

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Sistem Kontrol (PCS)

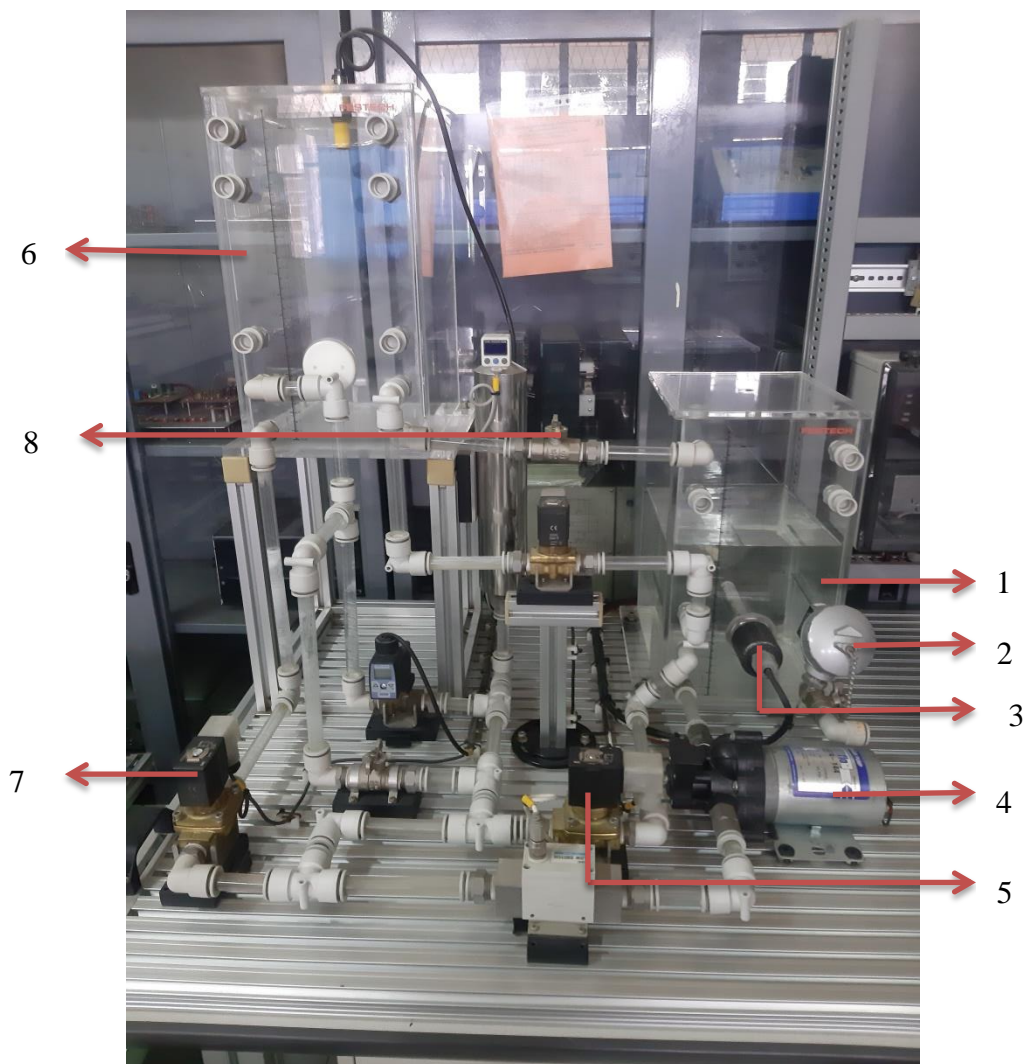
Sistem kontrol proses adalah sistem kontrol otomatis yang mengawasi pabrik dan peralatan terkait yang menggunakan sistem komputer dan mengontrol aliran proses untuk mempertahankan operasi terus menerus, terdiri dari sistem komputer, perangkat kontrol proses dan sistem antarmuka proses. Perangkat kontrol proses yaitu mengukur variabel proses dan melakukan kontrol melalui sinyal komputer, yaitu actuator, sensor, dll. Sedangkan proses sistem antarmuka yaitu sistem unit fungsional yang menghubungkan perangkat kontrol proses dan sistem komputer.

Sistem kontrol adalah proses pengaturan ataupun pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (*variabel, parameter*) sehingga berada pada suatu harga atau dalam suatu rangkuman harga (*range*) tertentu. Di dalam dunia industri, dituntut suatu proses kerja yang aman dan berefisiensi tinggi untuk menghasilkan produk dengan kualitas dan kuantitas yang baik serta dengan waktu yang telah ditentukan. Otomatisasi sangat membantu dalam hal kelancaran operasional, keamanan (investasi, lingkungan), ekonomi (biaya produksi), mutu produk, dll.

Ada banyak proses yang harus dilakukan untuk menghasilkan suatu produk sesuai standar, sehingga terdapat parameter yang harus dikontrol atau di kendalikan antara lain tekanan (*pressure*), aliran (*flow*), suhu (*temperature*), ketinggian (*level*), kerapatan (*intensity*), dll. Gabungan kerja dari berbagai alat-alat kontrol dalam proses produksi dinamakan sistem pengontrolan proses (*process control system*). Sedangkan semua peralatan yang membentuk sistem pengontrolan disebut pengontrolan instrumentasi proses (*process control instrumentation*). Dalam istilah ilmu kendali, kedua hal tersebut berhubungan erat, namun keduanya sangat berbeda hakikatnya. Pembahasan disiplin ilmu *Process Control Instrumentation* lebih kepada pemahaman tentang kerja alat



instrumentasi, sedangkan disiplin ilmu *Process Control System* mengenai sistem kerja suatu proses produksi. Pada gambar 2.1 merupakan alat Integrated Process Control FPCS-4ALL yang ada di Lab Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.



Gambar 2.1 Alat PCS (Process Control System)

(Sumber : Dokumen Penulis, 2019)

Keterangan Komponen-komponen pada alat Integrated Process Control FPCS-4ALL yaitu sebagai berikut:

1. Tangki I sebagai Tangki tempat proses heater memanaskan air dan pembacaan temperatur oleh RTD PT 100
2. Sensor RTD PT 100 sebagai sensor untuk pembacaan temperatur ($^{\circ}\text{C}$)



3. Heater (Elemen Pemanas) berfungsi untuk memanaskan air pada tangki I
4. Motor Pompa
5. Selenoid Valve 1
6. Tangki II
7. Selenoid Valve 2
8. Selenoid Valve 3

2.2 Prinsip Pengontrolan Proses

Ada 3 parameter yang harus diperhatikan sebagai tinjauan pada suatu sistem kontrol proses yaitu :

- a. Cara kerja sistem kontrol
- b. Keterbatasan pengetahuan operator dalam pengontrolan proses
- c. Peran instrumentasi dalam membantu operator pada pengontrolan proses

Empat langkah yang harus dikerjakan operator yaitu mengukur, membandingkan, menghitung, mengkoreksi. Pada waktu operator mengamati ketinggian *level*, yang dikerjakan sebenarnya adalah mengukur *process variable* (besaran parameter proses yang dikendalikan).

Contohnya proses pengontrolan temperatur *line fuel gas* secara manual, *proses variabelnya* adalah suhu. Lalu operator membandingkan apakah hasil pengukuran tersebut sesuai dengan apa yang diinginkan. Besar proses variabel yang diinginkan tadi disebut *desired set point*. Perbedaan antara *process variabel* dan *desired set point* disebut *error*.

Dalam sistem kontrol suhu di atas dapat dirumuskan secara matematis:

$$\mathbf{Error = Set Point - Process Variabel}$$

Process variabel bisa lebih besar atau bisa juga lebih kecil daripada *desired set point*. Oleh karena itu *error* bisa diartikan negatif dan juga bisa positif.



2.3 Sistem Kontrol Otomatis

Suatu sistem kontrol otomatis dalam suatu proses kerja berfungsi mengendalikan proses tanpa adanya campur tangan manusia (otomatis). Ada dua sistem kontrol pada sistem kendali/kontrol otomatis yaitu :

A. Open Loop (Loop Terbuka)

Suatu sistem kontrol yang keluarannya tidak berpengaruh terhadap aksi pengendalian. Dengan demikian pada sistem kontrol ini, nilai keluaran tidak di umpan-balikkan ke parameter pengendalian.



Gambar 2.2 Diagram Blok Sistem Pengendalian Loop Terbuka

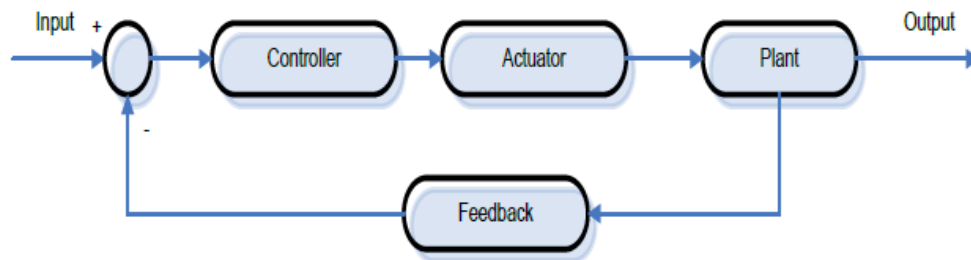
Sumber : <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/18172/3/Chapter%20II.pdf>
(Diakses Pada 27 Februari 2019)

B. Close Loop (Loop Tertutup)

Suatu sistem kontrol yang sinyal keluarannya memiliki pengaruh langsung terhadap aksi pengendalian yang dilakukan. Sinyal *error* yang merupakan selisih dari sinyal masukan dan sinyal umpan balik (*feedback*), lalu diumpankan pada komponen pengendalian (*controller*) untuk memperkecil kesalahan sehingga nilai keluaran sistem semakin mendekati harga yang diinginkan.

Keuntungan sistem loop tertutup adalah adanya pemanfaatan nilai umpan balik yang dapat membuat respon sistem kurang peka terhadap gangguan eksternal dan perubahan internal pada parameter sistem.

Kerugiannya adalah tidak dapat mengambil aksi perbaikan terhadap suatu gangguan sebelum gangguan tersebut mempengaruhi nilai prosesnya.



Gambar 2.3 Diagram Blok Sistem Kontrol Tertutup

Sumber : <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/18172/3/Chapter%20II.pdf>

(Diakses Pada 27 Februari 2019)

2.4 PID (*Proportional Integral Derivative*)

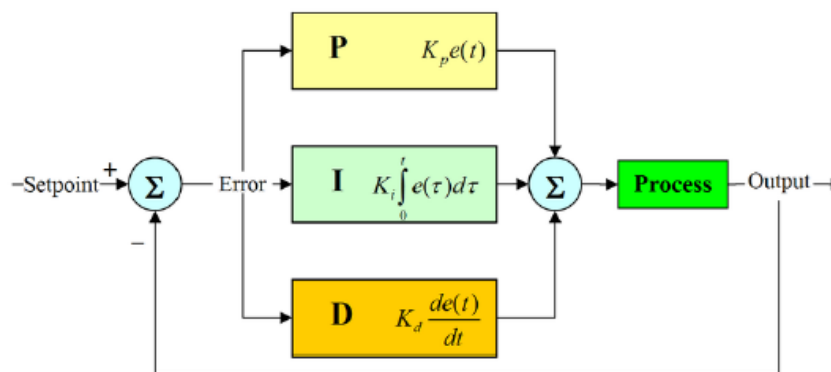
PID (*Proportional Integral Derivative*) *Controller* merupakan kontroler untuk menentukan kepresisian suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik / *feed back* pada sistem tersebut. Komponen PID terdiri dari 3 jenis, yaitu Proportional, Integratif, dan Derivatif. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri, tergantung dari respon yang kita inginkan terhadap suatu *plant* .

Lebih dari setengah abad, PID telah menjadi tulang punggung keberhasilan pengontrolan beragam variabel proses industri. Kontrol PID dapat dijumpai hampir pada setiap industri yang bergerak dalam bidang proses. Menurut sebuah survey dinyatakan bahwa 97 % industri yang bergerak dalam bidang tersebut menggunakan PID dalam pengontrolannya. Luasnya penggunaan kontrol PID pada dasarnya dilatarbelakangi beberapa hal, diantaranya

1. Kesederhanaan struktur kontrol: Selain hanya ada tiga parameter utama yang perlu diatur atau dilakukan usaha penalaan (*tuning*), pengaruh perubahan setiap parameter PID terhadap dinamika pengontrolan secara intuitive mudah dipahami oleh operator.
2. Kontrol PID memiliki sejarah yang panjang. Dalam hal ini PID telah digunakan jauh sebelum era digital berkembang (yaitu sekitar tahun 1930-an).



3. Kontrol PID dalam banyak kasus telah terbukti menghasilkan unjukkerja relative memuaskan, baik digunakan sebagai sistem Regulator (sistem kontrol dengan Setpoint konstan dan beban cenderung berubah-ubah) maupun sebagai sistem Servo (sistem kontrol dengan Setpoint yang berubah dan beban cenderung konstan).

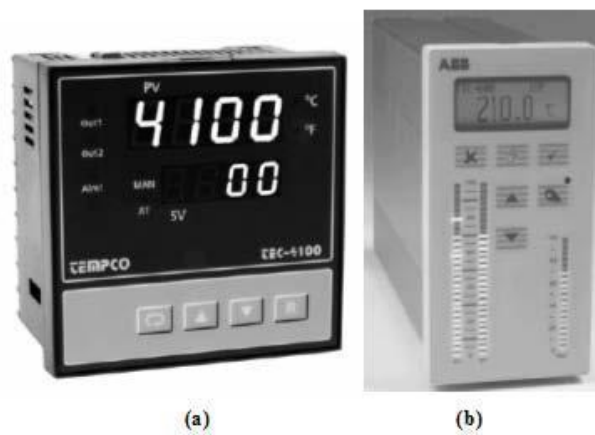


Gambar 2.4. Blok Diagram PID Controller

Sumber : <http://thesis.binus.ac.id/Asli/Bab2/2011-2-00660-%20SK%20Bab%202.pdf>
(Diakses Pada 1 Maret 2019)

Pada awal penggunaannya, strategi kontrol PID untuk tujuan kontrol proses industri umumnya diimplementasikan dengan menggunakan rangkaian elektronika analog, bahkan banyak diantaranya direalisasikan dengan menggunakan komponen mekanis dan pneumatis murni.

Seiring dengan perkembangan dunia digital (terutama microprocessor), dewasa ini PID dapat dijumpai dalam berbagai bentuk modul komersil, yaitu mulai dari sekedar modul PID untuk pengontrolan satu jenis variabel proses tertentu saja (*special purpose process controller*), sampai modul PID untuk tujuan pengontrolan beragam variabel proses (*general purpose process controller*) atau lebih dikenal dengan nama populer DCS-*Distributed Control System* (lihat gambar 2.1). Bahkan perkembangan terakhir, kontrol PID juga telah banyak ditanamkan pada sistem PLC - *Programmable Logic Controller*.



Gambar 2.5. (a) Modul Temperature Controller (*Special Purpose Process Controller*)-Produk Tempco Electric Corporation (b) General Purpose process Controller- Produk ABB

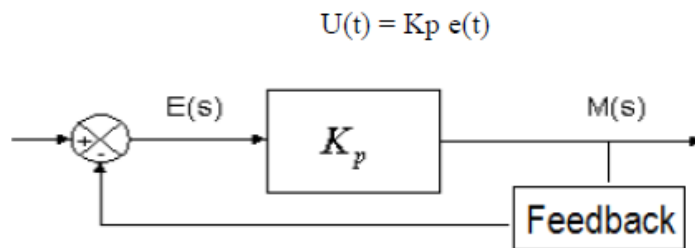
Selain diimplementasikan pada modul-modul kontroler seperti tersebut diatas, algoritma PID juga dapat dijumpai dalam berbagai peralatan yang memerlukan pengontrolan umpan balik kontinyu lainnya (misal peralatan autofokus kamera, servo antenna, pengatur kecepatan otomatis kendaraan, penjejak matahari dan sebagainya).

Ada 3 macam control PID yaitu control PI, PD, dan PID. PI adalah kontrol yang menggunakan komponen proporsional dan integratif. PD adalah kontrol yang menggunakan komponen proporsional dan derivatif. Dan PID adalah kontrol yang menggunakan komponen proporsional, integratif, dan derivatif.

2.4.1. Kontrol PI

1. Kontrol Proporsional

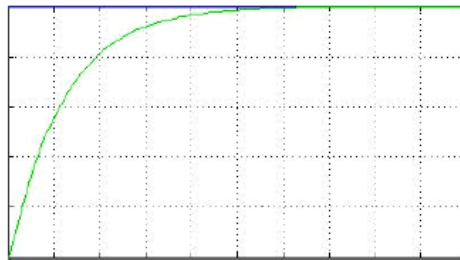
Kontroler merupakan sebuah penguat input sehingga hasil pada output tidak semakin menjadi kecil pada sebuah sistem. Output *proportional* adalah hasil perkalian antara konstanta proporsional dengan nilai error nya. Perubahan yang terjadi pada sinyal input akan menyebabkan sistem secara langsung mengubah output sebesar konstanta pengalinya.



Gambar 2.6. Blok Diagram KP

Sumber : <http://thesis.binus.ac.id/Asli/Bab2/2011-2-00660-%20SK%20Bab%202.pdf>
(Diakses Pada 1 Maret 2019)

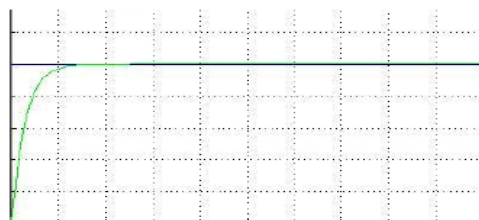
Jika nilai K_p kecil, controller proporsional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat.



Gambar 2.7. Nilai KP kecil

Sumber : <http://thesis.binus.ac.id/Asli/Bab2/2011-2-00660-%20SK%20Bab%202.pdf>
(Diakses Pada 1 Maret 2019)

Jika nilai K_p besar, respon sistem menunjukkan semakin cepat mencapai keadaan yang stabil, tetapi juga memungkinkan motor berputar diatas *set point*.



Gambar 2.8. Nilai KP besar

Sumber : <http://thesis.binus.ac.id/Asli/Bab2/2011-2-00660-%20SK%20Bab%202.pdf>
(Diakses Pada 1 Maret 2019)

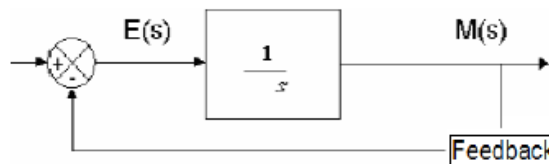


2. Kontrol Integratif

Kontroller *proporsional* tidak akan mampu menjamin output dari sistem akan menuju ke keadaan yang diinginkan kalau sebuah plant tidak memiliki unsur *integrator*. Pada controller *integral*, respon kepada sistem akan meningkat secara kontinu terus-menerus kecuali nilai error yang diintegrasikan dengan batasan atas t dan batasan bawah 0 (nol).

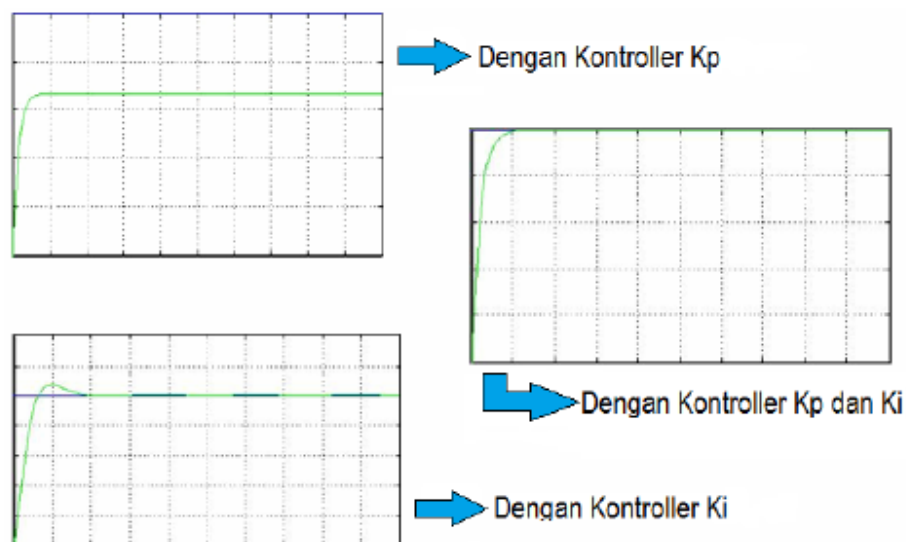
$$U(t) = K_i \int e(t) dt$$

Pada diagram blok controller integral, menunjukkan hubungan antara nilai error dengan output. Kontorller integral membantu menaikkan respon sehingga menghasilkan output yang diinginkan.



Gambar 2.9 Blok Diagram control integral

Sumber : <http://thesis.binus.ac.id/Asli/Bab2/2011-2-00660-%20SK%20Bab%202.pdf>



Gambar 2.10 Penggunaan Kp dan Ki

Sumber : <http://thesis.binus.ac.id/Asli/Bab2/2011-2-00660-%20SK%20Bab%202.pdf>
(Diakses Pada 1 Maret 2019)



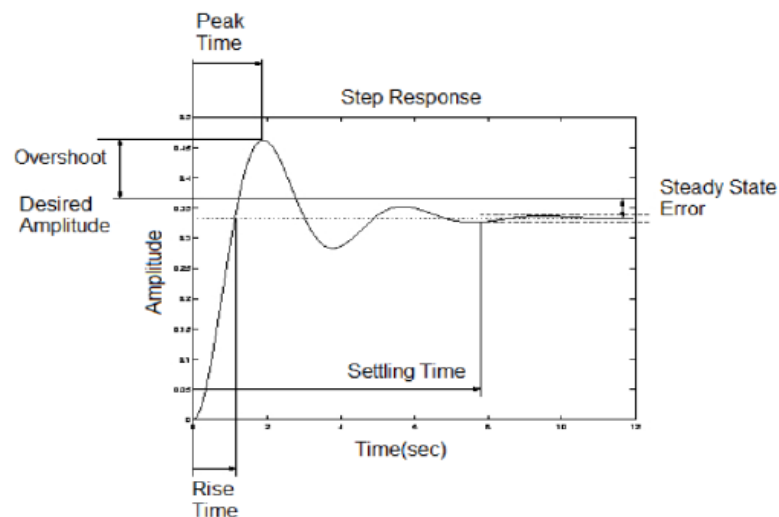
2.4.2. Parameter Kontrol PI

Ada beberapa parameter dalam menentukan suatu sistem *close loop*, yaitu *rise time*, *overshoot*, *settling time*, dan *steady state error*. *Rise time* adalah waktu yang dibutuhkan oleh *output plant* yang melebihi 90% dari tingkat yang diinginkan saat pertama kali sistem dijalankan. *Overshoot* adalah seberapa besar peak level lebih tinggi dari *steady state*, untuk membuat normal lagi *steady state*. *Settling time* adalah waktu yang dibutuhkan sistem untuk meng-konvergenkan *steady state*. *Steady state error* adalah perbedaan antara *steady state* output dengan output yang diinginkan.

Tabel 2.1 Pengaruh Kp dan Ki

| Respon | Rise Time | Overshoot | Settling Time | S-S Error |
|-----------|-----------|-----------|---------------|-----------|
| Kp | Turun | Naik | - | Turun |
| Ki | Turun | Naik | Naik | Hilang |

Kp berguna untuk mengurangi *rise time*. Sedangkan Ki berguna untuk menghapuskan *steady state error*.



Gambar 2.11 Respon Sistem

Sumber : <http://thesis.binus.ac.id/Asli/Bab2/2011-2-00660-%20SK%20Bab%202.pdf>
(Diakses Pada 1 Maret 2019)



2.5 Switching Power Supply

Switching power supply atau yang lebih dikenal dengan *switched mode power supply* (SMPS), adalah catu daya elektronika yang terdiri dari sebuah regulasi switching yang disediakan sesuai kebutuhan pada tegangan keluaran. Sebuah SMPS adalah daya pengubah yang meneruskan daya dari sebuah sumber untuk beban ideal tanpa rugi-rugi. Fungsi dari pengubah adalah untuk menyediakan tegangan keluaran pada level yang berbeda dibandingkan tegangan masukan.[6]



Gambar 2.12 Switching Power Supply

(Sumber: Dokumen Penulis, 2019)

Sebuah regulator linier mempertahankan tegangan keluaran yang dikehendaki dengan menghilangkan kelebihan daya pada rugi-rugi tahanan (misalnya, dalam sebuah resistor atau daerah kolektor-emitor dari transistor dalam modus aktif). Sebuah regulator linier mengatur keluaran baik tegangan atau arus dengan menghilangkan kelebihan daya listrik dalam bentuk panas sebaliknya, mode yang diaktifkan catu daya untuk mengatur keluaran baik tegangan ataupun arus dengan beralih unsur-unsur switching yang ideal. Seperti induktor dan kapasitor yang masuk dan keluar dari konfigurasi listrik yang berbeda *switching* ideal (misalnya, transistor dioperasikan di luar modus aktif).

Jika tidak memiliki tahanan ketika “tertutup” dan tidak membawa arus ketika “terbuka”. Sehingga secara teoritis konverter dapat beroperasi dengan efisiensi 100% (yaitu, semua input daya diberikan ke beban, dimana tidak ada daya



yang terhubung. Tegangan regulasi dihasilkan dengan cara men-switching transistor seri 'on' atau 'off'. Dengan demikian *duty cycle*-nya menentukan tegangan DC rata-rata. *Duty cycle* dapat diatur melalui *feedback* negatif. Feedback ini dihasilkan dari suatu komparator tegangan yang membandingkan tegangan DC rata-rata dengan tegangan referensi.

Regulator switching pada dasarnya mempunyai frekuensi yang konstan untuk men-switching transistor seri. Besarnya frekuensi switching tersebut harus lebih besar dari 20KHz agar frekuensi switching tersebut tidak dapat didengar oleh manusia. Frekuensi switching yang terlalu tinggi menyebabkan operasi *switching* transistor tidak efisien dan juga dibutuhkan inti ferrit yang besar atau yang mempunyai permeabilitas tinggi.

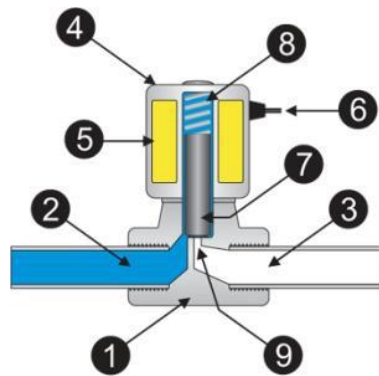
2.6 Solenoida Valve

Solenoid Valve atau katup listrik merupakan elemen *control* yang paling sering digunakan dalam suatu aliran fluida. Tugas mereka adalah *untuk shut off, release*, mengalirkan atau mencampurkan fluida. *Solenoid Valve* ditemukan di banyak area aplikasi dunia industri seperti *Oil & Gas, water, steam*, petrokimia, pengolahan limbah, dan sebagainya. *Solenoid Valve* bekerja secara *electromechanically* dimana mereka mempunyai kumparan (*coil*) sebagai penggeraknya. Ketika kumparan tersebut mendapatkan *supply* tegangan (AC atau DC) maka kumparan tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston (*plunger*) yang berada di dalamnya.



Gambar 2.13 Solenoid valve 12V DC

(Sumber: Dokumen Penulis, 2019)



Gambar 2.14 Struktur Fungsi Solenoid Valve

Sumber: www.solenoid-valve-info.com (diakses 9 Maret 2019)

Keterangan gambar :

1. Valve Body
2. Terminal Masukan
3. Terminal Keluaran
4. Koil *Solenoida*
5. Kumparan gulungan
6. Kabel suply tegangan
7. Plurger
8. Spring / Per
9. Lubang

Solenoida valve adalah katup yang digerakan oleh energi listrik, mempunyai kumparan sebagai penggeraknya yang berfungsi untuk menggerakkan piston yang dapat digerakan oleh arus AC maupun DC, *solenoida valve* atau katup *solenoida* mempunyai tiga lubang, lubang keluaran, lubang masukan dan lubang *exhaust*, lubang masukan, berfungsi sebagai terminal/tempat cairan masuk atau *supply*, lalu lubang keluaran, berfungsi sebagai terminal atau tempat cairan keluar yang dihubungkan ke beban, sedangkan lubang *exhaust*, berfungsi sebagai saluran



untuk mengeluarkan cairan yang terjebak saat piston bergerak atau pindah posisi ketika *solenoida valve* bekerja

Prinsip kerja dari *solenoida valve* yaitu katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggerakannya dimana ketika koil mendapat *supply* tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston pada bagian dalamnya ketika piston berpindah posisi maka lubang keluaran dari *solenoida valve* mempunyai tegangan mulai kerja di 12 VDC.

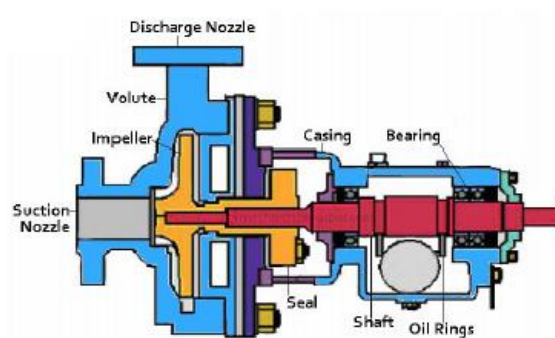
2.7 Pompa Air

Pompa air adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan (fluida) dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan (saluran) dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus. Berikut adalah tampilan fisik dan bagian-bagian pompa air yang disajikan dalam Gambar 2.15 dan Gambar 2.16



Gambar 2.15 Bentuk Fisik Pompa Air

(Sumber: Dokumen Penulis, 2019)



Gambar 2.16 Bagian-Bagian Pompa Air

(Sumber: <http://4mechtech.blogspot.com/2014/07/components-of-centrifugal-pump.html>
Diakses pada 30 Januari 2019)

Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*Suction*) dengan bagian keluar (*Discharge*). Perbedaan tekanan dihasilkan dari mekanisme misalkan putaran roda impeler yang membuat keadaan sisi masuk nyaris vakum. Perbedaan tekanan inilah yang mengisap cairan sehingga dapat berpindah dari suatu reservoir ke tempat lain. [7]

2.8 Pengenalan *LabVIEW*

LabVIEW adalah kependekan dari Workbench Rekayasa Instrumen Virtual Laboratorium yang dirancang oleh Dokter James Truchard, Dokter Jeff Kodosky, pendiri Perusahaan NI, dan teman mereka yang bernama Jack McRiessen. Ini pertama kali diterapkan pada komputer Macintosh asli pada Mei 1986, yang bahkan mendahului sistem operasi grafis Windows yang diluncurkan oleh Microsoft.

Program *LabVIEW* yang dikembangkan oleh NI Company terdiri dari tiga bagian fungsional utama: operasi fungsional dan tampilan grafik instrumen virtual; mendesain dan mengedit program latar belakang; pemilihan dan koneksi subprogram.

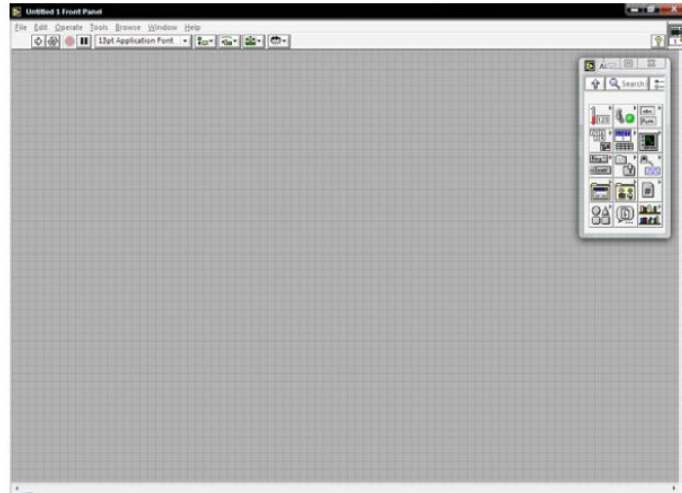
LabVIEW adalah sebuah *software* pemrograman yang diproduksi oleh National *instruments* dengan konsep yang berbeda. Seperti bahasa pemrograman



lainnya yaitu C++, matlab atau *Visual basic* , LabVIEW juga mempunyai fungsi dan peranan yang sama, perbedaannya bahwa labVIEW menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau blok diagram sementara bahasa pemrograman lainnya menggunakan basis text. Program labVIEW dikenal dengan sebutan Vi atau *Virtual instruments* karena penampilannya dan operasinya dapat meniru sebuah *instrument*. Pada labVIEW, *user* pertama-tama membuat *user interface* atau *front panel* dengan menggunakan *control* dan indikator, yang dimaksud dengan kontrol adalah *knobs*, *push buttons*, *dials* dan peralatan input lainnya sedangkan yang dimaksud dengan indikator adalah *graphs*, LEDs dan peralatan *display* lainnya. Setelah menyusun *user interface*, lalu *user* menyusun blok diagram yang berisi kode-kode VIs untuk mengontrol *front panel*. *Software* LabVIEW terdiri dari empat komponen utama, yaitu :

2.8.1 Front Panel

Front panel adalah bagian *window* yang berlatar belakang abu-abu serta mengandung *control* dan indikator. *front panel* digunakan untuk membangun sebuah VI, menjalankan program dan *mendebug* program. Panel depan adalah bagian yang sangat penting dari instrumen virtual. Tidak peduli operasi perangkat lunak, input, output, atau hasil. Semua ini tergantung pada antarmuka grafis virtual dari panel depan, yang memungkinkan interaksi nyata antara komputer dan pengguna. Tampilan dari *front panel* dapat di lihat pada Gambar 2.17



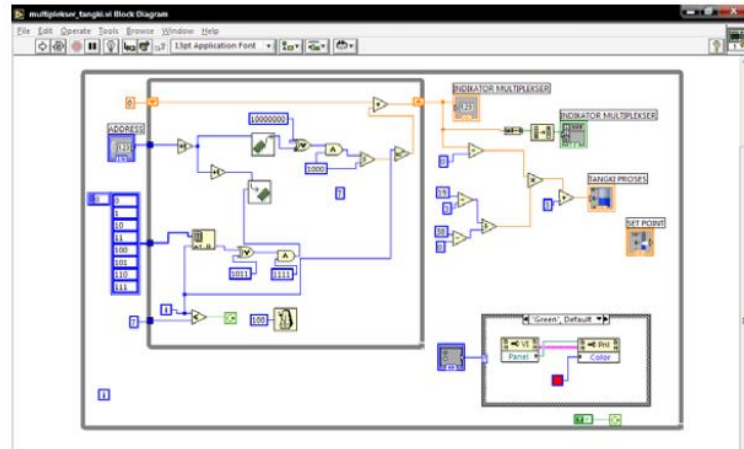
Gambar 2.17 Front Panel

(Sumber: Hongji Yu, *Temperature Control PID By LabVIEW*. 2014)

2.8.2 Blok diagram dari Vi

Flowchart, yang merupakan panel belakang program, menyadari desain fungsi perangkat lunak. Ini termasuk akuisisi sinyal kontrol, keseluruhan arsitektur perangkat lunak, perhitungan dan sebagainya. Dengan mengedit program panel belakang, ikon program panel belakang adalah sesuai dengan program kontrol panel depan. Hanya beberapa fungsi bawaan dan bingkai program yang berjalan di latar belakang secara independen.

Blok diagram adalah bagian *window* yang berlatar belakang putih berisi *source code* yang dibuat dan berfungsi sebagai instruksi untuk *front panel*. Tampilan dari blok diagram dapat dilihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Blok Diagram

(Sumber: Hongji Yu, *Temperature Control PID By LabVIEW*. 2014)

2.8.3 Panel Operasi LabVIEW

Untuk membuat operasi pengguna lebih nyaman, LabVIEW menyediakan tiga set panel operasi berbeda yang secara tepat mengklasifikasikan berbagai jenis modul fungsional. Pengguna dapat dengan mudah memilih salah satu dari ketiganya dalam kebutuhan mereka sendiri, yang meliputi:

1. Tools Palette

Tools Palette akan menyediakan alat penyesuaian dan modifikasi untuk LabVIEW termasuk pemilihan ikon, debugging program, kontrol teks, modifikasi warna panel depan dan sebagainya. Setelah pengguna mengklik salah satu ikon fungsi, penunjuk tetikus akan berubah menjadi ikon yang berarti fungsi yang bersangkutan akan diaktifkan. Untuk memilih fungsi apa pun di palet alat dengan menggunakan pilihan default juga tersedia.

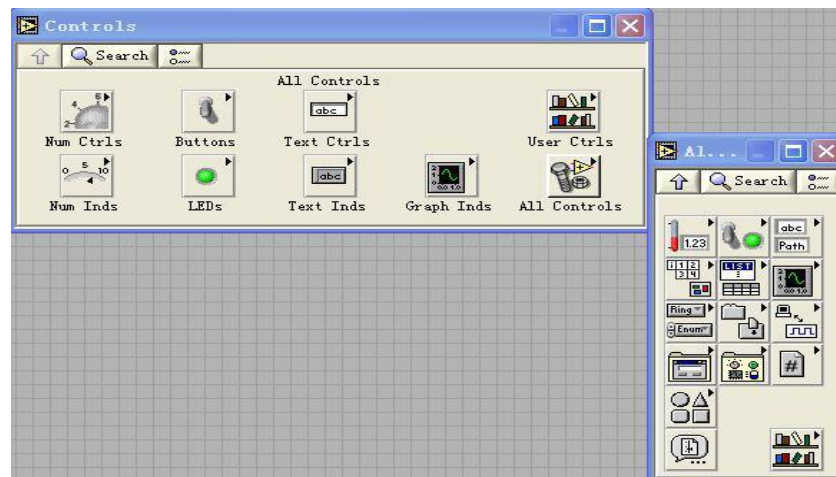


Gambar 2.19 Palet Alat LabVIEW

(Sumber: Hongji Yu, *Temperature Control PID By LabVIEW*. 2014)

2. Control Palette

Palet ini terutama menambahkan berbagai saklar kontrol virtual dan VIO ke panel depan. Pengguna tidak hanya dapat menambahkan ikon kontrol virtual yang sesuai sesuai dengan target dan akurasi program desain yang berbeda, tetapi juga mempercantik antarmuka interaktif dengan menggunakan palet ini.



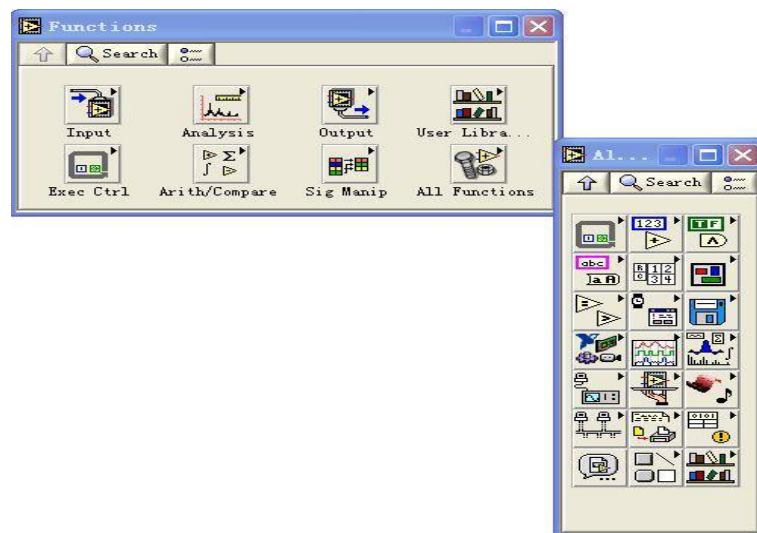
Gambar 2.20 Palet Kontrol LabVIEW

(Sumber: Hongji Yu, *Temperature Control PID By LabVIEW*. 2014)



3. Functions Palette

Palet fungsi adalah alat untuk mengatur program diagram alur, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Setiap ikon lapisan atas pada palet mewakili palet bawahan. Palet fungsi mencakup semua modul fungsi program penting. Ini termasuk modul operasi dasar, sinyal modul pemrosesan dan modul interaksi perangkat keras. Ini ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.21. Functions Palette LabVIEW

(Sumber: Hongji Yu, *Temperature Control PID By LabVIEW*. 2014)

Istilah-istilah penting yang harus diketahui dalam pemrograman LabVIEW adalah sebagai berikut.

1. G : dari kata “*Graphical*” merupakan sebutan untuk bahasa pemrograman LabVIEW yang menggunakan kode berbentuk grafik
2. VI : dari kata “*Virtual Instruments*” merupakan sebutan untuk program yang dibuat dengan LabVIEW.
3. Sub VI : sebagian besar kode program di LabVIEW adalah subVI. SubVI ini sama seperti subrutin dalam bahasa pemrograman teks, yaitu sebuah VI didalam VI. SubVI ini berbentuk ikon, atau kotak kecil dengan gambar yang



unik di dalamnya, dengan kaki input berada di sebelah kiri dan kaki output berada disebelah kanan.

4. Front Panel: adalah tampilan program. Objek-objek pada jendela ini akan terlihat oleh pengguna saat program dijalankan. Objek-objek pada Front Panel ini, akan secara otomatis memiliki representasi ikon di blok diagram, khususnya untuk objek-objek yang membawa data, baik data yang masuk dari pengguna ke program maupun data yang keluar dari program ke pengguna.
5. Blok Diagram: adalah tempat pembuatan program. jendela ini tidak akan terlihat oleh pengguna saat program dijalankan. Pembuatan program di sini dilakukan dengan cara menempatkan beberapa node dan meghubungkan satu sama lain.
6. Node: adalah semua objek di jendela Blok Diagram yang memiliki input/output dan melakukan operasi tertentu ketika dijalankan termasuk didalam subVI, terminal, struktur, dan fungsi.
7. Terminal: adalah ikon-ikon di blok diagram yang mewakili objek objek di Front Panel, dimana objek-objek tersebut membawa data baik data yang masuk dari pengguna ke program, maupun data yang keluar dari program pengguna. Contoh terminal adalah Control dan Indikator.
8. Control: adalah semua objek di Front Panel yang memasukkan data dari pengguna ke program. Disebut juga Terminal Input. Contoh Control adalah knob, tombol, saklar dan alat input lainnya.
9. Indicator: adalah semua objek di Front Panel yang mengeluarkan atau menampilkan data dan program ke pengguna. Disebut juga Terminal Output. Contoh Indikator adalah grafik dan LED
10. Struktur: adalah semua bentuk alur pemrograman, seperti perulangan, percabangan, urutan, dan lain-lain. contoh struktur ini adalah For Loop, While Loop, Sekuensial, Case.
11. Fungsi: adalah semua kode-kode dasar yang telah disediakan untuk membuat subVI. Contoh fungsi adalah seperti add, substract.



12. Wire: atau kawat, digunakan untuk menghubungkan ikon-ikon, sekaligus untuk menunjukkan aliran data dan tipe data.
13. Pemrograman Dataflow: yaitu konsep pemrograman yang akan mengeksekusi node ketika semua inputnya telah tersedia. Ketika node ini telah selesai dieksekusi, maka data akan diteruskan dari output node tersebut ke node berikutnya.

2.9 RTD (*Resistance Temperature Detector*)

RTD yang merupakan singkatan dari Resistance Temperature Detector adalah sensor suhu yang pengukurannya menggunakan prinsip perubahan resistansi atau hambatan listrik logam yang dipengaruhi oleh perubahan suhu. RTD adalah salah satu sensor suhu yang paling banyak digunakan dalam otomatisasi dan proses kontrol.



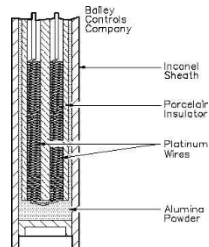
Gambar 2.22 RTD

(Sumber : Dokumen Penulis. 2019)

Pada tipe elemen *wire-wound* atau tipe standar, RTD terbuat dari kawat yang tahan korosi, yang dililitkan pada bahan keramik atau kaca, yang kemudian ditutup dengan selubung probe sebagai pelindung. Selubung probe ini biasanya terbuat dari logam inconel (logam dari paduan besi, chrom, dan nikel). Inconel dipilih sebagai selubung dari RTD karena tahan korosi dan Ketika ditempatkan dalam medium cair atau gas, selubung inconel cepat dalam mencapai suhu medium tersebut. Antara kawat RTD dan selubung juga terdapat keramik



(porselen isolator) sebagai pencegah hubung pendek antara kawat platina dan selubung pelindung. Perhatikan gambar dibawah ini.



Gambar 2.23 Posisi Kawat RTD dan Selubung Inconel

Sumber : <http://unnes.ac.id/Pengertian-dan-prinsip-kerja-sensor-rtd-resistance-temperature-detector/>)

Sedangkan jenis logam untuk kawat dari RTD umumnya adalah platina. Kawat RTD biasanya juga terbuat dari tembaga dan nikel. Namun platina adalah bahan yang paling umum digunakan, karena memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dan rentang suhu yang lebih luas.

Kelebihan dan kekurangan RTD bila dibandingkan dengan Thermocouple adalah sebagai berikut:

1. Rentang pengukuran: RTD dapat mengukur suhu hingga 1000° C, akan tetapi sulit mendapatkan pengukuran yang akurat dari RTD dengan suhu diatas 400° C. Termokopel dapat mengukur suhu sampai 1700° C. Umumnya RTD digunakan pada suhu dibawah 850° C, dan bila suhu diatas 850° C biasanya menggunakan termokopel. Pengukuran suhu di industri biasanya 200° C sampai 400° C, sehingga RTD mungkin menjadi pilihan terbaik dalam kisaran suhu tersebut.
2. Waktu respon (response time): RTD mempunyai respon yang cepat terhadap perubahan suhu akan tetapi kemampuan termokopel dalam merespon suhu jauh lebih cepat.
3. Getaran (vibration): termokopel tidak terpengaruh terhadap getaran, sedangkan RTD terpengaruh bila ada getaran atau guncangan, sehingga bila RTD diperlukan maka RTD thin-film biasa digunakan karena RTD



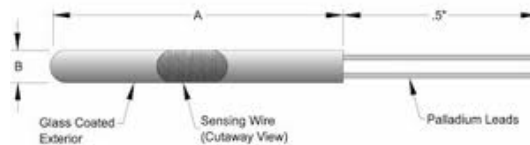
thin-film lebih tahan terhadap getaran bila dibandingkan dengan RTD standar.

4. Pemanasan sendiri (self-heating): sebuah RTD terdiri dari kawat atau pelapis yang sangat halus dan membutuhkan tegangan dari power supply, sedangkan termokopel tidak memerlukan. Meskipun arus yang diperlukan hanya sekitar 1 mA sampai 10 mA, hal ini dapat menyebabkan elemen platina RTD “memanas”. Sehingga mempengaruhi tingkat akurasi pengukuran. Hal ini mungkin terjadi bila kabel ekstensi panjang digunakan, sehingga daya yang lebih besar mungkin diperlukan untuk mengatasi hambatan atau resistansi kabel, dan hal ini mengakibatkan masalah pemanasan sendiri (self-heating) meningkat.
5. Akurasi pengukuran: secara umum RTD lebih akurat daripada termokopel. RTD menghasilkan akurasi hingga $0,1^{\circ}$ C sedangkan termokopel hanya 1° C.
6. Stabilitas: stabilitas jangka panjang dari RTD sangat baik, yang berarti pembacaan yang akan berulang dan stabil dalam waktu yang lama. Sedangkan termokopel cenderung tidak stabil karena EMF yang dihasilkan oleh termokopel dapat berubah dari waktu ke waktu karena oksidasi, korosi, dan perubahan lain dalam sifat metalurgi dari elemen sensor atau penginderaan.
7. Harga: meskipun ini bukan masalah teknis tapi mungkin ini penting, termokopel memiliki harga yang jauh lebih murah daripada RTD.

2.9.1 Konfigurasi Element Sensor RTD

1. Wire Wound

Seperti yang dijelaskan pada sebelumnya, wire-wound merupakan tipe elemen yang terdiri dari kumparan kawat logam (platina) yang melilit keramik atau kaca, yang ditempatkan atau ditutup dengan selubung probe sebagai pelindung.

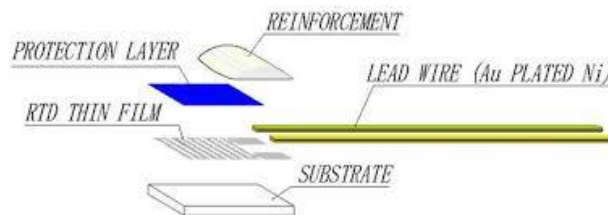


Gambar 2.24 Konfigurasi *Wire Wound*

(Sumber : <http://unnes.ac.id/Pengertian-dan-prinsip-kerja-sensor-rtd-resistance-temperature-detector/>)

2. *Thin-film*

Thin-film merupakan tipe elemen RTD yang terdiri dari lapisan bahan resistif yang sangat tipis (umumnya platina), yang diletakkan pada substrat keramik yang kemudian dilapisi dengan epoxy atau kaca sebagai segel atau pelindungnya.



Gambar 2.25 Konfigurasi *Thin-film*

(Sumber : <http://unnes.ac.id/Pengertian-dan-prinsip-kerja-sensor-rtd-resistance-temperature-detector/>)

2.9.2 Konfigurasi Koneksi Kabel

RTD memiliki 3 macam konfigurasi koneksi kabel yaitu: *2 wire*, *3 wire*, dan *4 wire* RTD. Sama halnya seperti platina, Tembaga (kabel) juga memiliki nilai resistansi. Resistansi sepanjang kabel tembaga ini dapat berdampak pada pengukuran resistansi yang dilakukan oleh instrumen alat ukur. RTD 2 kabel (*2 wire*) praktis tidak memiliki perhitungan resistansi yang terkait dengan kabel tembaga, sehingga mengurangi keakuratan pengukuran elemen sensor suhu RTD. Akibatnya RTD *2 wire* umumnya hanya digunakan untuk kebutuhan pengukuran suhu perkiraan saja.



RTD 3 kabel (3 *wire*) adalah spesifikasi yang paling umum yang biasa digunakan pada aplikasi-aplikasi di industri. RTD 3 *wire* menggunakan rangkaian pengukuran jembatan wheatstone untuk mengkompensasi nilai resistansi kabel. Dalam konfigurasi RTD 3 *wire* ini, kabel “A” dan “B” harus memiliki kedekatan atau panjang yang sama. Panjang kabel ini sangat berarti karena tujuan dari jembatan wheatstone adalah untuk membuat impedansi dari kabel A dan B. Dan kabel C berfungsi sebagai pembawa arus yang sangat kecil.

RTD 4 kabel (4 *wire*) adalah konfigurasi yang paling akurat dari yang lainnya. Karena dalam RTD 4 kabel ini dapat sepenuhnya mengkompensasi resistansi dari kabel, tanpa perlu memberikan perhatian khusus pada panjang masing – masing kabel.

2.9.3 RTD PT 100

PT100 merupakan salah satu jenis sensor suhu yang terkenal dengan keakurasiannya. PT100 termasuk golongan RTD (Resistance Temperature Detector) dengan koefisien suhu positif, yang berarti nilai resistansinya naik seiring dengan naiknya suhu. PT100 terbuat dari logam platinum. Oleh karenanya namanya diawali dengan ‘PT’.

Disebut PT100 karena sensor ini dikalibrasi pada suhu 0°C pada nilai resistansi 100 ohm. Ada juga PT1000 yang dikalibrasi pada nilai resistansi 1000 ohm pada suhu 0°C. Menurut keakurasiannya, terdapat dua jenis PT100, yakni Class-A dan Class-B. PT100 Class-A memiliki akurasi $\pm 0,06$ ohm dan PT100 Class-B memiliki akurasi $\pm 0,12$ ohm. Keakurasiannya ini menurun seiring dengan naiknya suhu. Akurasi PT100 Class-A bisa menurun hingga $\pm 0,43$ ohm ($\pm 1,45^\circ\text{C}$) pada suhu 600°C, dan PT100 Class-B bisa menurun hingga $\pm 1,06$ ohm ($\pm 3,3^\circ\text{C}$) pada suhu 600°C. Nilai Platinum menunjukkan koefisien resistansi suhu 0,00385 ohm / °C berdasarkan DIN (Standard Eropa). Pengukuran nilai resistansi tersebut dapat dibuktikan melalui rumus berikut.



$$R_t = R_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Keterangan:

R_t = Tahanan listrik pada temperature $t^{\circ}\text{C}$ (ohm)

R_0 = Tahanan listrik pada temperature 0°C (ohm)

α = Koefisien Suhu (0,00385 pada platinum)

ΔT = Selisih antara temperature akhir dan awal ($^{\circ}\text{C}$)



Gambar 2.26 RTD PT100

(Sumber : Dokumen Penulis. 2019)

2.10 Heater

Electrical Heating Element (elemen pemanas listrik) banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, baik di dalam rumah tangga ataupun peralatan dan mesin industri. Bentuk dan typedari Electrical Heating Element ini bermacam macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan di panaskan. Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (Resistance Wire). Biasanya bahan yang digunakan adalah niklin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan. Ada 2 macam jenis utama elemen pemanas listrik yaitu :

1. Elemen pemanas listrik bentuk dasar, yaitu elemen pemanas dimana Resistance Wire hanya dilapisi oleh isolator listrik, macam-macam elemen



pemanas bentuk ini adalah : Keramik Heater, Silica Dan Quartz Heater, Bank Channel heater, Black Body Keramik Heater.

2. Elemen pemanas listrik bentuk lanjut, merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam sebagai penyesuaian terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan adalah : mild steel, stainless steel, tembaga dan kuningan. Heater yang termasuk dalam jenis ini adalah: Tubular Heater, Catridge Heater Band, Nozzle & Stripe Heater. Berikut ini elemen pemanas (heater) sesuai dengan jenis dan bentuknya.

Heater merupakan salah satu jenis dari Heat Exchanger yang berfungsi untuk memanaskan. Heater adalah suatu objek yang memancarkan atau menyebabkan suatu bagian badan yang lain menerima temperatur yang lebih tinggi. Dikehidupan sehari-hari atau rumah tangga dan domestik, heater biasanya digunakan untuk menghasilkan panas.

Pada elektronik, bagian yang seperti filamen di dalam vacuum tube yang memanaskan katoda untuk membantu emisi termionik dari elektron. Elemen katoda harus mencapai temperatur yang dibutuhkan supaya tube berfungsi sebagaimana mestinya. Hal ini mengapa alat-alat elektronik lama sering memerlukan waktu untuk pemanasan setelah dihidupkan.

Katoda heater adalah coil atau filamen digunakan untuk memanaskan katoda di vacuum tube atau cathode ray tube sebelum transistor dan di sekelilingnya yang terintegrasi dihubungkan, peralatan elektronik menggunakan vacuum tube untuk menghidupkan elemen-elemennya.

Tipe sederhana dari vacuum tube beroperasi sebagai dioda, yang hanya memberikan aliran ke satu arah saja. Katoda heater digunakan untuk menaikkan temperature dari katoda filamen mengizinkan terjadinya emisi termionik dari elektron ke dalam tube yang terevaluasi. Elemen lain selain tube adalah "plate" atau "anoda". Jika anoda bermuatan positif berhubungan dengan katoda, elektron



yang terpancar akan menariknya, dan arus akan mengalir. Ini menunjukkan bahwa karakteristik dari anoda sebagai arus yang mengalir dengan arah yang berlawanan adalah tidak mungkin (anoda tidak dipanasi, mencegah emisi termionik).

Heater menambahkan energi panas ke aliran fluida yang melewatinya. Hal ini bisa menyebabkan fluida berubah fase. Heater bisa diartikan boiler, superheater, reheater, ruang pembakaran, atau suatu reaktor nuklir. Air Preheater atau air heater adalah bagian umum untuk menjelaskan beberapa alat yang didesain untuk memanaskan udara sebelum proses lainnya (seperti contoh pembakaran di boiler) dengan objek primer dari peningkatan efisiensi termal proses. Alat ini bisa digunakan tersendiri atau menggantikan steam coil.

Secara khusus, pembakaran air heater yang digunakan pada boiler besar ditemukan di Thermal Power Stations yang menghasilkan energi elektrik (electric power) seperti dari biomassa, fosil fuel.

Tujuan dari preheater adalah untuk recovery panas dari boiler (flue gas) dimana meningkatkan efisiensi termal dari boiler dengan mengurangi penggunaan panas yang hilang (heat lost) pada flue gas. Konsekuensinya, flue gas juga mengirimkan atau mengeluarkan flue gas stack (atau chimney) pada temperatur yang rendah, memperbolehkan penyederhanaan desain dari saluran dan flue gas stack. Memperbolehkan pengontrolan kenaikan temperatur dari gas-gas yang meninggalkan stack.