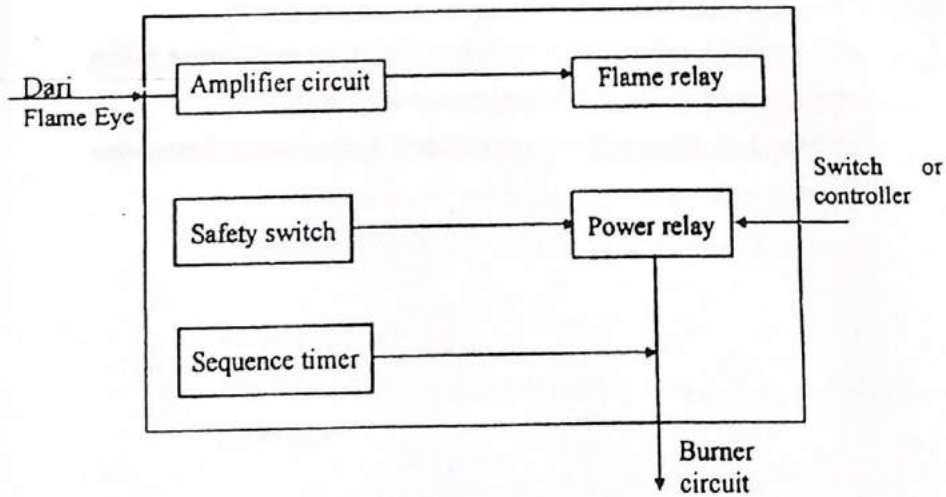
Alat kontrol keselamatan utama mengontrol aturan-aturan yang paling penting diantara alat-alat keselamatan pembakaran.

Gambar 5.12. memperlihatkan contoh dari kotak kontrol keselamatan utama.



Gambar 5.11. Prinsip dasar peralatan keselamatan pembakaran

Signal current



Gambar 5.12. Kotak kontrol keselamatan utama

Power relay

Tekan switch start atau signal datang dari temperatur, tekanan dan dari signal starting pembakar, power relay akan aktif dan motor pembakar, katup pengapian bahan bakar minyak, transformer pengapian akan start.

Flame relay

Relay bekerja dengan signal yang sampai pada amplifier. Dengan kata lain, kehadiran nyala api atau flame ditransfer ke dalam pengoperasian / return of the relay.

Safety switch

Safety switch merupakan salah satu relay timer, jenis-jenisnya adalah jenis bimetal, jenis CR, jenis motor (dengan keep relay). Jika nyala api tidak terdeteksi ke dalam waktu yang telah dispesifikasikan dan dianggap sebagai kegagalan pengapian maka output relay berhenti beroperasi dan menanggihkan suplai bahan bakar. Jika relay nyala api gagal bekerja, output relay tidak dapat di restart dengan menggunakan operasi secara mekanik dan juga pembakar tidak dapat di start lagi. Jika ingin di restart, sistem operasi mekanik harus dibatalkan dengan menekan tombol switch atau tuas dari return operation.

Flame detector

Alat flame detektor mendeteksi adanya nyala api dan mentransfernya ke signal listrik.