

IMPLEMENTASI INSTRUMEN KENDALI *di Atas Kapal*

Mohammad Arief Rachman, S.T.
Alberto, M.Ap., M.Mar.E.



**Implementasi Instrumen Kendali
di Atas Kapal**



www.larispaco.id

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Implementasi Instrumen Kendali di Atas Kapal



www.larispa.co.id



IMPLEMENTASI INSTRUMEN KENDALI DI ATAS KAPAL

Penulis :

**Mohammad Arief Rachman, S.T.
Alberto, M.Ap. ,M.Mar.E.**

Copyright © 2020, Pada Penulis
Hak cipta dilindungi undang-undang
All rights reserved

Penata Letak: Amry Rasyadany

Perancang sampul: Rulie Gunadi

Penerbit:

LARISPA INDONESIA

Jl. Sei Mencirim Komplek Lalang Green Land I Blok C No. 18 Medan

Kode Pos: 203522 Medan

Telp: (061) 80026116/ 8002 1139

Laman: www.larispaa.or.id / www.larispaa.com



Edisi Pertama. 2020

ISBN : 978-602-6552-50-1

www.larispaa.co.id

Dicetak oleh:

PENERBIT DEEPUBLISH

(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)

Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman

Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581

Telp/Faks: (0274) 4533427

Website: www.deepublish.co.id

www.penerbitdeepublish.com

E-mail: cs@deepublish.co.id

A. VERIFIKASI BAHAN AJAR

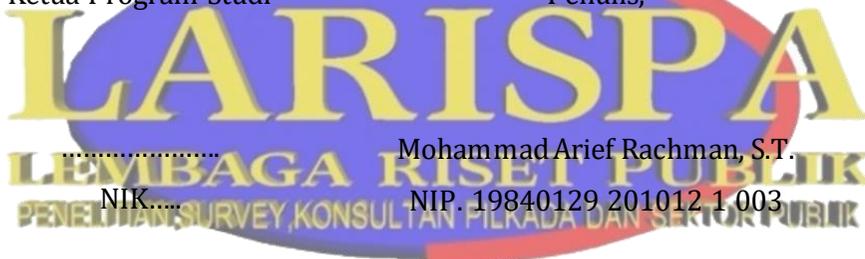
Pada hari ini Senin tanggal dua puluh bulan Januari tahun 2020 bahan ajar mata kuliah Sistem Kontrol Program Studi Teknika Diklat Pendidikan Tingkat III telah diverifikasi oleh Ketua Program Studi Teknika.

Sorong, Kamis, 20 Januari 2020

Mengetahui

Ketua Program Studi

Penulis,



www.larispaco.id

B. PRAKATA

Ucapan rasa syukur kepada Allah ﷻ, Tuhan Yang Maha Esa

tentunya hal yang paling pantas kami ungkapkan terlebih dahulu dalam penyusunan Buku Ajar ini, karena atas berkah dan rida-Nya sehingga kesempatan buat kami diperluas untuk menyelesaikan penyusunan bahan Buku ini. Selain itu bagi penulis adalah sunah jikalau manusia yang paling mulia selalu kami sandingkan setelah mengagungkan Sang Pencipta adalah mengirimkan salam dan selawat kepada suri teladan kami, Rasulullah Muhammad ﷺ.

Dalam era modern sekarang, sistem kontrol memegang peranan penting dalam perkembangan dunia industri, pemanfaatan sistem kontrol telah meningkatkan ketepatan, keakuratan, kecepatan, dan meningkatkan mutu serta mengurangi biaya produksi bagi industri. Perancangan kontroler yang tepat akan mengurangi rugi-rugi energi dan tentu saja akan mengurangi biaya produksi bagi industri sekaligus menghasilkan produk yang bermutu. Kehadiran sistem kontrol juga mengurangi peran manusia dalam produksi. Begitupun dalam industri kemaritiman proses kerja mesin di atas kapal modern saat ini sangat erat kaitannya dengan pemanfaatan sistem kontrol secara otomatis. Oleh karena itu, dalam Buku ini akan diuraikan bagaimana menganalisa dan merancang sistem kontrol yang umumnya para pelaut akan mengalaminya di atas kapal. Pada awal materi anda akan menemukan hakikat sistem pengendalian, pengelompokan jenis-jenis

pengendalian, pengendalian otomatis sebagai pilihan di atas kapal tentunya dilengkapi dengan gambar-gambar skematik dan diagram blok. Dalam pembahasan selanjutnya Buku ini akan menyuguhkan pengenalan alat ukur dan teknik pengukuran di atas kapal. Telemetry dan sistem respons pada sistem pengendalian.

Terselesainya penulisan Buku ini tidak terlepas dari peran serta dan dukungan dari kerabat-kerabat terdekat seperti, Ibu tercinta yang sudah ikhlas merelakan sebagian uang belanja untuk biaya sekolah anaknya, Istri dan anak-anak saya tentunya adalah pemantik semangat saya sehingga penulisan Buku ini dapat terselesaikan, rekan-rekan seperjuangan Bapak-Ibu dosen yang menjadi inspirator dan motivator menjadi sarana bantuan menuju kesempurnaan tulisan ini. Ketidaksempurnaan yang dimiliki oleh setiap manusia bisa menjadi kekurangan dalam proses penulisan Buku ini, sehingga tentunya saran dan kritik untuk menuju kesempurnaan adalah hal yang paling dibutuhkan penulis. Akhir kata, penulis berharap agar Buku ini dapat membawa manfaat kepada pembaca. Secara khusus, penulis berharap semoga Buku ini dapat menginspirasi generasi bangsa ini agar menjadi generasi yang tanggap dan tangguh. Jadilah generasi yang bermartabat, kreatif, dan mandiri.

C. DAFTAR ISI

A. VERIFIKASI BAHAN AJAR	v
B. PRAKATA.....	vi
C. DAFTAR ISI.....	viii
D. DESKRIPSI MATA KULIAH	xii

BAB I

A. POKOK-POKOK KONTROL OTOMATIS.....	1
B. SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH (SUB-CPMK).....	1
C. PENJELASAN MATERI	2
1. Pengendalian (<i>Controlling</i>).....	2
2. Apa arti pengendalian (<i>controlling</i>)?.....	3
3. Pengelompokan jenis-jenis pengendalian.....	6
D. RANGKUMAN	15
E. LATIHAN SOAL.....	18

BAB II

A. TEKNIK PENGUKURAN DI ATAS KAPAL	19
B. SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH (SUB-CPMK).....	21
C. PENJELASAN MATERI	21
1. Pengukuran tekanan	21
2. Pengukuran tinggi permukaan cairan (level).....	23

3.	Pengukuran Aliran Fluida	38
4.	Pengukuran Temperatur.....	53
5.	Pengukuran Humiditas	66
6.	Pengukuran Kandungan Carbon Dioksida.....	67
7.	Pengukuran Kandungan Hidrokarbon.....	68
8.	Pendeteksian Produk-Produk Pembakaran	69
9.	Pengukuran Kandungan Oksigen	70
10.	Pengukuran Putaran	72
11.	Transduser	74
D.	RANGKUMAN	74
E.	LATIHAN SOAL	76

BAB III

A.	TELEMETERING DAN RESPON SISTEM KONTROL.....	77
B.	SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH (SUB-CPMK).....	78
C.	PENJELASAN MATERI	79
1.	Jenis- Jenis Transduser.....	79
2.	Beberapa cara yang dilakukan dikapal untuk keperluan <i>telemetering</i> adalah dengan	82
D.	RINGKASAN	98
E.	PERTANYAAN ULANGAN.....	99

BAB IV

A.	SYSTEM-SYSTEM DI ATAS KAPAL.....	100
B.	SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH (SUB-CPMK).....	101
C.	PENJELASAN MATERI	101

1. Sistem Penampilan (<i>Display System</i>).....	103
1. Persyaratan Dasar.....	114
2. Perlindungan terhadap sistem permesinan induk.....	118
3. Penyuplaian dan distribusi tenaga listrik.....	118
4. Sistem alarm kebakaran (<i>fire alarm system</i>).....	118
D. RINGKASAN.....	119
E. PERTANYAAN ULANGAN.....	120

BAB V

A. SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH (SUB-CPMK).....	121
B. CONTOH-CONTOH APLIKASI PENGENDALIAN DI ATAS KAPAL.....	121
1. Sistem Kontrol Tekanan Udara Penjalan.....	121
2. Sistem kontrol otomat ketel uap bantu.....	123
3. System kontrol pemanas awal bahan bakar.....	125
4. System kontrol tekanan Ketel Gas Buang.....	129
5. System kontrol temperatur minyak lumas.....	131
6. System kontrol temperatur air pendingin piston.....	133
7. System kontrol untuk kekentalan bahan bakar.....	134
8. System kontrol putaran mesin <i>governor Woodward</i>	137
C. RINGKASAN.....	148
D. PERTANYAAN ULANGAN.....	149

REFERENSI.....	151
----------------	-----

D. DESKRIPSI MATA KULIAH

Matakuliah: Sistem Kontrol	Semester: II	Sks: 70 JAM (T = 25, P = 45)	Kode MK:
Program Studi: Teknika	Dosen Pengampu/Penanggung jawab: Mohammad Arief Rachman, S.T.		
Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL)	<p><u>Sikap</u> Menunjukkan sikap bertanggungjawab atas pekerjaan di bidang keahliannya secara mandiri.</p> <p><u>Pengetahuan</u> Memberikan wawasan tentang sistem pengaturan dan aplikasinya dalam bidang keteknikan.</p> <p><u>Keterampilan Umum</u> Mampu memecahkan masalah pekerjaan dengan sifat dan konteks yang lazim, serta dilaksanakan dan bertanggungjawab secara mandiri atas hasilnya</p> <p><u>Keterampilan Khusus</u> Lulusan mampu menjadi <i>Engineer</i> di Industri Maritim, <i>Ship Workshop, Plant, Off Shore Mining</i>.</p>		
Capaian Pembelajaran Matakuliah (CPMK)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memberikan wawasan kepada peserta didik tentang sistem pengaturan dan aplikasinya dalam sistem kontrol pada seluruh kapal. 2. Memberikan wawasan kepada peserta didik tentang Teknik Pengendalian Dasar, meliputi pokok-pokok kontrol otomatis, 		

	<p>3. Memberikan wawasan kepada peserta didik tentang gambaran berbagai macam kontrol otomatis dalam dunia industri (Kontrol <i>On-Off</i> menggunakan kontaktor elektromagnetik, PLC, PID, kontrol secara berurutan dll.)</p> <p>4. Memberikan wawasan kepada peserta didik tentang teknik pengukuran dan gambaran jenis-jenis peralatan pengukuran yang umumnya digunakan di atas kapal.</p> <p>5. Memberikan wawasan kepada peserta didik tentang sinyal transmisi dan transduser.</p> <p>6. Memberikan wawasan kepada peserta didik tentang elemen-elemen manipulator seperti pengendalian yang dioperasikan secara elektropneumatik, <i>electrohydraulic</i>, dan <i>electrical servomotor</i>.</p>
Deskripsi Matakuliah	Mata kuliah ini memberikan wawasan tentang sistem pengaturan dan aplikasinya dalam bidang keteknikan dalam dunia pelayaran.

www.larispaco.id



www.larispaco.id

BAB I

A. POKOK-POKOK KONTROL OTOMATIS

Di bagian mesin kapal niaga, tugas jaga merupakan tugas wajib yang dilakukan baik oleh semua anak buah kapal bagian mesin, baik para perwira mesin/*engineer officers* (masinis) maupun juru minyak (*oiler/oilman*) dalam rangka mempertahankan kondisi permesinan kapal tetap pada kinerja yang optimal sesuai yang dikehendaki.

Oleh karenanya, mereka semua harus memahami hakikat yang mereka lakukan yaitu mengontrol atau mengendalikan kondisi permesinan sesuai dengan yang diinginkan, agar di dalam melaksanakan tugas-tugasnya tidak mengalami hambatan yang dapat mempengaruhi kinerja permesinan kapal. Dalam bab ini, materi yang akan dibahas adalah dasar-dasar sistem kontrol otomatis, variasi kontrol otomatis, kontrol *on-off*, dan kontrol sekuensial.

B. SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH (SUB-CPMK)

Setelah mempelajari Bab ini, diharapkan para peserta didik mampu:

1. Agar peserta diklat mampu memahami maksud dan pengertian dari sistem kontrol.
2. Agar peserta diklat mampu memahami tentang dasar kontrol otomatis.

3. Agar peserta diklat dapat memahami variasi kontrol otomatis, kontrol *on-off* dan kontrol sekuensial.

C. PENJELASAN MATERI

1. Pengendalian (*Controlling*)

Tugas utama dari Anak Buah Kapal (ABK) bagian mesin, terutama pada saat melaksanakan tugas jaga *tidaklah lengkap* bila dikatakan hanya **melakukan pengawasan** terhadap keseluruhan proses jalannya permesinan dan atau lingkungan permesinan yang ada di dalam atau diluar kamar mesin dan menjadi tanggung jawabnya, sebab pengertian pengawasan hanya terbatas pada mengamati tetapi belum atau tidak melakukan tindak lanjut dari hasil yang diamati. Padahal yang dikehendaki dari hasil pengawasan atau pengamatan adalah bagaimana melakukan sesuatu bila ditemukan dalam pengamatan tersebut sesuatu harga, nilai atau kondisi yang tak sesuai dengan yang dikehendaki. Oleh karena itu, *controlling* haruslah diartikan sebagai **pengendalian**.

Untuk memperoleh hasil yang optimal dari tugas pengendalian tersebut, setiap ABK (Anak Buah Kapal) *harus memahami hakikat pengendalian itu sendiri secara penuh dan profesional*. Keprofesionalisme mereka dalam melakukan pengendalian atau *controlling* dapat ditunjukkan apabila mereka dapat mengerti, memahami tentang *apa sebenarnya arti pengendalian atau sistem pengendalian (kontrol sistem), apa yang harus dikendalikan, mengapa diperlukan pengendalian, kapan pengendalian dilakukan, di mana letak yang harus dikendalikan itu dan bagaimana cara pengendalian (teknik kontrol) yang benar*.

2. Apa arti pengendalian (*controlling*)?

Secara umum pengendalian adalah *serangkaian kegiatan yang dilakukan dengan tujuan untuk mempertahankan harga atau nilai yang dihasilkan oleh setiap proses dari setiap sistem atau sub-sistem yang sedang berjalan, sesuai dengan harga atau nilai yang diinginkan.*

Dengan demikian pengawasan akan lebih tepat **disebut pengendalian**, karena adanya tindakan untuk mencegah (mengendalikan) agar nilai yang dihasilkan tidak semakin menyimpang dari nilai yang diinginkan.

Secara khusus makna pengendalian bagi ABK bagian mesin adalah *serangkaian kegiatan yang harus dilakukan terhadap jalannya permesinan atau kondisi lingkungan permesinan dengan tujuan mempertahankan harga, nilai atau kondisi yang dihasilkan oleh setiap proses dari setiap sistem atau sub-sistem permesinan sesuai dengan harga, nilai atau kondisi yang diinginkan.*

Dalam teknik kontrol setiap proses dari suatu sistem dapat digambarkan sebagai di bawah ini:



Gambar I.1. Diagram Blok Sederhana

Serangkaian kegiatan yang berurutan dan terus menerus dalam pengendalian yang harus dilakukan yang dimaksud adalah:

- 1) Mengamati, mendeteksi atau mengukur terhadap harga, nilai atau kondisi yang terjadi dari setiap proses-suatu sistem permesinan.
- 2) Membandingkan harga, nilai atau kondisi hasil pengamatan, pendeteksian atau pengukuran tersebut dengan harga, nilai atau kondisi yang diinginkan.
- 3) Menganalisa atau menghitung selisih atau penyimpangan (deviasi) atau kesalahan (error) yang terjadi dari hasil perbandingan antara harga hasil pengamatan dan harga yang dikehendaki.
- 4) Memperbaiki (koreksi) jalannya proses sehingga tercapai kondisi harga atau nilai hasil proses sama dengan harga atau nilai yang diinginkan.

Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa pengendalian sebenarnya dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok kegiatan:

- 1) Pengukuran (*measurement*)
- 2) Perbandingan (*comparasion*) dan perhitungan (*computation*)
- 3) Perbaikan (*correction*)

Kegiatan nomor 2 dan 3 dapat dikelompokkan sendiri menjadi kegiatan pengaturan maka pada hakikatnya pengontrolan terdiri dari 2 kegiatan yang benar-benar harus dikuasai, yaitu kegiatan pengukuran dan pengaturan sehingga teknik kontrol pada hakikatnya adalah cara pengendalian suatu sistem atau proses dimulai dari teknik pengukuran dan teknik pengaturan.

Berdasarkan uraian tentang pengendalian tersebut, pengetahuan atau kemampuan yang harus dimiliki oleh setiap ABK yang melakukan pengendalian adalah:

- 1) Mengetahui jenis-jenis sistem atau sub-sistem permesinan yang dikendalikan, misalnya sistem pengendalian tekanan ketel uap bantu, sistem pengendalian temperatur air tawar pendingin piston motor induk dan sebagainya.
- 2) Mengetahui dengan baik dan benar jenis dan prinsip kerja alat deteksi atau sensor (*sensing element*) atau alat ukur (*measuring element*) atau transduser yang menunjukkan hasil proses yang dikendalikan (*measured value*).
- 3) Mengetahui dengan baik jenis dan prinsip kerja transmisi, yaitu peralatan yang membawa informasi dari sensor lokal ke pusat *controller*.
- 4) Mengetahui jenis dan prinsip kerja peralatan *controller* otomatis maupun komparator.
- 5) Mengetahui harga atau nilai yang dikehendaki (*desired value*), sehingga tahu tentang ada atau tidaknya terjadi penyimpangan (*deviasi*) atau kesalahan (*error*) dalam proses suatu sistem yang dikendalikan.
- 6) Mengetahui dengan baik dan benar peralatan (*instrumen*) pengaturan (*regulator*) atau *actuator* sebagai elemen terakhir dalam sistem kontrol yang dipergunakan untuk melakukan koreksi.
- 7) Mengetahui jenis-jenis sistem kontrol ditinjau dari segala aspeknya, misalnya sistem kontrol kontinu aksi proporsional (P) ataukah Proporsional + Integral (I) ataukah yang lainnya.

3. Pengelompokan jenis-jenis pengendalian.

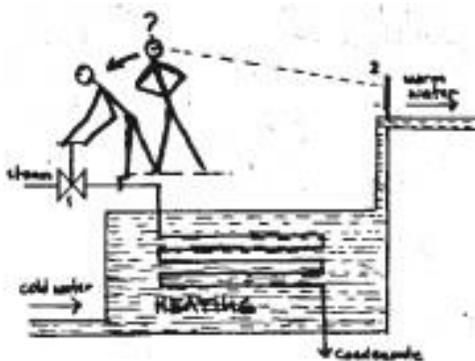
Jenis-jenis pengendalian (kontrol sistem) dapat dikelompokkan sesuai dengan:

a. Keterlibatan manusia dalam kegiatan langsung pengendalian.

a) Manual

Pengendalian secara manual adalah pengendalian yang secara keseluruhan dilakukan oleh manusia.

Contoh: Dalam suatu pengendalian terhadap suatu sistem pemanas air yang menggunakan uap sebagai media pemanas, (lihat gambar 1)



Gambar 1.2. Skematik Pengendalian manual

Banyak sedikitnya uap yang dapat diatur dengan keran masuk 1, menentukan suhu air tawar yang hasilnya dapat diukur melalui termometer 2. Karena air mengalir maka pencapaian suhu air pada nilai yang dikehendaki

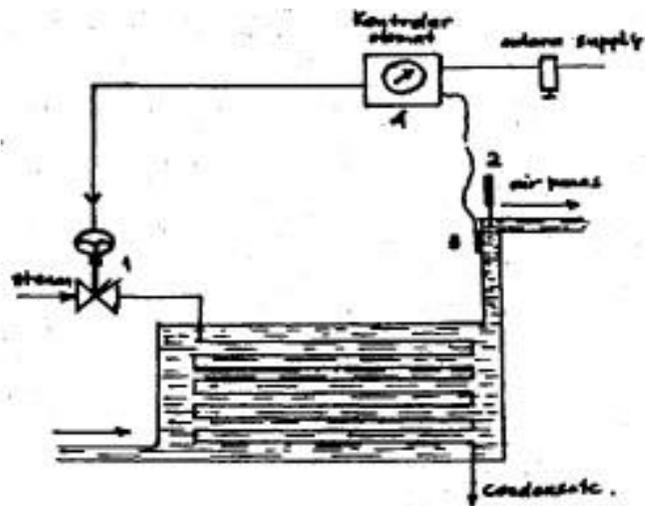
tergantung dari pengaturan besar kecilnya pembukaan keran uap masuk.

Dalam pengontrolan manual, pengendali (manusia) dengan matanya melihat (mengamati) suhu air hasil pemanasan dari termometer 2 kemudian mata melapor hasil yang dilihat ke otak. Di sini mata berfungsi sebagai pengamat, sensor dan pengukur. Selanjutnya otak melakukan perbandingan (komparasi) terhadap suhu hasil pengamatan mata (*measured value*) dengan suhu yang dikehendaki (*desired value*).

Otak pun melakukan perhitungan terhadap selisih harga atau penyimpangan yang terjadi. Di sini otak berfungsi sebagai *comperator* dan *controller*. Berdasarkan perhitungan otak, tangan diperintahkan untuk melakukan koreksi dengan mengatur pembukaan keran uap masuk yang berfungsi sebagai regulator. Kegiatan ini dilakukan secara terus menerus sampai tercapai harga yang diukur sama dengan harga yang dikehendaki.

b) Otomat

Pengendalian otomatis adalah pengendalian yang secara keseluruhan tidak lagi melibatkan manusia. Fungsi-fungsi pengendalian yang dilakukan oleh manusia digantikan oleh instrumen kontrol otomatis. (lihat gambar 2).



Gambar 1.3. Skematik Pengendalian otomatis

Dalam hal fungsi pengukuran dan pengamatan, mata digantikan dengan sensor suhu 3), sementara fungsi otak digantikan oleh kontrol otomatis berupa komparator 4) selanjutnya tangan diganti dengan *signal* keluaran dari komparator ke keran pengatur uap masuk 1). Tugas manusia hanya mengatur harga yang dikehendaki pada *controller* (*set point* atau *desired value*).

www.larispaco.id

b. Jenis Jaringan (*Loop*)

a) Jaringan terbuka (*open loop kontrol sistem*):

Jaringan terbuka adalah Jaringan sistem pengendalian di mana keluaran tidak memberikan efek terhadap besaran masukan, sehingga variabel yang dikontrol tidak dapat dibandingkan terhadap harga yang diinginkan.

Contoh dari Jaringan terbuka ini misalnya pengaturan lampu lalu lintas. Secara otomatis lampu menyala dengan warna-warna pengatur (merah, kuning dan hijau) sesuai dengan yang dikehendaki. Namun sesungguhnya kondisi yang dikehendaki adalah kelancaran lalu lintas. Otomatisasi nyala lampu diatur dengan *timer* sehingga tidak dapat dipergunakan menjamin adanya kelancaran lalu lintas dari proses pengaturan lampu.

Contoh lain adalah mesin cuci otomatis, Secara urutan proses pencucian yang dimulai dari pencucian, pembilasan, pengeringan memang diatur sedemikian otomatisnya. Namun apakah pakaian itu bersih sesuai dengan yang dikehendaki atau belum/tidak, bukan merupakan harga yang dapat dibandingkan dengan harga masukan Otomatisasi mesin cuci.

Dalam teknik kontrol, Jaringan tersebut dapat digambarkan sebagai di bawah ini.

b) Jaringan tertutup (*closed-loop* kontrol sistem)

Jaringan tertutup adalah jaringan sistem pengendalian di mana besaran keluaran memberikan efek terhadap besaran masukan sehingga besaran yang dikontrol dapat dibandingkan terhadap harga yang diinginkan.

Selanjutnya perbedaan harga yang terjadi antara besaran yang dikontrol dengan yang diinginkan atau dalam istilah sistem kontrol disebut penyimpangan (*deviasi*) atau kesalahan (*error*) digunakan sebagai koreksi

yang pada gilirannya akan merupakan sasaran pengontrolan.

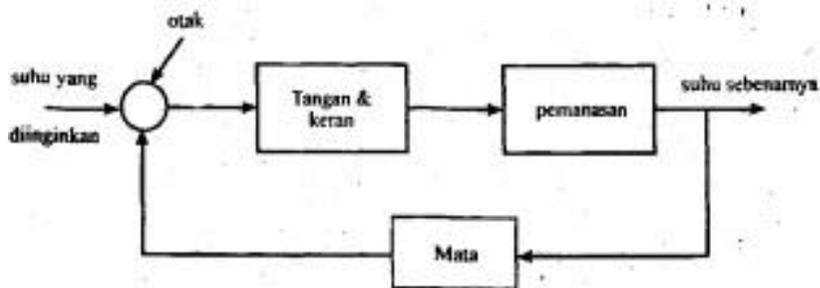
Contoh:

Sebagai contoh dari jaringan tertutup adalah misalnya apa yang telah diuraikan sebelumnya yaitu pengontrolan terhadap sistem pemanasan air.

Untuk manual, mata adalah instrumen yang melakukan fungsi umpan balik (*feedback*), sementara untuk pengawasan secara otomatis, sensor suhu merupakan komponen *feedback*.

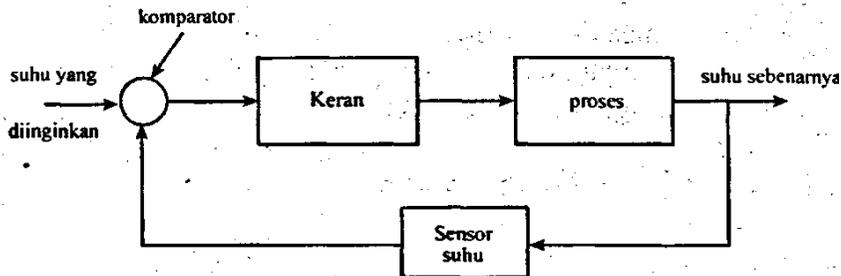
Dengan menggunakan diagram blok, maka jaringan tertutup dapat ditunjukkan seperti di bawah ini:

Manual:



Gambar 1.4. Diagram Blok Loop Tertutup secara manual

Otomat:



Gambar 1.5. Diagram Blok Loop Tertutup secara otomatis

c. Menurut sumber penggerak

a) Pengendalian otomatis dengan penggerak listrik

Pengendalian dengan tenaga penggerak listrik banyak kita jumpa di kamar mesin maupun peralatan di atas dek seperti:

- 1) Pemutus arus terhadap *electromotor* yang menggerakkan pompa, kompresor ataupun keran pengatur aliran dengan menggunakan selenoid ataupun *switch on-off (relay)*, baik untuk keperluan pengontrolan terhadap tekanan, aliran ataupun suhu.
- 2) Menjaga posisi untuk sistem kemudi (*steering gear*)

b) Pengendalian otomatis dengan tenaga hidraulik (cairan)

Di atas kapal pada umumnya tenaga hidraulik dipergunakan sebagai tenaga bantu dikombinasikan dengan tenaga mekanik atau listrik, seperti di sistem kemudi dan sistem permesinan di atas dek.

c) Pengendalian otomatis dengan tenaga mekanik

Pengawasan otomatis dengan tenaga mekanik selain kita temui pada sistem ruas kemudi juga dapat kita lihat pada sistem governor pengatur kecepatan mesin diesel,

d) Pengendalian otomatis dengan tenaga udara (pneumatik)

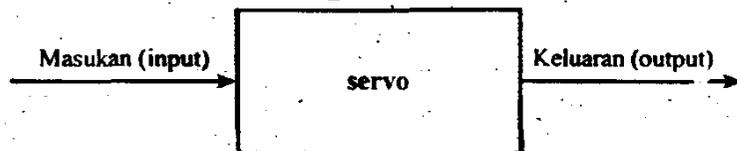
Pengawasan dengan menggunakan tenaga udara atau angin ini juga dipergunakan pada jenis-jenis pengawasan yang dapat dilakukan oleh tenaga listrik atau mekanik

d. Menurut hasil keluaran proses

a) Servomekanisme

Servomekanisme adalah sistem pengawasan berumpan balik dengan keluaran berupa posisi, kecepatan atau percepatan mekanik tanpa adanya gangguan.

www.larispa.co.id



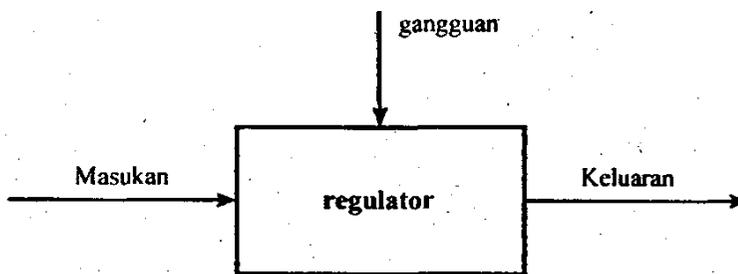
Gambar 1.6. Diagram Blok Servomekanisme

b) Regulator otomatis.

Sistem regulator otomatis adalah sistem pengawasan berumpan balik dengan masukan acuan atau keluaran yang diinginkan konstan atau kalau *toch* berubah terjadi terhadap waktu yang lambat dan tugas utamanya adalah

menjaga keluaran yang sebenarnya pada harga yang diinginkan dengan adanya gangguan.

Sistem ini dapat kita jumpai pada pengontrolan ruangan dengan menggunakan termostat sebagai kontrolernya. Selain itu juga dapat kita jumpai pada sistem pengontrolan tekanan dan besaran listrik seperti tegangan, arus dan frekuensi.



Gambar I.7. Diagram Blok Regulator Otomatik

e. Menurut waktu pengendalian:

a) Pengendalian kontinu (analog)

Pengendalian ini dilakukan terhadap sistem jaringan tertutup. Terjadinya gangguan pada sistem jaringan tertutup (*closed-loop sistem*) sering menyebabkan nilai terukur (*measured value*) berbeda dengan nilai yang ditetapkan (*set value*) dan ini merupakan fungsi *controller* otomat untuk mengukur perbedaan (*deviation*) tersebut dan mengubahnya kedalam *signal output* yang ditransmit ke *actuator*.

Istilah aksi kontroler (*controller action*) menjelaskan hubungan antara deviasi dan perubahan *signal output* dari kontroler.

Pengontrolan jenis ini dapat dibagi menjadi:

- 1) *Proporsional*: adalah suatu aksi di mana *signal* keluaran sebanding dengan penyimpangan (deviasi) seperti pada pengontrolan uap melalui katup, transmiter tekanan dan lain-lain.
- 2) *Integral*: adalah suatu aksi di mana *signal* keluaran selalu berubah selama terjadi deviasi (penyimpangan) dari kecepatan perubahan keluaran tersebut sebanding dengan penyimpangannya seperti terdapat pada pengontrolan level cairan di dalam tangki, karena keluaran yang selalu berubah ini, tipe ini juga disebut "*proporsional speed floating control*".
- 3) *Deferential*: Sistem ini jarang atau bahkan tak dipergunakan secara tersendiri dalam sistem pengawasan, melainkan penggabungan dengan proposional atau penggabungan sekaligus dengan proporsional dan integral.
- 4) *Kombinasi* antara *Proporsional Integral* dan *Deferensial* (PID) di mana akan diperoleh suatu sistem kontrol yang lebih stabil sehingga sensitif atau kecepatan responsnya akan menjadi lebih besar.

b) Pengendalian digital (*discontinuu*, diskret)

Pengontrolan ini dilakukan oleh komponen-komponen diskret dan dapat dibagi atas:

- 1) Pengontrolan dengan dua posisi misalnya termostat, level, sakelar ON-OFF.
- 2) Posisi ganda, misalnya sakelar pemilih (*selector switch*).
- 3) *Floating*: pada posisi yang relatif tidak terbatas dalam hal ini, pemindahan energi dapat dilakukan melalui salah satu dari beberapa kemungkinan yang ada.

D. RANGKUMAN

1. Pengendalian otomatis (*automatic control*) sebagai pilihan di atas kapal. Saat ini kontrol otomatis telah menjadi pilihan bagi dunia industri termasuk dunia pelayaran khususnya perkapalan.
2. Keuntungan kontrol otomatis di kapal adalah antara lain:
 - a) Meningkatkan kondisi kerja oleh adanya pengalihan kerja manipulasi ("*donkey work*") dari pengoperasian manual menjadi pengoperasian otomatis seperti *soot blowing* ketel, pembersihan *purifier* dan sebagainya.
 - b) Meningkatkan penghematan yang disebabkan oleh lebih efisiennya penggunaan tenaga terutama petugas jaga.
 - c) Meningkatkan daya guna kapal yang disebabkan oleh adanya peningkatan tingkat pengoperasian dan pemeliharaan.

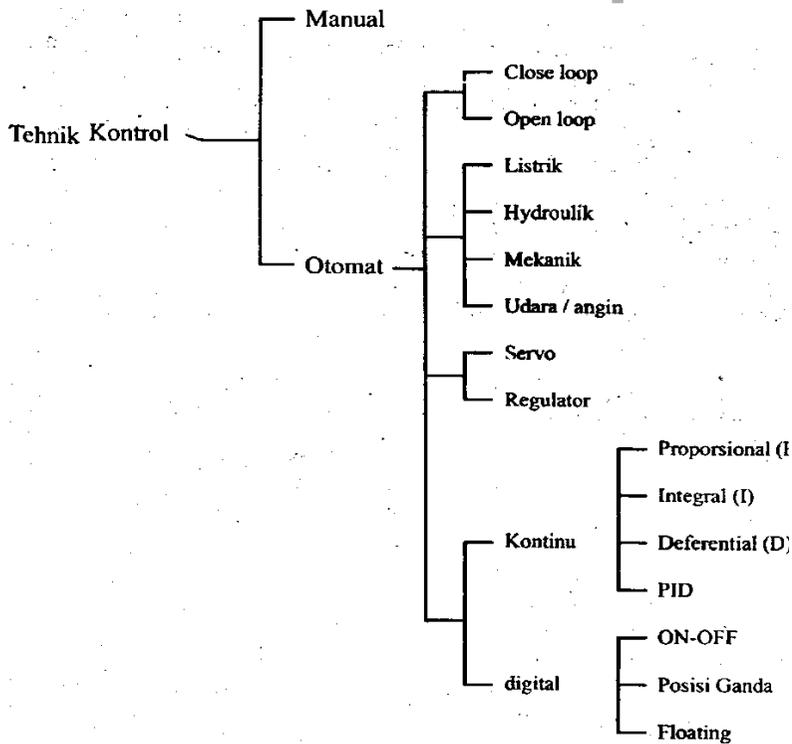
- d) Meningkatkan penghematan anggaran pemeliharaan disebabkan peningkatan efisiensi permesinan.
 - e) Meningkatkan penghematan biaya bahan bakar disebabkan peningkatan efisiensi kerja mesin.
3. Menggunakan kontrol otomatis sebagai sistem kontrol di kapal atau disebut otomatisasi, dapat menghasilkan banyak tugas-tugas yang dapat dilakukan jauh lebih efektif daripada penggunaan tenaga manusia, dan banyak hal-hal atau tugas-tugas yang tak mungkin dikerjakan oleh manusia seperti misalnya: *monitoring* kondisi kerja permesinan seperti temperatur dan tekanan dapat dilakukan oleh sistem *scanning* yang memberikan tingkat pengawasan dapat dilakukan dengan kontrol otomatis.
4. Teknik kontrol yang diartikan sebagai teknik pengendalian adalah serangkaian kegiatan yang bertujuan untuk mempertahankan harga keluaran proses suatu sistem sama dengan harga masukan yang dikehendaki melalui tahapan:
- pengamatan, pengukuran,
 - perbandingan, penghitungan
 - koreksi
5. Dengan tahapan sebagaimana diuraikan di atas, teknik kontrol terdiri dari kegiatan mendasar:
- a. Teknik pengukuran
 - b. Teknik pengaturan

6. Untuk dapat melaksanakan pengendalian otomatis perlu memahami:

- a. Peralatan pengukuran (*measuring devise*), *sensing element* ataupun transduser.
- b. *Telemetering* (sistem *transmiting*).
- c. *Controller*, termasuk komparator.
- d. Aktuator atau regular.

7.

www.larispa.co.id



E. LATIHAN SOAL

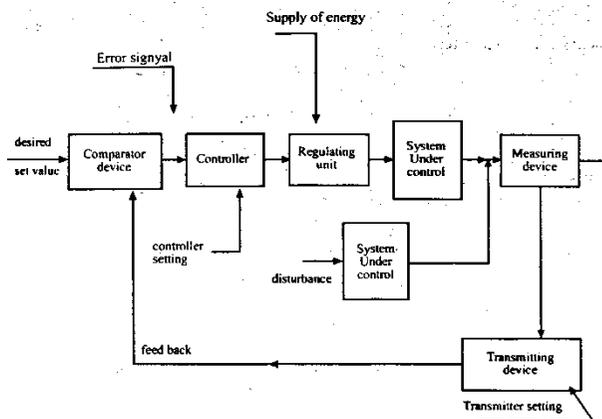
1. Jelaskan arti dan tujuan teknik kontrol secara benar!
2. Sebutkan dan jelaskan kegiatan atau aksi yang dilakukan dalam pengendalian (*controlling*)!
3. Apa yang dimaksud dengan teknik pengukuran dan apa pula dengan teknik pengaturan?
4. Apa yang dimaksud dengan otomatisasi? Bandingkan dengan sistem kontrol secara manual, Gambarkan diagram skematiknya!
5. Jelaskan perbedaan antara sistem kontrol jaringan tertutup dan terbuka dan beri masing-masing contohnya serta gambar dengan diagram skema dan baloknya!
6. Berikan pula contoh dari sistem kontrol yang bekerja berdasarkan dua posisi atau *on-off* dan jelaskan dengan gambar skematik!
7. Berikan contoh pengendalian yang menggunakan tenaga listrik, demikian juga yang menggunakan tenaga hidraulik!
8. Berikan contoh pengendalian yang mempergunakan tenaga mekanik demikian juga yang menggunakan tenaga angin!
9. Apa perbedaan antara servomekanisme dan regulator otomatis?
10. Apa yang dimaksud dengan pengendalian secara proporsional, apa pula integral?
11. Apa yang dimaksud dengan pengendalian PID? Berikan contohnya!

BAB II

A. TEKNIK PENGUKURAN DI ATAS KAPAL

Dari uraian Bab I tentang pemahaman arti dan tujuan dari teknik kontrol (yang terdiri dari teknik pengukuran dan teknik pengaturan), maka langkah awal untuk memahami teknik kontrol secara utuh adalah memahami teknik pengukuran, dengan mengenal jenis, fungsi dan prinsip kerja peralatan/ elemen ukur (*measuring device*). Tanpa memahami peralatan ukur yang merupakan sasaran untuk mengetahui nilai yang dikendalikan maka kita akan mengalami kesulitan melakukan pengaturan dalam pengendalian (*controlling*).

Dengan memperhatikan gambar II.1, akan meyakinkan kepada kita mengapa langkah yang harus kita ambil terlebih dahulu harus memahami *measuring device*.



Gambar II.1. Sistem pengendalian otomatis

Pada gambar II.1, keluaran yang merupakan variabel terkendali (*controlled variable*) diukur di *measuring* unit dan informasi itu ditransmit sebagai umpan balik (*feedback*) melalui *transmitting device* ke komparator (*comparison device*). komparator membandingkan nilai keluaran terukur tadi dengan nilai yang dikehendaki (*desired set value*).

Output dari peralatan pembanding (*comparison device*) merupakan fungsi selisih antara nilai sebenarnya. (terukur) dan yang diinginkan yang biasanya disebut *error* (penyimpangan).

Sinyal keluaran dari komparator diisikan ke *controller*. *Controller* memanipulasi sinyal *error* dan mengirimkan suatu *signal* yang dimodifikasi ke unit pengatur (*regulating unit*), yang mengendalikan *supply* tenaga ke sistem. *Output* sistem yang merupakan variabel terukur adalah respons dari perubahan input sehingga nilainya mendekati nilai yang dikehendaki. Respons tersebut ditunjukkan oleh unit pengukur (*measuring unit*).

Dari uraian tersebut, jelaslah bahwa sebelum suatu variabel keluaran sistem dapat dikendalikan, harus terlebih dahulu diukur. Peralatan ukur sangat bervariasi dan sangat berlainan prinsip-prinsip fisik yang digunakan untuk mengukur setiap variabel.

Jadi, *measuring device* yang merupakan *element detector* dapat juga dikatakan sebagai elemen sensor dan dalam bahasa Inggris disebut dengan *sensing element* adalah bagian yang secara langsung dipakai untuk mendeteksi atau memonitor objek yang diawasi/dikontrol/dikendalikan. Ada banyak sekali jenis *sensing element/ measuring device*, pada umumnya penggunaannya tergantung dari objek yang dikendalikan.

B. SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH (SUB-CPMK)

Setelah mempelajari Bab ini, diharapkan para peserta didik mampu:

1. Mampu menyebutkan jenis sistem pengukuran sebagai bagian dari sistem kontrol yang ada di atas kapal.
2. Mampu menggambarkan secara skematik dan menjelaskan prinsip kerja dari jenis alat pengukuran (*measuring device*).

C. PENJELASAN MATERI

Prinsip kerja jenis-jenis Peralatan pengukuran (*measuring device*).

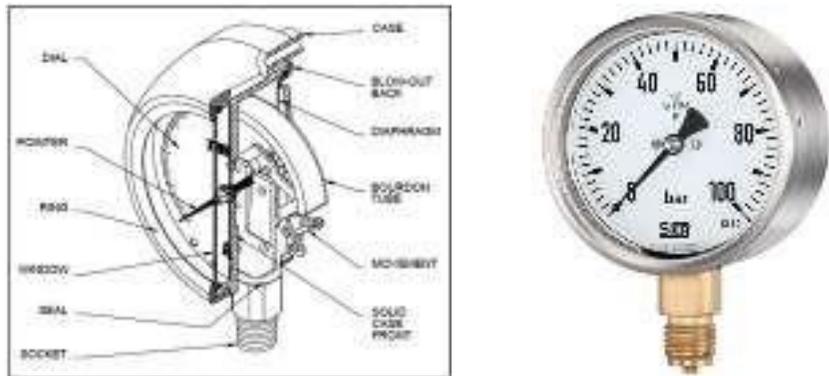
Berikut pengukuran diberikan *sensing element* atau *measuring device* yang berkaitan dengan teknik pengukuran di atas kapal.

1. Pengukuran tekanan

Pengukuran tekanan dapat dilakukan dengan:

a. Tabung bourdon (*bourdon tube*)

Disebabkan oleh kinerjanya yang dapat dipercaya dan pengalaman di berbagai penggunaan, banyak peralatan ukur tekanan menggunakan tabung Bourdon seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah.

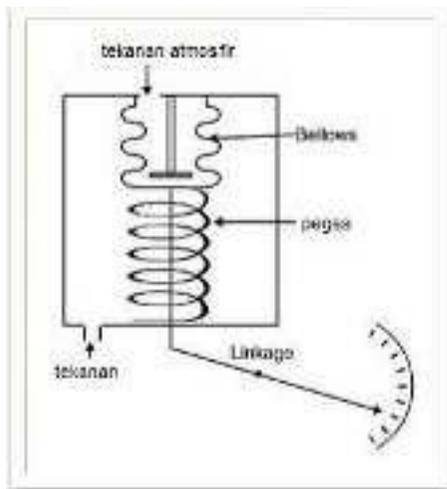


Gambar II.2. Bourdon Pressure Gauge

Kenaikan tekanan dalam atau penurunan tekanan luar cenderung membuat bagian dari tabung bergerak (mengembang atau menutup) yang mempengaruhi kekuatan tabung. Hasil dari pergerakan inilah yang digunakan untuk keperluan pengukuran seperti yang ditunjukkan oleh diagram tersebut bagaimana suatu jarum penunjuk dapat dibuat bergerak sepanjang skala penunjukan.

b. Elemen bellows (*bellows element*).

Bellow dibuat secara hidraulik dengan membentuk suatu tabung dalam kotak. Ketika dibuat, ia memiliki fleksibilitas tertentu sehingga suatu perubahan tekanan di dalam ataupun diluar menyebabkan *bellow* melentur sedemikian sehingga memudahkan setiap perubahan tekanan dapat diukur sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar di bawah. Unit *bellows* ini banyak digunakan untuk komponen-komponen sistem kontrol.



Gambar II.3. Unit bellow yang digunakan pengukuran tekanan

2. Pengukuran tinggi permukaan cairan (level)

Pengukuran level cairan dalam industri pelayaran mempunyai variasi yang luas, dari bentuk yang sederhana dan murah, tipe mekanik, elektronik, terpasang di panel, ataupun yang terpasang dilokal, sampai jenis yang canggih dan ruwet seperti misalnya pengukuran berat, metode radiasi nuklir atau ultrasonik.

Pemilihan metode pengukuran level yang sesuai aplikasi, biasanya lebih sulit dibanding dengan keempat proses variabel utama kecuali *flow*. Seperti pada pengukuran *flow*, kondisi dari media yang diukur kadang-kadang mempunyai banyak efek yang kurang baik pada alat ukur, sehingga data kondisi operasi harus diketahui lebih banyak di dalam pemilihan alat ukur level.

Kondisi operasi yang harus diketahui adalah:

- 1) *Level range.*
- 2) *Fluida characteristic: temperature, pressure, specific gravity.*

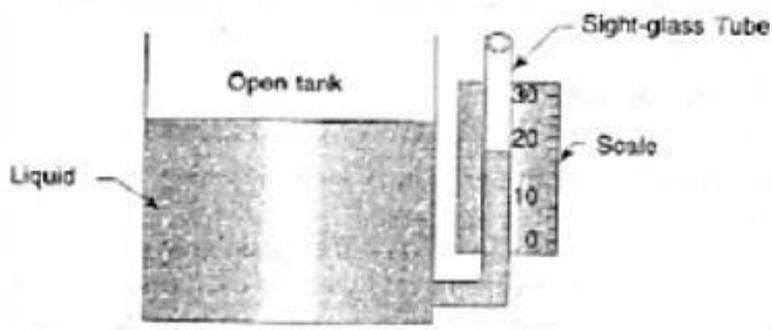
- 3) Apakah fluida bersih atau kotor, mengandung *vapors* atau *solids*, dan lain-lain.
- 4) Efek korosif.
- 5) Apakah fluida mempunyai kecenderungan efek "*coat*" atau menempel pada dinding *vessel* atau *measuring device*.
- 6) Apakah fluida tersebut *turbulent* di sekitar area pengukuran.

Secara normal tidak ada kesulitan berarti di dalam mengukur level *fluida* bersih dan *nonviscous*, namun untuk material "*slurry*" atau material dengan *viscous* yang berat dan solid, bagaimanapun banyak menimbulkan masalah.

Metode pengukuran dapat diklasifikasikan dalam berbagai kelompok:

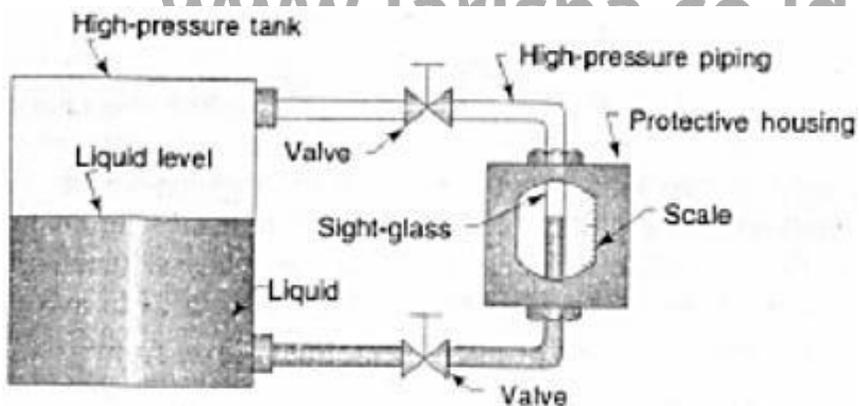


a. *Sight Glass*



Gambar II.4. *Sight glass for an open tank*

Disebut juga *gauge glass*, digunakan untuk pengukuran level cairan dalam tangki secara kontinu. Ketika level cairan dalam tangki bergerak naik atau turun, level cairan dalam *sight glass* juga bergerak naik dan turun, sehingga level dapat dibaca pada skala. Cairan dalam *sight glass* boleh tidak sama dengan cairan dalam tangki.



Gambar II.5. *High pressure sight glass*

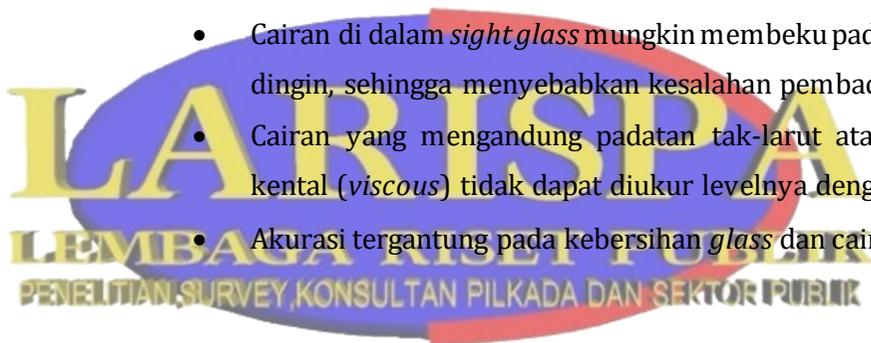
Panjang *glass* \leq 900 mm. Jika lebih 2 atau lebih *sight glass* harus disediakan untuk level yang berbeda. Mampu menahan tekanan 350 psi (*steam* 252 °C) 1000 psi (cairan). Untuk tekanan tinggi, *sight glass* harus dihubungkan dengan tangki pada bagian atas dan bawah. Jika tidak perbedaan tekanan antara tangki dan *sight glass* akan menyebabkan kesalahan pembacaan. *Valve* dipasang untuk mencegah pecahnya *glass*.

Kelebihan:

- Pembacaan langsung sangat memungkinkan.
- Perancangan khusus tersedia untuk penggunaan sampai 316 °C dan 1000 psi.
- Glass tahan terhadap korosi.

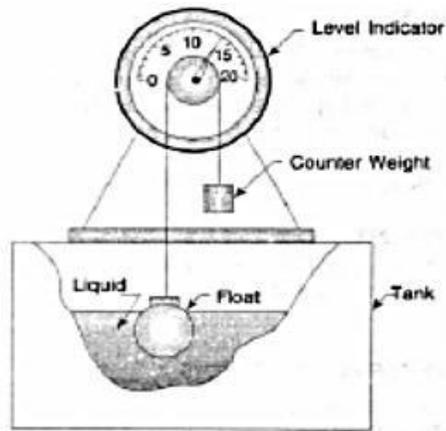
Kekurangan:

- Hanya dapat dibaca di lokasi tangki.
- Cairan di dalam *sight glass* mungkin membeku pada musim dingin, sehingga menyebabkan kesalahan pembacaan.
- Cairan yang mengandung padatan tak-larut atau cairan kental (*viscous*) tidak dapat diukur levelnya dengan baik.
- Akurasi tergantung pada kebersihan *glass* dan cairan.



www.larispa.co.id

b. Float-Type Level Indicator



Gambar 11.6. Float-operated liquid level indicator

Pergerakan *float* ditransmisikan melalui *stainless steel* atau *phosphor bronze flexible cable* ke *pointer*, dan *pointer* menunjukkan ketinggian cairan dalam tangki. Dengan *Standard Liquid Level: ½ ft – 60 ft (0,15 - 1,52 m)*.



www.larispaco.id

Kelebihan:

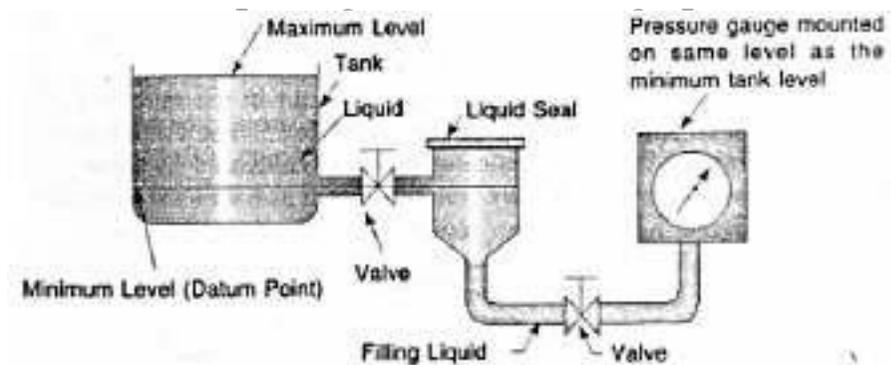
- Memungkinkan membaca level cairan di dalam tangki dari level dasar, meskipun tangki dipasang di daerah bawah tanah.
- Biaya murah, dan perancangannya terpercaya.
- Dapat dioperasikan pada suhu yang relatif tinggi.
- Terdapat berbagai pilihan material yang tahan korosi untuk merancang tipe ini.

Kekurangan:

- Terbatas untuk pengukuran level menengah (*moderate*).
- Bentuknya disesuaikan dengan geometri tangki.



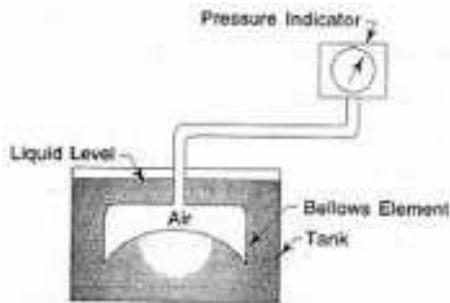
c. Pressure Gauge Method



Gambar II.7. Open Tank Pressure Indicator

Metode pada pengukuran untuk tangki terbuka atau pada sistem tekanan *atmosferik* ini menggunakan prinsip tekanan *hidrostatik*.

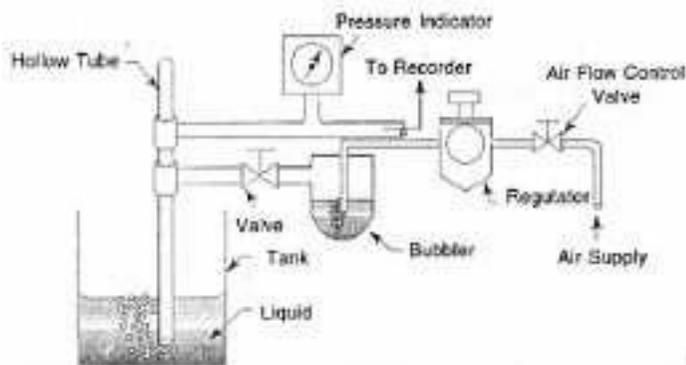
d. Air Belows



Gambar II.8. Flexible Air Belows

Ketika instrumen tidak dapat diletakkan di datum tertentu, dipilih *air bellows*. *Bellows element* dihubungkan dengan *press indicator* menggunakan pipa. Ketika tangki kosong, udara tidak tertekan dan menunjukkan tekanan *nol*. Saat tangki terisi cairan, udara dalam *bellows* tertekan, dan *pointer* bergerak menunjukkan tekanan cairan dalam tangki. Tekanan ini dikalibrasikan menjadi tinggi cairan (*level*).

e. Air Purge System



Gambar II.9. Air Purge System

Pengukuran dengan metode ini berupa *Bubbler tube*. Pengukuran menggunakan cara ini cocok untuk semua cairan.

Jika tangki kosong, udara keluar dari tube, dan tidak ada tekanan balik sehingga tekanan nol. Jika tinggi cairan bertambah, aliran udara terhambat oleh ketinggian cairan tersebut, menghasilkan tekanan balik yang menyebabkan pointer bergerak. Pergerakan *pointer* dikalibrasikan menjadi besaran tinggi *cairan*.

Beberapa jenis metode pengukuran level atau tinggi permukaan untuk fluida yang sering digunakan di industri pelayaran proses, dapat pula dikelompokkan sebagai berikut:

1) *Displacement*.

Prinsip kerja alat ini yaitu jika sebuah pelampung diapungkan pada permukaan fluida, maka pelampung akan naik dan turun mengikuti gerakan dari permukaan fluida yang bersangkutan. Selanjutnya dengan suatu mekanisme, pergerakan pelampung ini dapat ditranslasikan kedalam alat ukur *displacer level* berdasarkan prinsip Archimedes.



Gambar II.10. Displacement Level Measurement

Displacement atau *buoyancy method* pada gambar di atas, adalah metode pengukuran tinggi permukaan *fluida* yang paling banyak digunakan sejak beberapa tahun yang lalu. Metode ini masih tetap populer untuk *fluida* yang bersih, namun banyak proses yang mengandung “*slurry*” yang cenderung mengakibatkan “*coat*” pada alat ukur jenis tersebut. Sehingga diperlukan metode lain yang lebih dapat diterima.

Kelebihan:

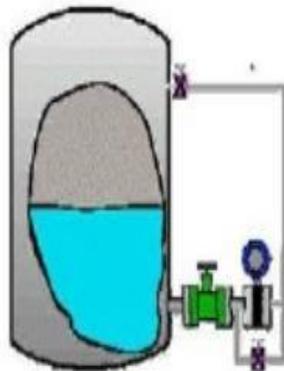
- Akurasinya tinggi.
- Andal pada likuid yang bersih.
- Metode terbukti (*proven*).
- Dapat dipasang secara internal atau secara eksternal.
- Pemasangan secara eksternal pada unit dapat di blok dengan *valve* untuk *maintenance*.
- Dapat digunakan untuk mengukur *liquid interface*.

Kekurangan:

- *Range* terbatas (*level* > 48 *inches* sukar untuk ditangani).
- Biaya meningkat untuk unit eksternal sehubungan dengan *pressurerating* meningkat.
- *External units* kemungkinan memerlukan pemanas (*heating*) untuk menghindari pembekuan (*freezing*).
- *External units* kemungkinan menghasilkan kesalahan disebabkan perbedaan temperatur antara *fluida* di dalam *vessel* dengan *fluida* di dalam *level chamber*.

2) *Differential pressure*

Pengukuran level jenis *differential pressure* (DP) didasarkan pada prinsip "*hydrostatic head*". Prinsip ini mengatakan bahwa pada setiap titik di dalam fluida yang diam (*static*), gaya yang bekerja padanya adalah sama untuk semua arah dan tidak tergantung pada volume *fluida* maupun bentuk ruang atau tempat di mana *fluida* berada, tetapi hanya bergantung pada tinggi kolom *fluida* di atas titik yang bersangkutan



CATEGORIES	SCORE
LIQUID	Recommended
GRANULARS	Not Recommended
SLURRIES	Limited Applicability
INTERFACE	Limited Applicability



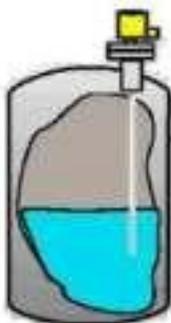
Gambar II.11. *Differential Pressure Level Measurement*

Aplikasi pengukuran level dengan menggunakan metode perbedaan tekanan atau tekanan *hidrostatik* telah mengalami kemajuan yang signifikan beberapa tahun lalu. Peralatan D/P ini memungkinkan untuk mengukur level dengan *range* yang lebar pada *services* yang bersih, *korosif*, *slurry* dan *high viscous*.

Hampir semua jenis peralatan D/P dapat digunakan untuk mengukur level jika peralatan tersebut tersedia dalam *range* yang diperlukan untuk level yang dimaksud. Pada umumnya *range* D/P untuk level adalah sekitar (10 ~ 150) *inches H2O*.

3) *Capacitance*

Sebuah kapasitor terbentuk ketika *elektroda sensor level* dipasang di dalam sebuah *vessel*. Tangkai metal dari *elektroda* bertindak sebagai satu *plate* dari kapasitor dan dinding tangki bertindak sebagai *plate* yang lain (untuk *non metallic vessel* dibutuhkan *reference elektroda* sebagai *plate* yang lain dari kapasitor).



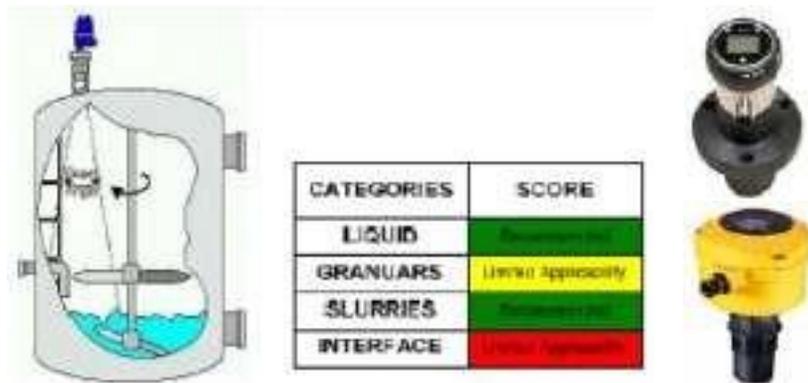
CATEGORIES	SCORE
LIQUID	High Applicability
GRANULARS	Limited Applicability
SLURRIES	Not Recommended
INTERFACE	Limited Applicability

Gambar II.12. *Capacitance Level Measurement*

Ketika *level fluida* naik, udara atau gas yang semula melingkupi *electroda* akan digantikan oleh material (*fluida*) yang mempunyai konstanta dielektik (*dielectric constant*) yang berbeda, sehingga suatu perubahan di dalam nilai kapasitor terjadi sebab *dielektrikum* antara plat telah berubah. RF (*Radio Frequency*) *capacitance instrument* mendeteksi perubahan tersebut dan mengonversinya kedalam suatu sinyal keluaran secara *proporsional*.

4) *Ultrasonic Types*

Ultrasonic transmitter bekerja dengan prinsip pemancaran gelombang suara dari *peizo electric transducer* kedalam *vessel* yang berisi material proses. Alat ini mengukur lama waktu yang dibutuhkan gelombang suara yang dipantulkan kembali ke *transducer*. Pengukuran yang baik tergantung pada pantulan gelombang suara dari material proses secara garis lurus yang kembali ke *transducer*.



Gambar II.13. Ultrasonic Level Measurement

Keuntungan:

- Tidak ada *part* yang bergerak (*No moving parts*), membutuhkan sedikit *maintenance*.
- Teknologi *non-contact*.
- Mudah dipasang dan dikalibrasi.
- Akurasi baik bilamana aplikasi sesuai.
- Dapat diaplikasikan pada pengukuran level material seperti *powder*, *fluida* yang mengandung padatan serta *slurry*.

Kekurangan:

- Tidak dapat beroperasi pada vakum dan tekanan tinggi.
- *Range temperature* dan *pressure* terbatas.
- Harga relatif tinggi.
- Posisi sangat sensitif dibanding teknologi lain.

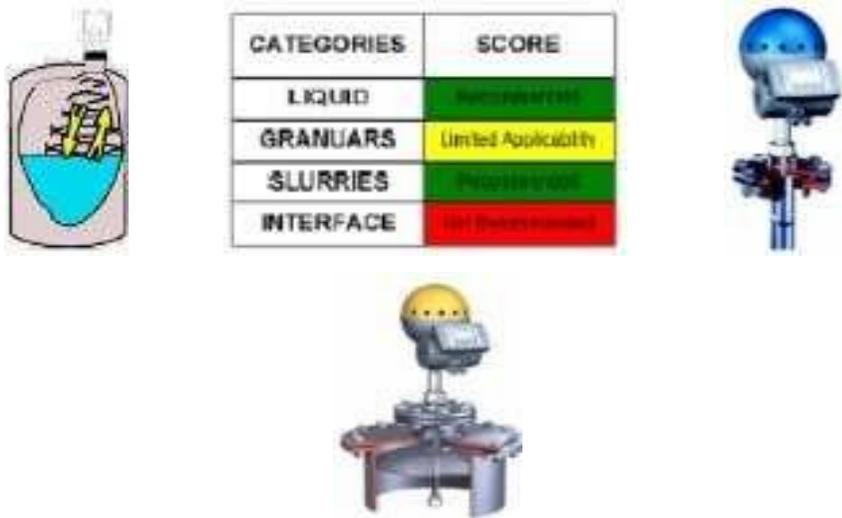
5) Radar Type

Teknologi radar untuk aplikasi pengukuran level yang ada dipasaran adalah *Frequency Modulated Continuous Wave* (FMCW) atau *Pulse Wave Time of Flight*.

Sistem Pulsed Wave bekerja dengan memancarkan suatu gelombang mikro (*microwave*) ke arah material proses, gelombang ini dipantulkan oleh permukaan dari material proses dan dideteksi oleh sensor yang sama yang bertindak sebagai penerima (*receiver*). Level ditentukan

dari waktu tempuh dari sinyal gelombang *mikro* dari *transmitter* ke *receiver*.

Sistem *FMCW* bekerja dengan memancarkan suatu *signal* frekuensi secara terus menerus dan jarak ditentukan dari perbedaan frekuensi antara *signal* *transmitter* dan *receiver* pada setiap titik pada waktunya.



Gambar II.14. Radar Level Measurement

Keuntungan:

- Teknologi: *non-contact*
- Akurasi: tinggi

Kekurangan:

- Biaya pengadaan awal: tinggi
- *Pressure rating*: terbatas
- Tidak dapat mengukur *interface*

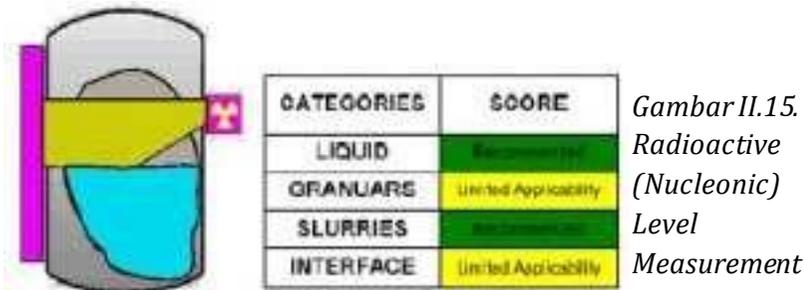


www.larispa.co.id

6) *Radiation Type*

Seperti beberapa metode pengukuran level lainnya, jenis *radio active (nucleonic)* digunakan juga sebagai *continuous measurement* dan *point measurement*. Pada *continuous measurement*, *radiation level* menyediakan persentase dari penurunan transmisi sesuai level, dan untuk *point measurement*, *radiation level* menyediakan suatu fungsi *switch on/off*.

Radio isotop yang digunakan pada pengukuran level akan memancarkan energi pada suatu tingkat *rate* yang konstan secara acak. *Radiasi gamma* adalah sumber yang secara umum digunakan untuk *nucleonic level gauging*. Panjang gelombang pendek dan energi yang tinggi dari *radiasi gamma* menembus dinding *vessel* dan media proses. Sebuah *detektor* di sisi yang lain dari *vessel* mengukur kekuatan bidang *radiasi* dan menyimpulkan level di dalam *vessel*.



Gambar II.15.
Radioactive
(Nucleonic)
Level
Measurement

Kelebihan:

- Tidak ada *part* yang bergerak (*No moving parts*), membutuhkan sedikit *maintenance*.
- Instalasi eksternal sehingga mudah *di-retrofit* atau instalasi baru.
- Keandalan (*reliability*) tinggi.

Kekurangan:

- Biaya pengadaan awal: tinggi.
- Memerlukan perijinan oleh agen pengatur.
- Berbahaya dan memerlukan penanganan secara khusus.

3. Pengukuran Aliran Fluida

Pengukuran aliran fluida adalah sangat penting di dalam suatu industri proses seperti kilang minyak (*refinery*), pembangkit listrik (*power plant*) dan industri kimia (*petrochemical*). Pada industri proses seperti ini, memerlukan penentuan kuantitas dari suatu fluida (*liquid, gas atau steam*) yang mengalir melalui suatu titik pengukuran, baik di dalam saluran yang tertutup (*pipe*) maupun saluran terbuka (*open channel*). Kuantitas yang ditentukan antara lain, laju aliran volume (*volume flow rate*), laju aliran massa (*mass flow rate*), kecepatan aliran (*flow velocity*).

Di dalam metode pengukuran aliran fluida perlu diketahui kondisi-kondisi yang sangat berpengaruh dalam pengukuran tersebut, sehingga pemilihan alat ukur flow (*flow measuring device*) sesuai dan tepat.

Kondisi-kondisi tersebut antara lain:

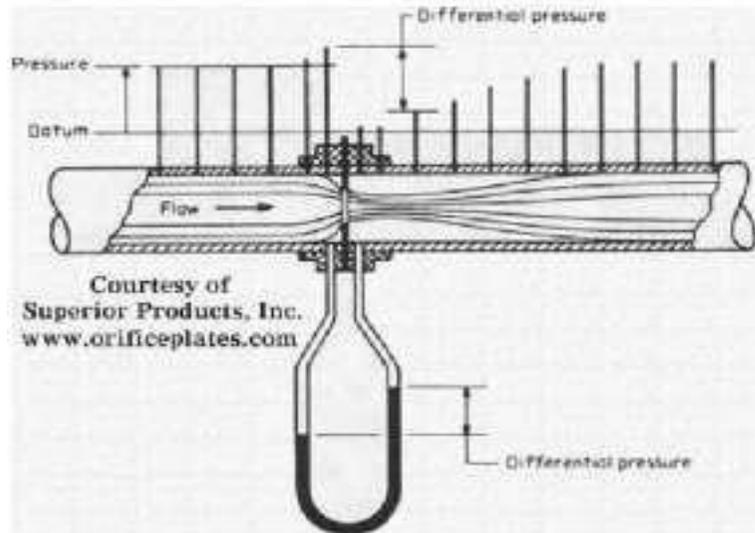
- 1) Ukuran pipa di mana laju aliran diukur (*Line Size*).
- 2) Daerah laju aliran (*Range of flow rates*); *maximum*, normal dan minimum.
- 3) Karakteristik fluida (*fluid properties*):
 - Fase fluida, Cairan, Gas.
 - Tekanan
 - Temperatur
 - Viskositas
 - *Specific gravity at standard and flowing conditions*
 - Tingkat kompresi fluida
 - Berat molekul (untuk fluida gas dan uap)
 - *Steam quality* (untuk *steam*)
- 4) Pengaruh korosif (untuk membantu di dalam pemilihan material).
- 5) Apakah aliran yang diukur adalah aliran yang stabil atau aliran fluktuasi.

a. *Differential Pressure Flowmeters (Head Flow Meter)*

Prinsip operasi *Differential Pressure Flowmeters (DP Flowmeters)* di dasarkan pada persamaan *Bernoulli* yang menguraikan hubungan antara tekanan dan kecepatan pada suatu *aliran fluida*.

Alat ini memandu aliran ke dalam suatu penghalang aliran (yang mempunyai lubang dengan diameter yang berbeda dengan diameter pipa), sehingga menyebabkan perubahan

kecepatan aliran (*flow velocity*) dan tekanan (*pressure*) antara sisi *up-stream* dan *down-stream* dari penghalang. Dengan mengukur perubahan tekanan tersebut, maka kecepatan aliran dapat dihitung.



Gambar II.16. Differential Pressure Flowmeters (DP Flowmeters)

Kelebihan:

- Biaya pengadaannya awal: rendah ~ sedang
- Dapat digunakan di dalam cakupan luas (hampir semua fase fluida dan kondisi aliran).
- Strukturnya kokoh dan sederhana.

Kekurangan:

- Rugi tekanan (*pressure drop*): sedang ~ tinggi

www.larispaco.id

Elemen Utama untuk DP Flowmeters

Berbagai jenis *primary element* yang tersedia di pasaran untuk *DP flowmeters* antara lain: *orifice plates*, *venturi tube*, *flow nozzle*, *pitot tube*, *anubar tubes*, *elbow taps*, *segmental wedge*, *V-Cone* dan *Dall Tube*.

Jenis yang paling banyak digunakan adalah *orifice plate*, namun elemen lain menawarkan beberapa kelebihan untuk aplikasi tertentu.



*Gambar II.17.
Differential Pressure
Flowmeters (DP
Flowmeters) Primary
Elements*

b. Variable Area Flowmeter (Rotameters)

Prinsip operasi dari *rotameter* (*variable area meters*) didasarkan pada pelampung (*float*) yang berfungsi sebagai penghalang aliran, pelampung tersebut akan melayang dalam suatu tabung yang mempunyai luas penampang tidak konstan. Luas penampang tabung berubah tergantung ketinggiannya (semakin tinggi semakin besar).

Posisi pelampung akan menyatakan harga aliran fluida yang mengenaanya. Pada posisi tersebut pada pelampung akan terjadi keseimbangan gaya, yaitu keseimbangan antara berat

pelampung dengan gaya tarik aliran yang mengenainya dan gaya apung pelampung.



Gambar II.18. Rotameters atau Variable Area Meters

Kelebihan:

- Biaya pengadaannya awal: rendah.
- *Rangeability* baik.
- *Pressure drop* rendah (hampir konstan).

Kekurangan:

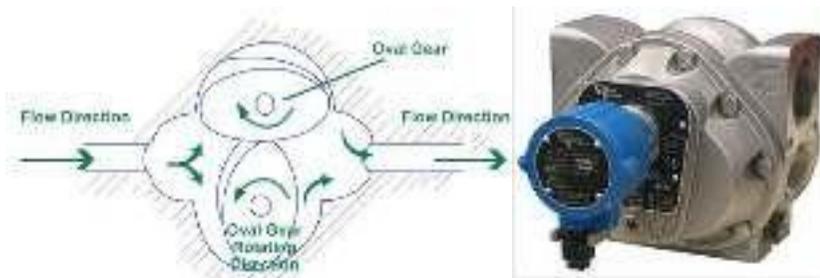
- Untuk jenis *glass tube* mudah mengalami kerusakan (pecah).
- Tidak baik untuk laju aliran (*flow rate*) rendah.
- Tidak baik untuk *service fluida* yang fluktuasi.
- Harus dipasang secara vertikal.
- Beberapa variabel area meter tidak bisa digunakan di dalam lingkungan gaya berat yang rendah.
- Secara umum dibatasi pada ukuran pipa kecil (kecuali jika *bypass rotameter* digunakan).

Jenis-jenis *Variable Area Flowmeters*:

- *Rotameters*
- *Movable Vane Meter*
- *Weir, Flume*

c. Positive Displacement Flowmeters

Positive Displacement Flowmeters (PD Meters), bekerja berdasarkan pengukuran volume dari fluida yang sedang mengalir dengan menghitung secara berulang aliran fluida yang dipisahkan kedalam suatu volume yang diketahui (*chamber*), selanjutnya dikeluarkan sebagai volume tetap yang diketahui.



Gambar II.19. Positive Displacement Flowmeters

Kelebihan:

- Biaya pengadaannya awal: rendah ~ sedang.
- Dapat digunakan di dalam aliran *viscous*.
- *Rangeability* yang tinggi.
- *Output* pembacaan linear.
- Akurasi sangat bagus.

Kekurangan:

- Biaya pemeliharaan relatif tinggi.
- *Pressure drop* relatif tinggi.
- Tidak sesuai untuk laju alir rendah.
- Sangat peka pada kerusakan akibat *gas*, *fluida* dengan padatan (*slugs*) dan *fluida* yang kotor.
- Gas (*bubbles*) di dalam *fluida* signifikan menurunkan akurasi.

Jenis-jenis *Positive Displacement Flowmeters*:

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| a. <i>Nutating Disk</i> | e. <i>Oval Gear</i> |
| b. <i>Rotating Valve</i> | f. <i>Roots (Rotating Lobe)</i> |
| c. <i>Oscillating Piston</i> | g. <i>Birotor</i> |
| d. <i>Reciprocating Piston</i> | h. <i>Rotating Impeller</i> |



d. ***Magnetic Meters***

Prinsip kerja *flowmeter* jenis ini didasarkan pada hukum induksi elektromagnetik (*Faraday's Law*), yaitu bila suatu *fluida* konduktif elektrik melewati pipa *transducer*, maka *fluida* akan bekerja sebagai konduktor yang bergerak memotong medan magnet yang dibangkitkan oleh kumparan *magnetic* dari *transducer*, sehingga timbul tegangan listrik induksi. *Magnetic flowmeter (mag flowmeter)* tidak mempunyai bagian yang bergerak (*moving part*) dan ideal untuk aplikasi air limbah (*wastewater*) atau cairan kotor yang konduktif listrik.



Gambar II.20. Magnetic flowmeters

Kelebihan:

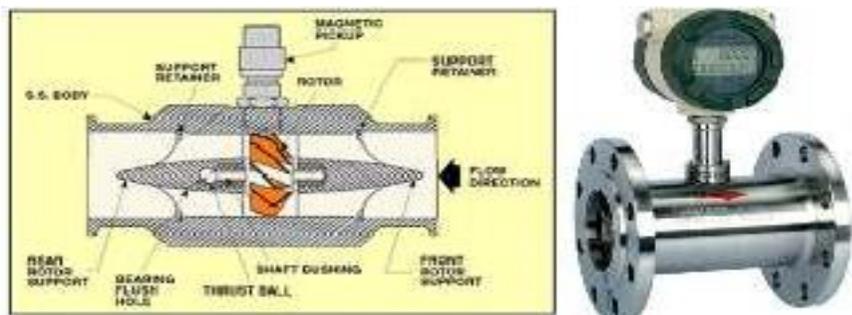
- *Pressure drop* minimum, oleh karena penghalang yang minimum pada lintasan *flow*.
- Biaya *maintenance* rendah sebab tidak ada *moving parts*.
- Linearitas yang tinggi.
- Dapat digunakan untuk mengukur fluida yang *korosif* dan *slurry*.
- Pengukuran tidak dipengaruhi oleh *viscosity*, *density*, *temperature* dan *pressure*.
- Dapat mengukur aliran fluida jenis *turbulent* atau *laminar*.

Kekurangan:

- Dalam banyak kasus, persyaratan *electrical conductivity* dari fluida yang ditetapkan pabrik (0.1 – 20 *micromhos*).
- *Zero drifting* pada kondisi tidak ada *flow* atau *low flow*, problem ini pada desain baru ditingkatkan dengan memotong (*cut-off*) *low flow*.

e. *Turbine Meters*

Teori dasar pada *turbine meters* adalah relatif sederhana, yaitu aliran fluida melalui meter berbenturan dengan *turbine blade* yang bebas berputar pada suatu poros sepanjang garis pusat dari *turbin housing*. *Accuracy* dan *rangeability* dari alat ukur *turbine meter* tersebut sangat baik. *Rangeability* bervariasi dari 100: 1 s/d 200: 1. *Accuracy* sekitar: $\pm \frac{1}{4}$ s/d $\pm \frac{1}{2}$ %.



Gambar Il.21. Turbine flowmeters

Kelebihan:

- Biaya pengadaannya awal: sedang.
- Akurasi baik, andal dan *proven technology*.
- *Repeatability* yang sempurna.
- *Rangeability* yang sempurna.
- *Pressure drop* rendah.

Kekurangan:

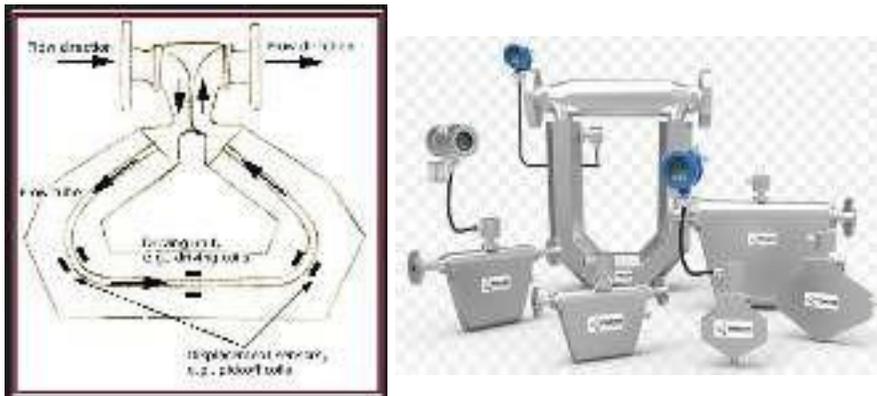
- Hanya untuk aplikasi fluida yang bersih.
- Pada *nonlubrication fluids* kadang-kadang menimbulkan masalah.

www.larispaco.id

- Dibutuhkan pipa *straight runs* (15 x D) pada *upstream turbine* meter.
- Direkomendasikan menggunakan *strainer*

f. Coriolis Flowmeters.

Prinsip Coriolis menyatakan bahwa jika sebuah partikel di dalam suatu gerak berputar mendekati atau menjauhi pusat perputaran, maka partikel menghasilkan gaya internal yang bekerja pada partikel itu.



Gambar II.22. Coriolis flowmeters

Kelebihan:

- Akurasi: tinggi.
- Dapat digunakan secara luas pada berbagai kondisi aliran fluida.
- Mampu mengukur aliran fluida panas (*molten sulphur, liquid toffee*) dan aliran fluida dingin (*cryogenic helium, liquid nitrogen*).

- *Pressure drop*: rendah.
- Sesuai untuk *bi-directional flow*

Kekurangan:

- Biaya pengadaan awal: tinggi
- Kemungkinan penyumbatan (*clogging*) terjadi dan sukar dibersihkan.
- Ukuran secara keseluruhan besar (dibanding dengan *flowmeter* lain).
- Ukuran *Line size* yang tersedia: terbatas

g. Target Flowmeters

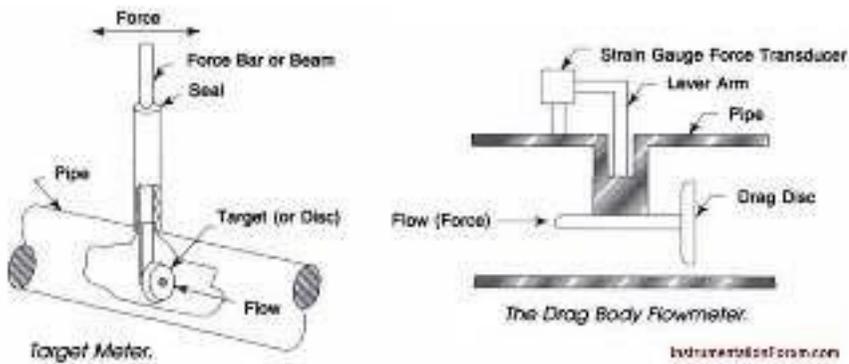
Target *flowmeters* yang juga dikenal sebagai *drag force flowmeters*, menyisipkan suatu target (*drag element* yang umumnya adalah *flat disc* atau *sphere* dengan suatu tangkai) ke dalam bidang aliran (*flow*). *Flowmeter* kemudian mengukur gaya tarik (*drag force*) pada target yang disisipkan kemudian mengonversinya kedalam kecepatan aliran (*flow velocity*).



www.larispa.co.id



Target flow meter



Gambar II.23. Target Flowmeters

Kelebihan:

- Biaya pengadaannya awal: rendah
- Dapat digunakan pada aliran fluida yang abrasif, terkontaminasi atau korosif.

Kekurangan:

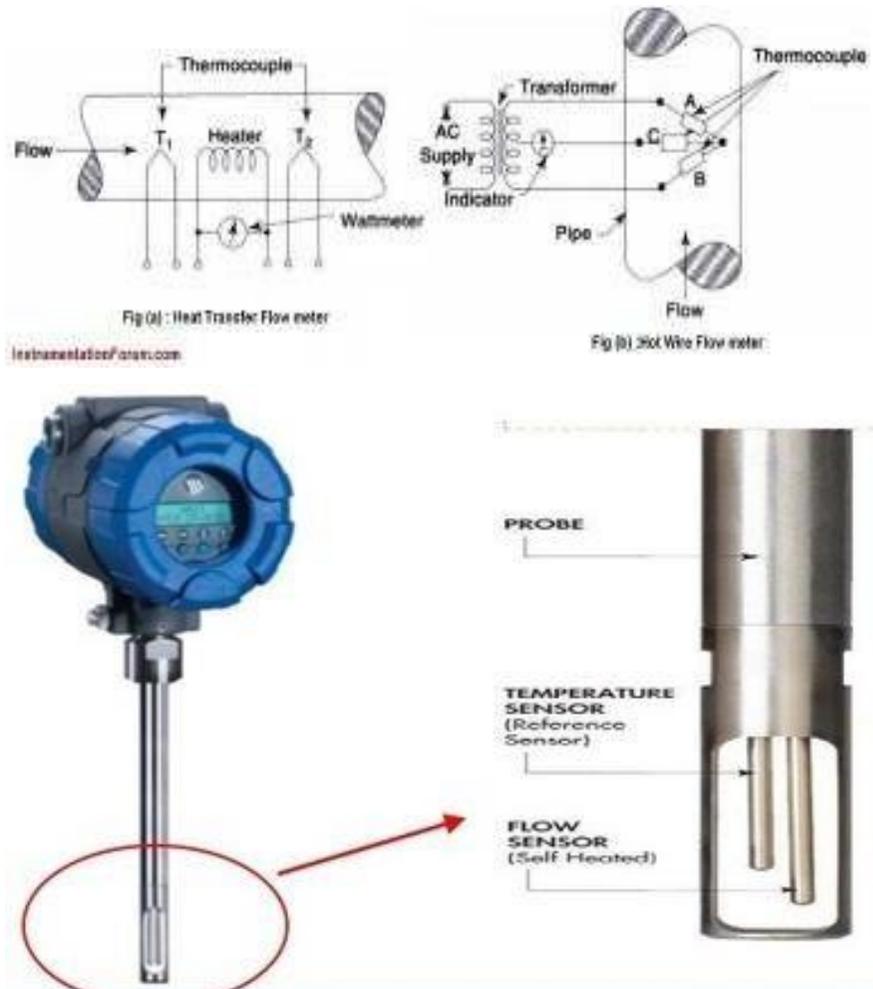
- *Pressure drop* tidak dapat diabaikan sehubungan dengan *drag element* dan tangkai.



www.larispaco.id

h. Thermal Flowmeters

Thermal mass flowmeter didasarkan pada pengukuran panas yang diserap dari sensor akibat dialiri fluida. Jumlah panas yang diserap menentukan laju aliran massa (*mass flow rate*).



Gambar II.24. Thermal Flowmeters

Ada dua jenis *flowmeters* termal:

- 1) *Heat Transfer Flowmeters*
- 2) *Meter Hot-Wire Flow*

Kelebihan:

- Tidak memiliki bagian yang bergerak, sehingga mengurangi biaya perawatan dan memungkinkan penggunaannya pada area terdapat gas jenuh.
- Menghitung aliran massa daripada aliran volumetrik dan tidak memerlukan koreksi suhu atau tekanan.
- Memiliki akurasi dan pengulangan yang sangat baik pada berbagai laju aliran.
- Dapat mengukur aliran dalam pipa besar.

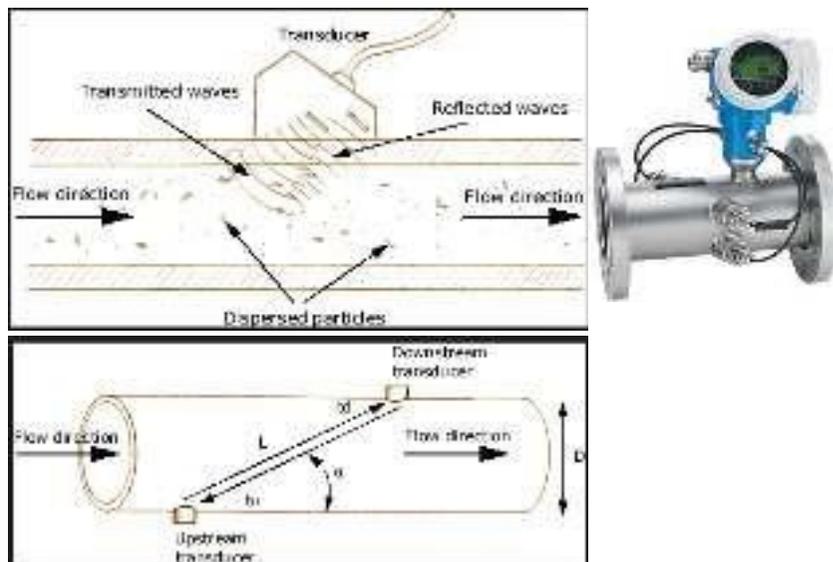
Kekurangan:

- Penggunaan terbatas untuk membersihkan cairan non-abrasif.
- Kelembaban atau tetesan cairan dapat menyebabkan ketidaktepatan pengukuran.
- Sifat termal harus diketahui: variasi dari nilai yang dikalibrasi dapat menyebabkan ketidakakuratan.
- Biaya awal yang relatif tinggi.

i. *Ultrasonic Flowmeters*

Pengukuran laju aliran (*flow rate*) dengan metode ini melibatkan elemen pengirim (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) untuk frekuensi akustik. Pada elemen pengirim, *transducer* berfungsi mengubah tegangan listrik frekuensi

tinggi menjadi getaran kristal (*akustik*). Sedangkan pada elemen penerima, transduser mengubah getaran kristal (*akustik*) menjadi sinyal listrik. Oleh karena daerah kerja frekuensi dari pengirim dan penerima di atas 20 KHz (misalnya 10 MHz), maka disebut *ultrasonic*.

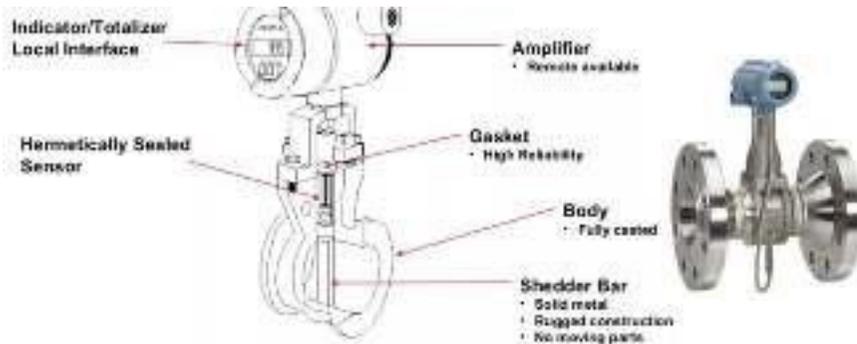


Gambar II.25. Ultrasonic Flowmeters

j. Vortex Flowmeters

Flowmeter ini dikenal juga sebagai *vortex shedding flowmeters* atau *oscillatory flowmeters*, prinsip kerjanya didasarkan pada pengukuran getaran (*vibration*) pada *downstream* pusaran (*vortex*) yang disebabkan oleh penghalang yang ditempatkan pada aliran fluida. Frekuensi getaran dari *vortex* dapat dihubungkan dengan laju aliran fluida.





Gambar II.26. Vortex Flowmeters

Kelebihan:

- Biaya pengadaan awal: rendah ~ sedang.
- Tidak dibutuhkan *maintenance* bila digunakan pada aliran fluida yang bersih.

Kekurangan:

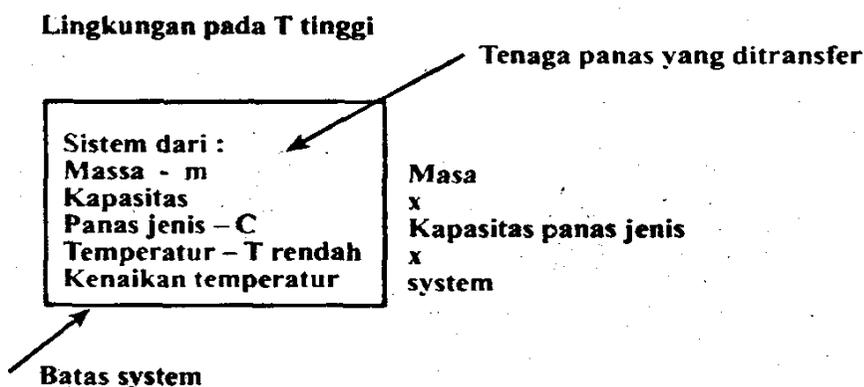
- *Pressure drop*: rendah ~ sedang

4. Pengukuran Temperatur.

Pengukuran temperatur suatu sistem merupakan pengukuran intensitas dari aktivitas molekul-molekul dalam sistem itu. Pengukuran temperatur dari suatu sistem juga merupakan pengukuran dari tenaga panas yang dapat ditransmit ke atau dari sistem itu jika berhubungan dengan lingkungan yang berbeda temperaturnya. Di sini "*panas*" (*heat*) merupakan bentuk *transient* dari tenaga yang melewati batas-batas sistem yang disebabkan oleh perbedaan temperatur.

www.larispaco.id

Gambar di bawah mengilustrasikan perbedaan antara panas dan temperatur.



Pengukuran temperatur dapat dicapai dengan 3 metode pokok di atas kapal yaitu:

a) **Metode Ekspansi**

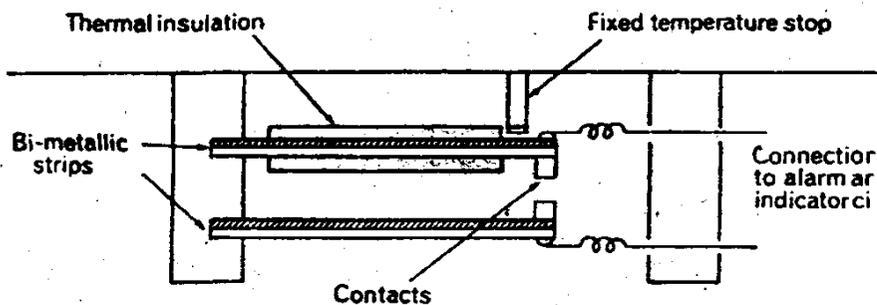
Metode ekspansi dapat dibagi menjadi:

1) **Ekspansi benda padat.**

Ketika panas ditransfer ke benda padat, molekul-molekul dari benda padat itu menyerap tenaga. (energi) dan meningkat (*oscillate*) sekitar posisi rata-ratanya pada amplitudo yang besar yang menghasilkan pemuaian dari benda padat itu. Ekspansi ini mempunyai hubungan dengan benda padat, sehubungan dengan koefisien muainya. Koefisien ini sangat bervariasi dengan bahan dan membentuk prinsip dasar dari *termometer bimetallic*, yang menggunakan 2 bahan berbeda yang dihubungkan

bersama dalam bentuk *pegas, helical kumparan rapat*. Begitu temperatur dari lingkungan. berubah menyebabkan pegas menggulung atau mengembang. Gerakan ini dapat mengoperasikan jarum penunjuk sepanjang skala dan menunjukkan temperatur. Unit tersebut sering digunakan untuk mengukur temperatur dalam *manifold* gas buang mesin diesel atau temperatur muatan aspal.

Diagram di bawah yang menunjukkan *detector* kenaikan *rate* temperatur memperlihatkan contoh lain penggunaan "*bimetallic strip*" di sistem penunjukan kebakaran (*fire detection system*).



Gambar II.27. Rate of temperature rise detector

Bila terjadi kebakaran dalam ruangan yang dipasang peralatan ini, energi panas akan dipindahkan ke "*strip*". Bila *rate* dari temperatur naik pelan, ada cukup waktu bagi energi panas untuk melewati isolasi panas (*thermal insulation*) sehingga strip bengkok bersama.

www.larispaco.id

Jika kenaikan temperatur berlanjut ujung strip akan bersinggungan dengan stop temperatur tetap dan terjadilah kontak untuk menutup jaringan sehingga membunyikan alarm. Jika kenaikan temperatur kencang, strip bagian bawah membengkok ke atas lebih cepat daripada ujung strip, sehingga alarm berbunyi lebih cepat.

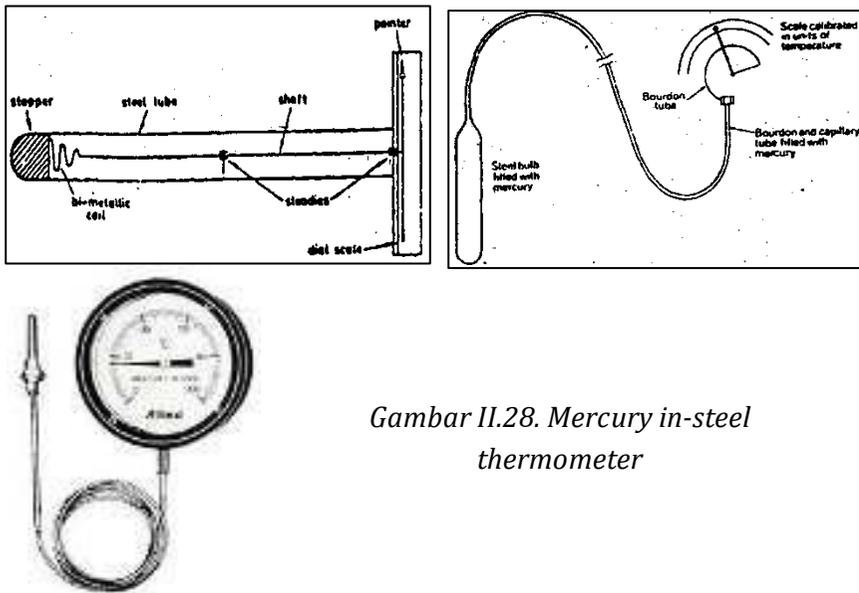
Jadi pada prinsipnya kerja *bimetalik termometer* adalah perbedaan pemuaian antara dua logam yang dihubungkan satu dengan yang lainnya, pada gambar II.27 menunjukkan *type be* metalik lain yang dirancang untuk bekerja antara -40°C sampai 320°C .

Jenis ini menggunakan *helical coil* atau tanpa *coil* dengan suhu yang bervariasi, satu ujungnya dihubungkan secara tetap dengan poros yang dapat berputar dan jarum penunjuk ukuran.

Bahan yang dipergunakan adalah 36% Ni dan 64% Fe yang mempunyai koefisien muai rendah ketika disambungkan dengan Ni-Mo sehingga dapat menghasilkan *strip be-metalik* yang baik.



www.larispa.co.id



Gambar II.28. Mercury in-steel thermometer

2) Ekspansi benda cair

Dalam termometer cairan dalam gelas yang sudah banyak dikenal, cairan yang biasanya air raksa diisikan ke dalam *bulb* gelas dan dilanjutkan ke dalam pipa yang berdiameter kecil. Secara jelas jika energi panas dipindahkan ke termometer air raksa akan memuai pada jumlah *rate* yang lebih besar dari gelas dari naik ke atas dalam pipa yang sekaligus menunjukkan temperatur.

Kejelekan alat ini adalah kesulitan dalam mentransmit informasi ke beberapa posisi *remote*. Kesulitan tersebut di atasi dengan penggunaan termometer air raksa dalam baja seperti ditunjukkan dalam gambar di bawah.

Perubahan temperatur menyebabkan energi panas mengalir ke *bulb* di mana air raksa memuai pada *rate* yang lebih cepat dibandingkan dengan *bulb*. Ekspansi air raksa menyebabkan tabung Bourdon mengembang, menggerakkan penunjuk (*pointer*) sepanjang skala. Ada batas panjang dari tabung, karena temperatur dari keliling mempengaruhi bacaan temperatur.

3) Ekspansi benda gas

Perubahan temperatur menyebabkan energi panas mengalir ke *bulb* di mana air raksa memuai pada *rate* yang lebih cepat dibandingkan dengan *bulb*. Ekspansi air raksa menyebabkan tabung Bourdon mengembang, menggerakkan penunjuk (*pointer*) sepanjang skala. Ada batas panjang dari tabung, karena temperatur dari keliling mempengaruhi bacaan temperatur.

b) Metode Listrik

Seperti halnya termometer yang bekerja berdasarkan metode ekspansi, termometer yang metode listrik dapat berupa:

1) Termometer Tahanan (*Resistance Termometer*)

Dari pelajaran fisika diketahui bahwa tahanan konduktor-konduktor metalik murni membesar dengan adanya temperatur. Jika suatu lilitan tahanan digunakan sebagai sensor temperatur seperti yang nampak pada gambar diagram karakteristik tahanan temperatur, perubahan temperatur akan diikuti dengan perubahan dalam lilitan

Pada keadaan seimbang:

$$\frac{R_1 + R_2}{R_2 + r_1} = \frac{R_3 + r}{R_4 + r}$$

Perubahan temperatur akan menyebabkan perubahan resistance (tahanan) dan terjadinya ketidakseimbangan. Dengan menggunakan tahanan geser R_1 R_2 keseimbangan akan dapat dikembalikan. (penunjukkan galvanometer akan kembali ke posisi nol) dan sementara itu jarum penunjuk ukuran akan bergerak dan secara otomatis menunjukkan temperatur yang diukur, karena galvanometer dapat dikalibrasi secara langsung dalam unit temperatur.

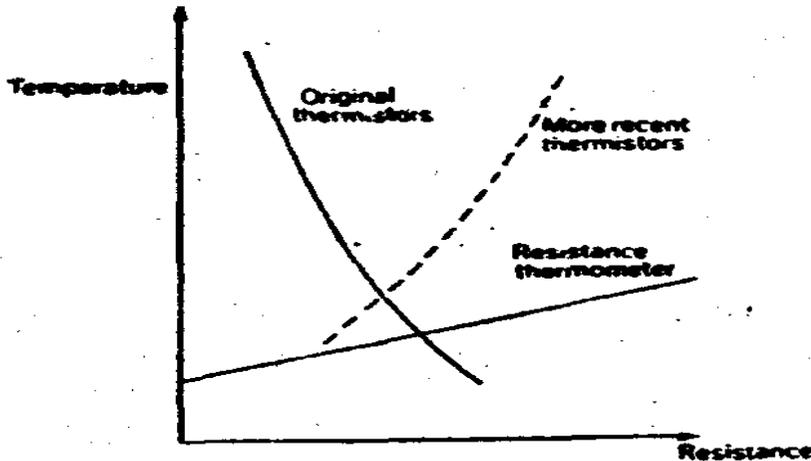
Platinum cocok digunakan sebagai elemen kawat sensor tetapi tembaga (*copper*) dan nikel digunakan pada jangkauan -100°C sampai 200°C , Tungsten, *molybdenum* dan tantalum digunakan untuk purometer suhu tinggi sampai 1200°C , di atmosfer tertutup.

2) *Thermistor*

Thermistor berisi medan kecil bahan semikonduktor yang mempunyai koefisien temperatur kurang lebih 10 kali lebih besar dari lilitan. Tahanan tembaga (*copper*) atau platinum yang digantikan.

Mereka mempunyai masa yang sangat kecil, karena itu responsnya secara cepal terhadap perubahan temperatur dari variabel yang diukur. Bagaimanapun-

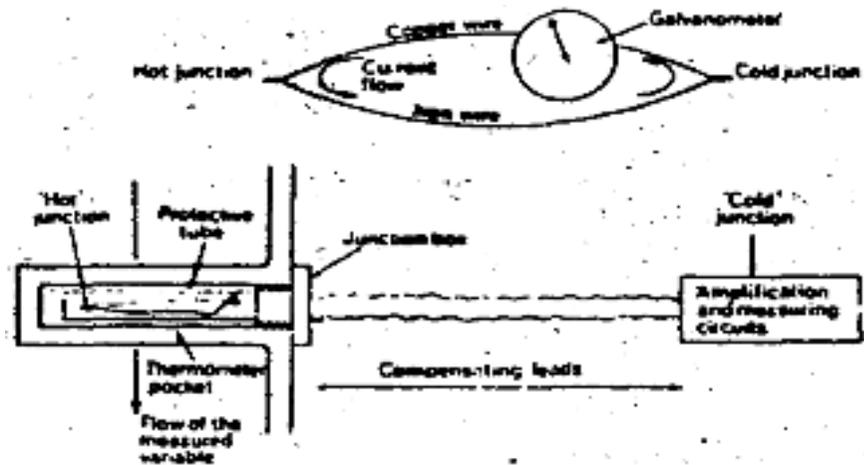
mereka merupakan subjek untuk menghasilkan *toleranse* yang lebih luas daripada peralatan lainnya. Karakteristik tahanan temperatur *thermistei* diperlihatkan pada diagram di bawah



Gambar II.30. Prinsip dan aplikasi dari Thermokopel

3) Thermocouples

Jika jaringan dibuat dan metal-metal yang berlainan jenis dan satu sambungan dijaga pada suatu temperatur yang lebih tinggi dari yang lainnya, suatu arus akan mengalir melalui jaringan sebagaimana ditunjukkan pada gambar di bawah, bergantung pada perbedaan temperatur antara sambungan-sambungan.



Gambar II.31. Karakteristik tahanan thermometer dari thermometer tahanan dan thermometer

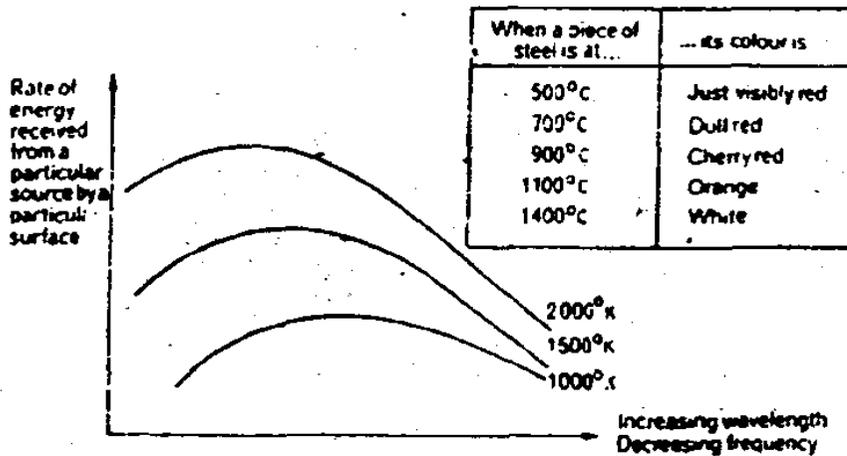
Tenaga *electromotive* yang menyebabkan arus itu mengalir merupakan prinsip yang dapat digunakan untuk mengukur temperatur-temperatur di atas kapal seperti juga diindikasikan dalam diagram. Jika kawat kompensasi (*compensating leads*) dibuat dari bahan yang sama, sambungan dingin efektif berada pada kotak sambungan, instrumen akan menunjukkan perbedaan antara temperatur variabel yang diukur dan temperatur di kotak sambungan menjadi kecil.

Untuk pengukuran efektif, *compensating leads* dengan peralatan (*properties*) *thermo-electric* serupa yang digunakan dalam *thermocouple*, diperpanjang ke sambungan dingin di beberapa posisi di suatu temperatur yang lebih konstan, seperti dalam suatu *station control* terpusat.



c) Metode Radiasi

Energi dipancarkan (diradiasikan) dari suatu benda panas (hot) pada *rate* yang tergantung pada temperatur mutlak dari benda itu ke benda dingin (*cold*). Distribusi energi radiasi ke dalam spektrum diilustrasikan pada gambar 20.



Gambar II.32. Spektrum yang diradiasikan temperatur

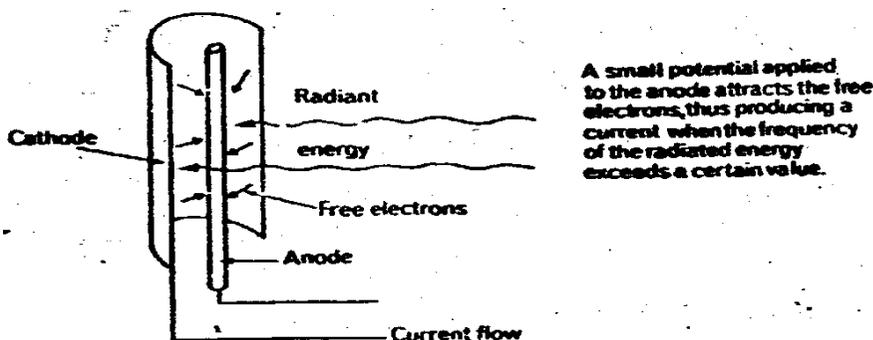
Secara khusus, dapat dilihat bahwa kedua *rate* frekuensi dan emisi dari energi radiasi tergantung dari temperatur permukaan dari benda. Untuk maksud pengukuran radius dari frekuensi dan intensitas yang berbeda, digunakan tipe lain dari *photo electric cell*.

1) Frequency-sensitive photo-electric cell.

Cell dimaksud ditunjukkan pada gambar II.33. Ketika energi radiasi jatuh pada katode bercat khusus, elektron

www.larisp.co.id

menyerap energi yang cukup untuk pindali dari permukaan katode. Efektivitas dari proses ini meningkat dengan frekuensi radiasi dan ada batas rendah ketajaman kritis yang ditentukan dari frekuensi untuk tiap bahan bercat khusus. Karena itu, satu alat dapat dibuat sensitif untuk sinar ultraviolet tetapi tidak untuk frekuensi yang lebih rendah dari sinar yang dapat dilihat. Potensi kecil yang digunakan untuk anode menarik elektron-elektron bebas, menghasilkan suatu arus yang mengalir ketika frekuensi energi radiasi melampaui nilai tertentu.



Gambar II.33. Prinsip dari suatu frequency-sensitive photo-electric cell

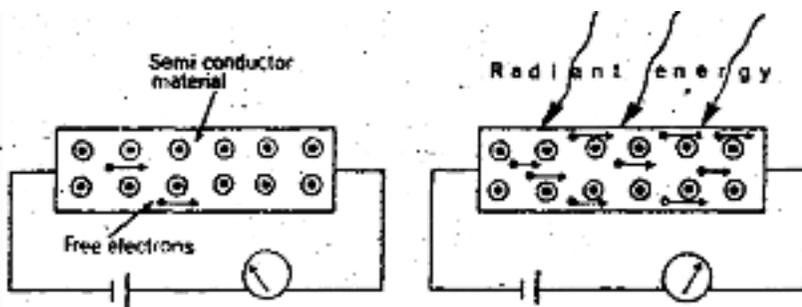
Alat-alat yang digunakan dikamar mesin untuk mendeteksi penyalaan mendadak yang terjadi ketika minyak tekanan tinggi terbakar. Alat dipes dengan suatu *battery-operated ultraviolet torch*, (lampu ultraviolet yang dioperasikan dengan baterai).



www.larispa.co.id

2) *Light-intensity-sensitive photo-electric cell.*

Cell ini digunakan untuk sistem deteksi asap (*smoke detection system*) dalam dapur api ketel uap, sistem deteksi minyak dalam air (*oil in water detection system*) dalam sistem *oily bilge* separator dan pendeteksi radiasi *infrared*. Gambar II.34, mengilustrasikan sebuah *cell* tersebut yang menggunakan semi konduktor.



Gambar II.34. *Photo-electric cell sensitive to light intensity*

Energi yang diradiasikan meningkatkan jumlah elektron gerak dan dalam kondisi yang tepat arus mengalir secara proposional ke intensitas radiasi. Prinsip ini dapat berguna dalam berbagai keperluan:

1. *Observation-type smoke detector* merelai asap yang menghalangi cahaya lampu, sehingga mengurangi *output* dari *photocell* dan menyebabkan alarm berbunyi.
2. *Light scatter smoke detectors* lebih sensitive. *Detector* merelai partikel-partikel asap menghamburkan sinar

sekeliling penghalang cahaya sehingga menerangi *cell* yang secara normal dilindungi dari sumber cahaya.

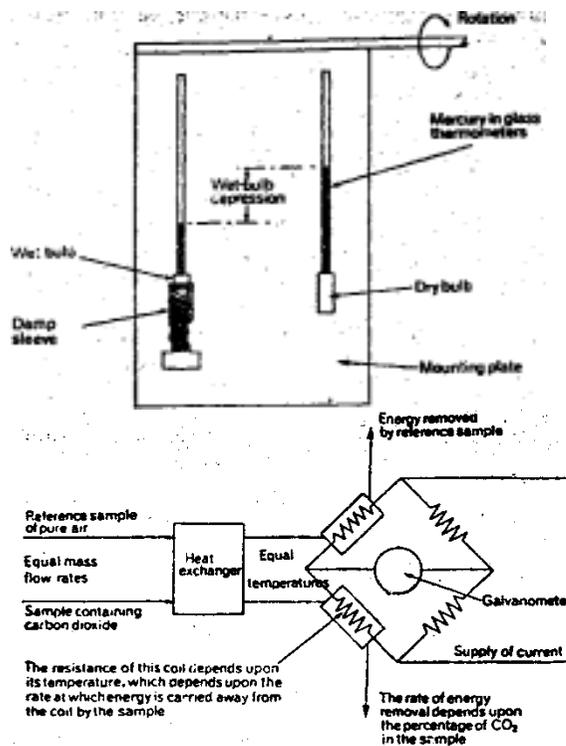
3. *Infrared flame detectors* dipasang dengan sebuah sistem lensa yang menyaring keluar energi panas frekuensi rendah yang diradiasikan dari pipa-pipa panas.



5. Pengukuran Humiditas.

Untuk pengukuran *humidity* peralatan yang dipergunakan adalah *sling hygrometer* seperti yang terlihat pada gambar berikut:

www.larispaco.id



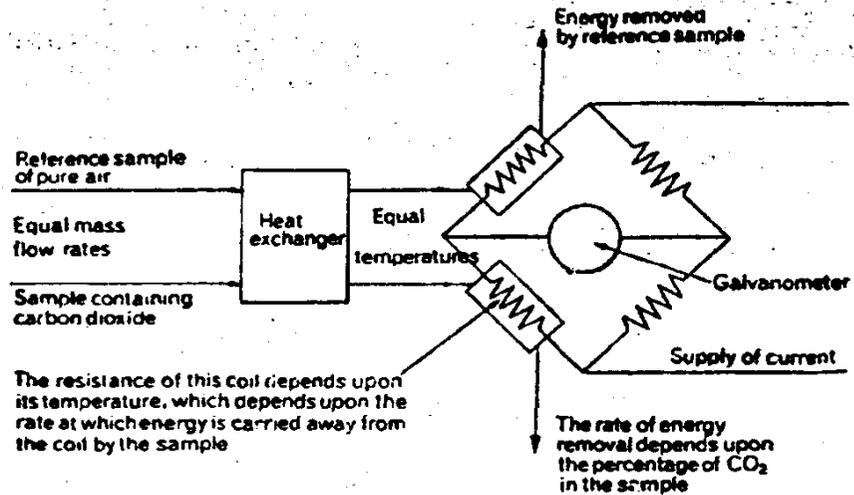
Gambar II.35. Sling hygrometer

Saat *hygrometer* diputar, udara mengalir melewati *bulb-bulb* termometer. Air menguap dari *damp sleeve* di sekeliling *bulb* basah (*wet bulb*) dan mendinginkan termometer basah yang memperlihatkan bacaan bawah terhadap termometer kering (*dry termometer*).

Nilai air yang menguap tergantung dari kapasitas udara mengandung air, karena itu selisih antara bacaan-bacaan skala di kedua termometer merupakan suatu pengukuran *humidity* udara saat *hygrometer* digantung

6. Pengukuran Kandungan Carbon Dioksida.

Pengukuran kandungan carbon dioksida dari contoh air tergantung dari kenyataan bahwa *konduktivitas thermal carbon dioksida* berbeda dengan udara. Gambar II.36, mengilustrasikan peralatan detektor untuk karbon oksida. Jika temperatur masuk bersama aliran massa dari contoh yang diukur dan contoh referensi dari udara murni serupa, mengakibatkan temperatur lilitan naik dan karenanya tahanan (*resistance*) naik sampai harga tenaga yang dipasok aliran arus sama dengan energi yang terbawa udara dan karbon dioksida mengalir melalui tiap bagian jembatan Wheatstone.



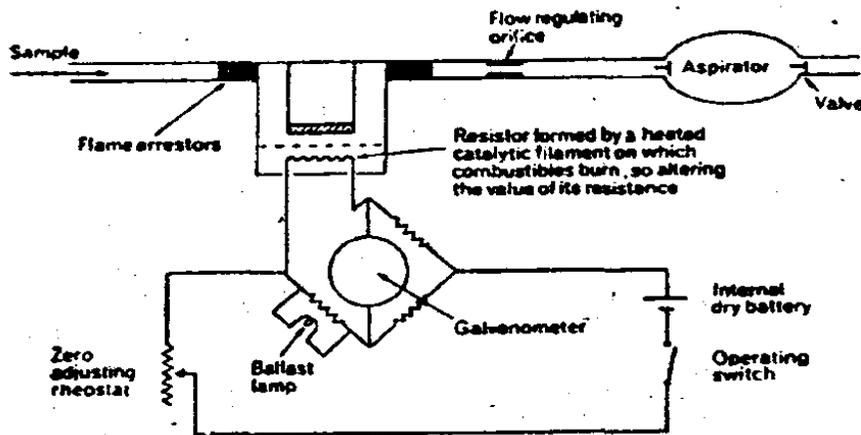
Gambar II.36. Pengukuran Kandungan Carbon Dioksida

Ini tergantung dari komposisi relatif dari contoh-contoh dan karenanya arus mengalir melalui tiap lengan dari jembatan akan tak seimbang, mengakibatkan *galvanometer* terbaca dalam batasan persentase karbon dioksida dari contoh yang diukur.

Sistem pengukuran semacam itu digunakan untuk menentukan kandungan *carbon ioksida* dari sistem gas cerobong dan tipe yang lebih *sensitive inert* gas digunakan untuk mengukur karbon dioksida dalam ruang pendingin muatan buah.

7. Pengukuran Kandungan Hidrokarbon.

Pendeteksian dan pengukuran persentase hidrokarbon di udara penting untuk menjaga keselamatan pengoperasian kapal. Instrumen untuk keperluan pengukuran tersebut seperti nampak pada gambar II.37.



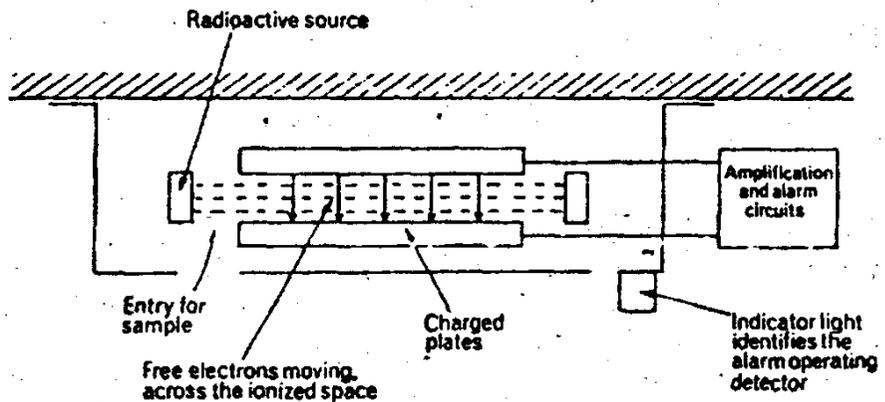
Gambar II.37. Pengukuran kandungan gas hidrokarbon

Contoh gas/udara yang akan diukur dimasukkan ke dalam instrumen, pada volume konstan mengalir dengan nilai yang diatur oleh *aspirator*. Begitu contoh melalui katalis, dihasilkan panas karena reaksi kimia yang mengubah tahanan lilitan. Ia mengubah keseimbangan jaringan pengukuran jembatan *Wheatstone*, instrumen biasanya menunjukkan besarnya gas hidrokarbon sebagai suatu persentase batas ledakan bawah.

8. Pendeteksian Produk-Produk Pembakaran.

Dalam tingkat awal kebakaran, partikel-partikel kecil menjadi terbang sebelum kualitas yang nampak dari asap dapat dilihat. Alat yang dilukiskan pada gambar II.38, dirancang untuk mendeteksi hasil pembakaran ini dan memacu alarm dalam sistem penunjuk kebakaran (*fire dection system*) dalam kamar mesin atau ruang-ruang akomodasi.

www.larispaco.id



Gambar 11.38. Smoke detector using the ionization principle

Ruang udara yang akan dideteksi, di ionisasi dengan mengalirkan partikel-partikel *alpha*. Proses ionisasi menghasilkan elektron-elektron bebas dari udara yang ditarik ke pelat *charger* menyebabkan arus mengalir dalam jaringan eksternal. Setiap produk pembakaran yang masuk ruang *charger* bercampur dengan proses ionisasi dan menyebabkan jatuhnya arus yang dapat menyebabkan memacu alarm.

Detektor-detektor tersebut dapat digunakan di ruang mesin, palka (ruang muat), ruang akomodasi. Lampu indikator biasanya dipasang pada alat deteksi untuk menunjukkan unit yang ditunjukkan alarm.

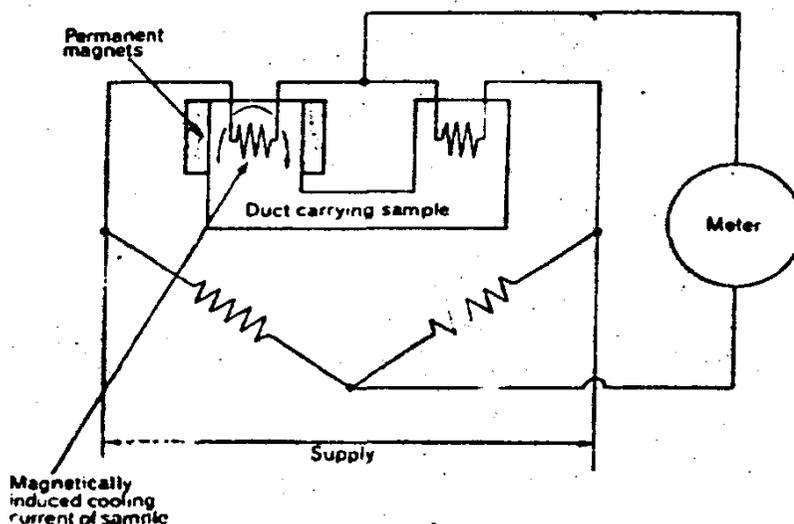


9. Pengukuran Kandungan Oksigen.

Pengukuran kandungan oksigen dari contoh gas, penting untuk keselamatan pengoperasian *inert gas system*.

www.larispaco.id

Oksigen mempunyai properti jarang yang sangat mudah terpengaruh terhadap tarikan magnet dibandingkan gas-gas lain seperti nitrogen dan karbon dioksida dan oksigen tetap dingin. Kenyataan ini digunakan dalam peralatan pengukuran yang ditunjukkan pada gambar II.39.

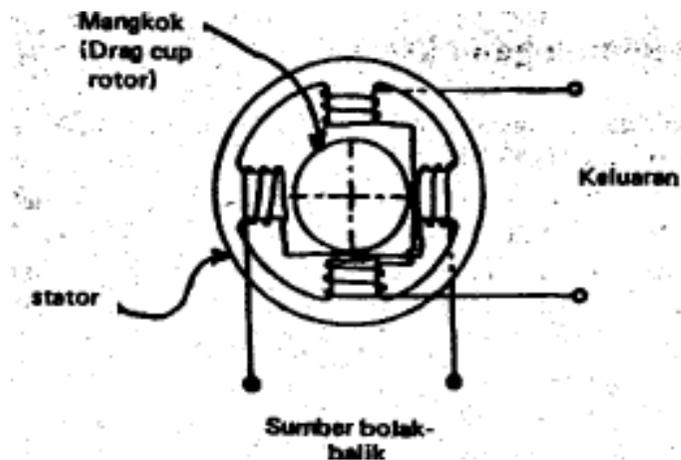


Gambar II.39. Pengukuran kandungan oksigen

Magnet permanen menarik oksigen sekitar sebelah kiri lilitan tahanan. Saat oksigen mendinginkan tahanan, ia sendiri menjadi hangat dan kehilangan beberapa kemudahannya terpengaruh magnet dan meninggalkan tahanan. Pada kenyataannya tarikan induksi kemagnetan terbentuk yang mendinginkan tahanan kiri pada *rate* tergantung pada persentase oksigen dalam contoh. Variasi *rate* pendinginan dan juga kandungan oksigen diukur dengan jaringan pengukuran listrik seperti jembatan Wheatstone.

10. Pengukuran Putaran.

Peralatan ukur ini digunakan sebagai sensor yang merupakan transduser dalam sistem pengaturan rotasi di mana mengubah besaran fisis putaran menjadi besaran listrik tegangan. Salah satu contoh sensor ini *drag-cup tachometer* sebagaimana terlihat pada gambar II.40.



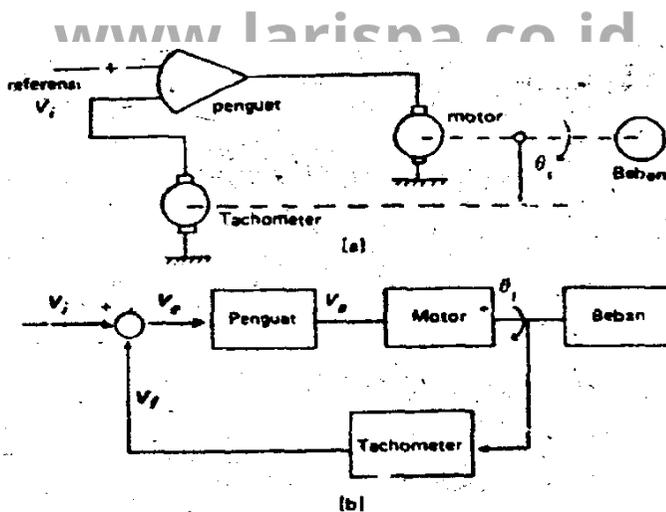
Gambar II.40. Prinsip kerja tachometer

Jenis *tachometer* ini menggunakan arus bolak-balik (*ac*) yang terdiri dari kumparan stator yang secara mekanis membuat sudut 90 derajat. Salah satu kumparan di eksitas oleh tegangan acuan yang amplitude dan frekuensinya tetap, sedang kumparan lainnya adalah sebagai keluaran *tachometer* tersebut. Rotor dalam bentuk mangkuk tipis (*thin cup*) dari bahan aluminium atau logam yang bukan bahan magnet.

Jika mangkuk tidak berputar, tidak terjadi kopling magnetik antara kumparan kumparan sensor sebab mereka saling tegak lurus.

Dengan demikian tidak ada tegangan terinduksi pada keluaran yang disebabkan oleh eksitasi acuan. Jika mangkuk berputar, akan diinduksi suatu arus pusar (*eddy current*) dan selanjutnya membangkitkan fluksi rotor. Fluksi ini akan menunjang/memperbesar fluks keluaran induksi yang sebanding dengan kecepatan mangkuk. Fasa tegangan keluaran terhadap tegangan referensi adalah 0 atau 180 derajat, bergantung pada arah putaran poros.

Gambar II.41 adalah merupakan rangkaian di mana *tachometer* sebagai transduser terhadap putaran motor. Sistem terdiri dari sebuah motor yang kecepatan porosnya (n) akan dikontrol pada harga yang konstan, sebuah beban mekanis yang digerakkan oleh motor, sebuah alat pengukur putaran (*tachometer*) yang dikopel ke poros motor dan sebuah rangkaian yang akan mendeteksi penyimpangan/ perbedaan antara masukan referensi terhadap sinyal-sinyal umpan balik.



Gambar II.41. Diagram skematik sistem pengatur putaran

Selain ini terdapat jenis *tachometer* yang paling sederhana, bekerja secara mekanik dengan menggunakan tangan lengan pemberat (*weighted arm*).

11. Transduser.

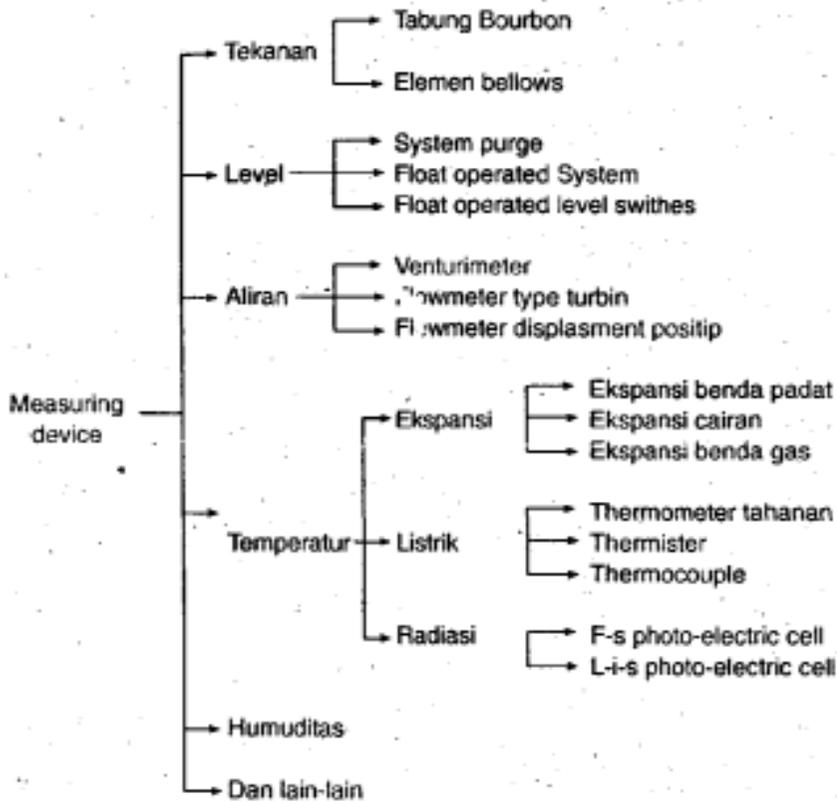
Perlu diperhatikan bahwa di antara peralatan pengukuran yang prinsip kerjanya telah kita uraikan, ada di antaranya selain fungsinya sebagai sensor juga sekaligus sebagai transduser, yaitu mengubah besaran fisis yang diukur menjadi besaran fisis lainnya. Di antara sekian banyak jenis transduser, kebanyakan yang dilakukan transduser adalah:

- Gerakan mekanik perubahan gaya atau tekanan dikonversikan ke listrik perubahan tahanan listrik.
- Perubahan arus atau tegangan listrik.
- Perubahan intensitas cahaya.

D. RANGKUMAN

1. Tujuan dari sistem pengendalian adalah menghasilkan dan mempertahankan nilai keluaran suatu sistem atau subsistem sama dengan nilai yang dikehendaki, maka kita suatu keharusan yang mutlak bagi petugas kontrol pengendali untuk mengetahui nilai keluaran dengan benar. Untuk itu penguasaan terhadap pemahaman *measuring device* merupakan langkah awal bagi pemahaman sistem kontrol.

2. Prinsip kerja dari *measuring device* bervariasi sesuai dari sasaran yang diukur dan media yang digunakan oleh peralatan tersebut.
3. *Measuring device* dalam kemandirian fungsinya dapat bekerja sebagai:



- a. sensor elemen saja
- b. sensor dan transmiter
- c. sensor dan transduser
- d. sensor, transduser sekaligus komperator

E. LATIHAN SOAL

1. Jelaskan mengapa teknik pengukuran, dalam hal ini peralatan pengukuran harus dipahami dahulu dalam memahami sistem kontrol?
2. Gambarkan diagram balok teknik kontrol yang menunjukkan *measuring device* dan jelaskan secara singkat pemahaman diagram tersebut?
3. Sebutkan dan jelaskan penggunaan jenis *measuring device* yang menggunakan udara/angin di kapal?
4. Sebutkan dan jelaskan penggunaan jenis *measuring device* yang menggunakan media listrik?
5. Sebutkan jenis *measuring* yang digunakan untuk pengontrolan tinggi permukaan cairan, dan jelaskan cara kerjanya?
6. Sebutkan dan jelaskan cara kerja alat yang digunakan dalam *inert gas system*?
7. Jelaskan kerja *measuring device* untuk mengontrol asap ketel uap?
8. Jelaskan dan beri contoh serta cara kerja transduser?
9. Sebutkan *measuring device* yang sekaligus berfungsi sebagai komparator dan transduser?
10. Jelaskan kerja *tachometer* dalam rangkaiannya mengendalikan putaran mesin?

Catatan: Apabila anda dapat menjawab seluruh pertanyaan tersebut berarti sudah memiliki kemampuan pemahaman dan melakukan kegiatan teknik ukuran dan pantas untuk mengikuti pembelajaran teknik kontrol selanjutnya.

BAB III

A. TELEMETERING DAN RESPON SISTEM KONTROL

Dalam Bab 2, beberapa cara melakukan pendeteksian dan pengukuran terhadap perubahan-perubahan tekanan, temperatur, tinggi permukaan cairan (level) aliran ataupun lain-lain telah dibahas.

Tugas pengendalian selanjutnya adalah membandingkan informasi yang telah diperoleh dari *measuring device* atau *sensing element* tersebut dengan nilai yang diharapkan (*desired value*) atau *set point*, yang dilakukan di komparator.

Banyak di antara peralatan (*devices*) seperti tabung *bourdon*, *bellows*, termometer jenis isi cairan dan sebagainya hanya cocok untuk *monitoring* atau perbandingan diposisi lokal atau berjarak dekat saja dan dari bentuk dasarnya pun memang tidak dapat digunakan untuk kontrol otomatis, alarm atau data *logging* atau untuk penggunaan-penggunaan yang bermacam-macam.

Sehubungan dengan itu di sini, akan diterangkan beberapa peralatan-peralatan (*devices*) yang digunakan untuk menghasilkan transmisi *signal* jarak jauh untuk sistem kontrol, alarm dan keperluan-keperluan perekaman. Proses demikian disebut telemetering dan peralatan-peralatan yang digunakan disebut transmitter berfungsi sebagai transduser.



Gambar III.1. Contoh Transducer

Transduser adalah suatu alat yang dapat mengubah suatu bentuk energi ke bentuk energi lainnya. Bentuk-bentuk energi tersebut di antaranya seperti energi listrik, energi mekanikal, energi elektromagnetik, energi cahaya, energi kimia, energi akustik (bunyi) dan energi panas. Pada umumnya, semua alat yang dapat mengubah atau mengonversi suatu energi ke energi lainnya dapat disebut sebagai transduser (*transducer*).

B. SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH (SUB-CPMK)

Setelah mempelajari Bab ini, diharapkan para peserta didik mampu:

1. Menjelaskan cara-cara pengiriman informasi yang dihasilkan oleh setiap hasil pengukuran dan memberikan contoh aplikasinya di atas kapal.
2. Menjelaskan jenis-jenis respons setiap alat kontrol terhadap masukan yang diterima dari transmitter atau *sensing element*.

www.larispaco.id

C. PENJELASAN MATERI

1. Jenis- Jenis Transduser

Berdasarkan fungsinya, transduser terbagi menjadi 2 jenis yaitu transduser input dan transduser *output*. hampir semua perangkat elektronika terdapat kedua jenis transduser tersebut. Berikut ini adalah blok diagram sederhana dari transduser input ke transduser *output*.



Gambar III.2. Diagram Blok Transduser Input ke Transduser Output

a) Transduser Input (*Input Transducer*)

Transduser input merupakan transduser yang dapat mengubah energi fisik (*physical energy*) menjadi sinyal listrik ataupun resistansi (yang kemudian juga dikonversikan ke tegangan atau sinyal listrik). Energi fisik tersebut dapat berbentuk cahaya, Tekanan, Suhu maupun gelombang suara. Seperti contohnya mikrofon (*microphone*), mikrofon dapat mengubah gelombang suara menjadi sinyal listrik yang dapat dihantarkan melalui kabel listrik. Transduser Input sering disebut juga dengan sensor.

Berikut ini beberapa Komponen Elektronika ataupun perangkat Elektronika yang digolongkan sebagai Transduser Input:

- LDR (*Light Dependent Resistor*) mengubah cahaya menjadi resistansi (hambatan)
- *Thermistor* (NTC/PTC) mengubah suhu menjadi resistansi (hambatan)
- *Variable Resistor* (Potensiometer) mengubah posisi menjadi resistansi (hambatan)
- Mikrofon (*microphone*) mengubah gelombang suara menjadi sinyal listrik.

b) Transduser Output (Output Transducer)

Transduser *output* merupakan transduser yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi bentuk energi fisik (*physical energy*). Seperti contohnya *loudspeaker*, *loudspeaker* mengubah sinyal listrik menjadi suara yang dapat di dengar oleh manusia. Transduser *output* sering disebut juga dengan istilah *actuator*.

Beberapa komponen elektronika atau perangkat elektronika yang digolongkan sebagai transduser *output* di antaranya adalah sebagai berikut:

- LED (*Light Emitting Diode*) mengubah listrik menjadi energi cahaya
- Lampu mengubah listrik menjadi energi cahaya
- Motor mengubah listrik menjadi gerakan (*motion*)
- *Heater* mengubah listrik menjadi panas
- *Loudspeaker* mengubah sinyal listrik menjadi suara

Penggabungan Transduser Input dan *Output*.

Banyak perangkat elektronika yang kita gunakan saat ini adalah gabungan dari Transduser Input dan Transduser *Output*. Dalam Perangkat Elektronika yang dimaksud ini terdiri dari Sensor (Transduser Input) dan *Actuator* (Transduser *Output*) yang mengubah suatu bentuk Energi menjadi bentuk energi lainnya dan kemudian mengubahnya lagi menjadi bentuk energi yang lain. Seperti contohnya Pengukur Suhu Badan (Termometer) yang mengonversikan atau mengubah suhu badan kita menjadi sinyal listrik (*Transduser Input = Sensor Suhu*) kemudian diproses oleh Rangkaian Elektronika tertentu menjadi Angka atau *Display* yang dapat dibaca oleh kita (*Transduser Output = Display*).

Aplikasi Transduser

Berdasarkan Aplikasinya, Transduser dapat dibagi menjadi beberapa jenis, di antaranya adalah:

- *Transducer Electromagnetic*, seperti *Antenna, Tape Head/Disk Head, Magnetic Cartridge.*
- *Transducer Electrochemical*, seperti *Hydrogen Sensor, pH Probes.*
- *Transducer Electromechanical*, seperti *Rotary Motor, Potensiometer, Air flow sensor, Load cell.*
- *Transducer Electroacoustic*, seperti *Loadspeaker, Earphone, Microphone, Ultrasonic Transceiver.*
- *Transducer Electro-optical*, seperti *Lampu LED, Dioda Laser, Lampu Pijar, Tabung CRT.*

- *Transducer Thermoelectric*, seperti komponen NTC dan PTC, *Thermocouple*.

2. Beberapa cara yang dilakukan dipal untuk keperluan *telemetering* adalah dengan:

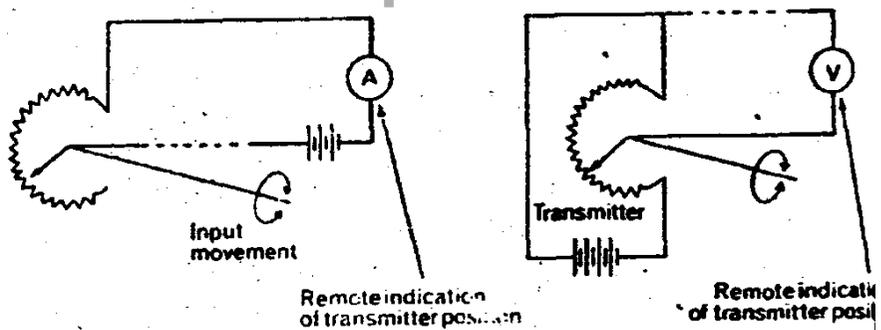
a) Cara kelistrikan

1) Jembatan Wheatstone (*Wheatstone Bridge*)

Suatu jaringan yang dipakai untuk transmiter contohnya adalah yang digunakan dalam termometer tahanan (*resistance termometer*). Tahanan lilitan di posisi *remote* dapat diubah dengan menggerakkan kontak ke tahanan geser yang menggunakan *output* dari peralatan ukur seperti unit *bellows*.

2) Peralatan potensiometri (*Potensiometric device*)

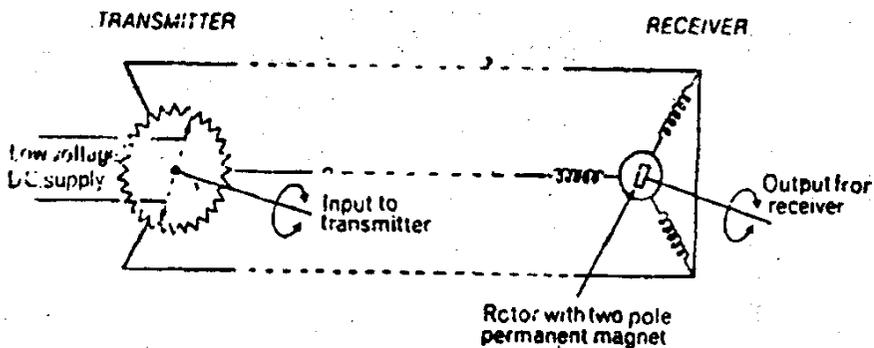
Peralatan yang digunakan adalah seperti ditunjukkan pada gambar III.3. Setiap gerakan dalam transmiter bervariasi, apakah itu arus ataupun tegangan jaringan, yang diukur dengan amperemeter atau voltmeter.



Gambar III.3. *Potensiometri method of transmission*

3) Motor posisi DC (*Direct Current Position Motor*)

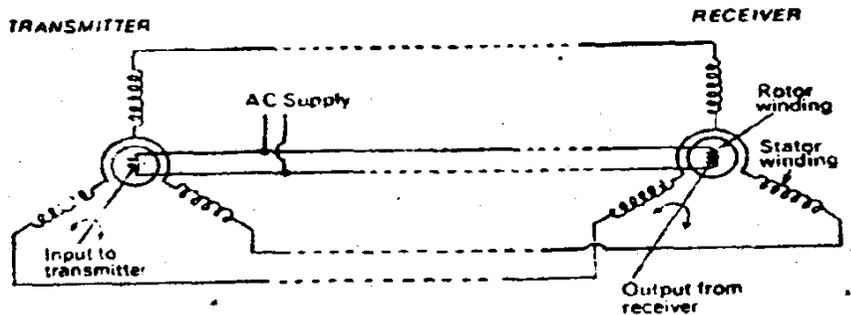
Transmisi dengan tipe motor ini diperlihatkan dalam gambar III.4. Tahanan transmiter dibagi dalam 3 titik dengan jarak yang sama. Kontak geser (*sliding contacts*) dioperasikan oleh masukan (input) ke unit, mengisi arus kedalam tahanan input, sehingga membangkitkan distribusi arus tertentu dan menghasilkan medan magnet tunggal dalam daerah gulungan *receiver*.



Gambar III.4. Transmisi DC position motor

4) Motor posisi AC (*Alternating Current Position Motor*)

Transmisi dengan cara ini ditunjukkan dalam gambar III.5. Kedua rotor dipasang oleh sumber listrik AC yang sama. Jika rotor-rotor dalam posisi yang relatif sama terhadap gulungan stator, gaya elektromotif dibangkitkan dalam setiap gulungan oleh arus bolak balik juga sama di setiap rotor dan karenanya tidak ada aliran arus sepanjang kawat transmisi ke *receiver*.



Gambar III.5. Transmisi AC position motor

Jika rotor transmiter diputar oleh peralatan ukur (*measuring device*) misalnya sistem pengukuran dengan pelampung untuk tinggi permukaan air (*level*), gaya gerak listrik relatif dalam gulungan stator berubah sehingga menyebabkan arus mengalir sepanjang kawat transmisi.

Torsi ditimbulkan dalam rotor penerima oleh arus itu yang membuat aksi rotor *receiver* kedalam keseimbangan dengan rotor transmiter. *Arrangement* ini disebut sistem transmisi Magslip atau Synchro.

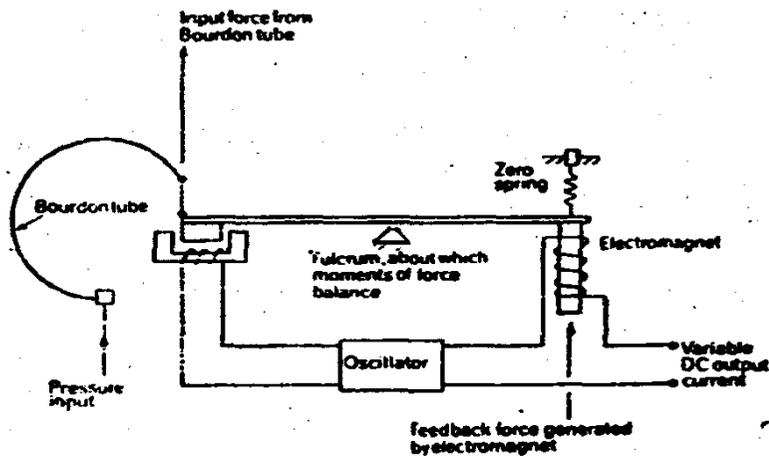
5) Force-current transmitter

Transmiter ini seperti diperlihatkan dalam gambar III.6.

Gaya masukan dalam alat dibangkitkan oleh tabung Bourdon pengukuran tekanan yang mengembang atau menutup.



www.larispaco.id



Gambar III.6. Force current transmitter

Hasil perubahan dalam reluktansi jaringan magnet detektor yang mengubah induktansi lilitan detektor mengubah *output* osilator yang dapat ditransmit ke beberapa hubungan melalui suatu elektromagnetik yang membangkitkan gaya *feedback* negatif berlawanan terhadap gaya input sehingga tercapainya stabilitas transmitter.

b) **Cara *Pneumatic***

Cara *pneumatic* yang menggunakan peralatan *flapper-nozle* untuk mendeteksi perubahan-perubahan variabel yang diukur dapat dilihat pada gambar III.7. Dalam sistem ini pengukuran variabel yang dikontrol didapat dengan adanya sinyal masuk berupa tekanan dari *transducer sensing element*.

Sebagai contoh misalnya dari sistem pengukuran untuk level tangki yang menggunakan prinsip *purge*. Informasi yang

keluar didapat dari *measuring device/sensing element* itulah yang kemudian menjadi masukan berbentuk tekanan ke transmiter jenis *pneumatic* ini. Jika variabel yang diukur berada pada nilai sama dengan yang dikehendaknya, gaya yang dibangkitkan dalam *bellows* masukan tepat seimbang dengan gaya yang dibangkitkan dalam *bellow feedback* dan gaya pegas yang tergantung dari nilai yang disetel (dikehendaki).

Untuk kondisi ini ada posisi tertentu bagi *beam* di mana *nozzle* berjarak sedemikian terhadap *beam* dan menghasilkan *back pressure* terhadap aliran ke bawah (*down stream*) *throttle* di pipa masuk.

Karena hubungan antara jarak *nozzle* dan *back pressure* adalah linear sepanjang jangkauan operasional, maka transmiter ini mentransmit suatu keluaran tekanan (*output pressure*) yang bervariasi dalam perubahan-perubahan proporsional dari variabel yang diukur. sepanjang jangkauan operasional juga.

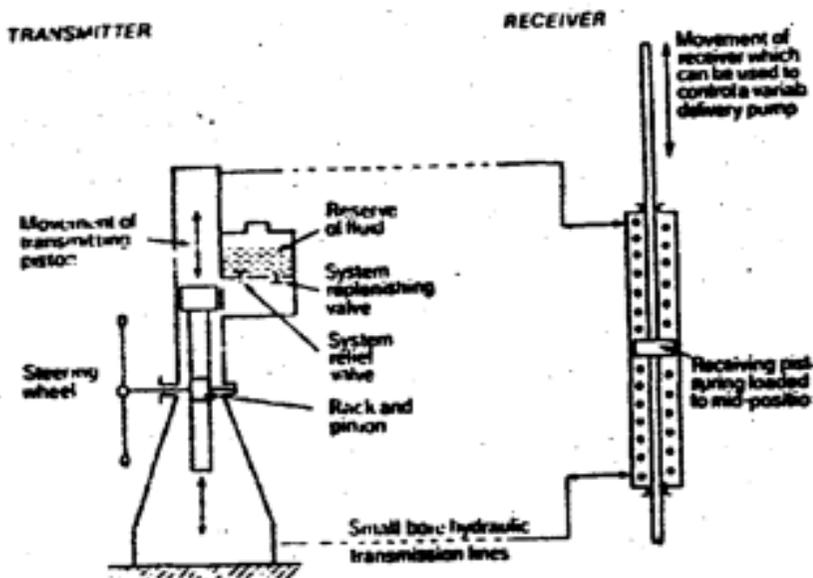
Jika nilai dari variabel yang diukur naik, karena naiknya level air di tangki, ujung lengan kiri *beam* bergerak ke bawah dan mengakibatkan *beam* mendekat ke arah *nozzle* sehingga menaikkan *backpressure*. *Back pressure* ini beraksi di dalam *feedback bellows*, berlawanan terhadap pegas sehingga *beam* kembali ke suatu posisi sedemikian di mana gaya-gaya kembali seimbang.

Keluaran tekanan ini kemudian dapat ditransmit ke beberapa posisi *remote* memberikan suatu harga yang teliti

dari variabel nyata yang diukur dengan suatu keterlambatan transmisi (*time lag*) yang dapat diterima. Alat ini terdiri dari 2 tugas sekaligus, sebagai *comparator* dan *transmitting unit*.

c) Cara hidraulik.

Satu contoh penggunaan peralatan dengan cara hidraulik adalah telemotor kapal seperti yang digambarkan di bawah



Gambar III.7. Telemotor kapal

Sebagai masukan (input) ke transmiter adalah perputaran manual dari roda kemudi (*steering wheel*). *Signal* masukan tersebut, ditransmit sepanjang pipa hidraulik yang berdiameter kecil ke *receiver* dalam *steering* flat yang mengontrol aksi *steering wheel*. Gerakan *receiver* akan patuh

mengikuti gerakan transmiter selama tidak ada udara atau kebocoran dalam sistem.

d) Aksi *controller*

Kontroler yang baik diharapkan dapat meningkatkan keandalan dan konsistensi dalam operasinya, mudah mengaturnya dan pemeliharaannya. Dalam bab ini diperkenalkan jenis-jenis aksi yang dilakukan oleh *controller* sebagai bentuk respons dari masukan yang diterimanya.

Jenis-jenis aksi tersebut adalah:

1. Aksi proporsional

***Output controller* = Konstanta (Kp) x Besarnya *error*.**

Konstanta disebut gain dari kontroler yang merupakan faktor penguatan/ pembesaran.

2. Aksi Integral

***Output Controller* = Konstanta (Kp) x Sigma (*Error* x Waktu)**

Output dari *controller* proporsional dihadapkan pada perjumlahan dari seluruh nilai-nilai *error* (kesalahan) yang terjadi saat itu.

3. Aksi Derivatif

***Output controller* = konstanta (Kp) x**

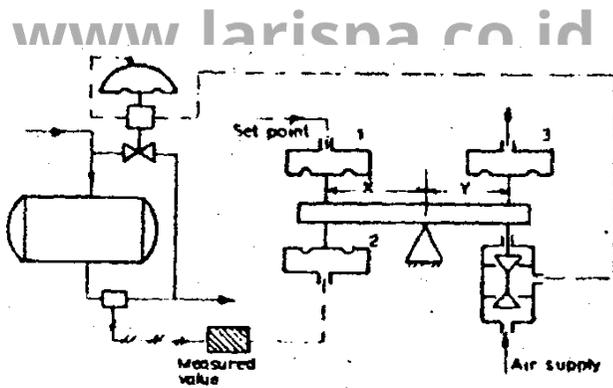
Batasan-batasan tersebut akan lebih jelas dengan referensi dari diagram-diagram berikut.

- a. Aksi proporsional saja.

Aksi ini merupakan bentuk dasar dari modulasi kontrol di mana *controller* telah diset (distel/diatur) sedemikian sehingga setiap perubahan *output* proporsional langsung dengan deviasi/penyimpangan antara kondisi yang dikontrol dengan nilai yang dikehendaki (*desired value*).

Contoh 1.

Gambar di bawah memperlihatkan kontroler *type beam* keseimbangan gaya (*force balance beam type*) yang mengatur temperatur minyak lumas.



Gambar III.8. Kontroler Proporsional

Di sini *signal* nilai yang dikehendaki (*desired value*) atau *signal set point* dimasukkan ke diaphragma 1 dan *signal* nilai yang diukur/dikontrol dimasukkan ke diaphragma 2. Kedua diaphragma beraksi sebagai sebuah elemen pembandingan (*comparing element*) dari *controller*. *Beam* diseimbangkan pada pivot pengatur

dan dilanjutkan ke ujung yang berlawanan. Untuk kontrol proporsional, diapragma 3 dibuka ke udara. Anggap bahwa sekarang kondisi dalam keseimbangan, tekanan dalam diapragma 1 dan 2 sama dengan 0,6 bar.

Dengan mengambil contoh pengontrolan temperatur minyak lumas dan suatu kondisi kenaikan beban mesin sehingga temperatur minyak lumas naik. Demikian juga sinyal nilai yang diukur juga naik dan elemen sensor atau pendeteksi memonitor naik dan menyebabkan unit pengukuran (atau transmiter) naik *signal output*-nya (*measured value*) secara proporsional. Katakanlah kenaikan itu 0,1 bar sehingga tekanan di dalam diapragma 2 adalah 0,7 bar, sementara di diapragma 1 yaitu tekanan di nilai yang diinginkan 0,6 bar.

Kesalahan (*error*) 0,1 menunjukkan adanya suatu deviasi yang telah terjadi dan ketidak seimbangan dalam beban diapragma. Hal ini menyebabkan *beam* berputar searah jarum jam. Dengan pivot di tengah ($x = 1$ dan $y = 1$), *beam* sebelah kanan bergerak ke jumlah yang sama seperti *beam* sebelah kiri. Dalam hal ini, gerakan *beam* akan membuat masukan dari kontroler terbuka dan out put naik menjadi 0,1 bar sesuai dengan nilai *error* yang 0,1 bar. Contoh di atas merupakan proses *controller* proporsional yang bekerja dengan proporsional band 100% di mana

jangkauan penuh dari *signal* nilai yang diukur diperlukan untuk menghasilkan *signal output* dari *controller*. Jika pivot digeser ke kanan sehingga $x = 1,5$ dan $y = 0,5$ kemudian untuk contoh perubahan temperatur yang sama, *error* 0,1 bar membuat momen di pivot.

$$(0,7 - 0,6) \times 0,5 = \text{Perubahan } output \times 0,5$$

$$\frac{0,1 \times 1,5}{0,5} = \text{Perubahan } Output = 0,3 \text{ Bar}$$

Jadi penggeseran pivot ke arah kanan untuk *error* yang sama menyebabkan “gain” menjadi naik (3 kali dalam contoh ini) dan proporsional band (PB) menjadi 33 % dengan sensitivitas naik.

Kalau penggeseran dilakukan lebih jauh lagi ke kanan akan makin meningkatkan gain dan akan membawa *controller* menjadi kondisi. Gerakan seperti itu akan mengakibatkan *hunting*.

Secara umum

$(P2 - P1) x = (P0 - P1) y$, atau, $P3$ terbuka ke atmosfer, jadi nilainya nol.

Menggerakkan pivot ke kiri berarti mengurangi gain dan melebarkan proporsional band.

Karena ini merupakan *controller* proporsional, keran pengatur aliran air pendingin atau keran *bypass* minyak pelumas hanya akan bergerak proporsional dengan kesalahan atau deviasi dan

tergantung pada gain atau penyetelan proporsional band dengan tetap ada *offset* temperatur minyak lumas.

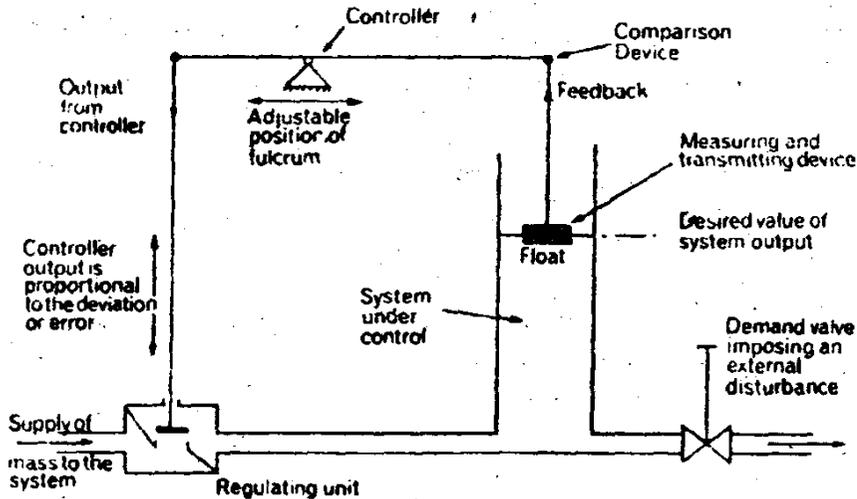
Contoh 2

Aksi ini ditunjukkan pada gambar III.8. Jika terjadi kenaikan beban maka tinggi permukaan cairan di tangki akan turun diikuti dengan turunnya pelampung. Sesuai dengan susunan *beam*, turunnya pelampung akan membuat kenaikan katup pengatur sehingga pembukaan katup pengisian menjadi lebih tinggi dan meningkatkan jumlah aliran masuk untuk mencapai tinggi permukaan cairan yang diinginkan (*set point*).

Kenaikan kembali tinggi permukaan cairan tersebut akan diikuti naiknya pelampung dan berhentinya pelampung pada posisi beban barunya ternyata level barunya ini berada di bawah nilai yang diinginkan. Selisih antara tinggi sebenarnya pada beban baru dengan nilai yang dikehendaki merupakan karakteristik sistem kontrol proses proporsional yang disebut *offset*.

Dalam diagram ditunjukkan bahwa pemindahan *fulcrum* searah dengan gerakan pelampung (diturunkan) akan mengurangi *offset* karena perubahan yang sama dari posisi katup masukan akan lebih kecil. Dengan menggeser *fulcrum* ke kanan

juga akan menambah gain kontrol karena itu dapat disimpulkan bahwa menambah gain berarti mengurangi *offset*.

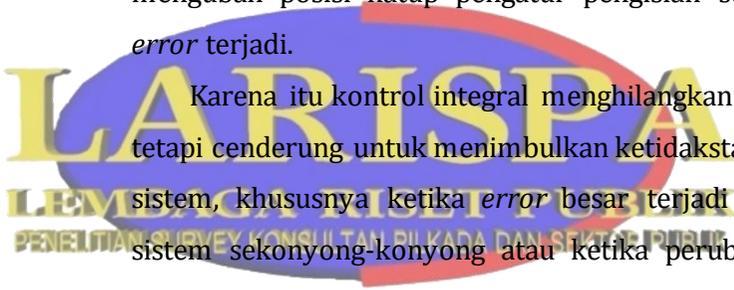


Gambar III.9. Contoh aksi kontrol proporsional saja

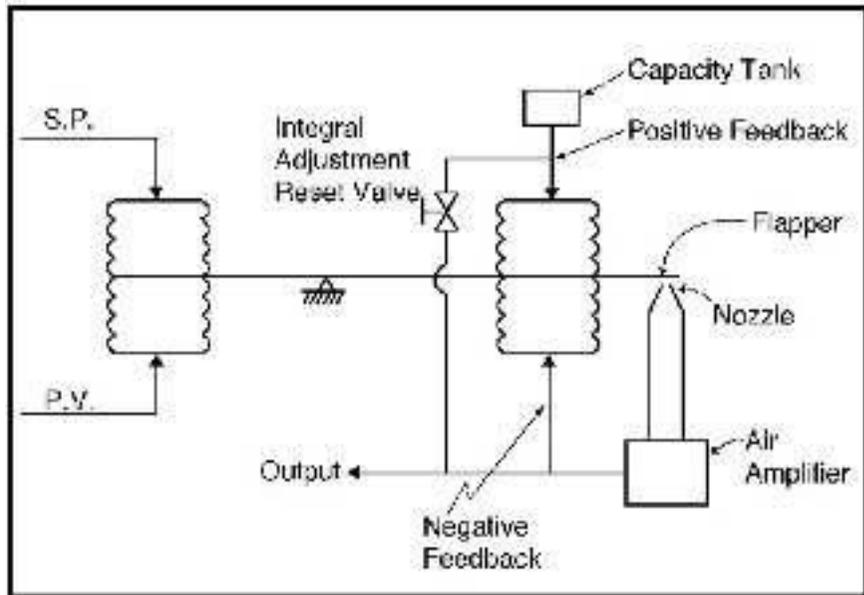
b. Aksi proporsional + integral (PI)

Aksi ini dapat dilihat pada gambar III.10. Tambahan *output* aksi integral (juga disebut aksi reset) menjamin *output* yang dihasilkan *controller* untuk mengubah posisi katup pengatur pengisian selama *error* terjadi.

Karena itu kontrol integral menghilangkan *offset* tetapi cenderung untuk menimbulkan ketidakstabilan sistem, khususnya ketika *error* besar terjadi pada sistem sekonyong-konyong atau ketika perubahan-



perubahan besar dari nilai yang dikehendaki dibutuhkan.



Gambar III.10. Aksi kontrol proporsional + integral

Namun demikian bagaimanapun, aksi proporsional + integral (PI) yang juga sering disebut kontrol 2 batasan (*two terms control*) dipergunakan untuk mengatasi permasalahan *hunting* (ketidakstabilan) dan *offset* yang terjadi di aksi *controller* proporsional saja

Jadi jika terhadap karakteristik proses khusus hanya mempergunakan aksi proporsional saja maka pengurangan *offset* dapat dilakukan dengan mempersempit proporsional band (PB) yang akan menghasilkan *hunting*, dengan tambahan aksi reset

ini, proporsional band dipertahankan tetap lebar, sementara itu juga dilakukan pembatasan dampak *offset*.

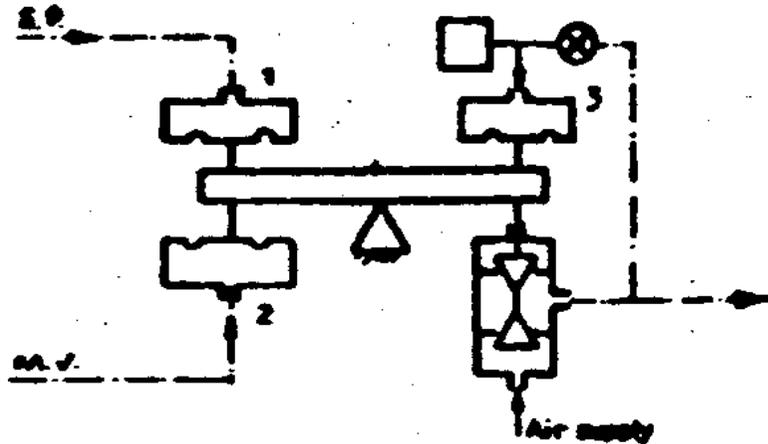
Tambahan aksi reset menyebabkan *output controller* berubah pada suatu proporsional *rate* di deviasi antara *set point* dan *measured value*.

Dalam contoh katup kontrol air pengisian ketel uap, jika tinggi permukaan air berubah, pertama kali kontroler membangkitkan suatu proporsional *signal* ke deviasi yang menggerakkan katup kontrol air pengisian ke deviasi sehingga aliran masuk air sama dengan uap yang keluar.

Kemudian aksi reset dipergunakan pada proporsional *rate* ke deviasi sehingga katup tetap terbuka, air mengalir masuk melampaui kebutuhan uap sehingga memperbaiki level air. Begitu ketinggian air mencapai pada ketinggian yang dikehendaki (*desired value*), aksi reset selesai dan katup mulai dengan penutupan sampai batas air yang dikehendaki dan aksi reset menghilang sehingga sekarang katup berada dalam pengaturan aksi proporsional membuka sesuai dengan pemakaian uap.

Contoh lain adalah seperti yang diperlihatkan dalam gambar III.11. Pada gambar menunjukkan *controller* P+I di mana merupakan kontrol proporsional dengan penambahan katup tahanan

yang dapat diatur dan sebuah kapasitor antara diapragma 3 dan pipa tekanan *output*.



Gambar III.11. Aksi kontrol proporsional + integral

Kita anggap kondisi yang sama dengan contoh kenaikan temperatur minyak lumas menyebabkan kenaikan tekanan *output controller*. Jika proporsional band (PB) diatur untuk gain 3 maka untuk *signal* deviasi 0,1 bar akan menghasilkan *output* 0,3 bar. Pada gambar di atas, *signal output* tersebut sekarang menuju ke katup tahanan yang menentukan waktu bagi tekanan tetap berada di dalam diapragma 3 yang dipengaruhi oleh setiap perubahan dalam tekanan *output*. Jika tekanan *output* naik ke 0,3 bar maka tekanan di diapragma 3 juga naik dan menaikkan gaya desak ke *beam* lebih besar. Ini mengakibatkan pembukaan katup *suplay* lebih besar dan lagi-lagi

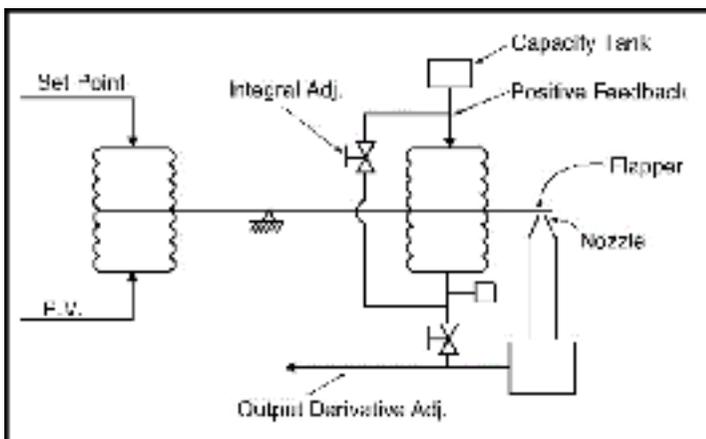
menambah tekanan *output* yang kembali menaikkan gaya tekan diaphragma 3. Aksi integral atau reset ini akan berlangsung sampai tekanan maksimal *output* 1 bar dan sampai deviasi temperatur telah dibatasi dan antara *set point* dan *measured value* telah sama.

Dampak dari kenaikan *signal output* ini adalah membuka air laut di *cooler* atau menutup katup *by pass* minyak lumas. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan itu tergantung pada pengaturan katup tahanan.

c. Aksi proporsional + integral + *derivative* (PID).

Suatu kontroler disebut 3 batasan (*three terms controller*) jika kontroler tersebut menghasilkan ketiga *output* tadi. Gambar di bawah menunjukkan sokongan aksi derivatif ke posisi katup pengatur masukan dapat ditetapkan.

www.larispaco.id



Gambar III.12. Aksi kontrol proporsional + integral + derivative (PID)

Jika pelampung jatuh cepat disebabkan suatu beban besar, tangan kiri terangkat cepat, menyebabkan isi silinder naik. Kenaikan dalam silinder membantu menaikkan pengisian dengan susunan lever yang nampak. Silinder dipusatkan oleh pegasnya ke posisi tengah ketika *error* tidak berubah.

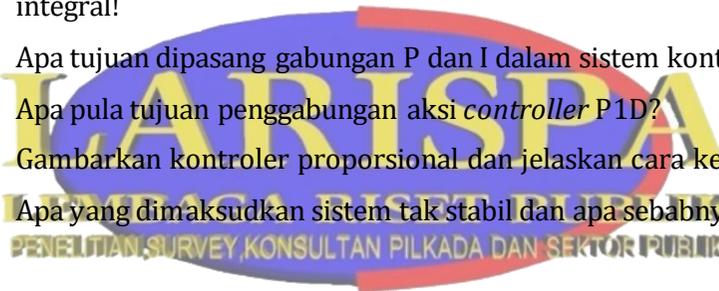
Karenanya kontrol derivatif mengurangi kenaikan beban yang besar. Sebagai tambahan, aksi derivatif cenderung menaikkan stabilitas sistem kontrol yang membolehkan penyetelan batasan proporsional dan integral diatur untuk memberikan respons sistem yang lebih cepat.

D. RINGKASAN.

1. Untuk system kontrol di mana *output* yang dikontrol oleh *measuring device* terletak cukup berjarak jauh, dibutuhkan alat pengirim informasi yang disebut transmiter.
2. Tidak semua *measuring device* cocok untuk telemetering (pengiriman informasi).
3. Transmitter dapat dilakukan dengan:
 - a. Listrik
 - b. *Pneumatic*
 - c. Hidraulik
4. *Controller* menerima masukan (*input*) dari transmiter atau komparator. Hubungan antara *output* dan *input* adalah gain dari *controller*.
5. $\text{Gain controller} = \text{output} / \text{input}$.

E. PERTANYAAN ULANGAN

1. Sebutkan transmiter yang bekerja berdasarkan kelistrikan dan jelaskan cara kerja dengan gambar salah satu dari jenis ini!
2. Berikan contoh peralatan yang menggunakan transmisi sistem hidraulik dan jelaskan cara bekerjanya!
3. Apa yang disebut dengan gain pada *controller*?
4. Gambarkan pengaruh perubahan gain terhadap hasil respon *controller*!
5. Jelaskan apa yang dimaksud dengan *offset*. Dengan cara bagaimana aksi proporsional memperbaiki *offset*?
6. Gambarkan diagram balok dari *controller*, sebut dan jelaskan asal masukan dan hubungan antara gain dengan *error* pada aksi integral!
7. Apa tujuan dipasang gabungan P dan I dalam sistem kontrol?
8. Apa pula tujuan penggabungan aksi *controller* P1D?
9. Gambarkan kontroler proporsional dan jelaskan cara kerjanya.
10. Apa yang dimaksudkan sistem tak stabil dan apa sebabnya?



www.larispaco.id

BAB IV

A. SYSTEM-SYSTEM DI ATAS KAPAL

Dalam bab ini dibahas tentang sistem instrumentasi terpadu di atas kapal sehubungan dengan makin banyaknya jumlah peralatan ukur yang ada dikamar mesin dan harus dikendalikan oleh anak buah mesin.

Para siswa diberikan pengenalan tentang sistem pengontrolan terpadu dengan membahas kinerja pengendalian permesinan kapal melalui *machinery control room* (MCR) dan selanjutnya juga pengenalan terhadap kapal yang dioperasikan secara kamar mesin tanpa pengawasan atau *Unattended Machinery Space* (VMS).

Dalam menguraikan pengenalan terhadap MCR maupun UMS, siswa diberikan pemahaman terhadap sistem yang “mengeser” manusia dalam menjalankan tugasnya melalui *system data logging* dan alarm, dengan mengetahui sistem penampilan (*display system*) yang dapat berupa analog maupun digital.

Di samping itu, bab ini pun sangat familier dengan perkembangan teknologi perkapalan saat ini yang mulai menggeser kapal-kapal konvensional beralih ke kapal-kapal modern di mana fungsi manusia mulai digeser oleh *controller* otomatis.

B. SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH (SUB-CPMK)

Setelah mengikuti proses pembelajaran Bab ini, setiap peserta didik diharapkan agar dapat:

1. Menjelaskan garis besar tujuan aplikasi sistem kontrol di kamar mesin, terutama tentang *Machinery Control Room* (MCR) dan *Unattended Machinery Space* (UMS).
2. Menyebutkan dan menjelaskan persyaratan dasar sebuah kapal yang beroperasi berdasarkan UMS.
3. Menjelaskan fungsi *system data logging* di atas kapal.

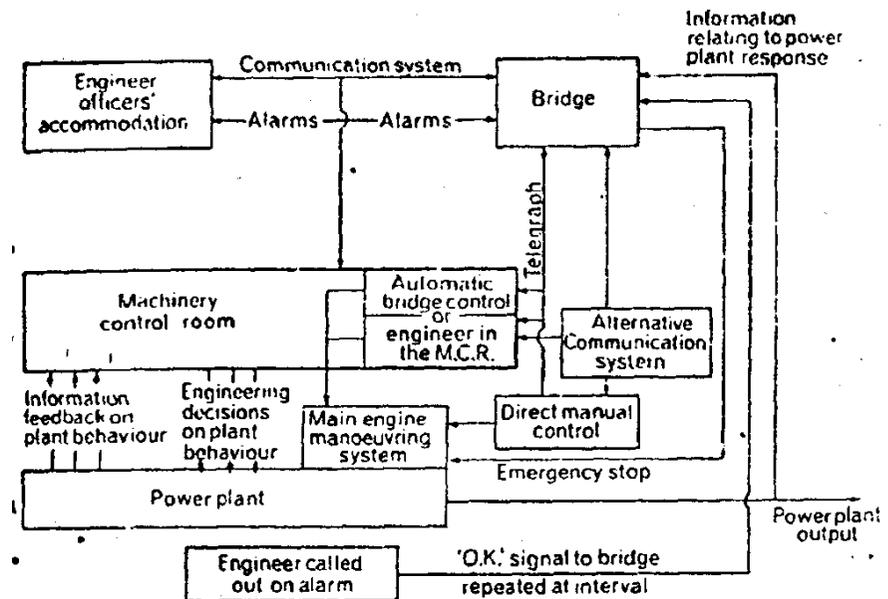
C. PENJELASAN MATERI

SYSTEM INSTRUMENTASI TERPADU DI KAPAL

Dengan makin bertambah banyaknya jumlah peralatan ukur yang digunakan di atas kapal, khususnya dikamar mesin, maka dilakukan langkah menyatukan informasi-informasi yang berkaitan dengan kinerja dari tiap sistem permesinan kapal seperti informasi tentang tekanan-tekanan, suhu-suhu dan lain-lainnya secara terpusat untuk memudahkan pengendalian (*controlling*).

Hal ini dilakukan karena setiap langkah yang dilakukan berkenaan dengan pengendalian terhadap satu subsistem akan dapat mempengaruhi kinerja sistem atau subsistem lainnya.

Untuk sistem instalasi pembangkit tenaga (*power plant*) seperti mesin diesel induk (*main diesel engine*), semua informasi-informasi yang berkaitan dengan kinerjanya disatukan dalam ruang kontrol mesin (*machinery control room* = MCR), sehingga MCR dapat dijadikan sebagai pusat pengoperasian seluruh sistem konversi tenaga seperti yang ditunjukkan pada gambar IV.1.



Gambar IV.1. Aliran informasi sistem mesin penggerak yang dihubungkan dengan MCR dan anjungan

Untuk menciptakan suasana kemudahan pengamatan, ruang kontrol dirancang secara ergonomis, khususnya terhadap kelompok informasi-informasi di panel penampilan (*display panel*). Contohnya, seluruh penunjukan panah (indikator) di kelompok alat-alat ukur (*gauge*) untuk kondisi permesinan kerja normal akan menunjukkan arah yang relatif sama.

Dengan cara demikian akan memudahkan bagi petugas jaga untuk menjumpai penyimpangan suatu bagian mesin dengan hanya melihat sekilas penampilan arah panah yang berlainan dengan arah panah-panah penunjukan lainnya.

Karenanya, untuk keperluan pengendalian yang efektif dalam *system* pengontrolan informasi terpusat keberadaan sistem penampilan (*display system*) yang baik di dalam MCR sangat mutlak.

1. Sistem Penampilan (*Display System*)

Untuk memahami sistem penampilan yang dipasang dan disusun di dalam ruang kontrol terpadu, 2 hal berikut perlu dipahami, yaitu:

- (1) Pemahaman terhadap alat-alat penunjuk (*indicators*)
- (2) Penunjukan dan tampilan (*indication and display*)

Yang perlu kita ingatkan adalah bahwa posisi indikator ataupun tampilan adalah posisi yang keberadaannya dihasilkan oleh adanya peran transduser, yaitu *sensing element* yang mengubah bentuk besaran fisis menjadi besaran fisis lainnya.

a) Indikator

Indikator adalah peralatan yang merupakan bagian dari sistem pengendalian yang berfungsi menunjukkan harga atau nilai yang dikendalikan ataupun nilai yang kita inginkan dan juga penunjukan peringatan.

Macam-macam indikator dan perekam yang biasa digunakan di atas kapal adalah:

- 1) *Signal flag light* atau *annuciator*
- 2) Instrument jenis *pointer*
- 3) Tampilan angka (*numerical display*)
- 4) *Counter*

- 5) Tabung cahaya katoda
- 6) Kartu grafik - bulatan atau memanjang
- 7) Pita magnet atau kertas

Sebagai tambahan, bahwa semua jenis indikator tersebut di atas, dalam tampilan di panel tampilan (*display panel*) dapat berbentuk analog dan digital.

(a) Tampilan analog

Kebanyakan jenis-jenis transduser saat ini menunjukkan informasi dalam bentuk analog. Contoh, posisi penunjukan di voltmeter analog dengan voltase, *output thermocouple* analog dengan perbedaan suhu antara sambungan panas dan dingin.

Pada sistem-sistem pengukuran analog, *display* dan perekaman menampilkan kembali variabel fisik sesuai dengan pengukuran secara terus menerus (*continous*) dari variabel tersebut dalam waktu.

Sebuah speedometer mobil adalah contoh tampilan analog. Panah speedometer dapat menunjukkan setiap posisi kecepatan pada skala dari 0 sampai maksimum sebagaimana percepatan dari berhenti sampai kecepatan maksimal. Pada setiap saat besarnya panah bergerak dari 0 disebut suatu analog dari kecepatan mobil.

Dengan tampilan analog, besaran yang diukur (dalam hal ini adalah kecepatan) dikonversikan ke besaran fisik lainnya (posisi arah panah) dalam suatu cara yang terus menerus.

Nilai besaran yang diukur, ditampilkan secara terus menerus dengan nilai analog tanpa ada perubahan minimum atau step yang dibutuhkan dalam besaran yang diukur yang menyebabkan perubahan analognya.

(b) Tampilan digital

Pada sistem pengukuran digital, *display* dan perekaman menampilkan harga variabel yang diukur pada selang waktu tetap (*discrete*), dalam beberapa bentuk kode, yang mungkin suatu *train* pulsa, *set perforation* di kartu atau set gambaran.

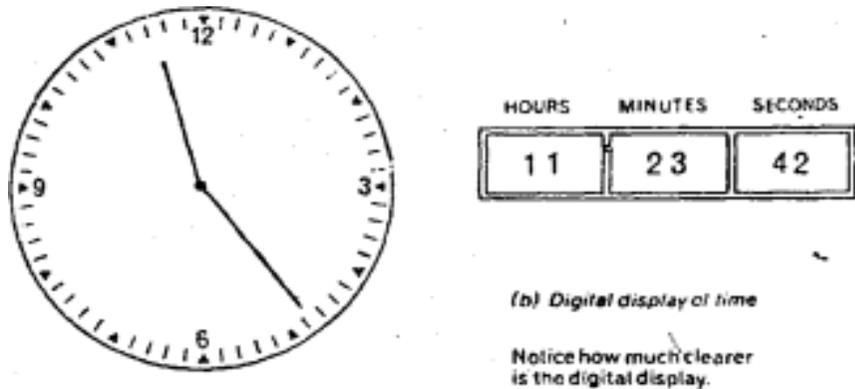
Contoh dari tampilan digital adalah penunjukan jarak yang ditempuh oleh suatu milometer mobil. Jarak yang ditempuh mobil ditampilkan sebagai angka dan angka ini bertambah dalam step sebagai yang ditempuh mobil, ada minimum step dari sepersepuluh mil yang dibutuhkan dalam pengukuran besaran sebelum nilai milimeter berubah.

Dalam hal ini, milimeter merupakan suatu *counter* mekanikal yang menghitung jumlah putaran roda mobil melalui rasio roda gigi yang tepat.

Contoh lain adalah: Volume cairan yang diukur sebagai aliran yang diintegrasikan dengan menghitung jumlah putaran roda pedal dengan cairan saat mengalir melalui pipa.

Gambar 1.2. menjelaskan lebih jauh perbedaan antara presentasi informasi analog dan digital. Perhatikan waktu yang ditunjuk secara digital yang merupakan selang

antara *display* jam 11, menit ke 23 dan detik (*second*) ke 42 dan jam ke 11, menit ke 23 dan detik ke 43. Jarak waktu berkurang 1/100 atau 1/1.000 detik, tetapi tetap diakui.



Gambar IV.2. Perbedaan tampilan analog dan tampilan digital

b) **Indication dan Display**

Pada instalasi permesinan kecil di mana hanya beberapa instrumen melibatkan indikator dapat dipasang untuk kemudahan observasi oleh petugas jaga dan *logging manual* yang disesuaikan untuk rekaman.

Pembatasan rancangan instrumen yang dapat dibaca langsung telah cenderung membangun lingkaran besar. Hal tersebut memang mudah dibaca, tetapi membutuhkan banyak ruang dalam panel pengendalian.

Untuk itu dibangunlah bentuk instrumen miniatur yang dapat mencakup aspek kelengkapan dan kemudahan pengendalian:

(a) Display



Gambar IV.3. Mimic diagram

Jika jumlah panel yang dipasang instrumen menjadi besar, bagaimanapun tugas percampuran informasi makin sangat besar. Ini merupakan kepentingan utama bila sejumlah permesinan dikendalikan dari rang kontrol pusat menjadi besar.

Sebagai tambahan atas pencabutan staf petugas jaga di pusat kontrol biasanya membutuhkan bahwa instrumentasi ditingkatkan agak berlebih yang disiapkan pada kapal-kapal yang lebih tua.

Salah satu cara memudahkan untuk mengatasi masalah itu adalah dengan penggunaan panel grafik sederhana dan mudah dimengerti yang disebut diagram

mimik (*mimic diagram*) sebagaimana ditunjukkan pada gambar IV.3.

Mimik diagram melukiskan masa dan energi mengalir dalam sistem terkait dikonstruksikan sebagai bagian lemari kontrol (*control console*).

Pengukur-pengukur tiruan dipasang di permukaan panel menunjukkan peralatan ukur penting pada titik penting dalam sistem.

Posisi keran-keran kontrol (*control valves*), pompa-pompa dan kondisi kerjanya juga ditunjukkan dalam panel *display* mimik atau grafik.

Penampilan diagram-diagram tersebut memungkinkan pengoperasian dan pengambilan langkah diagnosis dicapai oleh manusia lebih cepat dan aman daripada tanpa panel ini.

Tujuan dari suatu *mimic diagram* adalah menunjukkan status permesinan dalam posisi pengendalian terpusat.

Karena pengoperasian permesinan yang berdiri sendiri menjadi saling berkait dan penggunaan *starting* dan *stopping* secara otomatis sedemikian rupa sehingga menjadi penting untuk menunjukkan pada pusat pengontrolan tentang statusnya.

Untuk mencapai hal tersebut, dapat dilakukan dengan lampu-lampu indikator dan bila perlu tombol-tombol dan sakelar (*switch*) untuk pengendalian dan pengukuran untuk indikasi.

Susunan tersebut masih sangat dibutuhkan saat ini oleh sejumlah besar kapal. Bagaimana pun, pengurangan jumlah petugas jaga yang diajukan oleh kapal-kapal modern mengakibatkan meningkatnya pengendalian otomatis yang meminta persyaratan lebih jauh, tidak hanya status item-item yang bervariasi dari permesinan yang harus di transfer ke pusat pengendalian, tetapi juga keterkaitannya dari pengoperasiannya.

(b) *Data logging*

System *data logging* dan alarm yang ditunjukkan pada gambar IV.4 sering dihubungkan dalam kapal-kapal yang dipasangkan dengan ruang kontrol terpusat.

Sesuai dengan tujuan, maka “informasi gabungan” yang membantu petugas jaga dalam menyusun semua informasi yang disajikan oleh sejumlah besar instrumen mungkin sangat besar.

Lebih lanjut, perlu kita garis bawahi bahwa operator sering secara manusiawi membuat kesalahan. Kesalahan yang dibuat setiap hari yang biasanya merupakan kesalahan kecil akan membuat kerusakan kecil. Namun, sekecil apapun kesalahan, akan mempengaruhi kinerja permesinan, terlebih bila kesalahan itu dapat menyebabkan hal yang serius maka akan dapat menimbulkan suatu perubahan dari kondisi stabil menjadi keadaan tak stabil dalam waktu singkat.

Suatu upaya untuk mengatasi masalah itu adalah memperkenalkan peralatan pencatatan data (*data logging equipment*) yang bertujuan:

1. Memonitor secara terus menerus semua besaran variabel penting yang diamati.
2. Memberikan peringatan suara (*audible*) dan cahaya (*visual*) jika terjadi penyimpangan pada variabel yang diamati (*measured value/output*) dari batas yang diatur (*reference/set point/desired value*).
3. Merekam cetak waktu diketahuinya seluruh kondisi penyimpangan (*off limit*).
4. Mencatat cetak tentang keseluruhan atau kelompok-kelompok pilihan awal dari variabel-variabel di selang-selang penunjukan awal dan pada kebutuhan.
5. Menampilkan nilai variabel yang diinginkan dalam digit-digit desimal yang dinyalakan.
6. Mengurangi jumlah instrumen penunjuk dan rekaman konvensional.

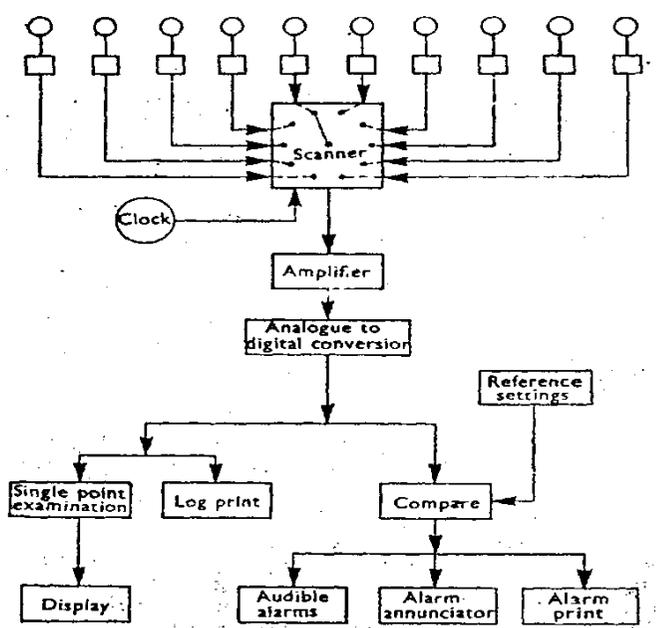
Keuntungan peralatan *logging data*, secara singkat ia berfungsi sebagai:

1. Pemberi peringatan dini dari setiap penyimpangan penting.
2. Perekam fakta setiap kinerja permesinan.
2. Pengganti staf petugas jaga yang bebaskan dari kewajiban rutin merekam (*recording*) dan mencatat (*logging*).

3. Meningkatkan efisiensi kerja karena ternyata supervisi yang dilakukan mesin sangat akurat.
4. Penentu terhadap kecenderungan dan sifat-sifat yang tak diinginkan dari permesinan induk karena kondisi yang bervariasi.
5. Alat yang penuh dengan data operasional yang teliti, dan lebih baik kinerjanya dalam menganalisis untuk pemeliharaan saat ini dan mendatang dan merupakan dasar kerangka untuk rencana permesinan berikutnya.



www.larispaco.id



Gambar IV.4. Diagram Jenis Data Loger

Peralatan sensor/transduser yang harus menghasilkan *output* listrik dihubungkan ke *system*

scanning yang berfungsi men-*switch* setiap saluran yang kembali ke *channel* yang biasa digunakan untuk transmisi ke sub unit berikutnya.

Jumlah *scanning* dapat sebanyak 50 titik/detik tetapi untuk sistem kapal kecepatan *scanning* sekitar 1 titik /detik, biasa digunakan.

Jam digital melengkapi pulsa waktu untuk menunjukkan selang pencatatan (*logging periode*) dan tampilan gambar tentang waktu pada indicator angka atau cetak.

Signal kemudian lewat melalui *amplifier* sehingga apapun bentuknya dari input listrik, *outputnya* akan sesuai dengan bentuk standar yaitu *signal* DC untuk semua titik.

Tingkatan lanjutan adalah analog ke *converter* digital yang meng-*convert* setiap *signal* kedalam suatu angka digital, yang merupakan harga yang proporsional dengan pentingnya *signal*.

Mengikuti analog ke *converter* digital, *signal* diarahkan kedalam 2 *channel*, satu ke *logging* dan *display* dan lainnya ke alarm dan *print out*.

Untuk *channel* alarm, *output* dari analog ke *converter* digital dialirkan ke komparator di mana ia dibandingkan dengan *reference* (harga yang dikehendaki) yang telah ditetapkan (diset) untuk mengetahui adanya kondisi *off-limit* atau tidak.

Output dari *comperator* hanya terjadi bila suatu keadaan abnormal dijumpai dan *output* itu membangkitkan siklus berikutnya yaitu:

1. Alarm bunyi suara.
2. Alarm visual dalam layar panel yang menyala.
3. Rekaman dalam warna merah, menunjukkan waktu, lokasi dan jenis kesalahan yang terjadi

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa sistem-sistem (*data logging system*) yang ditunjukkan dalam gambar IV.5. mempunyai 2 fungsi:

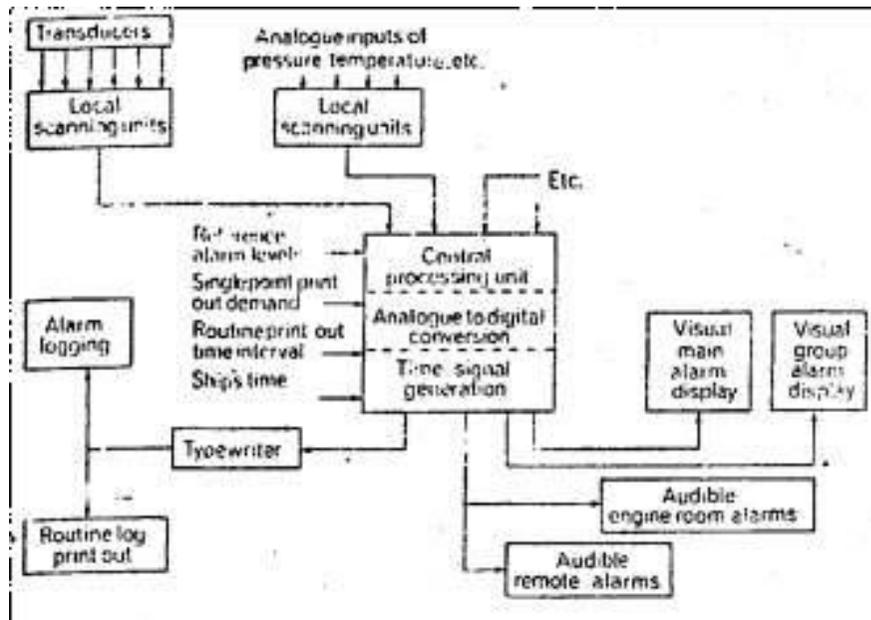
1) *Monitoring alarm.*

Nilai-nilai variabel yang diukur tertentu di-*scan* masing-masing pada selang waktu pendek dan bacaan yang terjadi dibandingkan dengan level-level referensi (*reference strings*) yang dapat diatur.

Jika bacaan tersebut diluar batas yang diatur, suara dan alarm bereaksi dan pencatatan kondisi alarm diberikan.



www.larispaco.id



2) *Data recording atau data logging*

Nilai yang diukur dari variabel-variabel sistem dapat dicetak (*log print*) bila dibutuhkan atau secara otomatis pada selang waktu yang ditentukan.

Data yang direkam dapat dianalisis bersama data operasional yang dihimpun, oleh para operator untuk mendiagnosis kesalahan-kesalahan dan merencanakan jadwal pemeliharaan.



www.larispa.co.id
KAMAR MESIN TANPA PENGAWASAN

1. Persyaratan Dasar

Di beberapa negara seperti Perancis dan belakangan Jepang, MCR telah digabungkan dengan posisi kontrol di anjungan (*bridge*

control) sehingga langkah yang diambil oleh petugas jaga anjungan berada akan sama dengan membuat kondisi sistem pembangkit tenaga di kamar mesin sebaik yang diinginkan navigasi.

UMS (*Unattended Machinery Spaces*) yang berarti kamar mesin dioperasikan dengan tanpa awak (*unmanned engine room*) pada selang waktu tertentu, dibuat berdasarkan adanya perkembangan sistem pengukuran dan kontrol yang dapat mengambil alih fungsi manusia. Agar memperoleh keamanan dalam bekerja, kapal dengan UMS maka perlu persyaratan yang harus dipenuhi.

1) Posisi anjungan

- a. System kontrol harus disediakan untuk mengoperasikan mesin induk.

Kontrol yang dimaksud adalah antara lain pengontrolan terhadap kecepatan mesin induk dan arah putaran baling-baling (*propeller*) atau arah *pitch propeller*.

Untuk menghindari beban kerja tambahan kepada petugas jaga di anjungan yang harus berkonsentrasi terhadap hal-hal penting yang terjadi diluar kapal, maka sistem kontrol jarak jauh untuk kamar mesin harus berisi instruksi-instruksi yang diberikan (*signaled*) oleh petugas jaga anjungan dengan pengontrolan jenis telegram sederhana.

Tidak perlu menempatkan masinis terampil di anjungan karena untuk menjalankan mesin yang antara lain harus melaksanakan pembukaan udara penjalan kemudian memasukkan bahan bakar dan lain-lain telah dilaksanakan oleh sistem kontrol.

Dengan telah digantikannya kebutuhan masinis untuk merespons perintah telegrap setiap saat, langkah menyiapkan kontrol otomatis terhadap jalannya permesinan seperti sistem-sistem air pendingin, pelumasan, bahan bakar dan udara kerja maka fungsi-fungsi tersebut dilaksanakan oleh kontroler otomatis (*automatic controller*) dan katup-katup pengatur (*control valves*) yang menjaga sistem-sistem tekanan, suhu dan lain-lain saat terjadinya perubahan beban.

- b. Harus dilengkapi dengan cara yang dapat dipercaya untuk menghentikan mesin induk bila sistem kontrol jatuh

Persyaratan ini sangat bersifat mutlak, sehubungan dengan telah digantikannya fungsi petugas jaga kamar mesin dengan *controller* otomat.

System pelumasan yang jatuh tekanannya, akan menimbulkan kerusakan fatal bila mesin tidak segera dihentikan.

Oleh karena itu, cara otomat yang teliti dan dapat dipercaya perlu dilengkapi dengan baik.

- c. Alarm penting untuk mengetahui kesalahan dalam pemberian tenaga ke sistem/kontrol.

Sistem alarm sangat penting bagi kapal yang bekerja berdasarkan UMS, karena berfungsi sebagai pemonitor atau pendeteksi dini kondisi yang menyimpang dari yang dikehendaki atau dapat untuk mengindikasikan kesalahan penyuplaian energi ke sistem kontrol.

Jika kapal dioperasikan dengan UMS, sistem alarm harus dipasang dengan persyaratan prinsip sebagai berikut:

- (a) Kesalahan kerja permesinan harus ditunjukkan di *station* kontrol induk.
- (b) Personel bagian mesin harus memperhatikan bila terjadi kesalahan.
- (c) Jika mesin beroperasi dengan UMS, petugas jaga anjungan harus memperhatikan:
 - Bahwa telah terjadi kesalahan permesinan.
 - Bahwa anak buah mesin telah memperhatikan kesalahan dan bertindak untuk itu.
 - Bahwa kesalahan telah diperbaiki.
- (d) Petugas jaga anjungan harus digunakan untuk melindungi keselamatan orang-orang di kamar mesin selama kondisi normal belum diatasi.
- (e) Sistem yang efektif harus dilengkapi untuk memungkinkan memanggil masinis ke kamar mesin dengan alarm untuk dimintain bantuan masinis lainnya
- d. Dua cara komunikasi harus disiapkan antara anjungan dan kamar mesin, satu di antaranya harus bebas (independen) dari pemberian energi induk.
- e. Cara manual mengolah gerak mesin harus disiapkan dalam kamar mesin.
- f. Instrumen berikut harus dipasang di anjungan:

- (a) Penunjuk kecepatan *propeller* (*propeller speed*).
- (b) Arab putaran *propeller* atau posisi *pitch*.
- (c) Tekanan udara penjalan harus disiapkan untuk mesin diesel.
- (d) Penunjukan bagian-bagian mesin yang tak berfungsi.

2. Perlindungan terhadap sistem permesinan induk

Persyaratan mesin harus dapat berhenti secara otomatis bila kondisi kesalahan serius terjadi seperti misalnya jatuhnya tekanan minyak lumas. Mesin induk harus dapat berhenti secara otomatis atau alternatif lain dihentikan oleh petugas jaga anjungan dalam kesalahan seperti itu.

3. Penyuplaian dan distribusi tenaga listrik

Adalah sangat penting menyiapkan penerangan dan tenaga yang esensial normal jatuh. Karenanya sangat dibutuhkan sistem yang secara otomatis menghidupkan generator darurat (*stand by generator/emergency generator*) dan menghubungkannya ke sistem distribusi listrik.

4. Sistem alarm kebakaran (*fire alarm system*).

Hal penting yang perlu dilengkapi pada kapal UMS adalah sistem alarm kebakaran di mana sensor-sensor ditempatkan pada daerah sekitar kamar mesin dan ruangan-ruangan yang berkaitan dengannya agar dapat mendeteksi kebakaran pada waktu awal

D. RINGKASAN

Dengan gambaran di atas, agar terjamin keselamatan dalam mengoperasikan kapal jenis UMS maka:

1. Perlu adanya kontrol anjungan terhadap mesin induk. Dalam hal ini adalah pengontrolan terhadap kecepatan mesin, arah *propeller* atau *pitch propeller* harus dibuat *available* di anjungan.
2. Penunjukan kesalahan dan sistem alarm. Sistem alarm yang ditempatkan di anjungan sangat penting untuk memonitor kondisi kerja yang penting, termasuk kondisi temperatur, dan tekanan bahan bakar, pelumasan dan pendinginan untuk mesin induk dan generator-generator, alarm-alarm ketinggian permukaan cairan dalam tangki dan banyak yang lain seperti suhu bantalan, kekentalan bahan bakar, getaran dan lain-lainnya
3. Penunjukan terjadinya kebakaran dan sistem alarm. Hal yang sangat penting dalam pengoperasian kapal secara UMS adalah pemasangan dan bekerjanya sistem alarm untuk kebakaran, di mana sensor ditempatkan di sekitar kamar mesin dan ruang yang berkaitan agar dapat mendeteksi pembakaran pada waktu dini.
4. Sumber tenaga alternatif untuk tenaga listrik. Untuk menjaga agar kelangsungan tersedia dan tersuplainya tenaga listrik untuk pelayanan yang penting maka pada peristiwa terjadinya kesalahan peralatan generator yang sedang berjalan sumber tenaga alternatif generator darurat (*emergency generator*) harus tersedia dan siap untuk menggantikannya.

E. PERTANYAAN ULANGAN

1. Jelaskan apa arti dan tujuan dari kapal yang dibangun dan dioperasikan secara UMS!
2. Jelaskan tujuan ruang kontrol dibuat secara ergonomik! Berikan contohnya!
3. Jelaskan dengan disertai contoh dan bantuan gambar skematik perbedaan antara tampilan analog dan tampilan digital! Demikian juga antara rekaman analog dan rekaman digital!
4. Jelaskan apa yang dimaksud dengan *mimic diagram*, apa tujuannya dan apa saja yang terdapat dalam *mimic diagram*!
5. Sebut dan Jelaskan tujuan pemasangan *system data logging*!
6. Jelaskan dengan bantuan gambar skematik cara kerja *data logging*!
7. Jelaskan 2 fungsi *system data logging* di atas kapal!
8. Jelaskan apa yang dimaksud dengan kapal yang dioperasikan secara UMS!
9. Sebut dan jelaskan persyaratan dasar bagi kapal yang beroperasi berdasarkan UMS agar terjamin keselamatan pelayaran!
10. Sebutkan instrumen yang harus dipasang di anjungan!
11. Apa yang dimaksud bahwa kapal yang beroperasi secara UMS harus tetap memberikan perlindungan terhadap *power plant system* (mesin penggerak utama)!
12. Jelaskan hubungan antara generator darurat dan kapal yang beroperasi secara UMS!
13. Sebutkan sistem alarm yang tidak boleh tidak harus ada di sebuah kapal UMS!

BAB V

A. SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH (SUB-CPMK)

Dengan mempelajari bab ini, peserta diklat diharapkan:

1. Mampu menyebutkan jenis sistem kontrol sebagai yang di atas kapal.
2. Mampu menggambarkan secara skematik dan menjelaskan pengendalian (sistem kontrol) di atas kapal.
3. Mampu menjelaskan nama-nama komponen sistem kontrol yang ada serta prinsip kerjanya.

B. CONTOH-CONTOH APLIKASI PENGENDALIAN DI ATAS KAPAL

1. Sistem Kontrol Tekanan Udara Penjalan

Tujuan pengontrolan otomatis ini adalah untuk menjaga agar botol angin tetap bertekanan pada suatu harga yang diinginkan sehingga selalu siap bila sewaktu-waktu diperlukan untuk berbagai keperluan terutama olah gerak kapal.

Dalam hal pengontrolan dilakukan secara otomatis, sesuai prosedur menjalankan kompresor udara, maka untuk melakukan start atau *stopping* otomatis juga harus melakukan upaya di bawah ini untuk meniadakan beban:

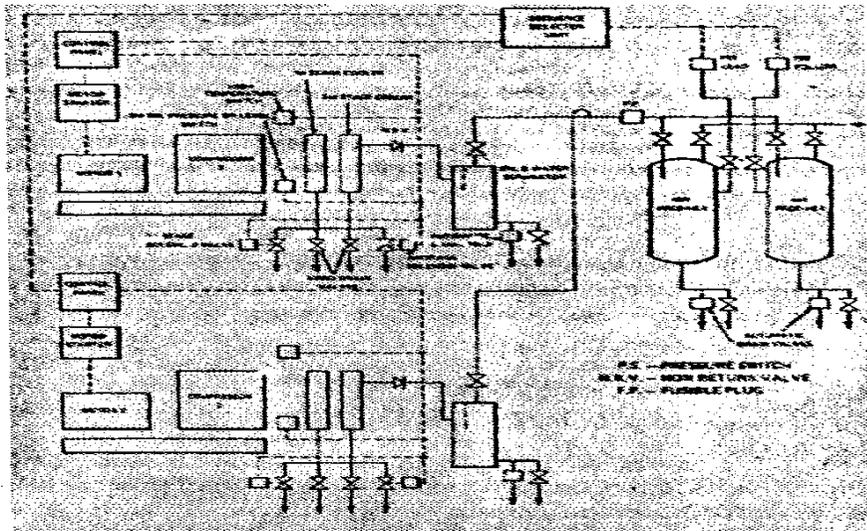
- Pencekikan isapan
- Mengatur kecepatan

- Mem-*by-pass*-kan aliran keluar (*discharge*) ke isapan (*suction*)

Selain itu otomatis kontrol juga melakukan penerasan kondensat yang terjadi di *cooler-cooler* dengan menggunakan *solenoid valve* dan bekerja berdasarkan *timer*.

Gambar di bawah menunjukkan penataan kontrol-kontrol otomatis pada sistem udara penjalan yang berkaitan dengan kerja kompresor udara.

www.larispaco.id



Gambar V.1. Penataan kontrol otomatis pada system supply udara penjalan

Di sini dari dua kompresor yang ada salah satu diperlakukan sebagai utama (*leadmachine*) dan kedua sebagai cadangan (*follow machine*) instrumen kontrol yang dipergunakan di sini adalah *pressure switch* yang bekerja dengan masukan dari bentuk fisik tekanan udara dan keluaran listrik

2. Sistem kontrol otomatis ketel uap bantu

Otomatisasi (kontrol otomatis) untuk ketel, sama halnya untuk turbin merupakan pengontrolan yang sangat kompleks daripada pengontrolan otomatis pada mesin diesel, namun demikian dari segi efisiensi tenaga manusia dan pemakaian bahan bakar, kontrol otomatis tetap diperlukan.

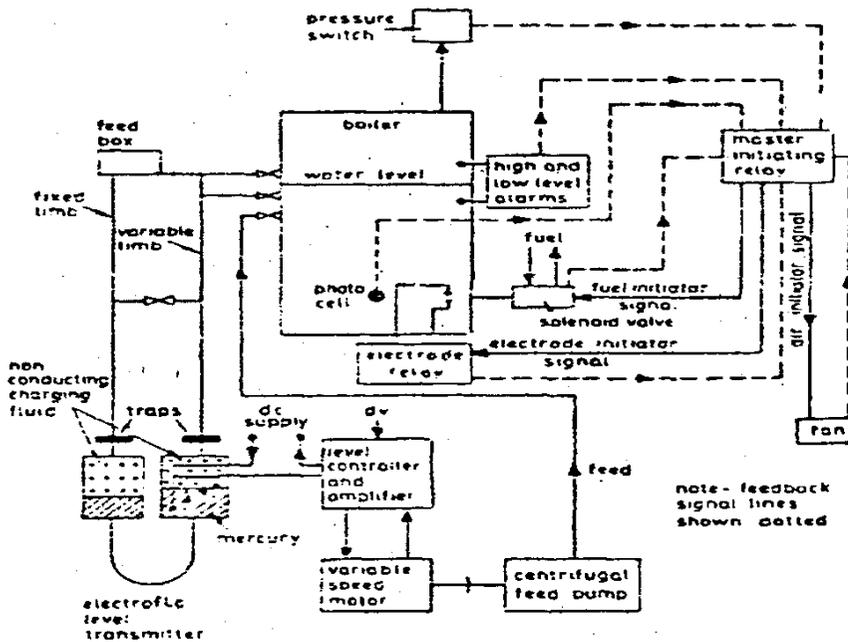
Dua tujuan utama dari pengotomatisasian kerja ketel uap adalah:

- i. Menjaga tekanan uap dengan mengatur bahan bakar,
- ii. Pengawasan pembakaran secara optimal dengan mengatur pembakaran, aliran udara dan menjaga rasio yang tepat antara bahan bakar dan udara.

Pada dasarnya item-item yang perlu dikontrol dalam suatu sistem kontrol otomatis dari ketel uap bantu adalah tekanan uap, level air, pompa bahan bakar, pompa pengisian air ketel, asap.

- a) Pengaturan otomatis dimulai dari *switch* tekanan *switch* sering dipasang untuk sambung (*cut-in*) 1 bar di bawah tekanan kerja dan putus (*cut-off*) sekitar 1.5 bar di atas tekanan kerja. (Perbedaan ini dapat di atur).
- b) Dari master *relay*, udara kita "on" kan. *Feedback* udara akan mengkonfirmasi bahwa udara dalam keadaan "on" dan memakan waktu 30 detik keterlambatan (*time delay*).
- c) Sekarang master *relay* mengizinkan pemantik api dinyalakan dengan *relay* elektroda. Selanjutnya *feedback* pemantik api berproses sekitar 3 detik.

- d) Pengaturan otomatis dimulai dari *switch* tekanan *switch* sering dipasang untuk sambung (*cut-in*) 1 bar di bawah tekanan kerja dan putus (*cut-off*) sekitar 1,5 bar di atas tekanan kerja. (Perbedaan ini dapat diatur).
- e) Dari master *relay*, udara kita “on” kan. *Feedback* udara akan mengkonfirmasi bahwa udara dalam keadaan “on” dan memakan waktu 30 detik keterlambatan (*time delay*).
- f) Sekarang master *relay* mengizinkan pemantik api dinyalakan dengan *relay* elektroda. . Selanjutnya *feedback* pemantik api berproses sekitar 3 detik.
- g) Pengaturan otomatis dimulai dari *switch* tekanan *switch* sering dipasang untuk sambung (*cut-in*) 1 bar di bawah tekanan kerja dan putus (*cut-off*) sekitar 1,5 bar di atas tekanan kerja. (Perbedaan ini dapat diatur)
- h) Dari master *relay*, udara kita “on”-kan. *Feedback* udara akan mengkonfirmasi bahwa udara dalam keadaan “on” dan memakan waktu 30 detik keterlambatan. (*time delay*).
- i) Sekarang master *relay* mengizinkan pemantik api dinyalakan dengan *relay electrode*. Selanjutnya *feedback* pemantik api berproses sekitar 3 detik.
- j) Master sekarang mengaktifkan *signal* untuk bahan bakar dan *solenoid valve* membuka bahan bakar ke pengabut (*burner*). *Feedback* “*fuel on*” beraksi sekitar 5 detik keterlambatan waktu yang disebabkan adanya proses pemanasan bahan bakar.
- k) Terakhir, master mengontrol fotosel listrik (deteksi asap). Jika prosedur telah lengkap dan alarm berbunyi harus diulang kembali.



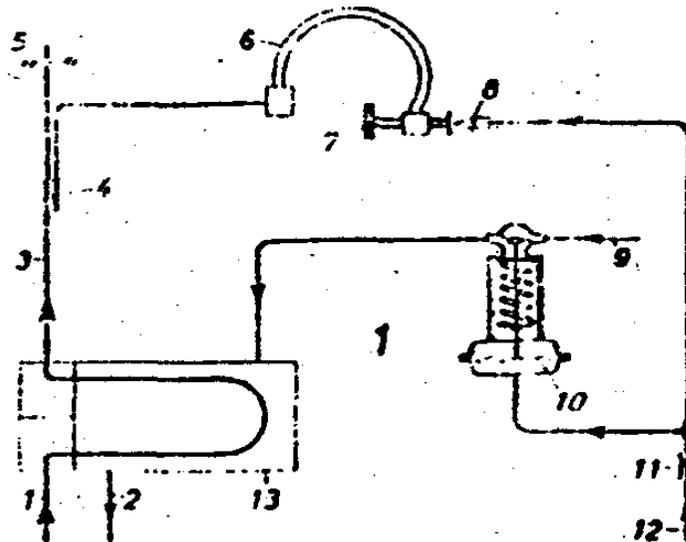
Gambar V.2. Sistem kontrol otomat ketel uap

Sebagai peralatan pengatasan keadaan darurat (*emergency devices*) yang perlu harus dipasang adalah bila terjadi level tertinggi dan level terendah membangkitkan alarm dan master akan memutus serta mematikan sistem seketika. Contoh di atas adalah kontrol otomat dengan media listrik.

3. System kontrol pemanas awal bahan bakar

Pada gambar berikut adalah bagan dari suatu *heat exchanger* (pemanas awal bahan bakar untuk mesin induk).

www.larispaco.id



Gambar V.3. Pemanasan awal bahan bakar

Apakah suhu bahan bakar yang dikehendaki telah dicapai atau belum dapat dicek melalui termometer 5. Pemasukan panas (*heat*) ke bahan bakar diatur yang jika suhu berbeda dengan yang dikehendaki, ini dicapai dengan mengubah penyetelan katup dalam pipa pemasukan uap 9. Katup ini dapat disebut sebagai regulator atau governor (pengatur).

Jika pengawasan/pengendalian dilakukan secara manual, operator harus membaca suhu (temperatur) yang ditunjukkan oleh termometer 5, membandingkan dengan harga/nilai yang dikehendaki, menentukan berapa banyak penyetelan katup diubah dan melakukan perubahan itu, ini disebut pengontrolan manual (*manual controlling*).

Gambar tersebut menunjukkan bagaimana sistem dapat dibuat, sehingga pengontrolan dapat dilakukan secara otomatis. Pipa bahan bakar keluar, dilengkapi dengan suatu sensor 4, dari jenis pipa

kapiler, pipa kapiler dari sensor 4, menuju ke tabung *bourdon* 6 yang akan berubah untuk jika volume cairan dalam sensor 4 berubah.

Jika misalnya sensor dipanaskan, ujung kanan dari tabung *bourdon* yang dilengkapi dengan pelat *baffle* akan bergerak ke kanan, tekanan udara dipasok dari sistem udara 12, melalui *throtel* 11 ke *nozzle* 8, dan dasar dari kapsul yang mengalir dari membran 10.

Katup uap dapat dibuka dengan pegas dan ditutup dengan tekanan udara, tekanan udara pada membran tergantung dari posisi tabung Bourdon, jika suhu bahan bakar terlalu tinggi, pelat *baffle* akan menutup *nozzle* B sesuai pengaruh pi akan tabung Bourdon dan tekanan udara pada membran akan menutup katup uap, bilamana suhu bahan bakar keluar jatuh, pelat *baffle* akan bergerak menjauhi *nozzle* B yang mengakibatkan tekanan udara yang digunakan ke membran 10 akan tidak cukup tinggi untuk mengembalikan aksi pegas katup.

Sekarang katup akan membuka untuk memasukkan uap ke pemanas awal bahan bakar, posisi pelat *baffle* menentukan luas ke yang mana katup uap terbuka dan katup akan mengambil posisi keseimbangan sesuai dengan suhu bahan bakar yang dikehendaki ini disetel dengan baut pengatur 7. Sejumlah panas yang perlu untuk mencapai suhu bahan bakar yang diinginkan disebut muatan sistem kontrol (*load of control system*).

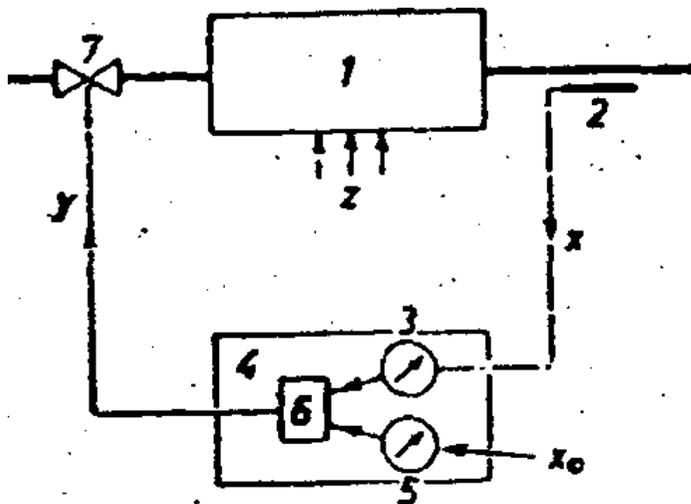
Apabila sistem telah mengatur dirinya sendiri ke suatu muatan tertentu, perubahan apapun dalam muatan ini akan mengaktifkan regulator bila terjadi gangguan dalam kondisi seimbang, gangguan-gangguan yang dapat timbul misalnya disebabkan perubahan dalam:

- Jumlah aliran bahan bakar
- Suhu bahan bakar yang masuk
- Tekanan uap
- Suhu uap
- Kelembaban uap

Ini adalah contoh dari pengaturan sendiri (*self regulation*) tetapi tidak semua sistem pengendalian menjaga dirinya sendiri terhadap kerusakan dalam peristiwa kesalahan pengatur (regulator).

Dengan gambar skematik, pengaturan temperatur bahan bakar tersebut dapat dilihat di bawah ini:

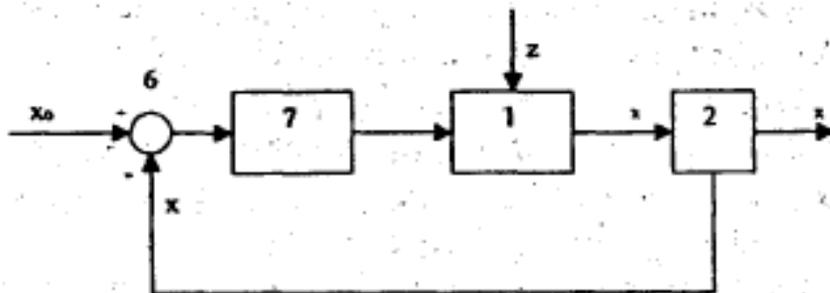
Regulator 4 membandingkan harga terukur x yang diperoleh melalui sensor dan membaca harga tersebut dari petunjuk 3 dengan harga yang diinginkan yang dapat disetel secara manual dan ditunjukkan dalam meteran 5.



Gambar V.4. Pengaturan otomatis pemanasan awal bahan bakar

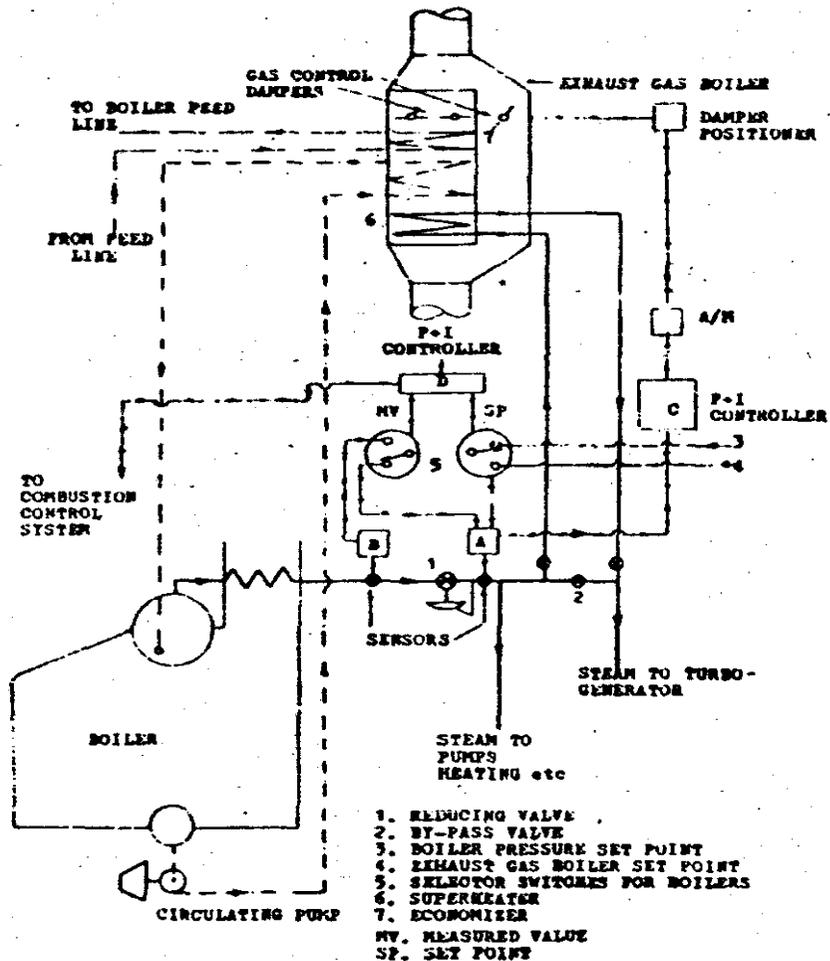
Pembandingan dilakukan di unit 6 dan bila terdapat perbedaan antara harga terukur (*output*) x dengan harga yang diinginkan X_0 . Suatu *signal* dikirimkan ke pengatur atau peralatan pengatur (*regulator, controller*) 7, untuk dilakukan perubahan posisi sehingga perbedaan akan dikurangi atau dihilangkan. Unit blok 1 melakukan proses pemanasan awal dan menimbulkan pengaruh gangguan luar (*external influence or disturbance*) terhadap sistem/proses yang berlangsung.

Secara diagram blok, sistem kontrol tersebut dapat dilihat di bawah.



4. System kontrol tekanan Ketel Gas Buang

Pada keadaan pemakaian uap normal, ketel gas bilang memasok uap ke pompa-pompa *ballast*, lensa pemanas-pemanas dan alternator turbin sekitar 11 bar. Katup *reducer* 1 terbuka penuh.



Gambar V.5. Sistem kontrol ketel gas buang

Pompa sirkulasi mengambil air dari drum bagian bawah dan memompakannya melalui seksi tengah dari ketel gas buang, mengembalikan campuran uap dan air ke drum ketel yang mengaktifkan separator uap. Uap keluar dari drum melalui super heater dan juga ekonomiser.

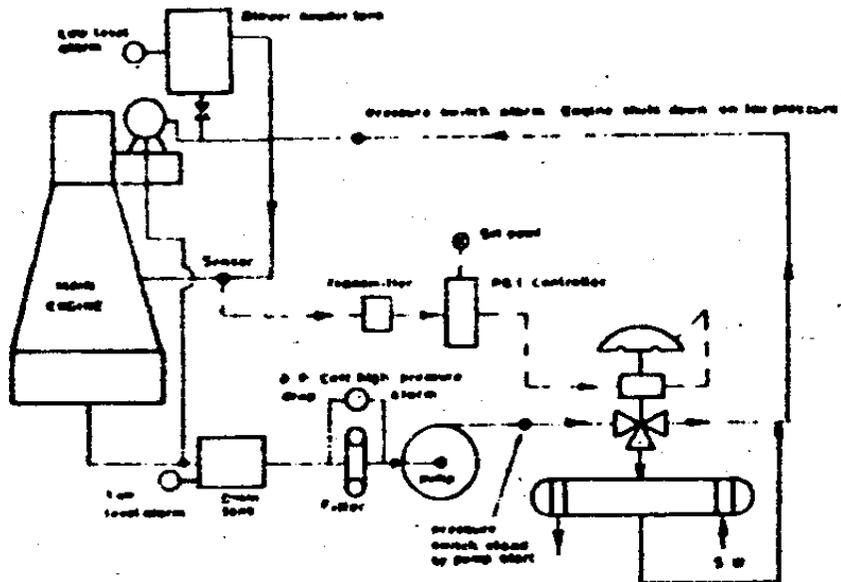


Jika di pelabuhan *boiler* induk menyuplai keseluruhan uap sekitar 30 bar melalui *super heater* dan *reducing valve* dan ketel gas buang. Katup 2 secara normal, selalu tertutup kecuali ketika ketel gas buang harus diisolasi.

Kontrol tekanan uap ketika dilaut dilakukan melalui transmiter tekanan (A) dengan menyuplai *signal* nilai yang diukur melalui *switch* selektor (MV) ke *controller* (D). Jika nilai yang diukur jatuh di bawah *set point signal* mengisi ke dalam (D). *Controller* ini mengirim suatu *signal* untuk menyalakan *brander* dalam ketel yang dalam keadaan *stand by*. Transmitter (A) juga menyuplai *signal* nilai terukur ke kontroler (C) yang menyediakan *signal* untuk mengatur *damp*er *damp*er kontrol gas dalam ketel gas buang untuk menjaga tekanan ketel. Di pelabuhan ketika ketel dalam kerja, tekanan transmiter (A) dan (B) memonitor tekanan uap. berdasarkan *set point* yang dimasukkan ke dalam sistem oleh *switch selector* (D) dengan membandingkan nilai terukur tekanan uap dengan tekanan *signal* dan *brander-brander* seketika.

5. System kontrol temperatur minyak lumas

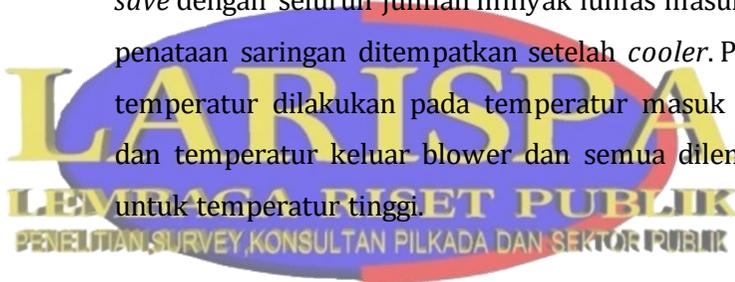
Penataan untuk sistem ini dapat dilihat pada gambar berikut. Minyak lumas dipompakan dari *drain tank* sangat sering dengan suatu filter magnet di pipa isap melalui filter-filter isap induk, dipasang dengan alarm diferensial.



Gambar V.6. System kontrol temperatur minyak lumas

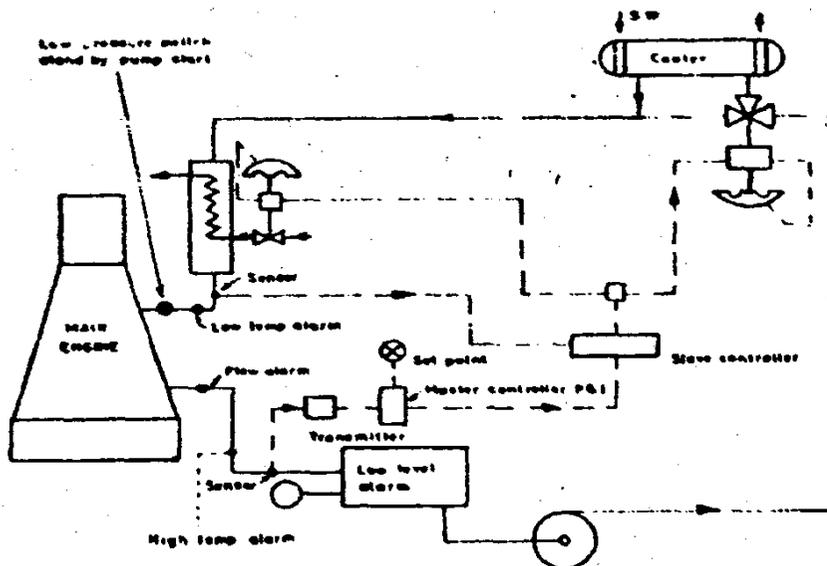
Filter ini bisa keduanya tipe membersihkan sendiri atau satu manual dan satu lainnya otomatis. Pada beberapa hal ketika tekanan diferensial melampaui suatu nilai pre set filter secara otomatis tertutup angin, minyak yang tersingkir keluar lewat tangki cerat bantu di mana disaring dan di pompa secara serentak kembali ke sistem.

Pendinginan dilakukan melalui katup tiga jalan di pipa minyak dan dikontrol dari suatu sensor di masuk mesin. Katup ini akan *fail save* dengan seluruh jumlah minyak lumas masuk *cooler*. Di beberapa penataan saringan ditempatkan setelah *cooler*. Pengawasan terhadap temperatur dilakukan pada temperatur masuk bantalan pendorong dan temperatur keluar blower dan semua dilengkapi dengan alarm untuk temperatur tinggi.



6. System kontrol temperatur air pendingin piston

Di bawah ini adalah sistem kontrol terhadap temperatur air tawar pendingin piston motor bakar.



Gambar V.7. System kontrol temperatur air tawar pendingin piston

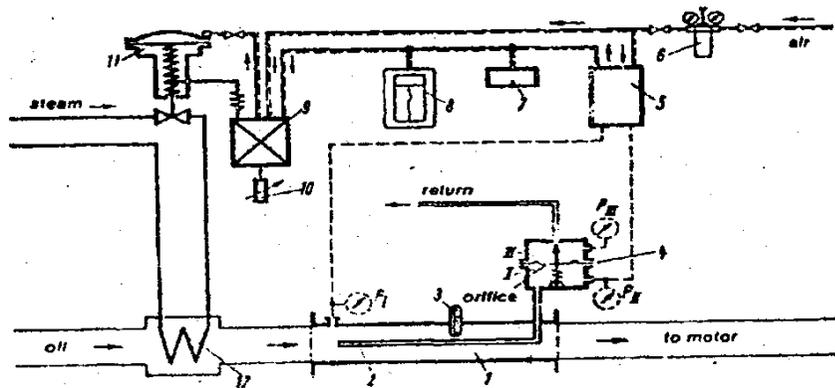
Pengaturan dilakukan oleh keran pengatur (control/regulator valve) tiga jalan di saluran air tawar sebelum masuk cooler air tawar dan keran-keran regulator (regulator valves) di saluran air tawar sebelum masuk ke heater.

Kedua regulator valve tersebut memperoleh *signal* masukan dari *output controller* yang bekerja berdasarkan aksi P + I yang mendapat masukan dari sensor-sensor temperatur rendah di saluran masuk mesin dan sensor temperatur tinggi yang terletak di saluran keluar mesin melalui transmisinya.

System ini juga dilengkapi dengan 3 sistem alarm, 2 sistem untuk temperatur yaitu rendah berdekatan dengan sensor pengaturan temperatur rendah dan alarm temperatur tinggi yang ditempatkan tidak jauh dari sensor pengaturan temperatur tinggi. Serta satu sistem alarm untuk aliran di saluran keluar.

7. System kontrol untuk kekentalan bahan bakar

Gambar di bawah ini menunjukkan secara skematik, prinsip pengatur kekentalan tipe Askania.



Gambar V.8. Skema viscosity regulator, Askania

Regulator tersebut terdiri dari bagian-bagian utama yaitu:

- Sebuah tabung yang diletakkan kedalam saluran bahan bakar.
- Sebuah regulator jumlah aliran
- Sebuah transmitter tekanan diferensial
- Sebuah *viscosimeter*, dimungkinkan dalam bentuk *viscosigraph*
- Regulator (proporsional atau proporsional + integral)
- Katup regulator

Karena temperatur sangat menentukan kekentalan, maka kekentalan bahan bakar yang ditetapkan, dapat dicapai dan dijaga melalui pengaturan temperatur bahan bakar dengan katup pengaturan uap 11.

Prinsip kerja dari regulator kekentalan ini berdasarkan pada jatuh tekanan (*pressure drop*) yang terjadi dalam pipa kapiler (melalui mana mengalir bagian cairan yang kekentalannya akan dipertahankan) pada aliran laminar dan aliran rata-rata yang konstan, menjadi proporsional terhadap kekentalan cairan.

Jatuh tekanan ini dipergunakan untuk bekerjanya regulator 9, 10 dan 11 yang dioperasikan secara pneumatik dan mengontrol pemanasan minyak di *heat exchanger* 12. Beberapa bagian minyak yang ke mesin mengalir melalui tabung kapiler 2 yang dipasang secara konsentris dalam sebuah tabung pengukuran 1 ke regulator kecepatan aliran (*flow rate regulator*) 4.

Jumlah aliran diperkirakan 0,25 liter per menit. Karena tabung kapiler dikelilingi oleh minyak yang mengalir melalui pipa pengukuran, berarti suhu minyak di dalam tabung kapiler terjaga sama dengan suhu minyak yang mengalir ke mesin. Tekanan *stalls* cairan tidak mempengaruhi hasil pengukuran.

Regulator *flow rate* terdiri atas sebuah rumah yang terbagi menjadi kamar I dan kamar II oleh sebuah membran. Membran dipengaruhi oleh tegangan pegas di kamar I dan pada kamar II ada sebuah sumbat katup yang membuka menutup jalan keluar dari kamar II. Kamar-kamar dihubungkan oleh sebuah *orifice* kecil di dalam membran.

Dalam kondisi seimbang, perbedaan tekanan konstan tetap dijaga antara kamar-kamar. Jika keseimbangan terganggu oleh beberapa sebab, misalnya oleh kenaikan tekanan dalam kamar I, membran akan bergerak ke arah kamar II, akibatnya sumbat katup akan mengurangi jalan keluar sehingga tekanan di kamar II juga akan naik sampai perbedaan tekanan asli diperbaiki.

Karena ukuran *orifice* dalam membran tidak dapat berubah-ubah, regulator bantu ini menjaga aliran dalam tabung kapiler pada tingkat konstan. Perbedaan tekanan yang diuraikan tadi, dikonversikan dalam transmiter tekanan *differential* 5 dengan udara bertekanan kurang dari 2,5 bar ke suatu tekanan yang mempunyai suatu harga yang proporsional terhadap perbedaan tekanan.

Regulator 9, 10 dan 11 yang dioperasikan secara pneumatik dan *viscosimeter* 7 dihubungkan ke transmiter yang disebutkan tadi. Demikian juga dengan sebuah *viscosigraph*.

Jika suhu di tabung pengukuran dikontrol oleh suatu termometer tahanan (*resistance termometer*), kekentalan dan suhu dapat direkam dengan *viscograph* 8 yang dalam hal semacam itu menggunakan dua pena dengan warna berbeda.

Dalam gambar tadi, kekentalan bahan bakar diatur oleh perubahan suhunya dengan uap di *heat exchanger* 12, pengubah disisipkan dalam pipa bahan bakar didepan tabung pengukuran 1.

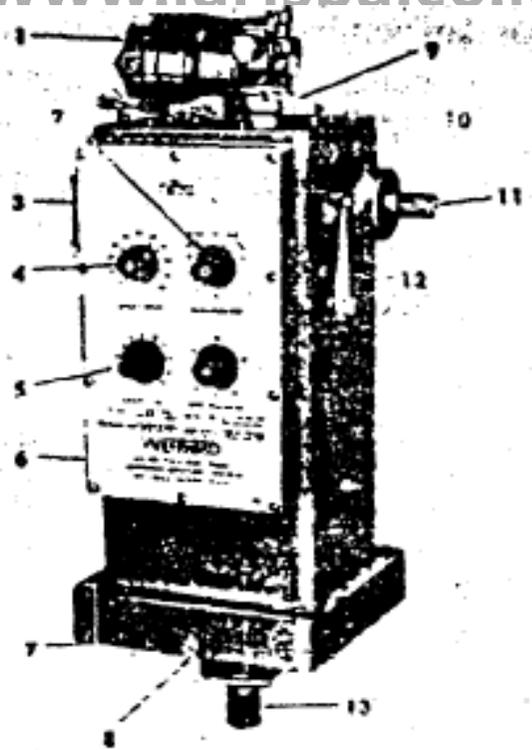
Uap dan bahan bakar dimasukkan kedalam *heat exchanger* secara berlawanan arah Katup pengatur uap 11 dengan membran pengaturan bekerja karena pengaruh tekanan udara dari transmiter tekanan diferensial 5 melalui regulator 9. Tergantung pada kekentalan bahan bakar di tabung pengukuran, regulator mengatur pemancaran

panas dari *heat exchanger* sedemikian rupa sehingga suhu bahan bakar mencapai harga yang sesuai dengan kekentalan bahan bakar yang dikehendaki. Regulator ini dari tipe proporsional dan dapat disediakan untuk keperluan hidraulik atau listrik bahkan pneumatik seperti yang diuraikan di sini. Regulator dapat pula dirancang secara proporsional-integral (P-I).

8. **System kontrol putaran mesin *governor Woodward*.**

Gambar di bawah memperlihatkan sebuah *governor Woodward* tipe UG 8 yang bekerja berdasarkan tekanan minyak.

www.larispa.co.id



Gambar V.9. Governor Woodward Type UG 8

Keterangan gambar:

1. Motor sinkronisasi
2. Kenop pengaturan sinkronisasi
3. Indikator permukaan minyak
4. Kenop pengaturan proporsional (*speed droop control*)
5. Kenop batas beban
6. Pelat piringan (dial)
7. Sumbat cerat minyak
8. Sumbat pada katup jarum umpan balik
9. Saringan minyak
10. Tutup atas (*top cover*)
11. Poros sambungan
12. Indikator pengaruh kompensasi
13. Poros penggerak

Governor yang dapat digunakan untuk pengaturan mesin-mesin induk maupun bantu ini berperan sebagai suatu governor (pengatur) proporsional-integral. Ini berarti bahwa terlepas dari perubahan-perubahan sebentar yang timbul ketika beban berubah, ia mampu menahan kecepatan putaran poros engkol dengan pengaturan konstan tanpa memandang beban. Governor dapat dilengkapi dengan kontrol pemindahan listrik, pneumatik, hidraulik ataupun mekanik.

a) Mekanisme Sinkronisasi

Mekanisme sinkronisasi atau pengaturan dipergunakan baik untuk mengubah kecepatan putaran poros engkol jika mesin diesel jalan bebas dari mesin-mesin lain atau mengubah

pembagian beban dalam hal pengoperasian paralel, misalnya beberapa generator diesel.

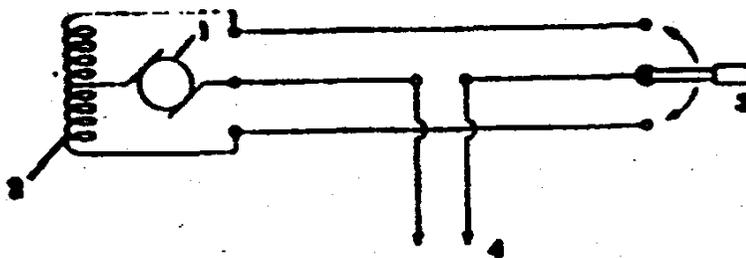
Langsung di bawah kenop pengaturan sinkronisasi dipasang sebuah penunjuk (indikator) yang hanya berfungsi untuk menunjukkan berapa kali kenop sinkronisasi telah diputar.

b) Motor sinkronisasi

Sebagian besar *governor Woodward* dilengkapi dengan motor listrik yang dipasang di atas kovernya. Hal ini memungkinkan kecepatan putaran poros engkol diatur oleh kontrol pemindahan (*remote kontrol*) dari mekanisme sinkronisasi governor, sehingga membuatnya mungkin (misalnya dari papan saklar induk) menyinkronisasikan generator AC sebelum dipasang paralel atau memindah pembagian beban setelah pemasangan paralel dilaksanakan.

Motor listrik yang digunakan untuk sinkronisasi adalah sebuah motor seri dengan 2 set lilitan medan yang terbelah. Ini memungkinkan motor dibalik mengubah arah medan magnet.

Lihat wiring diagram di bawah



Gambar V.10. Wiring diagram motor listrik untuk sinkronisasi

Keterangan gambar

1. Jangkar (*armature*)
2. Lilitan seri
3. Sakelar pemindahan
4. Hubungan ke induk

Suatu kopling (*clutch*) tipe gesekan dipasang antara motor listrik dengan mekanisme sinkronisasi, untuk memungkinkan kecepatan putaran poros engkol juga diatur secara manual dengan memutar kenop sinkronisasi. Kopling tersebut juga untuk mencegah rusaknya motor listrik saat titik-titik ujung dicapai.

c) Penurunan kecepatan (*speed droop*)

Control speed droop dapat disetel ke pembagi otomatis dan beban imbang antara mesin-mesin yang menggerakkan poros yang sama atau paralel dalam suatu sistem listrik.

Penurunan dimasukkan dalam governor melalui suatu hubungan yang mengubah kompresi pegas pengaturan kecepatan seperti putaran-putaran poros sambungan.

Hubungan antara beban dan Kecepatan yang berperan sebagai suatu tahanan terhadap beban ini, berubah bilamana unit dihubungkan dengan unit-unit lain, baik secara mekanik ataupun secara listrik. Dengan penurunan dikurangi ke arah nol, unit menjadi dapat mengubah beban tanpa mengubah kecepatan.

Seperti pada umumnya, unit-unit yang berjalan sendiri akan disetel pada penurunan nol, sedangkan unit-unit yang

saling dihubungkan akan dijalankan pada penyetelari penurunan terendah yang akan memberikan pembagian beban yang memuaskan.

Unit-unit pembangkitan AC yang ada hubungannya dengan unit-unit lainnya, akan mempunyai penyetelan penurunan yang cukup tinggi (30 atau 50 pada dial) untuk mencegah saling perubahan beban antara unit-unit.

Jika satu unit dalam susunan atau sistem mempunyai kapasitas cukup, governornya mungkin disetel pada penurunan nol (*zero droop*) dan ia akan mengatur frekuensi sistem seluruhnya.

Unit ini akan mengambil semua perubahan-perubahan beban dalam batas kapasitasnya dan mengontrol frekuensi jika kapasitasnya tidak dilebihi. *Frequence system* diatur dengan mengoperasikan pesinkronisasi governor yang mempunyai *zero droop*, demikian juga dengan pembagian beban antar unit-unit, dapat diselesaikan dengan pengoperasian pensinkron governor yang memiliki *zero droop*.

d)

Batasan beban

Kontrol batas beban (*load limit*) membatasi beban yang dapat diterima mesin dengan membatasi putaran poros hubungan siku-siku dari governor yang berakibat pada jumlah bahan bakar yang dipasok ke mesin. Kontrol ini dapat juga digunakan untuk mematikan mesin dengan memutarnya ke nol.

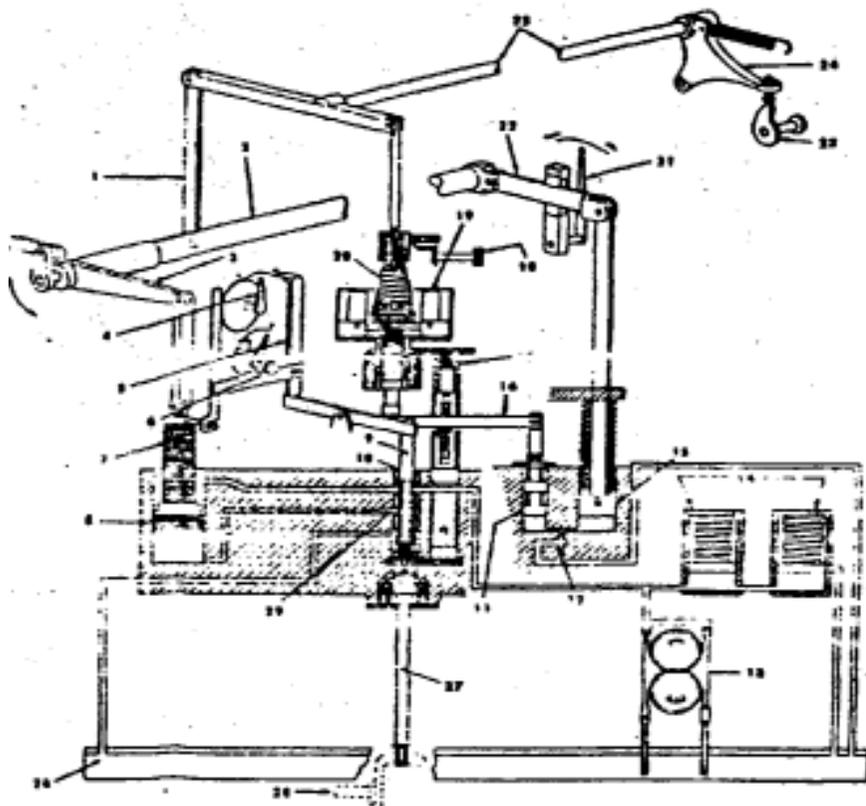
Peringatan: Jangan memaksa mesin secara manual berhubungan dengan kenaikan bahan bakar tanpa memutar terlebih dahulu kenop batas beban ke 10.

e) Penjelasan

Pada gambar V.11. yang merupakan diagram skematik, menunjukkan bagian-bagian penting dari sebuah governor. Diagram skematik menunjukkan sebuah governor kontrol dial UG 8 tanpa peralatan bantu.

Suatu servomotor tipe diferensial digunakan dalam governor ini. Di sana selalu terdapat tekanan penuh dari minyak akumulator di atas torak power 8 (tanpa melihat posisi torak) yang akan memutar poros sambungan 2 dalam arah menutup bahan bakar jika tidak ada tekanan (atau tekanan cukup rendah) pada bagian bawah torak.

Pilot valve 9 akan menyuplai tekanan minyak yang sama ini ke bagian bawah torak power 8 jika katup bergerak ke bawah. Dengan adanya perbedaan luas bagian atas dan bawah torak, suatu gaya yang lebih besar di bagian bawah akan kemudian menyebabkan gaya di atas torak yang akan menggerakkan memutar poros sambungan 2 ke arah penambahan bahan bakar.



Gambar V.11. Diagram skematik bagian-bagian penting governor

Keterangan gambar:

1. Hubungan untuk penyetelan jangkauan proporsional
2. Poros sambungan
3. Pengungkit (lever) power.
4. Indikator beban
5. Lengan batasan beban
6. Kenop batas beban
7. Rack bergigi pembatas

LARISPA
 LEMBAGA RISET PUBLIK
 PENELITIAN, PENGABDIAN MASYARAKAT, DAN SEKTOR PUBLIK

www.larispaco.id

8. Torak tenaga
9. Plunyer *pilot valve*
10. Bush *pilot valve*
11. Torak kompensasi penerima
12. Katup jarum kompensasi (katup umpan balik)
13. Pompa roda gigi
14. Akumulator minyak beban pegas
15. Torak kompensasi penerimaan
16. Pengungkit kompensasi melayang
17. Poros antara
18. Kenop pengaturan sinkronisasi
19. Pemberat layang
20. Pegas governor (pegas pengatur kecepatan)
21. Indikator pengaturan kompensasi beban dan indikator
22. Hubungan pengaturan kompensasi
23. Cam pengaturan *speed droop*
24. Pengungkit pengaturan *sp droop*
25. Poros
26. Tangki minyak
27. Poros penggerak
28. Poros pada mesin diesel
29. Lubang *pilot valve*.

Jika *pilot valve* digerakkan ke atas, bagian bawah torak akan terbuka dan berhubungan dengan tangki 26 sehingga mengurangi gaya yang ada di bagian bawah torak yang akibatnya gaya yang ada di atas torak akan lebih besar dari

pada gaya di bawah torak sehingga poros sambungan 2 akan berputar ke arah pengurangan jumlah bahan bakar.

f) Kenaikan beban

Naiknya beban di mesin diesel mengakibatkan suatu penurunan kecepatan putaran poros engkol. Bila putaran turun, pemberat layang 19 akan bergerak ke dalam yang menyebabkan pegas 20 menekan lengan governor ke bawah dan ujung kiri pengungkit kompensasi layang 16 juga ke bawah, yang menghasilkan sedemikian rupa sehingga *pilot valve* 9 bergerak ke bawah dan membuka lubang yang memberikan kesempatan tekanan minyak beraksi di bagian bawah torak 8.

Karena bagian bawah torak lebih besar daripada bagian atas, tekanan minyak akan menggerakkannya ke atas, memutar poros sambungan 2 ke arah penambahan bahan bakar ke mesin diesel. Jika itu terjadi, torak kompensasi penerima 15, bergerak ke bawah dan menekan torak kompensasi penerima 11 ke atas. Pegas di atas torak 11 ditekan dan menggerakkan pengungkit kompensasi layang 16 ke atas, yang mengakibatkan sedemikian rupa sehingga *pilot valve* 9 bergerak ke atas. Gerakan torak power 8, poros sambungan dan torak kompensasi penerima 11 dan *pilot valve* berlangsung sampai lubang 29 tertutup oleh *pilot valve*.

Segera setelah lubang tertutup, torak power dan poros pilot akan berhenti diposisi yang sesuai dengan penambahan bahan bakar yang dibutuhkan untuk menggerakkan poros engkol pada kecepatan selama kenaikan beban. Bilamana

poros engkol mesin telah mencapai kecepatan normalnya, pemberat layang dan pegas governor akan juga kembali ke posisi normalnya. Torak kompensasi penerima 11 dikembalikan ke posisi normalnya oleh pegas kompensasi pada kecepatan sama seperti pemberat layang, karena lubang katup tertutup oleh sorong.

Aliran minyak melalui katup jarum kompensasi 12 menunjukkan kecepatan di mana torak kompensasi penerima 11 kembali ke posisi normalnya. Torak power 8 dan poros governor 2 akan diam di suatu posisi yang sesuai dengan kenaikan penambahan bahan bakar ke mesin diesel sehingga dapat berputar normal pada penambahan beban.

g) Penurunan beban

Dengan mengangap beban pada mesin diesel turun, kecepatan putaran poros engkol akan naik dan pemberat layang 19 akan bergerak keluar mengangkat lengan governor dan ujung kiri pengungkit kompensasi layang 16.

Ini akan mengakibatkan pengangkatan *pilot valve* sedemikian rupa sehingga lubang sorong terbuka, dengan jalan mana bagian bawah torak power 8 terhubung dengan tangki 26 sehingga tekanan minyak di atas torak akan menekan torak ke bawah yang selanjutnya juga memutar poros sambungan 2 ke arah pengurangan jumlah bahan bakar untuk mesin diesel.

Secara pelan-pelan, sebagaimana torak power 8 bergerak ke bawah dan poros governor 2 diputar, torak kompensasi penerimaan akan bergerak ke atas dan membuat torak

kompensasi penerima 11 bergerak ke bawah, yang menghasilkan pegas kompensasi atas tertekan dan pengungkit layang 16 sebelah kanan dan *pilot valve* 9 akan turun. Gerakan torak power 8, torak-torak kompensasi dan *pilot valve* berlangsung sampai lubang di sorong tertutup.

Segera setelah lubang tertutup, torak power dan poros sambungan 2 akan berhenti pada posisi yang sesuai dengan pengurangan bahan bakar yang diperlukan untuk menjaga poros engkol pada kecepatan normal selama periode pengurangan beban.

Sebagaimana kecepatan poros engkol yang secara perlahan turun dan menjadi normal, pemberat layang 19 akan kembali ke posisi normal. Torak kompensasi penerima 11 kembali ke posisi normalnya oleh pegas kompensasi pada kecepatan sama seperti pemberat layang, mengakibatkan sedemikian sehingga lubang sorong tetap tertutup oleh sorong 9.

Aliran minyak melalui katup jarum kompensasi 12, menunjukkan kecepatan pada yang mana torak kompensasi penerima kembali ke posisi normalnya. Di akhir gerakan, pemberat layang, lengan governor, *pilot valve* dan torak kompensasi penerima akan kembali ke posisi normalnya dan torak power serta poros sambungan (governor) akan tetap diam di suatu posisi yang sesuai dengan penurunan bahan bakar yang diperlukan dalam menjaga kecepatan normal poros engkol selama penurunan beban.

Menurut kondisi pengoperasian nyata, urutan yang disebutkan di sini berlangsung hampir seketika itu. Uraian didasarkan pada perubahan kedepatan yang disebabkan perubahan beban. Urutan yang sama dari gerakan governor, bagaimanapun berlangsung jika dengan memutar kenop sinkronisasi 18 di governor, terdapat suatu perbedaan antara kecepatan putarannya atau dengan kecepatan putaran yang diatur.

C. RINGKASAN

1. Dalam melakukan pengendalian terselenggaranya udara penjalan yang siap pakai, kita jumpai komponen pesawat bantu yang saling berhubungan terutama antara kompresor, botol angin (*air receiver*) dan *electromotor* penggerak kompresor udara.
2. Sasaran yang dituju dalam sistem kontrol yang kita jumpai di udara penjalan adalah pengontrolan terhadap tekanan udara di botol angin, bekerja berdasarkan *on-off* dan *timer*.
3. Sasaran pokok sistem kontrol terhadap ketel bantu sama dengan ketel gas buang adalah:
 - a. level air ketel
 - b. tekanan uap
 - c. asap
4. Prosedur menjalankan ketel uap bantu dapat dilakukan jika semua persyaratan normal untuk beroperasinya sebuah ketel uap telah dipenuhi. Berlainan dengan sistem kontrol terhadap

udara penjalan, dalam sistem kontrol pada ketel uap telah kita jumpai *disturbance* baik dalam sistem uapnya maupun sistem air pengisian serta bahan bakarnya.

5. Dalam sistem kontrol pemanasan bahan bakar di *heater*, yang merupakan *loop* tertutup, kita jumpai *sensing element* dan regulator (*self regulator*) yang sudah harus bisa mengatur dirinya sendiri dalam mengantisipasi *external disturbance*.
6. Dalam sistem kontrol terhadap temperatur sistem pelumasan dan sirkulasi air tawar pendingin mesin juga kita jumpai peralatan-peralatan sensor, transmiter dan *controller* serta regulator termasuk juga sistem alarm.
7. Untuk sistem kontrol terhadap putaran, kita pilih pengaturan dari Woodward yang mengatur kecepatan putaran karena adanya perubahan beban Yang bekerja berdasarkan tekanan minyak.

D. PERTANYAAN ULANGAN.

1. Gambarkan secara skematik sistem kendali yang bekerja berdasarkan ON OFF sebagaimana yang anda jumpai untuk sasaran pengendalian tekanan di botol angin!
2. Sebutkan 3 sasaran utama dari sistem kontrol terhadap ketel bantu dan jelaskan cara perlakuan sistem kontrol tersebut!
3. Jelaskan cara menjalankan sebuah ketel uap bantu yang bekerja secara otomatis, dan jelaskan setiap langkah yang anda lakukan!

4. Gambar secara skematik dan sebutkan komponen serta jelaskan cara kerja dari sistem kontrol pemanasan bahan bakar!
5. Jelaskan apa yang dimaksud dengan *self regulator*!
6. Sebutkan lima faktor yang dapat menjadi gangguan eksternal dan mempengaruhi keseimbangan pada sistem kontrol pemanasan awal ball bakar!
7. Di manakan anda mengatur *set point* pada sistem kontrol pemanasan pada bahan bakar? Di mana pula untuk sistem kontrol terhadap kekentalan ball bakar!
8. Apa yang harus diperhatikan untuk menjaga agar Governor Woodward bekerja? Mengapa?

Catatan:

Apabila anda dapat menjawab seluruh pertanyaan di atas, maka anda telah dianggap mempunyai kemampuan memahami teknik kontrol dan melakukan pengontrolan terbatas sistem permesinan yang bekerja otomatis di kamar mesin dan pantas untuk mengikuti pembelajaran pendalaman teknik kontrol selanjutnya.

REFERENSI

_. 1985. *Teknik Kontrol Automatik Sistem Pengaturan*. Jilid 1.

_. 1994. *Kontrol Otomatik Teori dan Penerapan*.

Bolton, W. *Mechatronics, Electronic Control Systems in Mechanical Engineering*. Longman Scientific & Technical.

Gunterus, Frans. 1994. *Falsafah Dasar: Sistem Pengendalian Proses*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.

<https://thathit.wordpress.com/2010/01/29/kontroler-proporsional-plus-integral/>

Johannsen, Gunnar. *CONTROL SYSTEMS, ROBOTICS, AND AUTOMATION*. Vol XXI. Human Machine Interaction. Department of Mechanical Engineering, University of Kassel, Germany.

Kuo, B.J. (Terjemah). 1998. *Teknik Kontrol Automatik*. Jakarta: Erlangga.

Kuo, Benjamin C. 1987. *Automatic Control Systems*. 5th Edition. Prentice-Hall.

Ogata, Katsuhiko. *Teknik Kontrol Automatik*. Jilid 1, Erlangga

Phillips, C. L. dan Harbor, R.D. (Terjemah). 1996. *Sistem Kontrol Dasar*. Edisi 3. Jakarta: Erlangga.

Tugas jaga merupakan tugas wajib yang dilakukan di bagian mesin kapal niaga, baik oleh semua anak buah kapal bagian mesin, para perwira mesin/engineer officers (masinis) maupun juru minyak (oiler/oilman) dalam rangka mempertahankan kondisi permesinan kapal tetap pada kinerja yang optimal sesuai yang dikehendaki. Oleh karenanya, mereka semua harus memahami hakikat yang mereka lakukan, yaitu mengontrol atau mengendalikan kondisi permesinan sesuai dengan yang diinginkan agar di dalam melaksanakan tugas-tugasnya tidak mengalami hambatan yang dapat memengaruhi kinerja permesinan kapal.

Pada bahan ajar yang kami persembahkan, kami berusaha memberikan materi yang umumnya akan ditemukan pada aktivitas harian semua awak kapal, khususnya yang beroperasi pada kamar mesin terkait proses pengendalian, pengawasan, dan perhitungan yang matang untuk mencapai prosedur kerja permesinan bantu yang dioperasikan, baik secara semiotomatis maupun otomatis di atas kapal agar dapat bekerja prima, seperti pengelompokan jenis pengendalian, teknik pengukuran di atas kapal yang dilengkapi dengan uraian instrumen alat ukur yang umumnya digunakan di atas kapal, prosedur kerja pneumatik dan hidrolik sistem dan macam-macam instrumen telemetering dan respons sistem kontrol serta contoh-contoh sederhana aplikasi sistem pengendalian di atas kapal. Selain itu, bahan ajar ini juga dilengkapi dengan soal latihan sebagai indikator penguasaan materi oleh peserta didik atau pembaca. Kami berharap bahan ajar ini bermanfaat untuk pembaca, khususnya pengajar yang setiap harinya menghadapi problematik pembelajaran, terlebih kepada peserta didik yang menempuh pendidikan di sekolah-sekolah tinggi pelayaran jurusan Permesinan Kapal/Teknik atau Teknik Elektro Terapan di Atas Kapal.



Penerbit Larispa Indonesia

Jl. Sei Mencirim, Komp. Lalang Green Land I
Blok C No. 18, Payageli, Sunggal, Medan 20352
Telp : (061) 800 261 16
Email : Info@larispa.or.id



ISBN 978-602-6552-50-1

