

**PENGONTROLAN KETINGGIAN AIR PADA PROSES  
DISTILASI AIR LAUT MENGGUNAKAN YOKOGAWA DCS  
CENTUM VP**

**SKRIPSI  
TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK KONTROL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**AVIF AULIA RACHMAN**

**NIM. 125060300111041**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2016**

**LEMBAR PERSETUJUAN**  
**PENGONTROLAN KETINGGIAN AIR PADA PROSES**  
**DISTILASI AIR LAUT MENGGUNAKAN YOKOGAWA DCS**  
**CENTUM VP**

**SKRIPSI**  
**TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK KONTROL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**AVIF AULIA RACHMAN**

**NIM. 125060300111041**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Dr. Ir. Erni Yudaningtvas, M.T.**

**Goegoes Dwi Nusantoro, S.T., M.T.**

**NIP. 19650913 199002 2 001**

**NIP. 19711013 200604 1 001**

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 26 Mei 2016

Mahasiswa,

**AVIF AULIA RACHMAN**

**NIM. 125060300111041**





## RINGKASAN

**Avif Aulia Rachman**, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2016, Pengontrolan Ketinggian Air pada Proses Distilasi Air Laut Menggunakan Yokogawa DCS Centum VP, Dosen Pembimbing: Erni Yudaningtyas dan Goegoes Dwi Nusantoro.

Distilasi merupakan proses pemisahan suatu campuran yang terdiri atas dua atau lebih jenis cairan melalui proses pemanasan yang kemudian hasil uapnya dikondensasikan kembali menjadi zat cair. Distilasi air laut diperlukan untuk merubah air laut menjadi air tawar. Pengontrolan ketinggian air pada proses distilasi air laut digunakan untuk menjaga agar air laut pada tangki evaporator tidak habis akibat pemanasan terus menerus. Pengontrol yang digunakan yaitu *Distributed Control System* (DCS) yang merupakan pengembangan teknologi pengontrolan untuk skala plant yang besar karena memiliki keunggulan sistem pengontrolan yang terdistribusi, *maintenance* dan *troubleshooting* lebih mudah. Metode pengontrolan yang digunakan untuk mengontrol ketinggian air yaitu dengan menggunakan metode pengontrolan *on-off* yang dilakukan oleh DCS.

**Kata kunci:** Distilasi, Evaporator, DCS, Kontroler *On-Off*



## SUMMARY

**Avif Aulia Rachman**, *Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, May 2016, Water-Level Control on Sea Water Distillation Process Using Yokogawa DCS Centum VP, Supervisor: Eni Yudaningtyas and Goegoes Dwi Nusanthro.*

*Distillation is compound separation process that consists of two or more kinds of liquid by heating process that the steam results condensed become liquid again. Sea water distillation required to change the sea water into the fresh water. Water-level controlling on sea water distillation used for keep the sea water on evaporator tank doesn't run out because of the continuously heating process. Controller that being used is Distributed Control System (DCS) that was controlling technology development for big plant because it has distributed of excellence control system, easier maintenance and troubleshooting. Controlling metode that being used to control the water-level is on-off controlling that is done by the DCS.*

**Keywords:** *Distillation, Evaporator, DCS, On-Off Controller*



## PENGANTAR

*Bismillahirrohmanirrohim.* Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengontrolan Ketinggian Air Pada Proses Distilasi Air Laut Menggunakan Yokogawa DCS Centum VP” dengan baik. Tak lepas shalawat serta salam tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi suri tauladan bagi yang mengharapkan rahmat dan hidayah-Nya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Allah SWT yang telah memberikan kelancaran, kemudahan dan hidayah-Nya.
- Keluarga tercinta, kedua orang tua M. Sayadi dan Hasunah yang selalu memberikan kasih sayang dan doanya yang tiada akhir. Kakak tercinta Ijul, Nunub dan Owi serta adik tercinta Intan dan Akmal yang selalu memberikan dukungan.
- Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya
- Bapak Ali Mustofa, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya
- Ibu Dr. Ir. Erni Yudaningsy, MT. selaku Ka. Lab Sistem Kontrol sekaligus sebagai dosen pembimbing yang telah banyak memberikan kesempatan, nasehat, pengarahan, motivasi, saran dan masukan yang telah diberikan.
- Bapak Goegoes Dwi Nusantoro, ST., MT. sebagai dosen pembimbing yang telah banyak memberikan kesempatan, nasehat, pengarahan, motivasi, saran dan masukan yang telah diberikan.
- Cindy Lupita Novia Rizky , terima kasih atas waktu, pengertian, semangat, bantuan dan kesabarannya yang telah diberikan.



- Laboratorium Sistem Kontrol Teknik Elektro Universitas Brawijaya atas segala alat serta sarana dan prasarana yang dimanfaatkan penulis dalam melakukan penelitian.
- Pranata Laboratorium, Mbak Eka dan Keluarga besar asisten Laboratorium Sistem Kontrol, Mas Tesu, Mas Zai, Mas Rozi, Mas Mirza, Mas Dimas, Mas Emon, Mas Azri, Andri, Faris, Indrut, Dennis, Hilmy, Suro, Yudha A, Ana, Diana, Rifan, Yudha N, Rony, Iqbal dan Zaini terima kasih telah memberikan banyak bantuan, dukungan dan canda tawa.
- Teman-teman kontrakan Ghani, Ari, Eja, Bagus, Lucky, Jundi terima kasih telah banyak memberikan kenangan yang indah diperingatan ini.
- Teman-teman Elektro Afif, Valdy, Pujo, Aden, Fathur, Yudo, Fatah, Hendro, Adhi terima kasih telah banyak memberikan kenangan dari awal kuliah sampai sekarang.
- Keluarga besar Sistem Kontrol angkatan 2012, teman-teman angkatan 2012 “Voltage” atas do'a, semangat, serta dukungan yang diberikan pada penulis.
- Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini belumlah sempurna, karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran untuk penyempurnaan tulisan di masa yang akan datang. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut.

Malang, 26 Mei 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI .....</b>	<b>i</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>iii</b>
<b>PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Distilasi.....	4
2.2 Air Laut .....	5
2.3 Pompa .....	6
2.4 Arduino Uno .....	6
2.5 Sensor Jarak Ultrasonik HC-SR04 .....	7
2.6 Elemen Pemanas.....	8
2.7 <i>Distributed Control System (DCS)</i> .....	8
2.7.1 Prinsip Kerja DCS .....	9
2.7.2 Arsitektur DCS .....	10
2.7.3 Komponen - Komponen DCS .....	11
2.8 Relay.....	14
2.9 Output Sistem Orde Satu .....	15
2.9.1 Output Unit Step Pada Sistem Orde Satu .....	15
2.10 Output Sistem Orde Dua .....	16
2.10.1 Keadaan Kurang Teredan / Underdamped .....	18



2.10.2 Teredam Kritis / Critically Damped.....	19
2.10.3 Terlalu Teredam / Overdamped .....	20
2.11 Tanggapan Peralihan.....	20
2.12 Kontroler .....	22
2.13 Kontroler <i>On/Off</i> .....	23
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
3.1 Perancangan Blok Diagram Sistem.....	26
3.2 Spesifikasi Desain .....	27
3.3 Karakterisasi Setiap Blok.....	28
3.3.1 Karakterisasi Sensor Jarak Ultrasonik HC-SR04.....	28
3.3.2 Karakterisasi 4 Relay <i>Module</i> dan Relay OMRON DBDT .....	30
3.3.3 Karakterisasi Pompa Untuk Pengontrolan Ketinggian Air .....	31
3.4 Pembuatan Perangkat Keras.....	34
3.4.1 Desain Model <i>Plant</i> Distilasi Air Laut .....	34
3.4.2 Prinsip Kerja Alat.....	35
3.4.3 Konfigurasi Pin Mikrokontroler Arduino Uno .....	35
3.4.4 Konfigurasi Port I/O DCS.....	36
3.5 Perancangan Algoritma.....	38
3.5.1 Pembuatan <i>Function Blok</i> .....	38
3.5.1.1 <i>Function Blok</i> Keseluruhan Sistem.....	40
3.5.2 <i>Flowchart</i> Program .....	42
3.5.3 Pembuatan <i>Trend</i> .....	43
3.5.4 Pembuatan <i>Graphic</i> .....	44
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>46</b>
4.1 Pengujian Keseluruhan Sistem.....	46
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>49</b>
5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran.....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>50</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>52</b>

**DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Sensor Jarak Ultrasonik HC-SR04.....	29
Tabel 3.2 Hasil Pengujian Relay OMRON DBDT dan 4 Relay <i>Module</i> .....	31
Tabel 3.3 Hasil Pengujian Pompa .....	33
Tabel 3.4 Konfigurasi Pin Arduino Uno .....	36
Tabel 3.5 Port I/O DCS .....	37
Tabel 4.1 Data Pengujian Keseluruhan .....	47

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arduino Uno.....	7
Gambar 2.2 Sensor Jarak Ultrasonik HC-SR04.....	8
Gambar 2.3 Bagian-Bagian pada Jaringan DCS.....	9
Gambar 2.4 Arsitektur DCS Yokogawa.....	11
Gambar 2.5 <i>Operation Station</i> .....	12
Gambar 2.6 <i>Control Module</i> .....	13
Gambar 2.7 <i>I/O Module DCS</i> .....	14
Gambar 2.8 Relay.....	14
Gambar 2.9 Sistem Orde Satu.....	15
Gambar 2.10 <i>Output Unit Step Sistem Orde Satu</i> .....	16
Gambar 2.11 Sistem Orde Dua.....	16
Gambar 2.12 <i>Output sistem orde dua dengan tiga keadaan</i> .....	18
Gambar 2.13 <i>Output Unit Step Sistem Orde Dua</i> .....	21
Gambar 2.14 Diagram Blok Sistem Dengan Kontroler Otomatis.....	23
Gambar 2.15 Diagram Blok Kontroler <i>On-Off</i> dengan Celah Differensial.....	24
Gambar 2.16 Ilustrasi Kontroler <i>On-Off</i> .....	24
Gambar 2.17 Ilustrasi <i>Band</i> pada <i>Setpoint</i> Kontroler <i>On-Off</i> .....	25
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Keseluruhan (perancangan).....	27
Gambar 3.2 Blok Pengujian Sensor Jarak Ultrasonik HC-SR04.....	28
Gambar 3.3 Perbandingan Ketinggian Air.....	29
Gambar 3.4 Blok Pengujian Relay OMRON DBDT.....	31
Gambar 3.5 Blok Pengujian 4 Relay <i>ModuleIi</i> .....	31
Gambar 3.6 Blok Pengujian Karakteristik Pompa.....	32
Gambar 3.7 Grafik Volume Air Terhadap Tegangan.....	33
Gambar 3.8 Desain <i>Plant</i> Distilasi Air Laut.....	34
Gambar 3.9 Saklar <i>Input Digital DCS</i> .....	36
Gambar 3.10 Port <i>Input Digital DCS</i> .....	37
Gambar 3.11 Port <i>Output Digital DCS</i> .....	37
Gambar 3.12 <i>Window “Create New Project”</i> .....	38
Gambar 3.13 <i>Window Pemilihan Function Blok</i> .....	39



Gambar 3.14 Diagram Alir Pembuatan <i>Function Blok</i> .....	40
Gambar 3.15 Function Blok Keseluruhan Sistem .....	41
Gambar 3.16 Sequence Tables .....	41
Gambar 3.17 <i>Flowchart</i> Program .....	42
Gambar 3.18 Diagram Alir Pembuatan <i>Trend</i> .....	43
Gambar 3.19 Pengisian <i>Trend</i> .....	44
Gambar 3.20 <i>Flowchart</i> Pembuatan <i>Graphic</i> .....	44
Gambar 3.21 <i>Graphic</i> Sistem .....	45
Gambar 4.1 Respon Keseluruhan Sistem .....	46
Gambar 4.2 Keluaran Sistem pada <i>Trend47</i>	



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sebagai kebutuhan dasar dalam kehidupan, air selalu diperlukan manusia untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Manusia menggunakan air untuk keperluan minum, mandi, cuci, kakus, dan sebagainya. Oleh sebab itu, air merupakan kebutuhan yang harus selalu ada bagi manusia. Bagi manusia, air diperlukan untuk menunjang kehidupan, antara lain dalam kondisi yang layak diminum tanpa mengganggu kesehatan (Depkes RI, 2010).

Dua pertiga wilayah di bumi terdiri atas air, tentunya jumlah air ini sangat mencukupi bagi kehidupan manusia. Akan tetapi, air tawar di bumi sangat terbatas, jumlahnya hanya sekitar 3% dari total air yang ada, selebihnya adalah air laut. Dari jumlah tersebut 30% nya berupa air dalam tanah sementara hampir 70% nya berupa gunung es dan *glacier*. Hanya ada 0,3 % air tawar yang ada di permukaan yang bisa diakses manusia langsung (Tempo, 2013).

Mengingat air laut memiliki kadar garam yang tinggi menyebabkan air tersebut tidak dapat langsung dipergunakan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Maka dari itu ketersediaan akan air tawar merupakan hal yang sepatutnya diperhatikan.

Keterbatasan air tawar di dunia terutama di negara-negara yang berada di wilayah Timur Tengah mendorong untuk melakukan kegiatan mengubah air laut menjadi air tawar dengan proses distilasi. Distilasi merupakan proses pemisahan suatu campuran yang terdiri atas dua atau lebih jenis cairan melalui proses pemanasan yang kemudian hasil uapnya dikondensasikan kembali menjadi zat cair. Oleh karena itu diperlukan inovasi teknologi distilasi air laut sebagai upaya menyediakan kebutuhan air tawar untuk manusia.

Proses pemanasan dilakukan untuk membentuk uap-uap air dari air laut yang nanti akan menjadi air tawar. Pada proses ini air laut di tangki evaporator akan terus mengalami pemanasan terus menerus sehingga membuat air laut sedikit demi sedikit berkurang bahkan habis. Hal tersebut menyebabkan proses distilasi terhenti karena dibutuhkan pengisian ulang air laut yang hendak dipanaskan.



Berdasarkan permasalahan tersebut maka di tangki evaporator dibutuhkan sistem untuk mengontrol level air untuk menjaga air laut tidak habis dalam proses pemanasan. Selain itu, pengontrolan level dibutuhkan agar tidak terjadi perubahan besar pada suhu air ketika proses distilasi dilakukan.

Proses distilasi air laut sudah berkembang pesat terutama di negara-negara yang kekurangan air tawar. Banyak dijumpai pabrik-pabrik maupun industri yang melakukan proses tersebut dalam skala besar. Pada prosesnya dilakukan kurang lebih 8 jam setiap harinya, maka diperlukan alat untuk mengontrol *plant* secara mudah dan cepat.

Pada penelitian sebelumnya (Arief, 2014), kontroler yang digunakan adalah kontroler *on-off* dengan waktu 40 menit dapat mempertahankan ketinggian level air antara 6,8 cm – 7,3 cm dan periode dari *set point* kembali ke *set point* lagi akibat pemanasan dengan waktu 15 menit setiap periode. Pada pengontrolan menggunakan kontroler *on-off* ini sudah baik dengan menghasilkan air tawar yang cukup, namun terbatas pada skala yang kecil. Dalam kenyataannya, proses distilasi air laut ini sudah menjadi komoditas industri dengan skala yang besar.

*Distributed Control System* (DCS) merupakan perkembangan teknologi pengontrolan yang mampu mengontrol *plant* dalam skala yang besar. Pada penggunaan DCS ini sebagai pengontrol diharapkan mampu untuk mengontrol ketinggian air pada proses distilasi air laut, sehingga proses berlangsung secara kontinyu.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang sistem distilasi air laut dengan proses pemanasan air laut sehingga proses berlangsung secara kontinyu?
2. Bagaimana merancang pengontrolan ketinggian air pada distilasi air laut menggunakan Yokogawa DCS Centum VP?

## 1.3 Batasan Masalah

Mengacu pada permasalahan pada skripsi ini, maka akan dibatasi pada:

1. Sistem pengaturan level air yang digunakan adalah miniatur untuk penelitian yang dibuat dengan desain sendiri.



2. Dimensi tangki distilasi dengan kapasitas volume 1500ml.
3. Kinerja elektronika tidak dibahas secara mendalam.
4. Tidak membahas tentang proses kondensasi yang terjadi.
5. Pengontrolan dilakukan oleh DCS dengan menggunakan metode pengontrolan *on-off*.
6. Tidak membahas unsur-unsur bahan kimia dan fisika yang terkandung pada air laut.
7. Tidak membahas reaksi kimia yang terjadi.
8. Tidak membahas kualitas dan kuantitas air tawar yang dihasilkan.

#### **1.4 Tujuan**

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengontrolan level air pada tangki evaporator untuk proses distilasi air laut menggunakan Yokogawa DCS Centum VP. Diharapkan sistem dapat berlangsung secara kontinyu dan untuk penelitian lebih mendalam tentang alat pengendali DCS di Laboratorium Sistem Kontrol Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan teknik menghasilkan air tawar dengan proses distilasi air laut yang dapat dikontrol ketinggian air nya pada tabung evaporasi sesuai dengan yang diinginkan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Distilasi

Distilasi adalah proses pemisahan suatu campuran yang terdiri dari dua atau lebih jenis cairan melalui pemanasan. Pemanasan dimaksudkan untuk menguapkan komponen-komponen yang lebih mudah menguap (cairan yang memiliki titik didih lebih rendah) dan kemudian diperoleh uap yang selanjutnya dikondensasi kembali menjadi cair. Zat cair hasil kondensasi ditampung dalam suatu bejana penerima (Cook dan Cullen, 1986).

Pendidihan dari larutan yang terdiri atas dua jenis atau lebih cairan biasanya akan menghasilkan uap dengan komposisi berbeda dari cairannya. Umumnya yang terjadi adalah uap itu diperkaya dengan komponen yang lebih mudah menguap. Semakin besar perbedaan titik didih cairan yang akan dipisahkan maka akan semakin banyak komponen yang menguap sehingga memperkaya uap dan semakin cepat campuran akan terpisahkan dengan cara distilasi sederhana (Bernasconi, 1995).

Sistem operasi dalam proses distilasi meliputi peristiwa penyerapan energi panas dari sinar matahari yang menembus kaca distilator oleh air laut yang ada di dalam distilator. Energi panas dari sinar matahari berasal dari sinar inframerah yang merupakan salah satu komponen dari sinar matahari. Sinar matahari memiliki panjang gelombang ( $\lambda$ ) antara  $0,15 - 4\mu\text{m}$ , dan hanya panjang gelombang ( $\lambda$ ) antara  $0,32 - 2\mu\text{m}$  yang mampu menembus kaca bening (Wisnubroto, 2004).

Jumlah energi panas yang terkumpul didalam rumah kaca bergantung pada lama penyinaran sinar matahari. Daerah tropis didekat equator sampai dengan  $23,5^\circ$  LU lama penyinaran sekitar 12 jam. Proses penguapan hanya akan berlangsung jika air menerima masukan energi. Jumlah energi yang dibutuhkan untuk menguapkan 1 gram air pada suhu  $20^\circ\text{C}$  adalah sebesar 586 cal atau sebesar 2453 Joule. Sedangkan untuk mencairkan 1 gram es pada suhu  $0^\circ\text{C}$  diperlukan energi sebesar 80 cal (Lakitan, 2002).

#### 2.2 Air Laut



Air laut adalah air yang berasal dari laut yang memiliki rasa asin dan memiliki kadar garam yang tinggi. Air laut memiliki 3,5% garam-garaman, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Beberapa danau garam di daratan dan beberapa lautan memiliki kadar garam yang lebih tinggi dari air laut umumnya. Sebagai contoh, Laut Mati memiliki kadar garam sekitar 30%. Walaupun kebanyakan air laut di dunia memiliki kadar garam sekitar 3,5%, air laut juga berbeda-beda kandungan garamnya. Laut yang paling asin adalah di Laut Merah, dimana suhu tinggi dan sirkulasi terbatas membuat penguapan tinggi dan sedikit masukan air dari sungai-sungai. Kadar garam di beberapa danau dapat lebih tinggi lagi (Tanusekar dan dkk, 2014).

Keberadaan kandungan garam mempengaruhi sifat fisis air laut (seperti: densitas, kompresibilitas, titik beku, dan temperatur yang mengakibatkan densitas menjadi maksimum) beberapa tingkat, tetapi tidak menentukannya. Beberapa sifat (viskositas, daya serap cahaya) tidak terpengaruh secara signifikan oleh salinitas. Dua sifat yang sangat ditentukan oleh jumlah garam di laut (salinitas) adalah daya hantar listrik (konduktivitas) dan tekanan osmosis. Garam-garaman utama yang terdapat di dalam air laut adalah klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potassium (1%), dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromide, asam borak, strontium dan florida. Tiga sumber utama garam-garaman di laut adalah pelapukan batuan di darat, gas-gas vulkanik dan sirkulasi lubang-lubang hidrothermal (*hydrothermal vents*) di laut dalam (Lynne Talley, 2000).

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas juga dapat mengacu pada kandungan garam dalam tanah. Kandungan garam pada sebagian besar danau, sungai, dan saluran air alami sangat kecil sehingga air ditempat ini dikategorikan sebagai air tawar. Kandungan garam sebenarnya pada air ini, secara definisi kurang dari 0,05%. Jika lebih dari itu, air dikategorikan sebagai air payau atau menjadi saline bila konsentrasinya 3 sampai 5%. Lebih dari 5% , ia disebut brine. Secara ideal, salinitas merupakan jumlah dari seluruh garam-garaman dalam gram pada setiap kilogram air laut. Secara praktis susah untuk mengukur salinitas di laut, oleh karena itu penentuan harga salinitas dilakukan dengan meninjau komponen yang terpenting saja yaitu klorida (Cl).



Kandungan klorida ditetapkan pada tahun 1902 sebagai jumlah dalam gram ion klorida pada satu kilogram air laut jika semua halogen digantikan oleh klorida. Penetapan ini mencerminkan proses kimiawi titrasi untuk menentukan kandungan klorida (Lynne Talley, 2000).

Air laut memiliki kadar karam dalam kandungannya. Karena mengandung garam, titik beku air laut menjadi lebih rendah daripada  $0^{\circ}\text{C}$  (air laut bersalinitas 35%, titik bekunya  $-1,9^{\circ}\text{C}$ ), sementara kerapatannya meningkat sampai titik beku (kerapatan maksimum air murni terjadi pada suhu  $4^{\circ}\text{C}$ ). Sifat ini sangat penting sebagai penggerak pertukaran massa air panas dan dingin, memungkinkan air permukaan yang dingin terbentuk dan tenggelam ke dasar sementara air dengan suhu yang lebih hangat akan terangkat ke atas. Sedangkan titik beku di bawah  $0^{\circ}\text{C}$  memungkinkan kolom air laut tidak membeku (Tanusekar, 2010).

### 2.3 Pompa

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media pipa dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus.

Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran.

### 2.4 Arduino Uno

Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328. Memiliki 14 pin *input* dari *output* digital dimana 6 pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 6 pin *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP *header*, dan tombol *reset*. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang ke aUno berbeda dengan semua *board* sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial

berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan chip FTDI *driver* USB-to-serial ([www.caratekno.com](http://www.caratekno.com)). Arduino Uno dapat dilihat seperti Gambar 2.1.



**Gambar 2.1 Arduino Uno**

(Sumber : <http://www.caratekno.com/>)

Nama “Uno” berarti *satu* dalam bahasa Italia, untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. Uno dan versi 1.0 akan menjadi versi referensi dari Arduino. Uno adalah yang terbaru dalam serangkaian *board* USB Arduino, dan sebagai model referensi untuk platform Arduino, untuk perbandingan dengan versi sebelumnya.

## 2.5 Sensor Jarak Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang bekerja dengan cara memancarkan suatu gelombang dan kemudian menghitung waktu pantulan gelombang tersebut. Gelombang ultrasonik dapat merambat melalui zat padat, cair maupun gas. Sensor HC-SR04 memiliki jarak jangkauan minimal 2 cm dan maksimal 300cm serta memiliki akurasi sebesar 3 mm. Modul sensor ultrasonik bekerja pada tegangan DC 5 V, arus 15 mA dan frekuensi 40 Hz, dalam sebuah modul sensor ultrasonik terdiri dari *Ultrasonic Transmitter*, *Receiver* dan unit kontrol. Rangkaian sensor yang berfungsi sebagai pemancar (*transmitter*) akan memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi tertentu, kemudian apabila terjadi benturan terhadap suatu benda atau objek maka gelombang ultrasonik akan dipantulkan kembali dan diterima oleh rangkaian sensor yang berfungsi sebagai penerima (*receiver*) (Joko,2016). Gambar sensor jarak HC-SR04 dapat dilihat dalam Gambar 2.2.





**Gambar 2.2 Sensor Jarak Ultrasonik HC-SR04**  
(Sumber: <http://microcontrollerelectronics.com/>)

## 2.6 Elemen Pemanas

Elemen pemanas merupakan piranti yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui prose *Joule Heating*. Prinsip kerja elemen pemanas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen.

Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik (*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 (Arief, 2014).

Ada 2 macam jenis utama pada elemen pemanas listrik, yaitu:

1. Elemen pemanas listrik bentuk dasar yaitu elemen pemanas dengan *Resistance Wire* hanya dilapisi oleh isolator listrik, macam-macam elemen pemanas bentuk ini adalah : *Ceramic Heater, Silica and Quartz Heater, Bank Channel Heater, Black Body Ceramic Heater*.
2. Elemen pemanas listrik bentuk lanjut merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam untuk maksud sebagai penyesuaian terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan adalah : *Mild Steel, Stainless Steel*, tembaga dan kuningan.

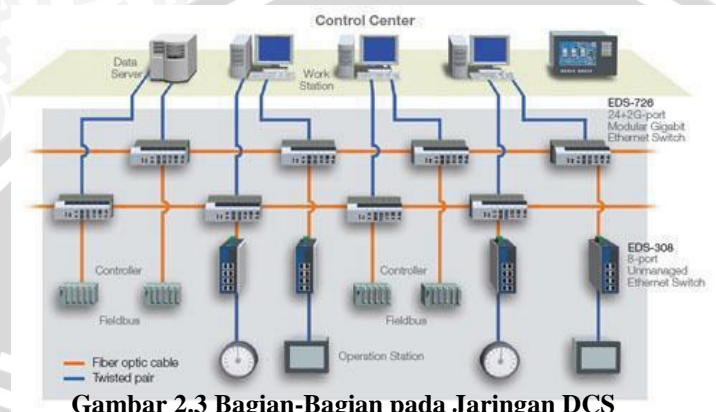
## 2.7 *Distributed Control System* (DCS)

*Distributed Control System* (DCS) adalah pengembangan sistem kontrol dengan menggunakan komputer dan alat elektronik lainnya agar didapat suatu pengontrolan satu atau lebih dari satu loop sistem yang terpadu dan dapat dilakukan



oleh semua orang dengan cepat dan mudah. Alat ini digunakan untuk mengontrol proses dalam skala menengah sampai besar (PT. Yokogawa Indonesia, 2008).

DCS merupakan suatu sistem yang digunakan untuk proses kontrol yang berorientasi *continous* atau *batch* proses seperti, industri semen, makanan minuman, kimia, pembangkit listrik, obat-obatan, besi-baja, kertas. Bagian-bagian jaringan DCS secara umum ditampilkan dalam Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Bagian-Bagian pada Jaringan DCS

(Sumber: <http://www.yokogawa.com/>)

DCS terhubung dengan *field instrument* dan sensor-sensor menggunakan *setpoint* pengontrolan. Contoh utama dalam pengontrolan menggunakan *setpoint* adalah mengatur *pressure*, *flow fluida* dengan memakai penggerak *control valve*. Tiap DCS memakai *software* pengaturan dengan sistem integrasi antara konfigurator kontroler, HMI dan konfigurator lain, sehingga meskipun terlihat terpisah-pisah tetapi merupakan satu kesatuan konfigurasi sistem kontrol. Setiap DCS umumnya terdiri dari satu sistem *office station* yang berdiri sendiri, dan semua fitur dari kontroler dapat diakses semaksimal mungkin (Khairul, 2014).

### 2.7.1 Prinsip Kerja DCS

Secara garis besar operasi pengontrolan proses menggunakan DCS adalah variabel – variabel proses di lapangan yang diukur secara analog dan dikirim ke suatu stasiun kontrol lapangan. Disini variabel terukur yang sinyalnya masih bersifat analog (4 – 20 mA/ 1 - 5 Vdc) yang diubah menjadi sinyal digital yang kemudian diolah bersama – sama *setpoint* yang diberikan oleh suatu algoritma program pengontrol tertentu (Khairul, 2014).

Algoritma bertindak sebagai kontroler dari sistem. Hasil perhitungan merupakan sinyal digital yang dimanipulasi oleh sistem yang kemudian dikirim

ke lapangan untuk menggerakkan aktuator guna melaksanakan perubahan yang diperlukan pada variabel proses. Variabel termanipulasi yang dihasilkan kontroler sebelum dikirim ke lapangan diubah menjadi sinyal analog dan dikondisikan sehingga sesuai dengan peralatan aktuator yang digunakan (Khairul, 2014).

Adapun fungsi dan kelebihan dari DCS sebagai berikut (Khairul, 2014), yaitu:

#### 1. Fungsi DCS

Berikut ini adalah fungsi dari DCS, yaitu:

- DCS berfungsi sebagai alat untuk melakukan kontrol suatu loop sistem dan dalam satu loop bisa terjadi beberapa proses kontrol.
- Berfungsi sebagai pengganti alat – alat kontrol manual dan otomatis yang terpisah-pisah menjadi suatu kesatuan sehingga lebih mudah untuk pemeliharaan dan penggunaannya.
- Sarana pengumpul data dan pengolah data agar didapat suatu proses yang benar – benar diinginkan.

#### 2. Kelebihan DCS

Berikut ini adalah kelebihan dari DCS, yaitu:

- Fungsi kontrol terdistribusi.
- Sistem *redundancy* tersedia di setiap level.
- Modifikasi *interlock* sangat mudah
- Informasi variabel proses dapat ditampilkan sesuai dengan keinginan *user*
- *Maintenance* dan *troubleshooting* menjadi lebih mudah

### 2.7.2 Arsitektur DCS

Arsitektur DCS dapat dilihat pada Gambar 2.4, secara garis besar terdiri dari tiga bagian utama (PT. Yokogawa Indonesia, 2008), yaitu:





**Gambar 2.4 Arsitektur DCS Yokogawa**  
(Sumber: <http://www.yokogawa.com/>)

#### *Human Interface Station (HIS)*

Unit ini digunakan untuk memonitor dan mengoperasikan suatu proses termasuk menampilkan proses variabel, parameter kontrol dan *alarm* yang diperlukan oleh pengguna untuk mengetahui kondisi operasi serta status dalam *plant*.

#### *Process Connection Devices*

*Process Connection Devices* atau disebut juga *Field Control Station (FCS)* yang berfungsi sebagai peralatan *controller (control station & monitoring station)* terdiri dari modul-modul CPU (*Processor*), *I/O Module*, *communication module* dan *Power Supply Module*, dll.

#### *Data Communication Facilities*

*Data Communication Facilities* berfungsi sebagai media komunikasi data secara *real time* anatar *station-station* yang terhubung pada *communication-bus (data highway)*, terutama antara *control station*, *monitoring station* dengan *operator station*.

### **2.7.3 Komponen - Komponen DCS**

Secara umum komponen DCS terdiri dari 5 komponen dasar (PT. Yokogawa Indonesia, 2008), yaitu:

*Operator Station*, *Control Module*, *History Module*, *Data Historian* dan *I/O Module*.

#### a. *Operator Station*

*Operator station* merupakan tempat dimana *user* melakukan pengawasan atau proses *monitoring* yang berjalan. *Operator station*



digunakan sebagai *interface* dari sistem secara keseluruhan atau biasa juga dikenal dengan kumpulan dari beberapa *Human Interface Station* (HIS). Bentuk HIS berupa komputer biasa yang dapat mengambil data dari *control station*. *Operator station* dapat memunculkan variable proses, parameter kontrol, dan alarm yang digunakan user untuk mengambil status operasi.

*Operator station* juga dapat digunakan untuk menampilkan *trend data*, *messages*, dan data proses. Operation Station seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



**Gambar 2.5 Operation Station**  
(Sumber: <http://www.yokogawa.com/>)

b. *Control Module*

*Control module* merupakan bagian utama dari DCS. *Control module* adalah pusat kontrol atau sebagai otak dari seluruh pengontrolan proses. *Control module* melakukan proses komputasi algoritma dan menjalankan ekspresi logika. Pada umumnya *control module* berbentuk *blackbox* yang terdapat pada panel atau *cabinet* dan dapat ditemui di *control room*. *Control module* biasanya menggunakan *mode redundant* untuk meningkatkan kehandalan kontrol.

Fungsi dari *control module* adalah mengambil *input* variabel yang akan dikontrol. Nilai variabel tersebut akan dikalkulasi. Hasil dari kalkulasi ini akan dibandingkan dengan *setpoint* yang sudah ditentukan. *Set point* ini adalah nilai yang diharapkan sebuah proses. Jika hasil kalkulasi berbeda dengan *set point*, nilai tersebut harus dimanipulasi sehingga mencapai *setpoint* yang sudah ditentukan. Hasil manipulasi nilai akan dikirim ke

modul *input* atau *output* dan diteruskan ke aktuator. *Control module* seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



**Gambar 2.6 Control Module**  
(Sumber: <http://www.classicautomation.com/>)

c. *History Module*

Alat ini mirip dengan *harddisk* pada komputer. Alat ini digunakan untuk menyimpan konfigurasi DCS dan juga konfigurasi semua titik di pabrik. Alat ini juga bisa digunakan untuk menyimpan *file – file* grafik yang ditampilkan di konsol dan banyak sistem saat ini mampu menyimpan data – data operasional sistem.

d. *Data Historian*

Biasanya berupa perangkat lunak yang digunakan untuk menyimpan variabel – variabel proses, *setpoint* dan nilai-nilai keluaran. Perangkat lunak ini memiliki kemampuan laju *scan* (saat ini yang tercepat sebesar 1 ms) yang tinggi dibandingkan *History module*.

e. *I/O Module*

*I/O Module* merupakan *interface* antara *control module* dengan *field instrument*. *I/O module* berfungsi menangani *input* dan *output* dari suatu nilai proses, mengubah sinyal digital ke sinyal analog dan sebaliknya. Modul *input* mendapatkan nilai dari *transmitter* dan memberikan nilai proses kepada FCU untuk diproses, sedangkan FCU mengirimkan *manipulated value* kepada modul *output* untuk dikirim ke aktuator. Setiap *field instrument* pasti memiliki pengalamatan dan memiliki penamaan di *I/O module*. *I/O module* DCS seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.7.





**Gambar 2.7 I/O Module DCS**  
(Sumber: <https://thecontrolblog.com>)

## 2.8 Relay

Relay adalah suatu komponen elektronika yang berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Prinsip kerja relay seperti tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (solenoid) di dekatnya. Ketika solenoid dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga kontak saklar akan menutup. Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar kembali terbuka. Bentuk fisik relay ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



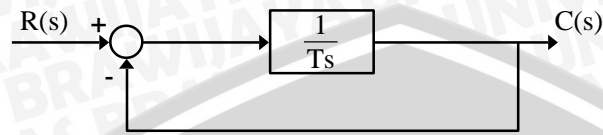
**Gambar 2.8 Relay**  
(Sumber : <http://guide.alibaba.com/>)

Dalam pemakaiannya biasanya relay yang digerakkan dengan arus DC dilengkapi dengan sebuah dioda yang di-paralel dengan lilitannya dan dipasang terbalik yaitu anoda pada tegangan (-) dan katoda pada tegangan (+). Ini bertujuan untuk mengantisipasi sentakan listrik yang terjadi pada saat relay berganti posisi dari *on* ke *off* agar tidak merusak komponen di sekitarnya.



## 2.9 Output Sistem Orde Satu

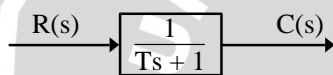
Diagram blok sistem orde satu dapat dilihat dalam Gambar 2.9 yang mempunyai fungsi alih sebagai berikut:



Gambar 2. 9 Sistem orde satu

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1/Ts}{1 + 1/Ts} \quad (2-12)$$

$$= \frac{1}{Ts + 1}$$



### 2.9.1 Output Unit Step Pada Sistem Orde Satu

Jika sistem orde satu diberi masukan unit step  $r(t) = 1$ , dari Transformasi Laplace fungsi ramp adalah  $R(s) = 1/s$ . Keluaran sistem adalah sebagai berikut

$$C(s) = \frac{1}{Ts + 1} R(s)$$

$$\begin{aligned} C(s) &= \frac{1}{Ts + 1} \frac{1}{s} \\ &= \frac{1}{s(Ts + 1)} \end{aligned} \quad (2-13)$$

$$c(t) = \mathcal{L}^{-1}[C(s)]$$

$$c(t) = 1 - e^{-t/T} \quad (t \geq 0) \quad (2-14)$$

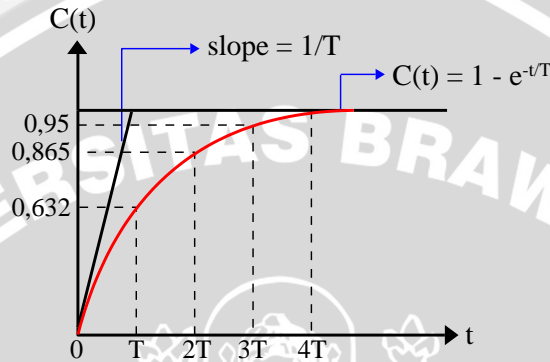
Persamaan keluaran tersebut menyatakan bahwa keluaran  $c(t)$  mula-mula nol kemudian akhirnya menjadi satu seperti terlihat dalam Gambar 2.10. Salah satu karakteristik penting output eksponensial  $c(t)$  tersebut adalah bahwa pada  $t = T$ , maka  $c(t) = 1 - e^{-1} \cong 0.632 = \frac{2}{3}$

$T$  = *time constant* / konstanta waktu sistem

$$= \frac{2}{3} \text{ harga akhir}$$

Konstanta waktu  $T$  yang lebih kecil akan mempercepat *output* sistem. Karakteristik penting lainnya pada kurva *output* eksponensial adalah kemiringan garis singgung / gradien pada  $t = 0$  adalah  $1/T$ , karena

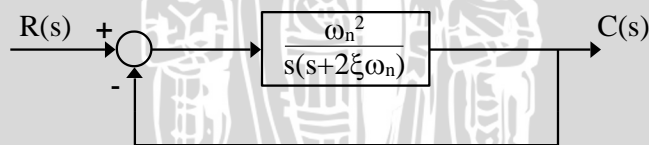
$$\frac{dc}{dt} = \frac{1}{T} e^{-t/T} \Big|_{t=0} = \frac{1}{T}$$



Gambar 2.10 Output unit step sistem orde satu

### 2.10 Output Sistem Orde Dua

Diagram blok sistem orde dua, dengan fungsi alihnya seperti terlihat dalam Gambar 2.11 sebagai berikut:



Gambar 2.11 Sistem orde dua

$$\begin{aligned} \frac{C(s)}{R(s)} &= \frac{\omega_n^2}{s(s + 2\xi\omega_n)} \\ &= \frac{\omega_n^2}{1 + \frac{\omega_n^2}{s(s + 2\xi\omega_n)}} \\ &= \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} \end{aligned} \quad (2-15)$$

Akar-akar penyebut fungsi alih atau persamaan karakteristik adalah

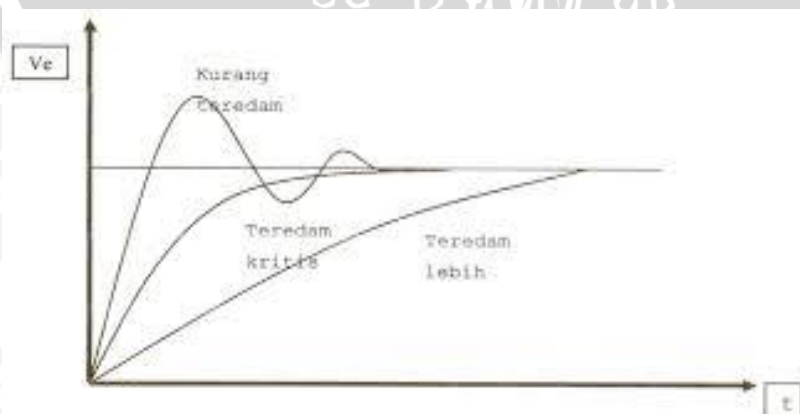
$$\begin{aligned}
 s_{1,2} &= \frac{-2\xi\omega_n \pm \sqrt{(2\xi\omega_n)^2 - 4\omega_n^2}}{2} \\
 s_{1,2} &= -\xi\omega_n \pm \omega_n\sqrt{\xi^2 - 1} \\
 &= -\xi\omega_n \pm j\omega_n\sqrt{1-\xi^2} \\
 s_{1,2} &= -\xi\omega_n \pm j\omega_d \quad (2-16)
 \end{aligned}$$

dimana

- $\xi$  = rasio peredaman sistem (*damping ratio*)
- $\omega_n$  = frekuensi natural/alamiah tak teredam
- $\omega_d$  = frekuensi natural/alamiah teredam

Kelakuan dinamik sistem orde dua dapat digambarkan dalam suku dua parameter  $\xi$  dan  $\omega_n$ . Jika ( $0 < \xi < 1$ ), maka pole loop tertutup merupakan konjugat kompleks dan berada pada bidang s sebelah kiri. Dalam hal ini, sistem dikatakan dalam peredaman dan tanggapan peralihan berosilasi. Jika ( $\xi = 1$ ), maka sistem dikatakan teredam kritis. Sistem terlalu teredam berhubungan dengan ( $\xi > 1$ ). Tanggapan peralihan sistem teredam kritis dan sistem terlalu teredam tidak berosilasi. Jika  $\xi = 0$ , tanggapan peralihan tidak muncul.

Pada sistem orde dua seperti terlihat dalam Gambar 2.12, berdasarkan output sistem dengan masukan unit step akan terdapat tiga keadaan yang berbeda yaitu keadaan teredam ( $0 < \xi < 1$ ), teredam kritis ( $\xi = 1$ ), dan sistem terlalu teredam ( $\xi > 1$ ).



Gambar 2.12 Output sistem orde dua dengan tiga keadaan



### 2.10.1 Keadaan Kurang Teredam / Underdamped ( $0 < \xi < 1$ )

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\omega_n^2}{(s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2)s} \quad (2-17)$$

Jika sistem diberi input berupa unit step atau  $R(s) = \frac{1}{s}$ , maka:

$$C(s) = \frac{\omega_n^2}{(s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2)s} \quad (2-18)$$

Dari Tabel Transformasi Laplace didapatkan

$$c(t) = 1 - \frac{1}{\sqrt{1-\xi^2}} e^{-\xi\omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1-\xi^2} t + \phi)$$

$$\phi = \arctan \frac{\sqrt{1-\xi^2}}{\xi}$$

Jika  $\omega_d = \omega_n \sqrt{1-\xi^2}$ ; maka

$$c(t) = 1 - \frac{e^{-\xi\omega_n t}}{\sqrt{1-\xi^2}} \sin\left(\omega_d t + \arctan \frac{\sqrt{1-\xi^2}}{\xi}\right) \quad t \geq 0 \quad (2-19)$$

Output sistem tersebut juga bisa diperoleh dengan menggunakan Transformasi Laplace balik jika  $C(s)$  ditulis dalam bentuk berikut:

$$\begin{aligned} C(s) &= \frac{1}{s} - \frac{s + 2\xi\omega_n}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} \quad (2-20) \\ &= \frac{1}{s} - \frac{s + \xi\omega_n}{(s + \xi\omega_n)^2 + \omega_d^2} - \frac{\xi\omega_n}{(s + \xi\omega_n)^2 + \omega_d^2} \end{aligned}$$

$$\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{s + \xi\omega_n}{(s + \xi\omega_n)^2 + \omega_d^2}\right] = e^{-\xi\omega_n t} \cos \omega_d t$$

$$\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{\xi\omega_n}{(s + \xi\omega_n)^2 + \omega_d^2}\right] = e^{-\xi\omega_n t} \sin \omega_d t \quad (2-20)$$

oleh karena itu, transformasi laplace balik dari persamaan

$$C(s) = \frac{\omega_n^2}{(s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2)s}$$

diperoleh sebagai

$$\mathcal{L}^{-1}[C(s)] = c(t)$$

$$c(t) = 1 - e^{-\xi\omega_n t} \left( \cos \omega_d t + \frac{\xi}{\sqrt{1-\xi^2}} \sin \omega_d t \right)$$

$$c(t) = 1 - \frac{e^{-\xi\omega_n t}}{\sqrt{1-\xi^2}} \sin \left( \omega_d t + \arctan \frac{\sqrt{1-\xi^2}}{\xi} \right) \quad t \geq 0 \quad (2-21)$$

Sinyal kesalahan / error adalah  $e(t) = r(t) - c(t)$ , dimana

$$r(t) = 1$$

dan

$$c(t) = 1 - e^{-\xi\omega_n t} \left( \cos \omega_d t + \frac{\xi}{\sqrt{1-\xi^2}} \sin \omega_d t \right)$$

sehingga

$$e(t) = e^{-\xi\omega_n t} \left( \cos \omega_d t + \frac{\xi}{\sqrt{1-\xi^2}} \sin \omega_d t \right) \quad t \geq 0$$

$$\text{jika } \xi = 0 \Rightarrow c(t) = 1 - \cos \omega_n t$$

### 2.10.2 Teredam Kritis / Critically Damped ( $\xi = 1$ )

Dalam hal ini apabila dua pole  $C(s)/R(s)$  hampir sama, maka sistem dapat didekati dengan bentuk teredam kritis. Jika *input* berupa unit step dimana  $R(s) = 1/s$  maka:

$$C(s) = \frac{\omega_n^2}{(s + \omega_n)^2 s} \quad (2-22)$$

$$c(t) = 1 - e^{-\omega_n t} (1 + \omega_n t) \quad t \geq 0$$

### 2.10.3 Terlalu Teredam / Overdamped ( $\xi > 1$ )

Dalam hal ini pole  $C(s)/R(s)$  adalah bilangan nyata/real negatif yang tidak sama. Jika *input* berupa unit step dimana  $R(s) = 1/s$  dan  $C(s)$  dapat ditulis dengan :

$$C(s) = \frac{\omega_n^2}{(s + \omega_n)^2 s} \quad (2-23)$$

$$C(s) = \frac{\omega_n^2}{(s + \xi\omega_n + \omega_n\sqrt{\xi^2 - 1})(s + \xi\omega_n - \omega_n\sqrt{\xi^2 - 1})}$$

$$c(t) = 1 + \frac{\omega_n}{2\sqrt{\xi^2 - 1}} \left( \frac{e^{-s_1 t}}{s_1} - \frac{e^{-s_2 t}}{s_2} \right) \quad t \geq 0$$

$$\text{dengan } s_1 = \left( \xi + \sqrt{\xi^2 - 1} \right) \omega_n$$

$$s_2 = \left( \xi - \sqrt{\xi^2 - 1} \right) \omega_n \quad (2-24)$$

Tanggapan  $c(t)$  terdiri dari dua suku eksponensial menurun.

### 2.11 Tanggapan Peralihan

Sistem dengan tenaga tidak dapat memberikan tanggapan seketika dan akan menunjukkan tanggapan peralihan walaupun diberi masukan ataupun gangguan. Karakteristik unjuk kerja sistem kontrol yang diinginkan dicirikan oleh suku tanggapan peralihan terhadap masukan unit step karena hal itu mudah dilakukan dan cukup drastis. Jika tanggapan terhadap masukan unit step diketahui, secara matematis dapat dihitung tanggapan untuk masukan yang lain.

Tanggapan peralihan sistem kontrol selalu menunjukkan osilasi teredam sebelum mencapai keadaan mantapnya, hal ini juga menunjukkan bahwa sistem tersebut mempunyai rasio peredaman ( $0 < \xi < 1$ ) yang juga berarti bahwa sistem tersebut merupakan sistem yang kurang teredam/*underdamped*.

Tanggapan peralihan sistem kontrol terhadap masukan unit step umumnya dikelompokkan sebagai berikut dan seperti terlihat dalam Gambar 2.13.

- 1) *Delay Time* / Waktu Tunda,  $t_d$

Waktu yang dibutuhkan oleh *output* untuk mencapai setengah harga akhir pada saat lonjakan pertama

- 2) *Rise Time* / Waktu Naik,  $t_r$

Waktu yang dibutuhkan oleh *output* agar bertambah dari 10% menjadi 90% dari nilai akhir

- 3) *Peak Time* / Waktu Puncak,  $t_p$



Waktu yang dibutuhkan oleh *output* untuk mencapai puncak pertama lonjakan (maksimum)

4) *Maximum Overshoot* / Lonjakan Maksimum,  $M_p$

Merupakan nilai puncak kurva *output* diukur dari satu

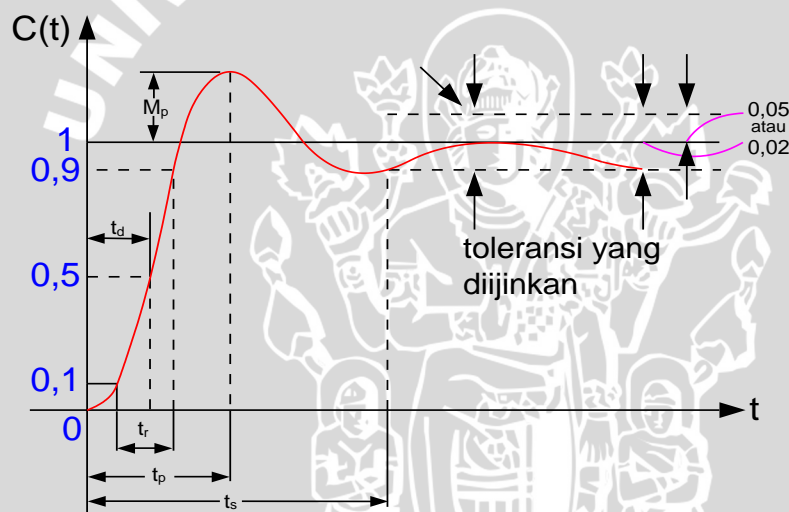
$$M_p = \frac{c(t_p) - c(\infty)}{c(\infty)} \times 100\%$$

dengan  $c(t_p)$  = nilai *output* pada saat lonjakan maksimum.

$c(\infty)$  = nilai *output* pada saat keadaan mantap.

5) *Settling Time* / Waktu Turun,  $t_s$

Waktu yang dibutuhkan oleh *output* untuk mencapai harga tertentu dan tetap dalam *range* nilai akhir (biasanya 5% atau 2%)



Gambar 2. 13 *Output* Unit Step Sistem Orde Dua

## 2.12 Kontroler

Kontroler seringkali juga disebut dengan istilah kompensator atau pengontrol. Kontroler adalah suatu sistem dinamis yang sengaja ditambahkan untuk mendapatkan karakteristik sistem keseluruhan yang diinginkan (Ogata K., 2010).

Fungsi kontroler pada umumnya adalah sebagai berikut:

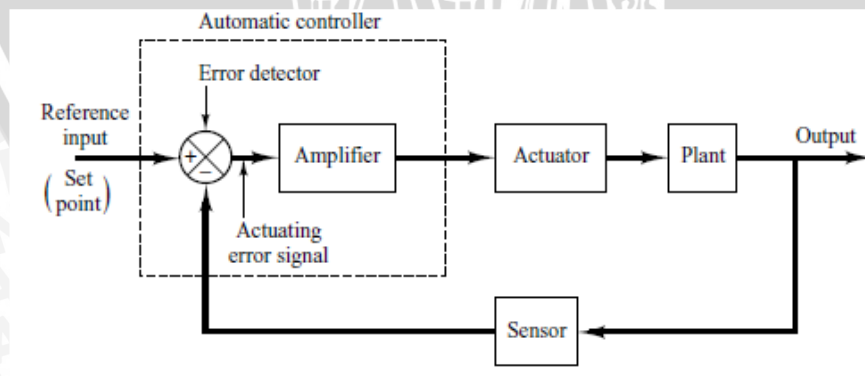
- 1) Membandingkan nilai *input* dan *output* sistem secara keseluruhan (*plant*).
- 2) Menentukan penyimpangan (*error*).

- 3) Menghasilkan sinyal kontrol (mengurangi penyimpangan (*error*) menjadi nilai nol/ nilai yang kecil).

Adapun tujuan kontrol secara khusus adalah sebagai berikut:

- 1) Meminimumkan *error steady state*.
- 2) Meminimumkan *settling time*.
- 3) Mencapai spesifikasi transien yang lain, misalnya meminimumkan *maximum overshoot*.

Sistem loop tertutup dalam Gambar 2.14 menggunakan sinyal *output* yang diumpanbalikkan terhadap *automatic controller* (kontroler otomatis) (Ogata, K., 2010), yang akan membuat perubahan terhadap sistem agar *output* sistem seperti yang diinginkan atau sesuai *set point*. Sensor/transduser digunakan sebagai elemen yang langsung mengadakan kontak dengan objek yang diukur. Transduser berfungsi untuk mengubah besaran fisis yang diukur menjadi besaran fisis lainnya, seperti mengubah besaran tekanan, temperatur, aliran, posisi menjadi besaran listrik. *Actuating error signal* merupakan sinyal kesalahan (*error*) yang merupakan selisih antara sinyal set point dan sinyal *output*. *Actuator* (aktuator) berfungsi untuk mengontrol aliran energi ke sistem yang dikontrol. Sebagai contoh adalah motor listrik, katub pengontrol, pompa dan sebagainya. *Amplifier* merupakan unit yang dibutuhkan karena daya dari *error detector* tidak cukup kuat untuk menggerakkan elemen *output*. Karena fungsi pengontrolan adalah untuk mengendalikan *output* agar kesalahan (*error*) mendekati nol, maka diperlukan penguat daya (*power amplifier*).



Gambar 2. 14 Diagram Blok Sistem dengan Kontroler Otomatis  
(Sumber: K. Ogata, 2010)



Kontroler otomatis menghasilkan sinyal kontrol disebut dengan aksi kontrol. Aksi kontrol dasar yang sering digunakan dalam kontroler adalah

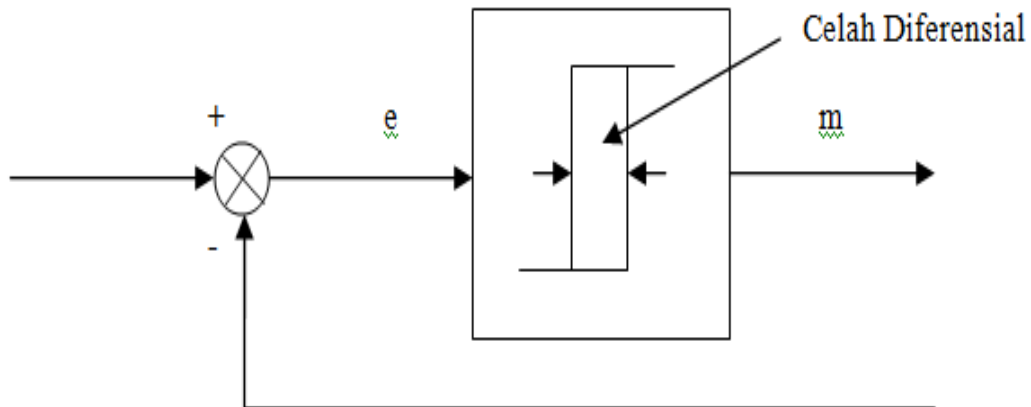
1. Kontroler proporsional (P)
2. Kontroler integral (I)
3. Kontroler proporsional integral (PI)
4. Kontroler proporsional integral diferensial (PID)
5. Kontroler *on-off*

### 2.13 Kontroler *On-Off*

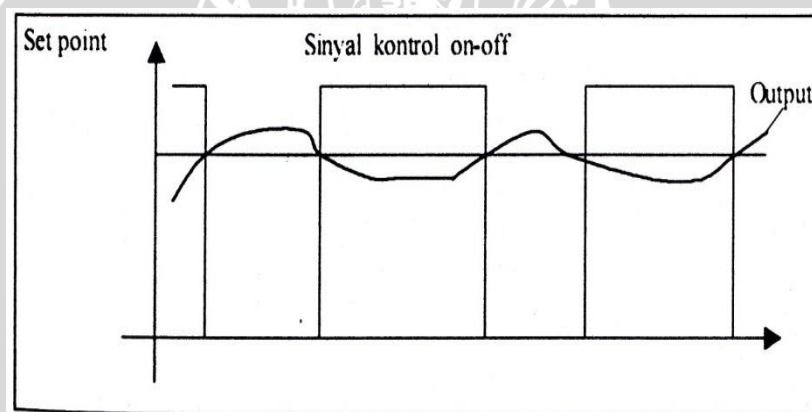
Pada sistem kontrol dua posisi, elemen penggerak hanya mempunyai dua posisi yang tetap. Kontroler *on-off* ini banyak digunakan di industri karena murah dan sederhana. Sinyal kontrol akan tetap pada satu keadaan dan akan berubah ke keadaan lainnya bergantung pada nilai error positif atau negatif. Misal sinyal keluaran kontroler adalah  $m(t)$  dan sinyal kesalahan penggerak adalah  $e(t)$ . Pada kontrol *on-off* sinyal  $m(t)$  akan tetap pada harga maksimum atau minimum, tergantung pada tanda sinyal kesalahan penggerak, positif atau negatif, sedemikian rupa sehingga

$$\begin{aligned} m(t) &= M_1, e(t) > 0 \\ &= M_2, e(t) < 0 \end{aligned}$$

dimana  $M_1$  dan  $M_2$  adalah konstanta. Daerah harga sinyal kesalahan penggerak antara posisi *on* dan *off* disebut celah differensial. Celah differensial ini menyebabkan keluaran kontroler  $m(t)$  tetap pada harga sekarang sampai sinyal kesalahan penggerak bergeser sedikit dari harga nol (K. Ogata, 1997). Untuk diagram blok kontroler *on-off* dapat dilihat dalam Gambar 2.15 dan ilustrasi dari kontroler *on-off* dapat dilihat dalam Gambar 2.16.



Gambar 2.15 Diagram Blok Kontroler *On-Off* dengan Celah Diferensial  
(Sumber: K. Ogata, 1997)



Gambar

Ilustrasi Dari Kontroler *On-Off*  
(Sumber: K. Ogata, 1997)

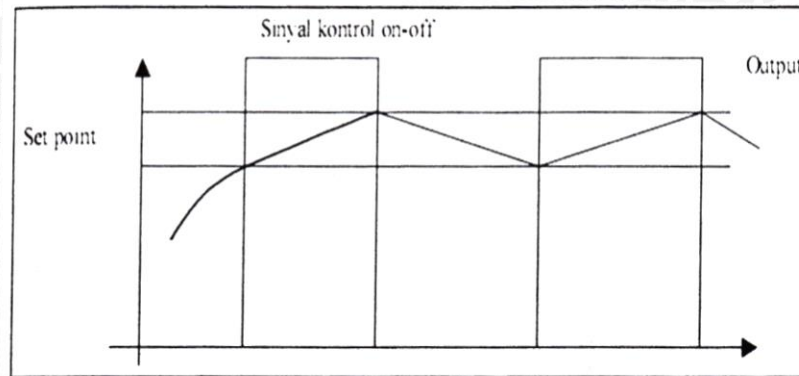
2.16

Dari Gambar 2.16 dapat diamati bahwa jika *output* lebih besar dari *set point*, aktuatur akan *off*. *Output* akan turun dengan sendirinya sehingga menyentuh *set point* lagi. Pada saat itu, sinyal kontrol akan kembali *on* (aktuatur *on*) dan mengembalikan *output* kepada *setpoint*-nya. Demikian seterusnya sinyal kontrol dan aktuatur akan *on-off* terus menerus.

Kelemahan dari kontroler *on-off* ini adalah jika *output* berosilasi di sekitar set point (keadaan yang memang diinginkan) akan menyebabkan aktuatur bekerja keras untuk *on-off* dengan frekuensi yang tinggi. Hal ini menyebabkan kontroler akan cepat haus dan memakan energi yang banyak (boros).



Untuk sedikit mengatasi hal ini maka dibuat suatu band pada set point sehingga mengurangi frekuensi *on-off* dari kontroler. Ilustrasinya dalam Gambar 2.17.



Gambar

**2.17 Ilustrasi Band Pada Setpoint Kontroler On-Off**

(Sumber: K. Ogata, 1997)

Sinyal kontrol akan *off* ketika output menyentuh batas atas dan akan *on* kembali ketika menyentuh batas bawah. *Band* dari *set point* ini disebut juga diferensial gap atau celah diferensial.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan informasi dengan tujuan dan manfaat tertentu. Dalam menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat di bab pendahuluan maka diperlukan langkah-langkah untuk menyelesaikan masalah tersebut. Metode penelitian pada skripsi ini meliputi:

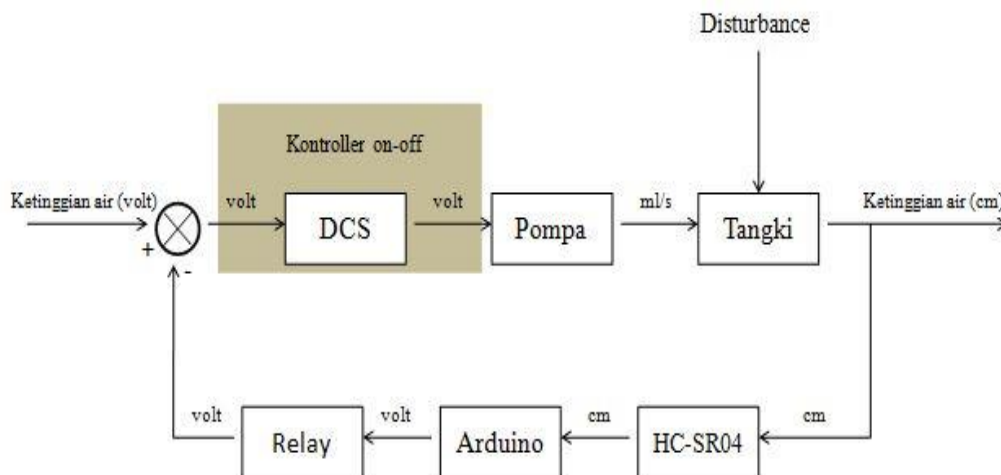
- 3.1 Perancangan blok diagram sistem.
- 3.2 Spesifikasi desain.
- 3.3 Karakterisasi setiap blok.
  - 3.3.1 Karakterisasi sensor jarak ultrasonik HC-SR04.
  - 3.3.2 Karakterisasi 4 relay *module* dan relay OMRON DBDT.
  - 3.3.3 Karakterisasi pompa untuk pengontrolan ketinggian air.
- 3.4 Pembuatan perangkat keras.
  - 3.4.1 Desain model *plant* distilasi air laut.
  - 3.4.2 Prinsip kerja alat.
  - 3.4.3 Konfigurasi pin mikrokontroler Arduino Uno
  - 3.4.4 Konfigurasi port I/O DCS.
- 3.5 Perancangan algoritma.
  - 3.5.1 Pembuatan *Function Block*.
    - 3.5.1.1 *Function Block* Keseluruhan Sistem
  - 3.5.2 *Flowchart* program.
  - 3.5.3 Pembuatan *Trend*.
  - 3.5.4 Pembuatan *Graphic*.

#### 3.1 Perancangan Blok Diagram Sistem

Pada perancangan alat diperlukan perancangan diagram blok sistem yang dapat menjelaskan sistem secara garis besar dan diharapkan alat dapat bekerja sesuai dengan desain yang diinginkan. Blok diagram sistem dapat dilihat dalam Gambar 3.1.







Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Keseluruhan (perancangan)

### 3.2 Spesifikasi Desain

Desain yang diinginkan pada pengontrolan ketinggian air mempunyai spesifikasi, yaitu:

- Dimensi tabung evaporator distilasi air laut berbentuk tabung dengan diameter 13 cm dan tinggi 12 cm dengan kapasitas volume 1300 ml.
- Pembacaan ketinggian air menggunakan sensor jarak ultrasonik HC-SR04 yang sudah diprogram terlebih dahulu oleh arduino.
- Pemanas elektrik (*heater*) memiliki *range* pemanasan  $0^{\circ}$  -  $98^{\circ}$  C dengan ketinggian 12 cm, daya listrik 190 W, dan daya tampung 1,64 liter yang disuplai sumber AC 220 Volt.
- 4 relay *module* digunakan sebagai masukan digital ke DCS.
- Relay OMRON DBDT digunakan sebagai *switching* keluaran digital dari DCS ke pompa.
- Pompa yang digunakan diberi catu daya 4 Volt dengan tegangan maksimalnya sebesar 12 Volt.
- Arduino Uno digunakan untuk pembacaan sensor dan mengaktifkan 4 relay *module*.
- *Set point* yang ditetapkan sebesar 6 cm
- *Differential gap* yang ditetapkan sebesar 0,5 cm dengan batas atas 6,5 cm dan batas bawah 5,5 cm.
- *Disturbance* berupa suhu ruangan yang tidak sesuai dengan suhu lingkungan.

### 3.3 Karakterisasi Setiap Blok

#### 3.3.1 Karakterisasi Sensor Jarak Ultrasonik HC-SR04

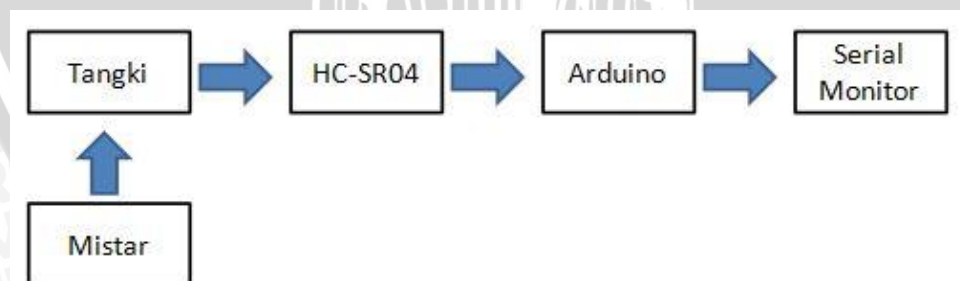
Tujuan karakterisasi sensor jarak ultrasonik HC-SR04 adalah untuk mengetahui karakteristik dari sensor dan error yang terjadi saat pembacaan nilai ketinggian air dengan membandingkan nilai pembacaan sensor dengan nilai pembacaan manual.

Peralatan yang digunakan terdiri atas, yaitu:

1. Sensor jarak ultrasonic HC-SR04
2. Arduino Uno
3. Tangki
4. Mistar
5. Laptop
6. Air

Prosedur pengujian meliputi:

1. Menyusun blok pengujian sesuai Gambar 3.2
2. Isi air ke dalam tangki
3. Menempatkan sensor jarak ultrasonik HC-SR04 di bagian atas tangki yang sudah dihubungkan ke arduino
4. Hubungkan arduino ke laptop
5. Mengamati dan mencatat hasil ketinggian air yang dibaca sensor melalui serial monitor.



Gambar 3.2 Blok Pengujian Sensor Jarak Ultrasonik HC-SR04

Hasil pengujian sensor HC-SR4 seperti ditunjukkan dalam Tabel 3.1 dan Gambar 3.3



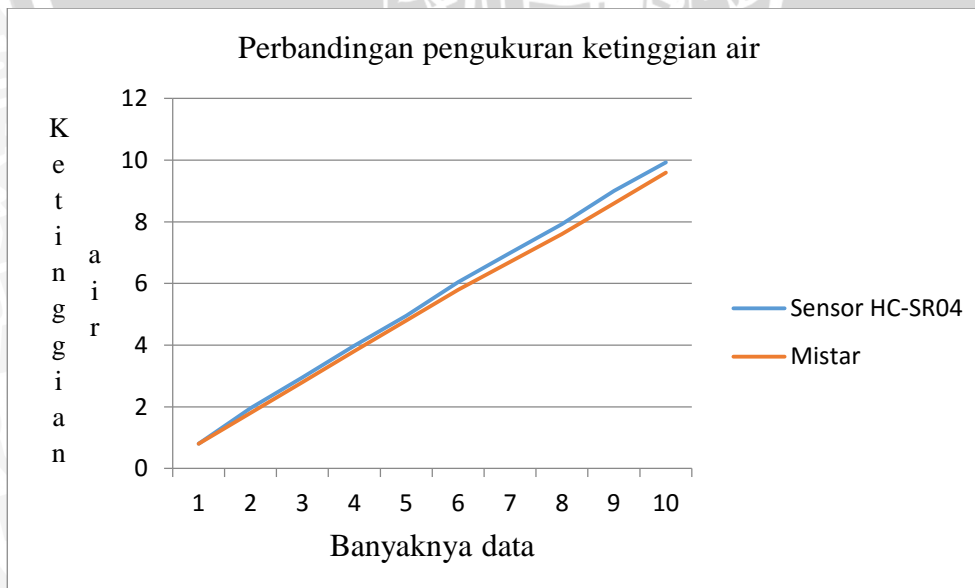
**Tabel 3.1** Hasil Pengujian Sensor Jarak Ultrasonik HC-SR04

Pengukuran HC-SR04 (mm)	Pengukuran Mistar ( )
9,8	8
19,0	18
29,5	28
39,8	38
49,6	48
60,5	58
69,9	67
79,2	76
90,0	86
99,3	96
<i>Error:</i>	4,51%

Perhitungan kesalahan pembacaan sensor:

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{|\sum \text{Hasil Pengukuran} - \sum \text{Referensi}|}{\sum \text{Referensi}} \times 100\%$$

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{|546,6 - 523|}{523} \times 100\% = 4,51\%$$

**Gambar 3.3** Perbandingan Ketinggian Air

Dari perhitungan data dalam Tabel 3.1 dapat dilihat bahwa dari 10 kali pengambilan data antara pembacaan sensor jarak ultrasonik HC-SR04 dengan mistar didapatkan presentase kesalahan rata-rata pembacaan sensor jarak ultrasonik HC-SR04 adalah 4,51%.

### 3.3.2 Karakterisasi 4 Relay Module dan Relay OMRON DBDT

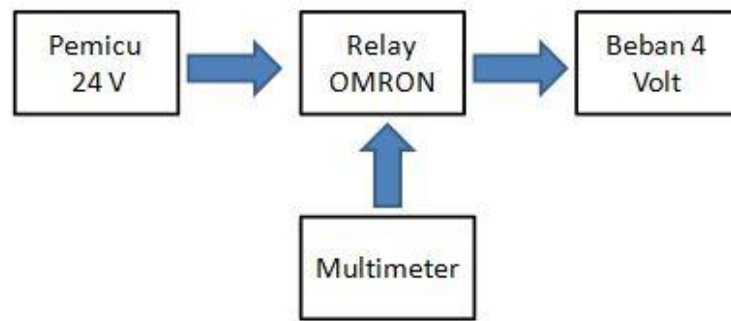
Tujuan dari karakterisasi ini adalah untuk mengetahui tegangan yang masuk pada koil relay untuk menarik saklar relay dan tegangan yang dihantarkan oleh saklar relay .

Peralatan yang digunakan terdiri atas, yaitu:

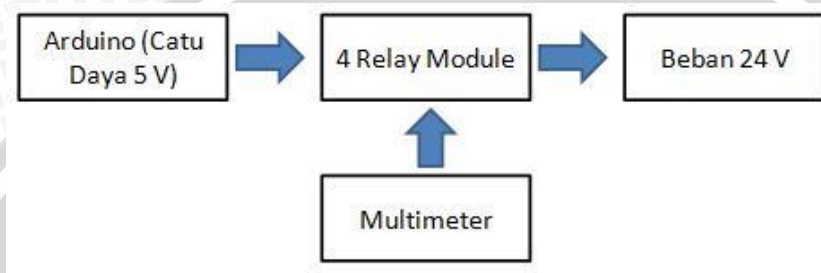
1. 4 relay *module*
2. Relay OMRON DBDT
3. *Power supply* 4 Vdc
4. Arduino Uno (catu daya 5 volt)
5. Laptop
6. Multimeter

Prosedur pengujian meliputi:

1. Menyusun blok percobaan sesuai Gambar 3.4 dan Gambar 3.5
2. Hubungkan 4 relay module ke arduino sebagai catu daya 5 volt
3. Hubungkan multimeter pada catu daya koil 4 relay module
4. Mengamati dan mencatat logika 4 relay module dengan pemberian logika *high* oleh arduino
5. Hubungkan relay OMRON DBDT ke *power supply* 24 Vdc
6. Hubungkan multimeter pada catu daya koil relay OMRON DBDT
7. Mengamati dan mencatat logika relay OMRON DBDT dengan memutus dan menyambungkannya pada *power supply*



Gambar 3.4 Blok Pengujian Relay OMRON DBDT



Gambar 3.5 Blok Pengujian 4 Relay Module

Hasil pengujian relay OMRON dan 4 relay module seperti ditunjukkan pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Hasil Pengujian Relay OMRON DBDT dan 4 Relay Module

Catu daya koil relay OMRON DBDT 24 V	Saklar	Tegangan di koil	Tegangan yang dihantarkan saklar
aktif	aktif	23,72	3,96
aktif	aktif	23,76	3,95
aktif	aktif	23,74	3,96
Catu daya koil 4 relay module 5 V	saklar	Tegangan di koil	Tegangan yang dihantarkan saklar
aktif	aktif	4,95	23,75
aktif	aktif	4,96	23,80
aktif	aktif	4,94	23,85



Dari data Tabel 3.2 dapat diamati bahwa relay OMRON DBDT dapat dipicu koilnya dengan diberi tegangan 24 V dan dapat mengaktifkan saklar yang menghantarkan tegangan beban 4 V. Pada 4 relay *module* dapat dipicu koilnya dengan tegangan 5 V dan saklar dapat menghantarkan tegangan beban 24 V.

### 3.3.3 Karakterisasi Pompa Untuk Pengontrolan Ketinggian Air

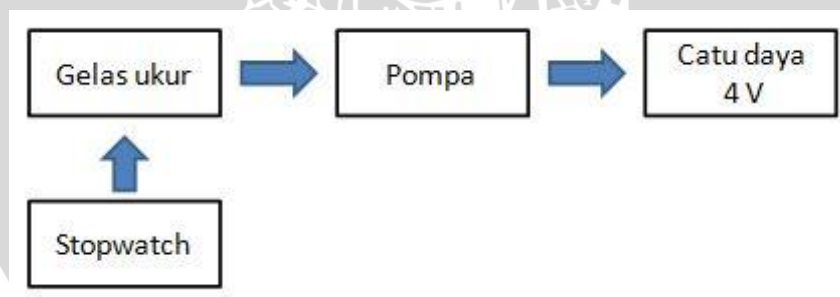
Tujuan karakterisasi pompa ini adalah untuk mengetahui karakteristik pompa berupa banyak air yang dipindahkan dalam kurun waktu 20 detik dengan masukan tegangan yang berbeda-beda.

Peralatan yang digunakan terdiri atas, yaitu:

1. Pompa
2. Catu daya 4 Vdc
3. Stopwatch
4. Dua buah gelas ukur
5. Air

Prosedur pengujian meliputi:

1. Menyusun blok pengujian sesuai Gambar 3.6
2. Hubungkan pompa dengan catu daya 4 Vdc
3. Mengamati dan mencatat perpindahan air dalam kurun waktu 20 detik dengan tegangan masukan pompa yang berbeda-beda.



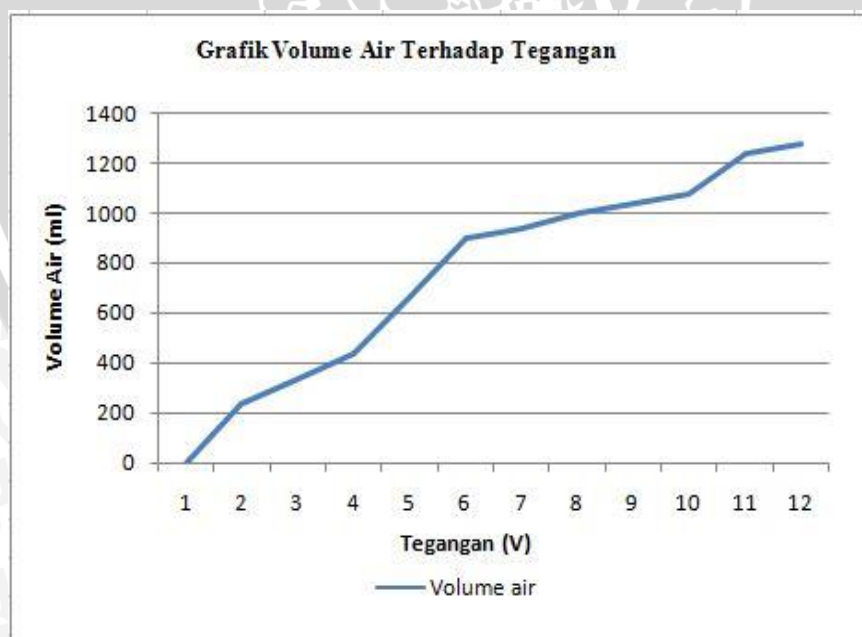
Gambar 3.6 Blok Pengujian Karakteristik Pompa

Hasil pengujian karakteristik pompa seperti ditunjukkan dalam Tabel 3.4

**Tabel 3.3** Hasil Pengujian Pompa

Tegangan (V)	Volume air selama 20 detik (ml)
1	0
2	240
3	340
4	440
5	660
6	900
7	940
8	1000
8	1040
10	1080
11	1240
12	1280

Dari hasil pengujian pompa yang didapatkan bisa dilihat dalam Gambar 3.7.

**Gambar 3.7** Grafik Volume Air Terhadap Tegangan

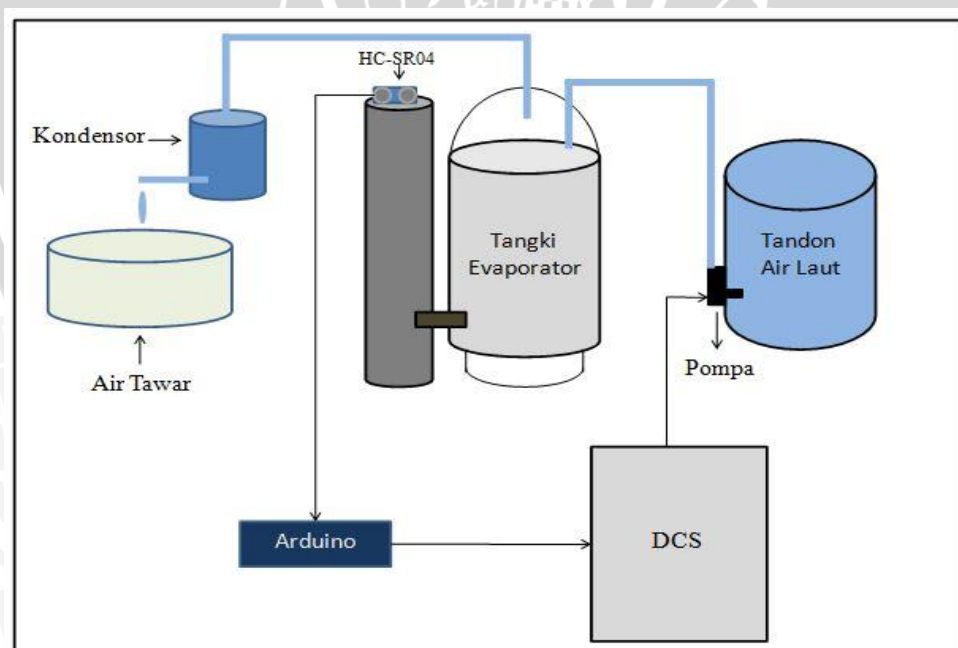
Dari Tabel 3.3 dan Gambar 3.7 dapat dilihat pengaruh perubahan tegangan terhadap kecepatan aliran air yang dikeluarkan pompa. Semakin besar tegangan yang diberikan maka kecepatan aliran air akan semakin cepat dengan seperti ditunjukkan dengan volume air yang semakin bertambah.

### 3.4 Pembuatan Perangkat Keras

Pembuatan perangkat keras dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem, hal ini bertujuan supaya *output* ketinggian air sesuai dengan masukan yang diinginkan dan sistem dapat bekerja dengan baik sesuai yang direncanakan.

#### 3.4.1 Desain Model *Plant* Distilasi Air Laut

Model *plant* distilasi air laut ini digunakan untuk proses merubah air laut menjadi air tawar dengan proses pemanasan. Air laut dari tandon penampungan akan dialirkan menuju tangki evaporator untuk dipanaskan dengan menggunakan pompa. Air laut yang dipanaskan akan menjadi uap-uap air yang langsung menuju proses kondensasi. Kondensor diperlukan untuk merubah uap-uap air kembali menjadi cairan yaitu air tawar. Desain model *plant* distilasi air laut seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Desain *Plant* Distilasi Air Laut

Model *plant* distilasi air laut terdiri dari tangki evaporator, kondensor, tandon air laut dan selang yang menghubungkan antar alat untuk mengalirkan



air laut maupun uap air. Tangki evaporator di hubungkan dengan paralon, karena paralon tersebut sebagai tempat sensor HC-SR04 untuk membaca ketinggian air karena tangki evaporator harus dalam keadaan tertutup agar uap air akibat pemanasan tidak keluar.

### 3.4.2 Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja alat dalam Gambar 3.8 yaitu sebagai berikut:

- Mengaktifkan *input* digital DI 1-2 dengan menyalakan saklar.
- Saat *input* digital aktif, maka *output* digital pompa pun aktif dengan dengan mengeluarkan sinyal 24 Vdc
- Keluaran *output* sinyal digital 24 Vdc dihubungkan dengan relay DBDT (*Double Pole Double Throw*), selain itu dihubungkan pula dengan tegangan 4 Vdc sebagai sumber pompa. Relay ini berfungsi sebagai *switching* tegangan 4 Vdc untuk mengaktifkan pompa.
- Sensor jarak ultrasonik HC-SR04 yang sudah diprogram oleh arduino membaca ketinggian air pada tangki *heater*.
- Ketika sensor membaca ketinggian yang sudah ditetapkan oleh arduino, yakni batas atas dan batas bawah maka arduino mengirimkan sinyal 5 Vdc kepada 4 relay *module* yang sudah dihubungkan pada *input* digital DCS.
- 4 relay *module* berfungsi sebagai *switching* saklar *input* digital, jadi ketika relay aktif maka *input* digital berlogika 1 (aktif).
- DCS membaca *input* digital dan melakukan aksi kontrol sesuai program yang sudah ditetapkan sebelumnya.

### 3.4.3 Konfigurasi Pin Mikrokontroler Arduino Uno

Konfigurasi pin mikrokontroler Arduino Uno ditunjukkan dalam Tabel 3.4.

**Tabel 3.4** Konfigurasi Pin Arduino Uno

No.	Pin	Fungsi
-----	-----	--------

1	D2	Echo Sensor HC-SR04
2	D3	Trig Sensor HC-SR04
3	D8	Relay (batas bawah)
4	D9	Relay (batas atas)
5	Vcc	Catu daya 5 V
6	Gnd	Ground

### 3.4.4 Konfigurasi Port I/O DCS

Modul I/O merupakan perangkat yang terpasang pada FCS di DCS Centum VP. Terdapat 8 *slot* I/O pada DCS yang dapat dikonfigurasi dengan modul analog maupun modul digital. Pada perancangan skripsi ini, hanya digunakan *input* modul digital dan *output* modul digital, yaitu:

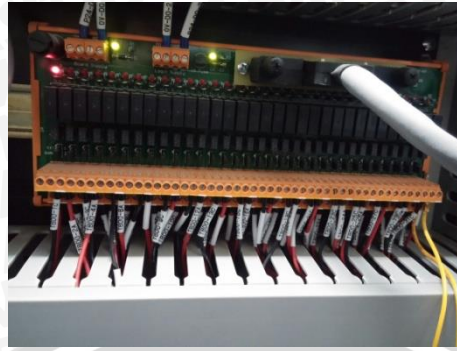
#### ➤ Modul Digital ADV151

Merupakan modul *input* digital dengan 32 kontak *input* dengan nilai keluaran saat bernilai “1” ialah 0 volt, sedangkan saat bernilai “0” ialah 24 Vdc dengan arus 4,1 mA. Pada perancangan digunakan tiga kontak *input* digital, yakni kontak DI 1-2 sebagai *starting* sistem, kontak DI 1-1 sebagai batas bawah dan kontak DI 1-32 sebagai batas atas. Saklar *input* digital DCS bisa dilihat dalam Gambar 3.9 dan untuk port *input* digital DCS bisa dilihat dalam Gambar 3.10.



Gambar 3.9 Saklar *Input* Digital DCS





Gambar 3.10 Port *Input* Digital DCS

➤ Modul Digital ADV551

Merupakan modul *output* digital dengan 32 kontak *output* dengan nilai keluaran saat bernilai “1” ialah 24 Vdc dengan arus 100 mA, sedangkan saat bernilai “0” ialah 0 volt. Pada perancangan digunakan satu kontak keluaran, yakni DO-32. Port *output* digital DCS bisa dilihat dalam Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Port *Output* Digital DCS

Konfigurasi port I/O DCS ditunjukkan dalam Tabel 3.5.

**Tabel 3.5** Port I/O DCS

No.	Port	Fungsi
1	DI 1-2	Start (input)
2	DI 1-1	Batas bawah (input)
3	DI 1-32	Batas atas (input)
4	DO-32	Relay (output)

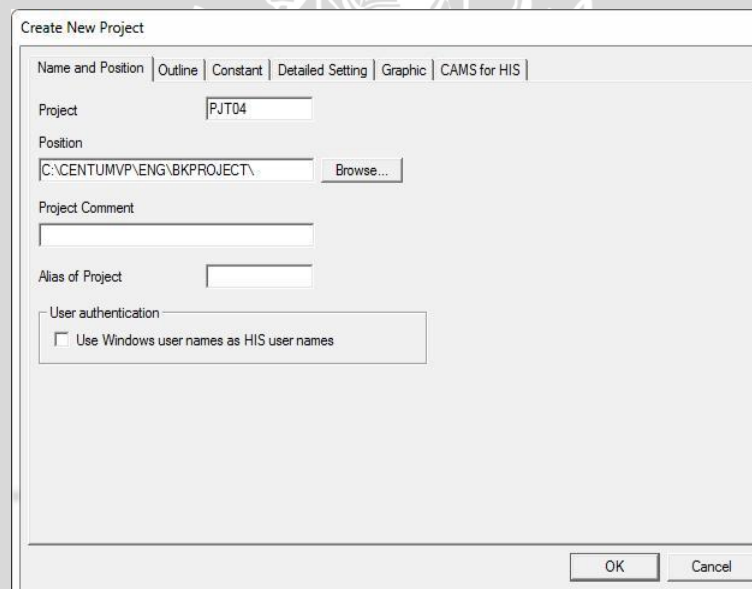


### 3.5 Perancangan Algoritma

Perancangan Algoritma ini berfokus pada penggunaan *software* yang terdapat pada DCS Centum VP, meliputi:

- *Function Block*
- *Trend*
- *Graphic*

Sebelum membuat program tersebut maka diperlukan *project* sebagai tempat tersimpannya semua parameter modul-modul dan *station-station* yang digunakan oleh DCS. Untuk membuat sistem baru, pada “System View” klik kanan folder “SYSTEM 32 VIEW” pilih “Create New” kemudian “Project” pada menu berikutnya kemudian muncul *window* “Create New Project”, seperti dalam Gambar 3.12.



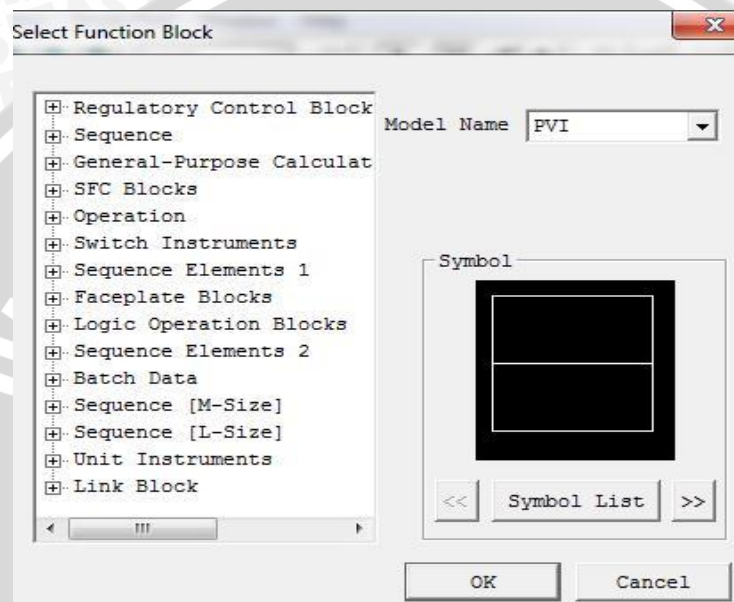
Gambar 3.12 Window “Create New Project”

Pada *window* tersebut terdapat beberapa *tab* seperti terlihat pada Gambar 3.12. *Project* akan selesai dibuat setelah *setting* parameter dilakukan dan tombol “OK” di klik.

#### 3.5.1 Pembuatan *Function Block*

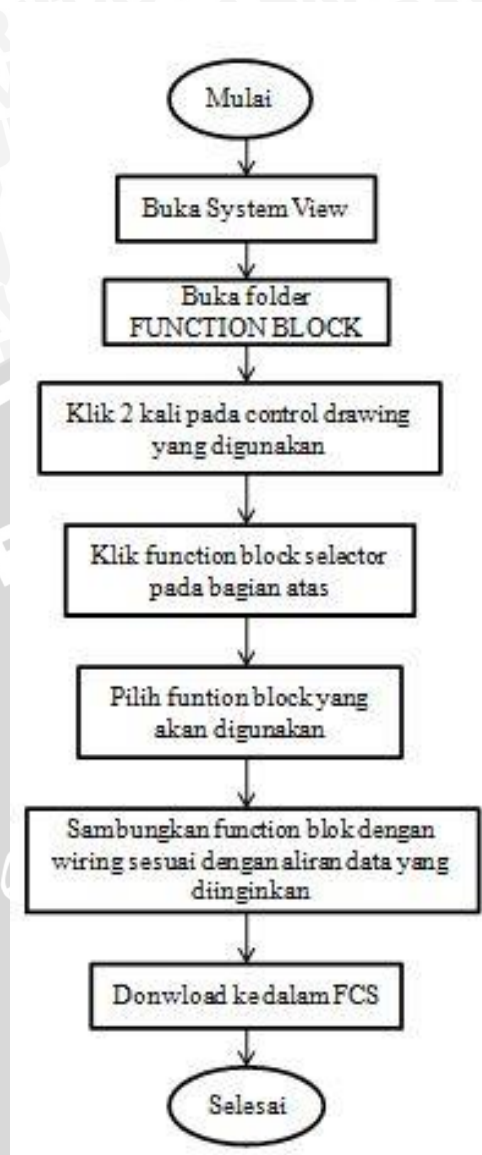
*Function Block* merupakan kumpulan blok-blok berkonfigurasi secara bersama sehingga terbentuk suatu narasi pengontrolan yang digunakan untuk memantau proses dan melakukan pengontrolan. Kumpulan blok-blok dalam

*function block* terdapat pada *Control Drawing Builder* yang digunakan untuk mempermudah pembuatan fungsi-fungsi kontrol pada DCS. Melalui *control drawing builder* operasi seperti deklarasi *input* dan *output*, penentuan aliran data, serta pengolahan data dilakukan secara grafis dengan *function block*. Dalam satu *control drawing* dapat digunakan hingga 100 *function block*. Beberapa jenis *function block* yang dapat digunakan bisa dilihat dalam Gambar 3.13.



**Gambar 3.13** Window Pemilihan *Function Block*

Skema aliran data aliran data yang dibuat dalam *control drawing builder* menentukan hasil keluaran dari DCS. Alur pembuatannya seperti yang terlihat di *flowchart* dalam Gambar 3.14.

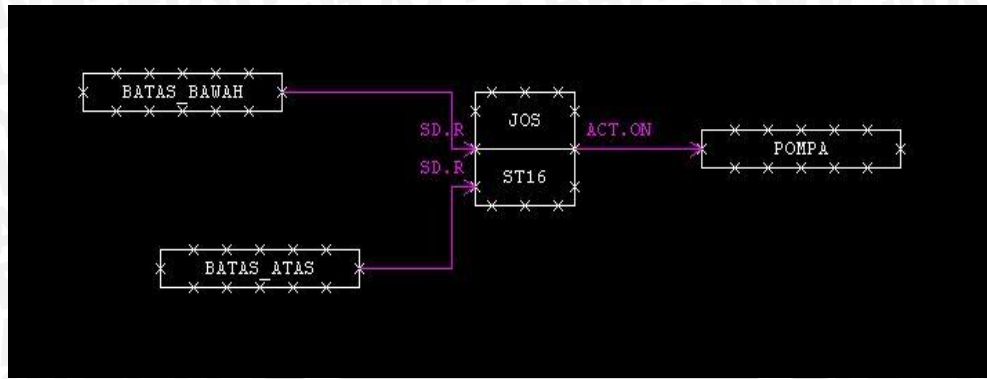


Gambar 3.14 Diagram Alir Pembuatan *Function Block*

### 3.5.1.1 *Function Block* Keseluruhan Sistem

Blok pengontrolan keseluruhan melibatkan pengontrolan secara *on-off*. *Function Block* ditampilkan dalam Gambar 3.15.





Gambar 3.15 Function Block Keseluruhan Sistem

Pada *Function Block* di atas terdapat dua *input* digital berupa batas atas dan batas bawah yang akan masuk ke dalam *block sequence* dan mempengaruhi satu *output* digital sesuai dengan program yang dituliskan yang nanti dapat mengaktifkan pompa. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam Gambar 3.16.

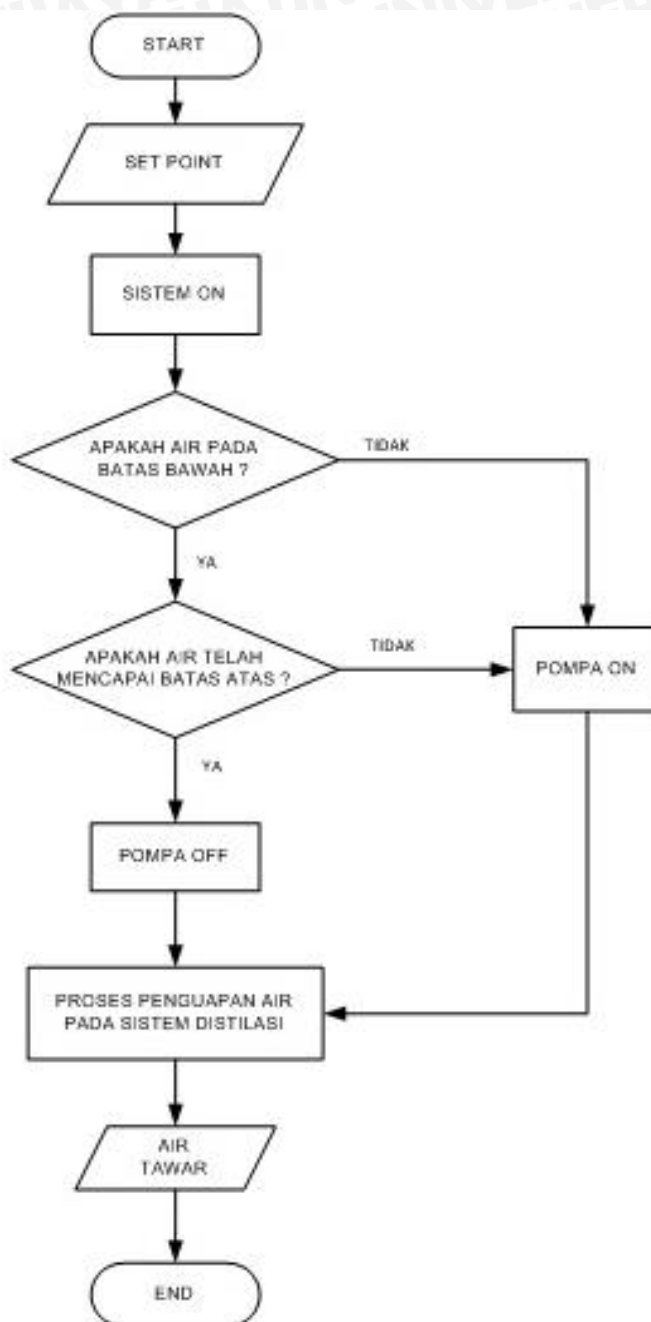
No.	Tag name.Data item	Data	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	ST	TE
C01	START.PV	ON	Y	Y	Y	N	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
C02	BATAS_BAWAH.PV	ON	.	N	Y	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
C03	BATAS_ATAS.PV	ON	.	N	Y	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
C04			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
C05			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
C06			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
A01	POMPA.PV	H	Y	Y	N	N	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
A02			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
A03			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
A04			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
A05			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Gambar 3.16 Sequence Tables

Pada *Sequence Tables* dijelaskan bahwa untuk memulai sistem maka harus mengaktifkan tombol START pada DCS. Ketika tombol START ditekan maka akan mengaktifkan pompa untuk mengisi tangki dengan air. Input digital BATAS\_BAWAH aktif maka pompa akan terus mengisi tangki dan input digital BATAS\_ATAS aktif pompa pun akan mati. Pompa akan aktif kembali ketika air menguap hingga input digital BATAS\_BAWAH dan BATAS\_ATAS tidak aktif lagi.

### 3.5.2 Flowchart Program

Flowchart program merupakan gambaran alur proses program yang dilakukan oleh kontroler pada saat implementasi. *Flowchart* program dalam skripsi ini dapat dilihat dalam Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Flowchart Program

### 3.5.3 Pembuatan *Trend*

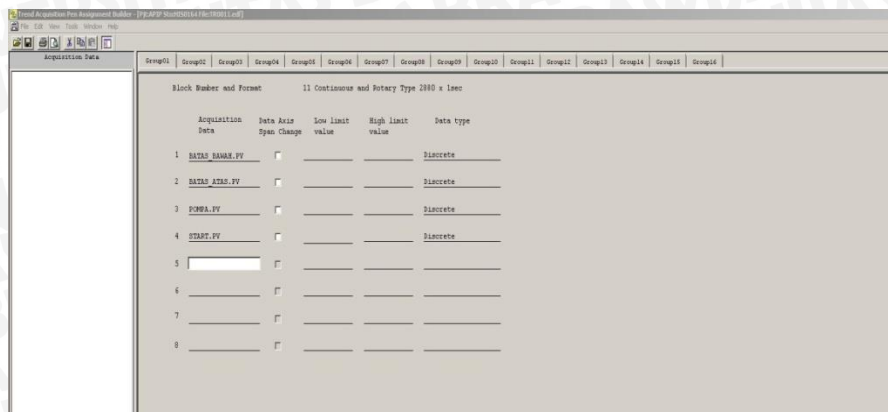
*Trend* ialah *software* pada centum VP untuk proses sampling data yang kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik. Alur pembuatannya seperti yang terlihat di *flowchart* dalam Gambar 3.18.



Gambar 3.18 Diagram Alir Pembuatan *Trend*

Pada Centum VP terdapat 50 *trend block*, dimana tiap *block* memiliki 16 grup dan tiap grup dapat diisi hingga 8 *sampling data*. Gambar 3.19 menampilkan pembuatan *trend* sistem.

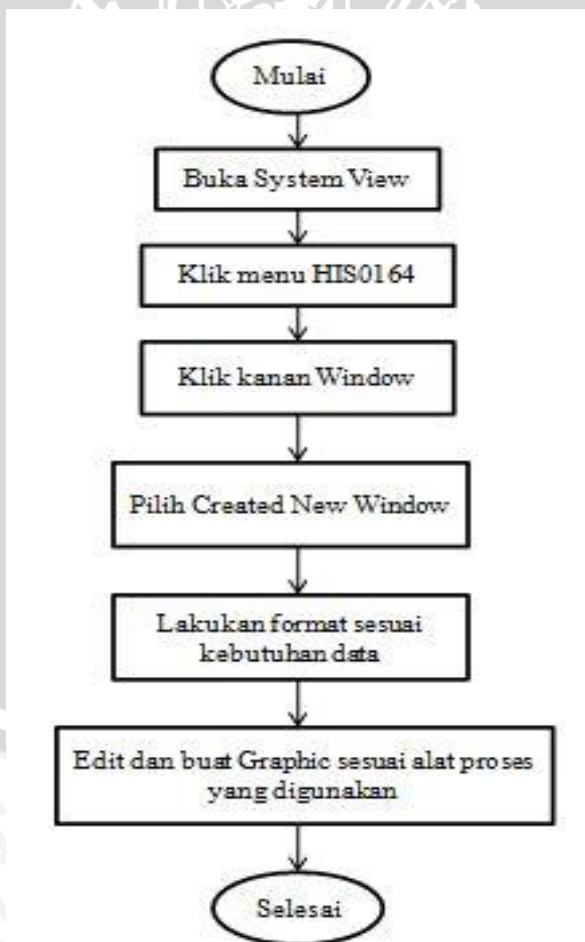




Gambar 3.19 Pengisian Trend

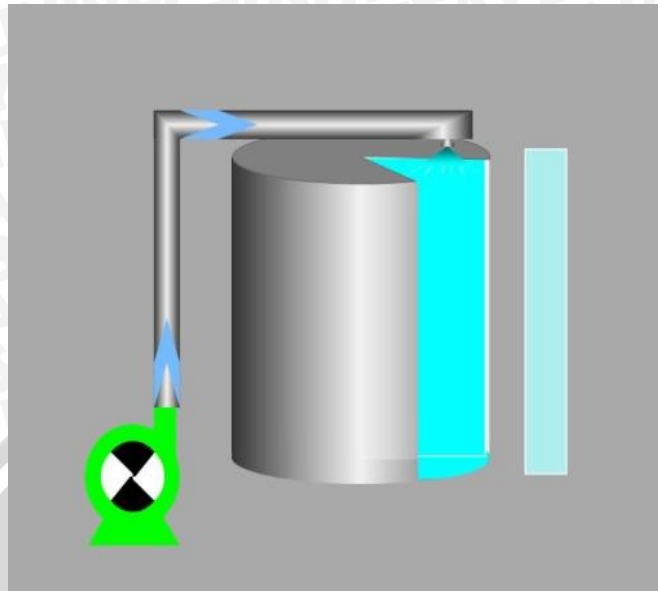
### 3.5.4 Pembuatan Graphic

Pembuatan *Graphic* bertujuan untuk membuat animasi perangkat sesungguhnya pada *software*, sehingga saat pengontrolan proses yang terjadi pada sistem dan alat dapat diamati pada HIS. Untuk membuat *Graphic* dalam DCS dapat mengikuti *flowchart* pada Gambar 3.20.



Gambar 3.20 Flowchart Pembuatan Graphic

Gambar 3.21 menampilkan *Graphic* dalam sistem.



Gambar 3.21 Graphic Sistem

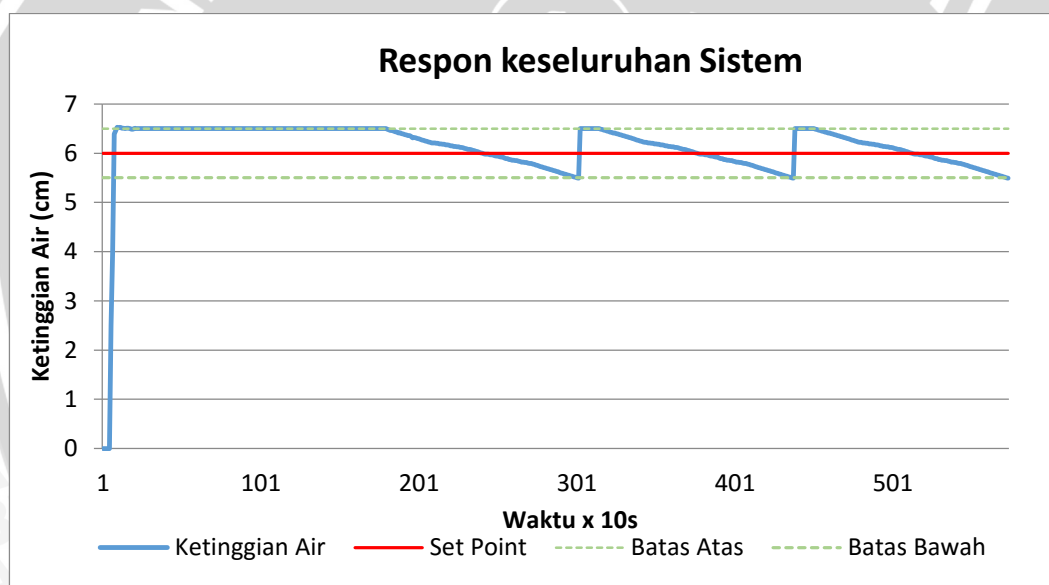


## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dilakukan dengan melakukan pengujian keseluruhan sistem. Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk menguji apakah parameter yang sudah didapatkan dapat diaplikasikan pada alat dan sudah sesuai dengan *input* yang diinginkan serta mengetahui hasil responnya.

### 4.1 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem proses distilasi air laut dengan menggunakan DCS sebagai kontroler dengan metode pengontrolan *on-off* menghasilkan respon sistem yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



**Gambar 4.1 Respon Sistem Keseluruhan**

Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan, diperoleh kinerja sistem antara lain:

1. *Settling time* ( $t_s$ ) yaitu waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai nilai akhir ketika *steady*.  $t_s$  berdasarkan pengujian adalah 2510 detik atau kurang lebih 40 menit. *Settling time* didapat ketika level telah mencapai 6 cm.
2. Level tertinggi dari hasil pengujian keseluruhan sistem adalah 6,53 cm dan respon yang dihasilkan mampu mempertahankan level selama 2 jam pada rentang level 6,53 cm – 5.5 cm dengan *error steady state* sebesar 0,5%.

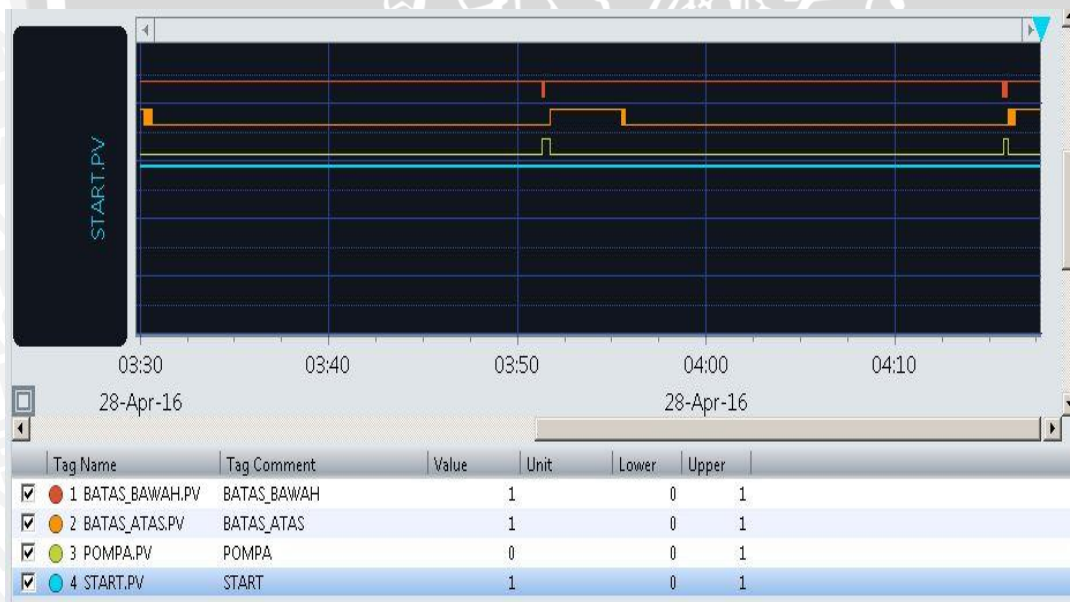


3. Periode tinggi air dari *set point* kembali ke *set point* lagi akibat pemanasan dari hasil pengujian sistem ini adalah 1500 detik atau kurang lebih 25 menit.

**Tabel 4.1** Data Pengujian Keseluruhan

<i>Set point</i>	6 cm
Level awal	0 cm
Waktu naik ( $t_r$ )	90 s
<i>Settling time</i> ( $t_s$ )	2510 s (40 menit)
<i>Delay time</i> ( $t_d$ )	65 s
Periode	1500 s (15 menit)
Aktuator aktif	Detik ke 3000 dan 4500

Respon sistem pada HIS DCS dapat dilihat pada *trend* yang sudah dibuat sebelumnya. Grafik keluaran sistem keseluruhan pada *trend* seperti terlihat dalam Gambar 4.7.



**Gambar 4.7** Keluaran Sistem Pada *Trend*

Grafik keluaran pada *trend* berbentuk *timing* diagram karena *input* dan *output*nya berupa sinyal digital bernilai 1 dan 0 atau aktif dan tidak aktif. Pada nilai batas atas dan batas bawah yang diaktifkan oleh pembacaan sensor terjadi pengaktifan secara berulang-ulang dikarenakan pembacaan sensor yang tidak tetap

dan pergerakan permukaan air yang bergerak terus menerus akibat pemanasan. Akan tetapi, pengaktifan secara berulang-ulang tersebut tidak mempengaruhi kinerja sistem karena berlangsung dengan cepat.



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan perancangan dalam penggunaan DCS sebagai pengontrol ketinggian air pada proses distilasi air laut menggunakan metode pengontrolan *on-off* dapat diimplementasikan dengan baik. Setelah melakukan pengujian didapatkan kinerja sistem antara lain:

1. Sistem dapat mempertahankan ketinggian air dengan *settling time* (ts) selama 2510 detik (40 menit)
2. Periode dari *set point* kembali ke *set point* lagi akibat pemanasan diperoleh 1500 detik untuk setiap periode dengan error steady state sebesar 0,5%.
3. Sistem berjalan secara kontinyu dalam waktu percobaan 2 jam.
4. Aktuator aktif saat proses awal pengisian dari tandon ke tangki evaporator dan setelah 40 menit percobaan akan aktif kembali mengisi tangki ketika air sudah mulai menguap.

### 5.2 Saran

Saran untuk pengembangan skripsi ini dikemudian hari ialah dengan mengontrol proses kondensasi yang terjadi agar air tawar yang dihasilkan bisa lebih maksimal.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Tempo, 25 Juli 2013, *40 Persen Air Isi Ulang Tak Layak Dikonsumsi, dalam koran online*, <http://www.tempo.co/read/news/2013/07/25/090499750> /40- Persen-Air-Isi-Ulang-Tak-Layak-Konsumsi.
- Bernasconi, G. 1995. *Teknologi Kimia*. Jilid 2. Edisi pertama. Jakarta. PT. Pradaya Paramita.
- Cook, T.M., Cullen, D.J. 1986. *INDUSTRI KIMIA OPERASI*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Depkes RI. 2010. *Permenkes RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010. Tentang Persyaratan Kualitas Air minum*. Depkes RI, Jakarta.
- Hidayat, A.R. 2014. *Pengendalian Ketinggian Air pada Distilasi Air Laut Menggunakan Kontroler on-off*. Skripsi. Teknik Elektro. Universitas Brawijaya. Malang.
- Ihsan. *Pengertian Arduino Uno*. (online), (<http://www.caratekno.com/2015/07/pengertian-arduino-uno-mikrokontroler.html>). Diakses pada bulan April 2016.
- Lakitan. 2002. *Klasifikasi Iklim Indonesia*. PT. Dunia Pustaka Jaya : Jakarta.
- Ogata, K. 1997. *Teknik Kontrol Automatik (edisi kedua)*. Terjemahan oleh Edi Laksono. Jakarta: Erlangga.
- Ogata, K. 2010. *Modern Control Engineering*, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall, One Lake Street, Upper Saddle River, New Jersey 07458. Fifth edition.
- Prasetyo, J. 2015. *Uji Performansi pada Sistem Kontrol Level Air dengan Variasi Beban Menggunakan Kontroler PID*. Skripsi. Teknik Elektro. Universitas Brawijaya. Malang.
- Ramadhan, K. 2014. *Sistem Kontrol Multivariabel Temperatur dan Level dengan Yokogawa DCS Centum VP*. Skripsi. Teknik Elektro. Universitas Brawijaya. Malang.
- Talley, L. 2000. "SIO 210 Talley Topic 2: Properties of seawater".

Tanusekar. 2014. *Rancang Bangun dan Uji Kinerja Alat Desalinasi Sistem Penyulingan Menggunakan Panas Matahari dengan Pengaturan Tekanan Udara*. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem.

Wisnubroto, S. 2004. *Meteorologi Pertanian Indonesia*. Fakultas Pertanian UGM Yogyakarta.

Yokogawa Electric Corporation. 2008. *CENTUM VP Engineering Training Manual*. Japan: Education Center.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## LAMPIRAN I

### FOTO ALAT

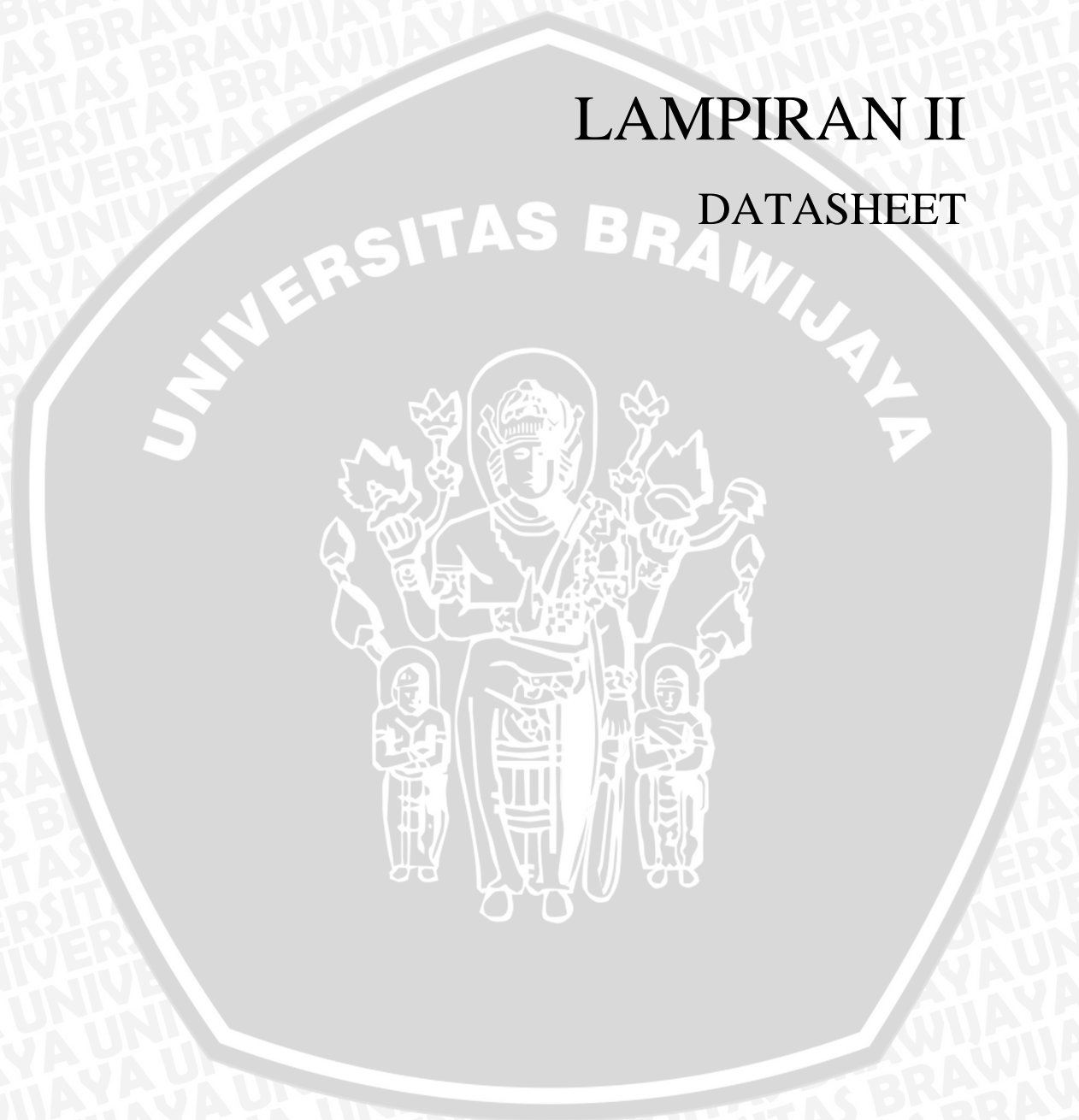
FOTO ALAT



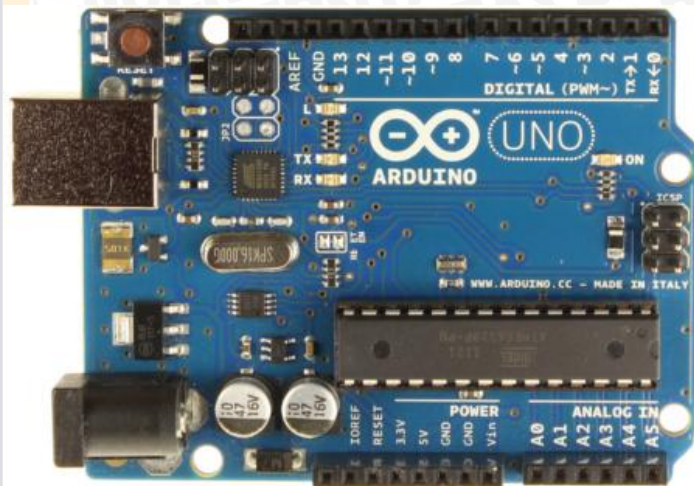


# LAMPIRAN II

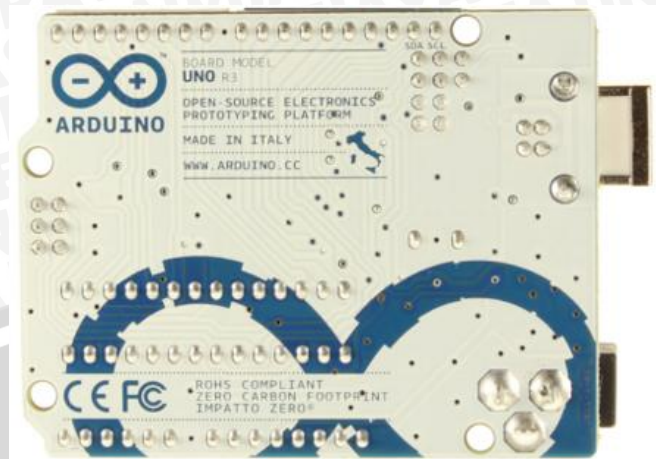
## DATASHEET



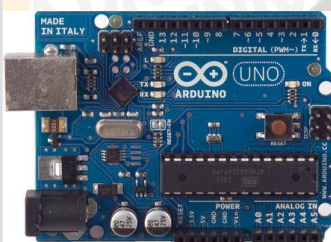
# Arduino Uno



Arduino Uno R3 Front



Arduino Uno R3 Back



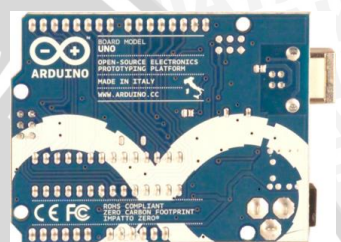
Arduino Uno R2 Front



Arduino Uno SMD



Arduino Uno Front



Arduino Uno Back

## Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz ceramic resonator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.

The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega16U2 (Atmega8U2 up to version R2) programmed as a USB-to-serial converter.

| [Revision 2](#) of the Uno board has a resistor pulling the 8U2 HWB line to ground, making it easier to put into [DFU mode](#).

| [Revision 3](#) of the board has the following new features:

- 1.0 pinout: added SDA and SCL pins that are near to the AREF pin and two other new pins placed near to the RESET pin, the IOREF that allow the shields to adapt to the voltage provided from the board. In future, shields will be compatible both with the board that use the AVR, which operate with 5V and with the Arduino Due that operate with 3.3V. The second one is a not connected pin, that is reserved for future purposes.
- Stronger RESET circuit.
- Atmega 16U2 replace the 8U2.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

## Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V



Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

## Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-uno-Rev3-reference-design.zip](#) (NOTE: works with Eagle 6.0 and newer)

Schematic: [arduino-uno-Rev3-schematic.pdf](#)

**Note:** The Arduino reference design can use an Atmega8, 168, or 328, Current models use an ATmega328, but an Atmega8 is shown in the schematic for reference. The pin configuration is identical on all three processors.

## Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7 - 12V), the USB connector (5V), or the VIN pin of the board (7-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

## Memory

The ATmega328 has 32 KB (with 0.5 KB used for the bootloader). It also has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

## Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.



- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#).
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin.** Support TWI communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega328 ports](#). The mapping for the Atmega8, 168, and 328 is identical.

## Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega16U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '16U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, [on Windows, a .inf file is required](#). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.

The ATmega328 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

## Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno" from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega16U2 (or 8U2 in the rev1 and rev2 boards) firmware source code is available. The ATmega16U2/8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by:

- On Rev1 boards: connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2.
- On Rev2 or later boards: there is a resistor that pulling the 8U2/16U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See [this user-contributed tutorial](#) for more information.

## Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2/16U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload. This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

## USB Overcurrent Protection

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

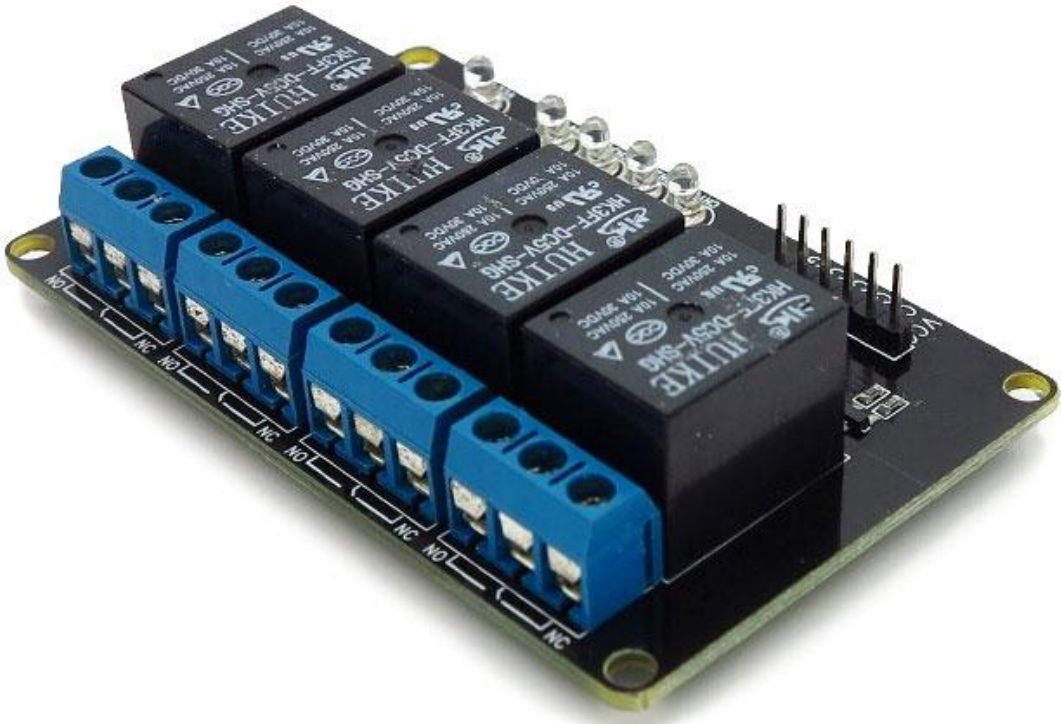
## Physical Characteristics

The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Four screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.



**RB-lte-04**

**4-Channel 5V Relay Module**



**Description**

**Overview**

This is a 5V 4-Channels Relay module, It can be controlled directly by a wide range of microcontrollers such as Arduino, AVR, PIC, ARM and MSP430.

4 relays are included in this module, with “NC” ports means “Normally connected to COM” and “NO” ports means “Normally open to COM”. This module also equipped with 4 LEDs to show the status of relays.

**Features**

- 4 mechanical relays with status indicator LED
- Both “NC” and “NO” ports for each relay

**Specification**

- Module Type: Control
- Weight: 70.00g
- Board Size: 8 x 4.8 x 2cm



- Version: 1
- Operation Level: Digital 5V
- Power Supply: External 5V



- Designed small, 2- and 3-pole types break 5 A loads and 4-pole type, 3 A load
- High reliability, long life
- Ultra-high sensitivity with quick response
- High vibration/shock resistance
- 3- and 4-pole types have an arc barrier
- UL and CSA approved
- Withstands dielectric strength of 2,000 V
- Relays with high-capacity, LED indicator, diode surge suppression, push-to-test button, or RC circuit are available
- Changes due to aging are negligible because of use of special magnetic materials, thus ensuring long continuous holding time
- Little change in characteristics such as contact follow, contact pressure, etc., throughout long life



## Ordering Information

To Order: Select the part number and add the desired coil voltage rating (e.g., MY4-DC6).

Type	Terminal	Contact form	Construction	Part number						
				Single contact			Bifurcated contact			
				Standard bracket mounting	Upper mounting bracket	Lower mounting bracket	Standard bracket mounting	Upper mounting bracket	Lower mounting bracket	
Standard	Plug-in/solder	DPDT	Unsealed	<b>MY2</b>	<b>MY2F</b>	<b>MY2S</b>	<b>MY2Z</b>	<b>MY2ZF</b>	<b>MY2ZS</b>	
				<b>MY3</b>	<b>MY3F</b>	<b>MY3S</b>	—	—	—	
				<b>MY4</b>	<b>MY4F</b>	<b>MY4S</b>	<b>MY4Z</b>	<b>MY4ZF</b>	<b>MY4ZS</b>	
		PCB		DPDT	<b>MY2-02</b>	—	—	<b>MY2Z-02</b>	—	—
					<b>MY3-02</b>	—	—	—	—	—
					<b>MY4-02</b>	—	—	<b>MY2Z-02</b>	—	—
	Plug-in/solder PCB	4PDT	Sealed	<b>MYQ4</b>	—	—	<b>MYQ4Z</b>	—	—	
				<b>MYQ4-02</b>	—	—	<b>MYQ4Z-02</b>	—	—	
				<b>MY4H</b>	—	—	<b>MY4ZH</b>	—	—	
		4PDT		Hermetically Sealed	<b>MY4H-0</b>	—	—	<b>MY4ZH-0</b>	—	—

- Note: 1. For SEV approved type, order the following: MY4-SV-DC6. (Lloyd's Register approval. See "Approvals" section.)  
 2. To order connecting sockets and mounting tracks, see "Accessories" section.  
 3. AgCdO contacts are also available (MY2E, MY3E, MY4E). Contact your OMRON sales representative for details.

## Ordering information (continued)

Type	Terminal	Contact form	Construction	Part number					
				Single contact			Bifurcated contact		
				Standard bracket mounting	Upper mounting bracket	Lower mounting bracket	Standard bracket mounting	Upper mounting bracket	Lower mounting bracket
LED indicator	Plug-in/solder	DPDT		<b>MY2N</b>	—	—	<b>MY2ZN</b>	—	—
		3PDT		<b>MY3N</b>	—	—	—	—	—
		4PDT		<b>MY4N</b>	—	—	<b>MY4ZN</b>	—	—
High-capacity		DPDT	w/o LED indicator	<b>MY2-Y</b>	—	—	—	—	—
			LED indicator	<b>MY2N-Y</b>	—	—	—	—	—
Diode surge suppression*		DPDT		<b>MY2-D</b>	—	—	<b>MY2Z-D</b>	—	—
		3PDT		<b>MY3-D</b>	—	—	—	—	—
		4PDT		<b>MY4-D</b>	—	—	<b>MY4Z-D</b>	—	—
LED indicator and diode surge suppression*		DPDT		<b>MY2N-D2</b>	—	—	<b>MY2ZN-D2</b>	—	—
		3PDT		<b>MY3N-D2</b>	—	—	—	—	—
		4PDT		<b>MY4N-D2</b>	—	—	<b>MY4ZN-D2</b>	—	—
RC circuit**		DPDT	w/o LED indicator	<b>MY2-CR</b>	—	—	<b>MY2Z-CR</b>	—	—
				<b>MY3-CR</b>	—	—	—	—	—
				<b>MY4-CR</b>	—	—	<b>MY4Z-CR</b>	—	—
		4PDT	LED indicator	<b>MY2N-CR</b>	—	—	—	—	—
<b>MY4N-CR</b>	—			—	—	—	—		
Push-to-test button		DPDT		<b>MY214</b>	—	—	<b>MY2Z12</b>	—	—
		4PDT		<b>MY414</b>	—	—	<b>MY4Z12</b>	—	—
LED indicator and RC circuit		DPDT		<b>MY214N</b>	—	—	<b>MY2Z12N</b>	—	—
		4PDT		<b>MY414N</b>	—	—	<b>MY4Z12N</b>	—	—

Type	Terminal	Contact form	Part number
Latching	Plug-in PC board	DPDT	<b>MY2K-US</b>
			<b>MY2K-02-US</b>

- Note: 1. For SEV approved type, order as the following: MY4-SV-DC6. (Lloyd's Register approval. See "Approvals" section.)  
2. To order connecting sockets and mounting tracks, see "Accessories" section.  
3. AgCdO contacts are also available. Contact your OMRON sales representative for details.  
4. \* DC coils only  
\*\* AC coils only

## ACCESSORIES

### Connecting Sockets

To Order: Select the appropriate part numbers for sockets, clips, and mounting tracks (if required) from the available types chart.

### Available Types

#### Track mounted sockets

Relay	Socket*	Relay hold-down clip		Mounting track
		Standard	RC circuit	
DPDT	<b>PYF08A-E</b>	<b>PYC-A1</b>	<b>Y92-H3</b>	<b>PFM-100N/PFM-50N &amp; PFM-M or PFM-100N2</b> <b>PFM-S</b> (Optional spacer)
3PDT	<b>PYF11A</b>			
4PDT	<b>PYF14A-E</b>			

\* Track mounted socket can be used as a front connecting socket.



## Back connecting sockets

Relay	Solder terminal socket	Wire wrap terminal socket	Relay hold-down clip				Socket Mounting Plate		
			Standard	Push-to-test	RC circuit	Mtg. plate	1	18	36
DPDT	<b>PY08</b>	<b>PY08QN</b>	<b>PYC-P</b>	<b>PYC-P2</b>	<b>PYC-1</b>	<b>PYC-S</b>	<b>PYP-1</b>	<b>PYP-18</b>	<b>PYP-36</b>
3PDT	<b>PY11</b>	<b>PY11QN</b>							
4PDT	<b>PY14</b>	<b>PY14QN</b>							

Note: Types PYP-18, PTP-12 and PTP-10 may be cut to any desired length.

Relay	PC terminal socket	Relay hold-down clip		
		Standard	Push-to-test	RC circuit
DPDT	<b>PY08-02</b>	<b>PYC-P</b>	<b>PYC-P2</b>	<b>PYC-1</b>
3PDT	<b>PY11-02</b>			
4PDT	<b>PY14-02</b>			

## Specifications

## ■ CONTACT DATA

## Non-latching – Unsealed

Load	DPDT, 3PDT		4DPT		High-capacity	
	Resistive load (p.f. = 1)	Inductive load (p.f. = 0.4) (L/R = 7 ms)	Resistive load (p.f. = 1)	Inductive load (p.f. = 0.4) (L/R = 7 ms)	Resistive load (p.f. = 1)	Inductive load (p.f. = 0.4) (L/R = 7 ms)
Rated load	5 A at 220 VAC 5 A at 24 VDC	2 A at 220 VAC 2 A at 24 VDC	3 A at 220 VAC 3 A at 24 VDC	0.8 A at 220 VAC 1.5 A at 24 VDC	7 A 220 VAC 7 A 24 VDC	3.5 A 220 VAC 3.5 A 24 VDC
Contact material	Ag		Ag (Au Flash)		AgCdO	
Carry current	5 A	3 A	1 A	3 A	7 A	
Max. operating voltage	250 VAC 125 VDC					
Max. operating current	5 A		1 A	3 A	7 A	
Max. switching capacity	1,100 VA 120 W	440 VA 48 W	660 VA 72 W	176 VA 36 W	1,540 VA 168 W	770 VA 84 W
Min. permissible load (see note)	Standard type: 1 mA, 5 VDC Bifurcated type: 100 µA, 1 VDC		Standard and high sensitivity types: 1 mA, 1 VDC		100 µA, 1 VDC	

## Non-latching – Sealed/Hermetically sealed

Load	Sealed, 4PDT		Hermetically sealed, 4DPT	
	Resistive load (p.f. = 1)	Inductive load (p.f. = 0.4) (L/R = 7 ms)	Resistive load (p.f. = 1)	Inductive load (p.f. = 0.4) (L/R = 7 ms)
Rated load	1 A at 220 VAC 1 A at 24 VDC	0.5 A at 220 VAC 0.5 A at 24 VDC	3 A at 110 VAC 3 A at 24 VDC	0.8 A at 110 VAC 1.5 A at 24 VDC
Contact material	Ag (Au Flash)			
Carry current	1 A		3 A	
Max. operating voltage	250 VAC 125 VDC		125 VAC 125 VDC	
Max. operating current	1 A		3 A	
Max. switching capacity	220 VA 24 W	110 VA 12 W	330 VA 72 W	88 VA 36 W
Min. permissible load (see note)	Standard and high sensitivity types: 1 mA, 1 VDC Bifurcated type: 100 µA, 1 VDC			

Note: P level:  $\lambda_{60} = 0.1 \times 10^{-6}/\text{operation}$

## COIL DATA

### Non-latching – AC

Rated voltage (V)	Rated current (mA)		Coil resistance (Ω)	Coil inductance (ref. value) (H)		Pick-up voltage (% of rated voltage)	Dropout voltage	Maximum voltage	Power consumption (VA, W)
	50 Hz	60 Hz		Armature OFF	Armature ON				
6	214.10	183	12.20	0.04	0.08	80% max.	30% min.	110% max.	Approx. 1.00 to 1.20
12	106.50	91	46	0.17	0.33				
24	53.80	46	180	0.69	1.30				
50	25.70	22	788	3.22	5.66				
100/110	11.70/12.90	10/11	3,750	14.54	24.60				Approx. 0.90 to 1.10
110/120	9.90/10.80	8.40/9.20	4,430	19.20	32.10				
200/220	6.20/6.80	5.30/5.80	12,950	54.75	94.07				
220/240	4.80/5.30	4.20/4.60	18,790	83.50	136.40				

### Non-latching – DC

Rated voltage (V)	Rated current (mA)	Coil resistance (Ω)	Coil inductance (ref. value) (H)		Pick-up voltage (% of rated voltage)	Dropout voltage	Maximum voltage	Power consumption (VA, W)
			Armature OFF	Armature ON				
6	150	40	0.17	0.33	80% max.	10% min.	110% max.	Approx. 0.90
12	75	160	0.73	1.37				
24	36.90	650	3.20	5.72				
48	18.50	2,600	10.60	21.00				
100/110	9.10/10	11,000	45.60	86.20				

### Latching – AC

Rated voltage (V)	Rated current (mA)			Coil resistance (Ω)		Pick-up voltage (% of rated voltage)	Dropout voltage	Maximum voltage	Power consumption (VA, W)	
	Set coil		Reset coil	Set coil	Reset coil				Set coil	Reset coil
	50 Hz	60 Hz	50/60 Hz							
6	146	142	68	13	32	80% max.	80% max.	110% max.	Approx. 0.60 to 0.90	Approx. 0.20 to 0.50
12	57	56	39	72	130					
24	27.40	26.40	18.60	320	550					
50	14	13.40	3.50	1,400	3,000					
120	15.80	5.60	3.50	8,300	3,000					

### Latching – DC

Rated voltage (V)	Rated current (mA)		Coil resistance (Ω)		Pick-up voltage (% of rated voltage)	Dropout voltage	Maximum voltage	Power consumption (VA, W)	
	Set coil		Set coil	Reset coil				Set coil	Reset coil
	50/60 Hz	50/60 Hz							
6	230	100	26	60	80% max.	80% max.	110% max.	Approx. 1.30	Approx. 0.06
12	110	50	110	235					
24	52	25	470	940					

- Note:
1. The rated current and coil resistance are measured at a coil temperature of 23°C (73°F) with tolerances of +15%, -20% for AC rated current, and ±15% for DC rated coil resistance.
  2. The AC coil resistance and inductance are reference values at 60 Hz.
  3. The performance characteristics are measured at a coil temperature of 23°C (73°F).
  4. Because the coil is designed for low power consumption, connect a bleeder (if necessary after confirming the leakage current), when the coil is driven by an SCR.
  5. For AC type latching coils, the rated current values are half-wave rectified current values measured with a DC ammeter.

## ■ CHARACTERISTICS

### Non-latching

Contact resistance		50 mΩ max.
Operate time		20 ms max.
Release time		20 ms max.
Operating frequency	Mechanically	18,000 operations/hour
	Under rated load	1,800 operations/hour
Insulation resistance		100 MΩ min. (at 500 VDC)
Dielectric strength	Single contact type	Unsealed: 2,000 VAC, 50/60 Hz for 1 minute 1,000 VAC, 50/60 Hz for 1 minute between contacts of same polarity Sealed: 1,500 VAC, 50/60 Hz for 1 minute 1,000 VAC, 50/60 Hz for 1 minute between contacts of same polarity Hermetically sealed: 1,000 VAC, 50/60 Hz for 1 minute 700 VAC, 50/60 Hz for 1 minute between contacts of same polarity
	Bifurcated contact type	1,500 VAC, 50/60 Hz for 1 minute 1,000 VAC, 50/60 Hz for 1 minute between non-continuous contacts
Vibration	Mechanical durability	10 to 55 Hz, 1.00 mm (0.04 in) double amplitude
	Malfunction durability	10 to 55 Hz, 1.00 mm (0.04 in) double amplitude
Shock	Mechanical durability	1,000 m/s <sup>2</sup> (approx. 100 G)
	Malfunction durability	200 m/s <sup>2</sup> (approx. 20 G)
Ambient temperature	Operating	Unsealed: -55° to 70°C (-67° to 158°F) Sealed: -55° to 60°C (-67° to 140°F) Hermetically sealed: 25° to 60°C (77° to 140°F)
Humidity		35% to 85% RH
Service Life	Mechanically	Single contact type: AC: 50 million operations min. (at operating frequency of 18,000 operations/hour) DC: 100 million operations min. (at operating frequency of 18,000 operations/hour)
	Mechanically	Bifurcated contact type: AC: 50 million operations min. DC: 20 million operations min. (5 million operations for the sealed/hermetically sealed types) (at operating frequency of 1,800 operations/hour)
	Electrically	See "Characteristic Data"
Weight		Sealed/unsealed: Approx. 35 g (1.23 oz) Hermetically sealed: Approx. 50 g (1.76 oz)

### Latching

Contact resistance		50 mΩ max.
Operate time		AC: 30 ms max.; DC: 15 ms max.
Release time		AC: 30 ms max.; DC: 15 ms max.
Operating frequency	Mechanically	18,000 operations/hour
	Under rated load	1,800 operations/hour
Insulation resistance		100 MΩ min. (at 500 VDC)
Dielectric strength		1,500 VAC, 50/60 Hz for 1 minute 1,000 VAC, 50/60 Hz for 1 minute between contacts of same polarity, and between set and reset coils
Vibration	Mechanical durability	10 to 55 Hz, 1.00 mm (0.04 in) double amplitude
	Malfunction durability	10 to 55 Hz, 1.00 mm (0.04 in) double amplitude
Shock	Mechanical durability	1,000 m/s <sup>2</sup> (approx. 100 G)
	Malfunction durability	200 m/s <sup>2</sup> (approx. 20 G)
Ambient temperature	Operating	-55° to 70°C (-67° to 158°F)
Humidity		45% to 85% RH
Service Life	Mechanically	100 million operations min. (at operating frequency of 18,000 operations/hour)
	Electrically	See "Characteristic Data"
Weight		Approx. 30 g (1.06 oz)

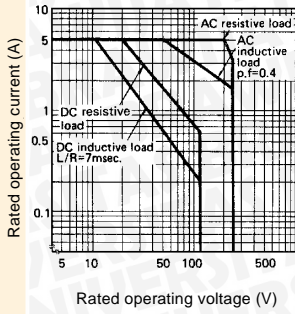
Note: Data shown are of initial value.



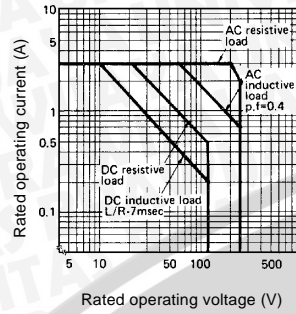
CHARACTERISTIC DATA

Maximum switching capacity – Non-latching

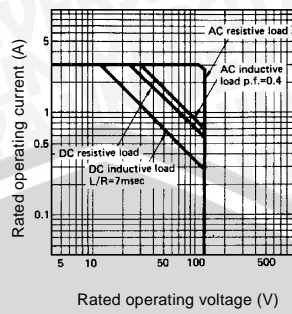
MY2, MY3



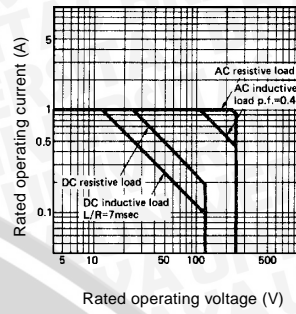
MY4



MY4(Z)H

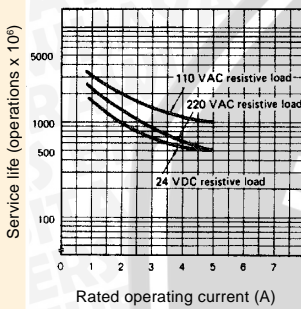


MYQ4(Z)H

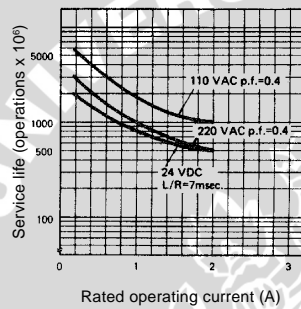


Electrical service life

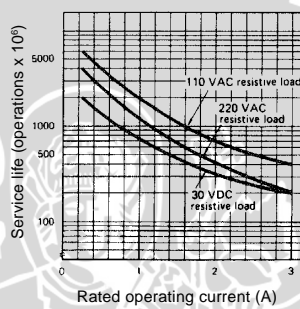
MY2, MY3 (Resistive load)



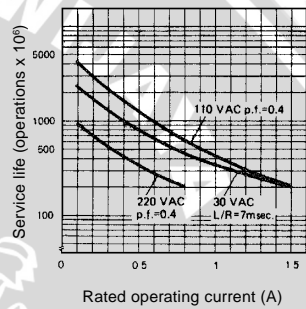
MY2, MY3 (Inductive load)



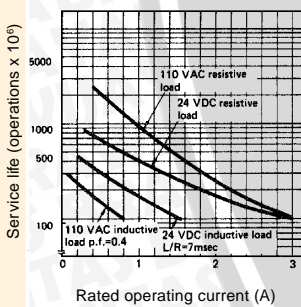
MY4 (Resistive load)



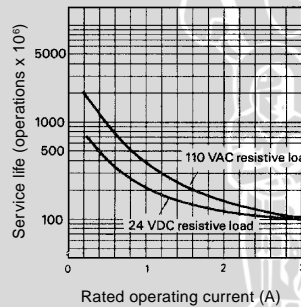
MY4 (Inductive load)



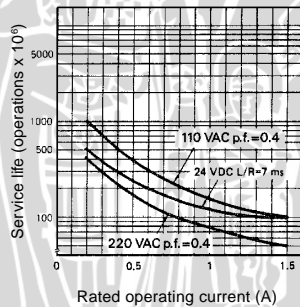
MY4H



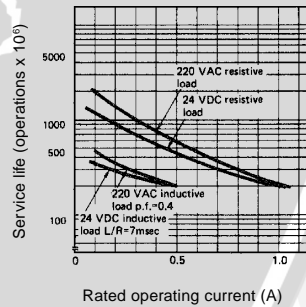
MY4Z (Resistive load)



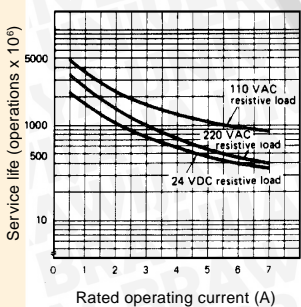
MY4Z (Inductive load)



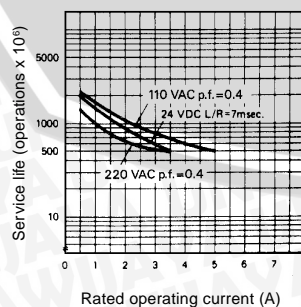
MYQ4



MY2-Y (Resistive load)

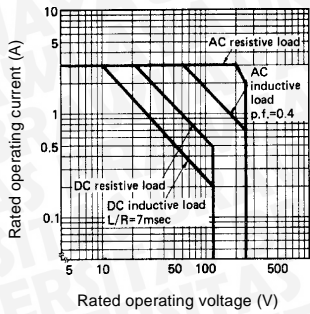


MY2-Y (Inductive load)



Maximum switching capacity – Latching

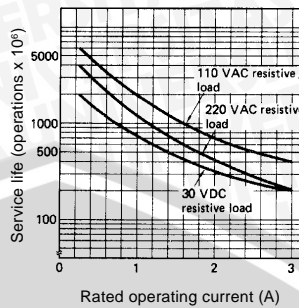
MY2K(-02)-US



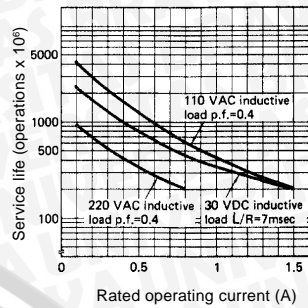
Electrical service life

MY2K(-02)-US

(Resistive load)



(Inductive load)

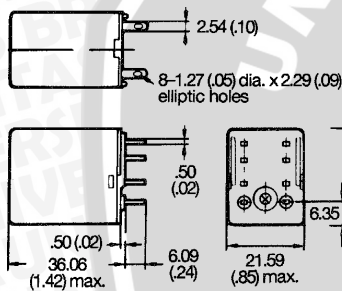


Dimensions

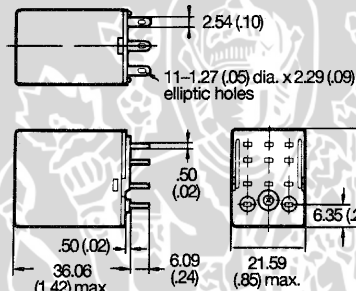
Unit: mm (inch)

RELAYS

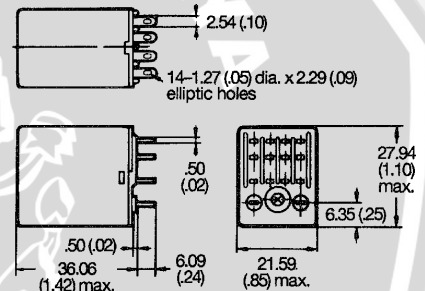
MY2



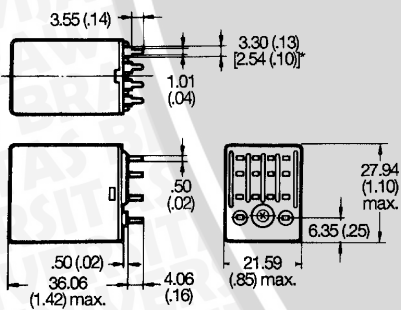
MY3



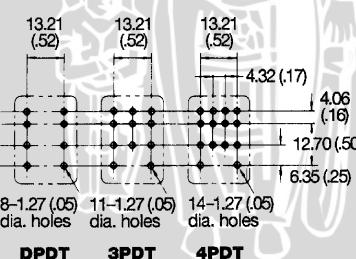
MY4



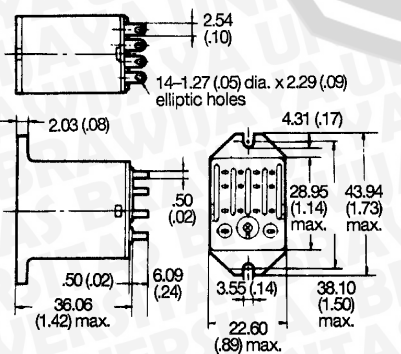
MY□-02



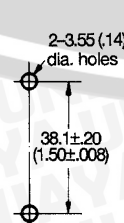
Mounting holes



MY□F



Mounting holes



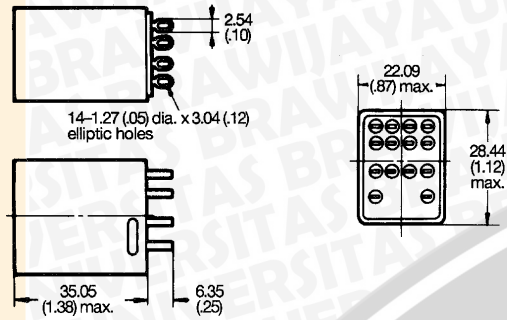
Note: The above dimensioned drawing shows the 4-pole type. The dimensions of the 2- and 3-pole types are identical to the 4-pole type.



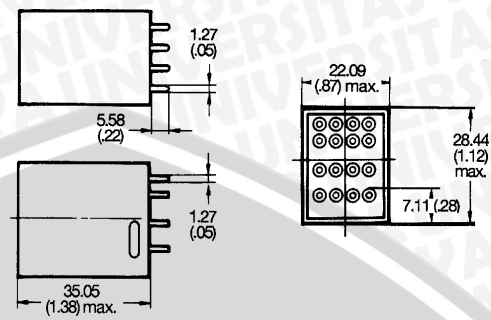
Unit: mm (inch)

■ RELAYS (continued)

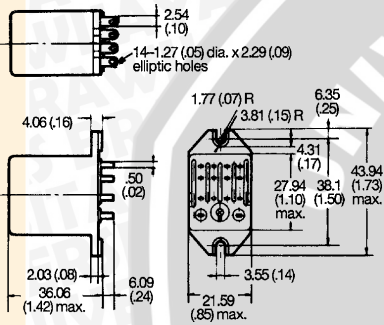
MY(Z)H



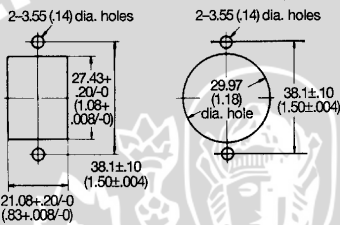
MY4(Z)H-0



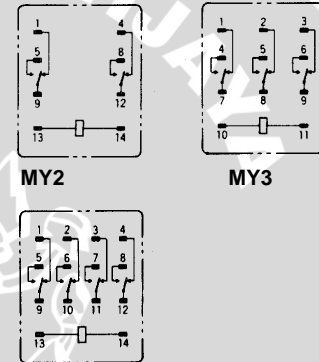
MY□-5



Mounting holes



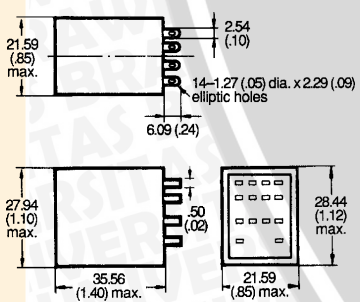
Terminal arrangement (Bottom view)



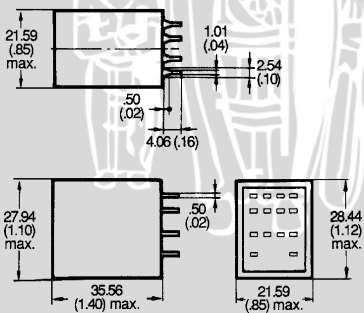
Note: The above dimensioned drawing shows the 4-pole type. The dimensions of the 2- and 3-pole types are identical to the 4-pole type.

MY4, MYQ4(Z), MY4(Z)H, MY4H-0

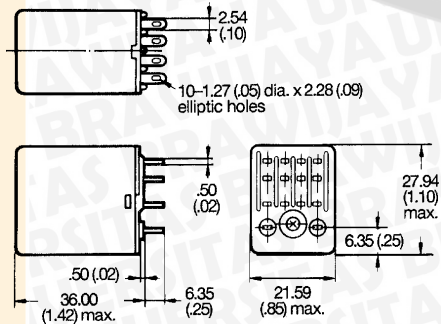
MYQ4(Z)



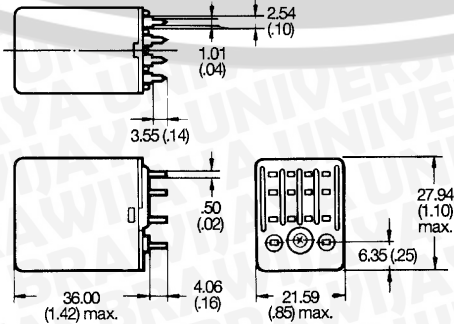
MYQ4(Z)-02



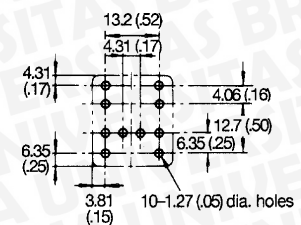
MY2K-US



MY2K-02-US



Mounting holes (Bottom view)





Unit: mm (inch)

■ ACCESSORIES

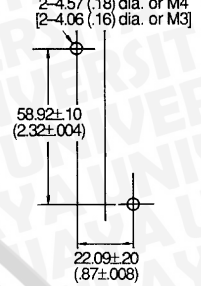
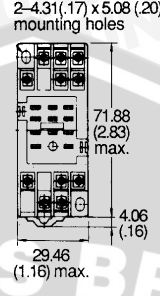
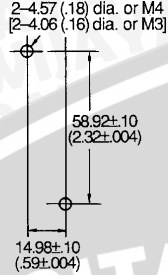
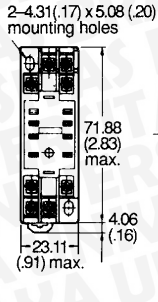
Track mounted sockets (UL File No. E87929) (CSA Report No. LR46088)

PYF08A-E

Terminal arrangement/  
mounting holes  
(Top view)

PYF11A

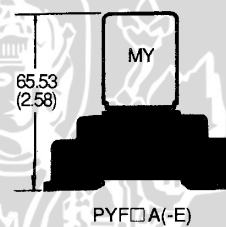
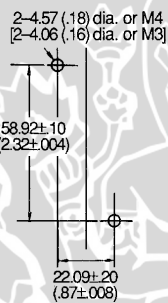
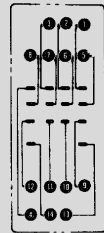
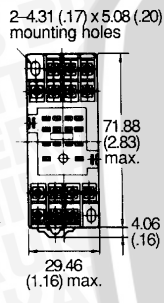
Terminal arrangement/  
mounting holes  
(Top view)



PYF14A-E

Terminal arrangement/  
mounting holes  
(Top view)

Mounting height of  
relay with socket

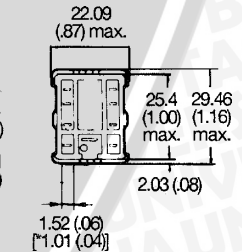
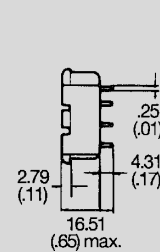
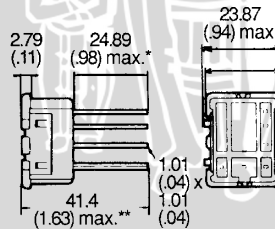
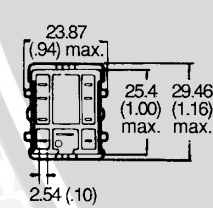
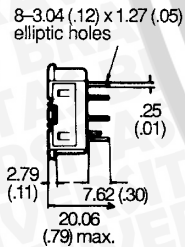


Back connecting socket (UL File No. E87929) (CSA Report No. LR46088) – DPDT

PY08

PY08QN

PY08-02

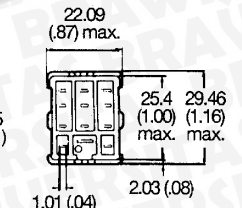
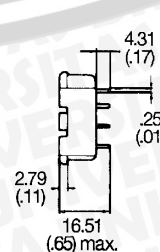
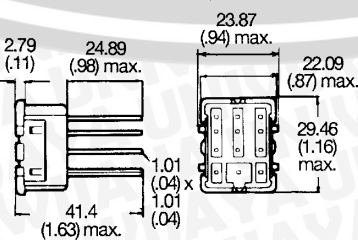
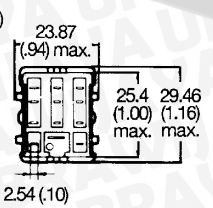
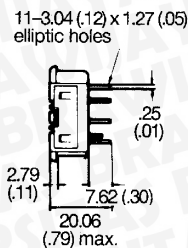


Back connecting socket (UL File No. E87929) (CSA Report No. LR46088) – 3PDT

PY11

PY11QN

PY11-02



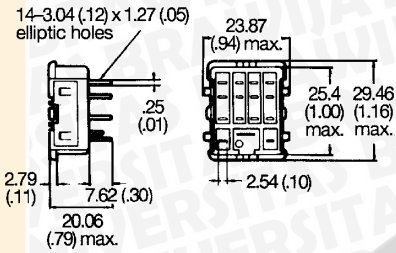
Note: 1. UL/CSA does not apply to wire wrap (Q) type sockets.  
2. Value in brackets is for MY□CR.

Unit: mm (inch)

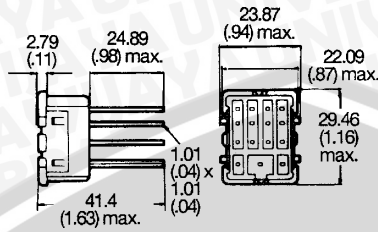
ACCESSORIES (continued)

Back connecting socket (UL File No. E87929) (CSA Report No. LR46088) – 4PDT

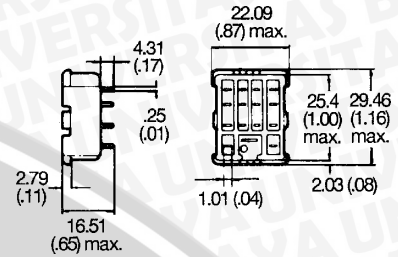
PY14



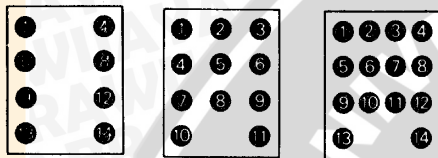
PY14QN



PY14-02



Terminal arrangement (Bottom view)



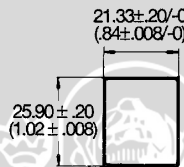
DPDT

3PDT

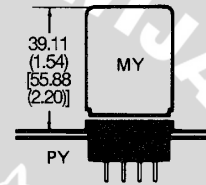
4PDT

Note: Value in brackets is for MY□-CR.

Panel cutout

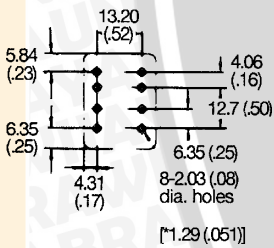


Mounting height of relay with socket

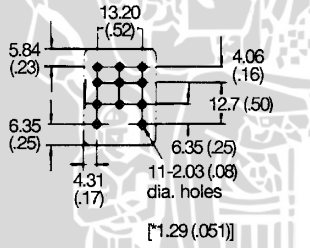


Mounting holes

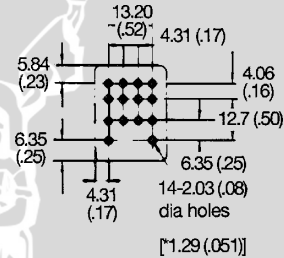
DPDT



3PDT



4PDT

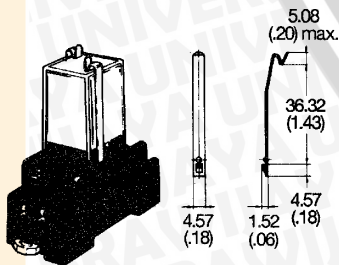


\* For types with suffix - 02.

Relay hold-down clip

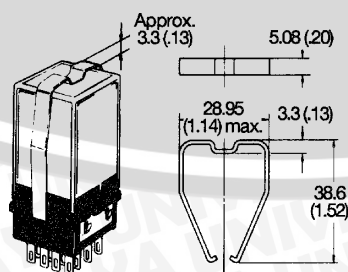
PYC-A1

for PYF□A socket



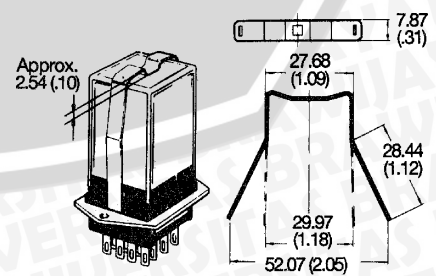
PYC-P

for PY□ socket



PYC-S

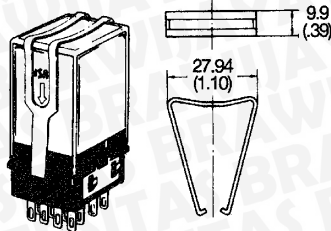
for relay mounting plates



**Relay hold-down clip**

**PYC-P2**

for test button self-contained type with PY□A socket



**Y92-HC**

for RC circuit

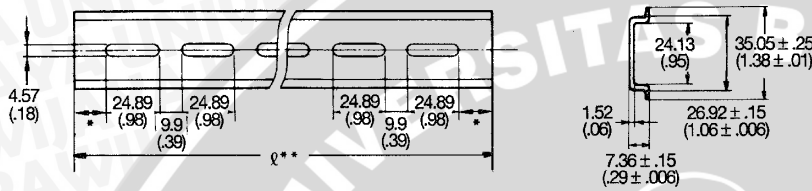


**PYC-1**

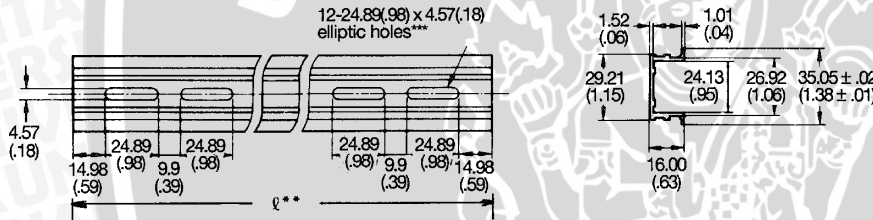
for RC circuit



**PFP-100N/PFP-50N mounting track**



**PFP-100N2 mounting track**

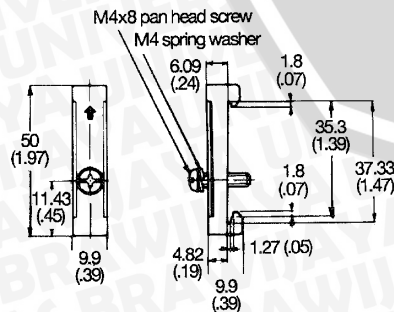


\* This dimension is 14.99 mm (0.59 in) on both ends in the case of PFP-100N, but on one end in the case of PFP-50N.

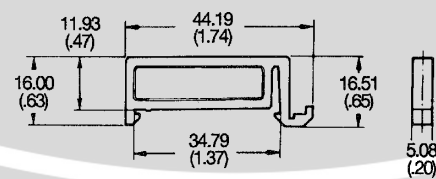
- \*\* L = Length
- PFP-50N ..... L = 497.84 mm (19.60 in)
- PFP-100N ..... L = 990.60 mm (39.00 in)
- PFP-100N2 ..... L = 990.60 mm (39.00 in)

\*\*\* A total of twelve 24.89 x 4.57 mm (0.98 x 0.18 in) elliptic holes are provided, with six holes cut from each end of the track at a pitch of 9.91 (0.39) between holes.

**PFP-M end plate**



**PFP-S spacer**





Unit: mm (inch)

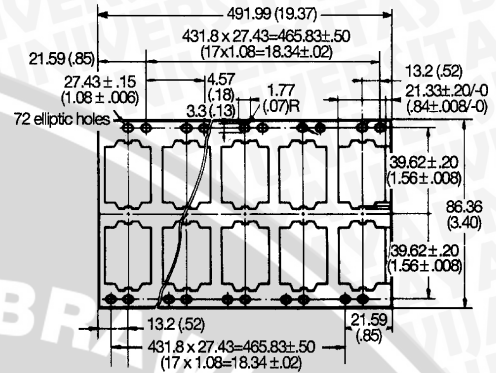
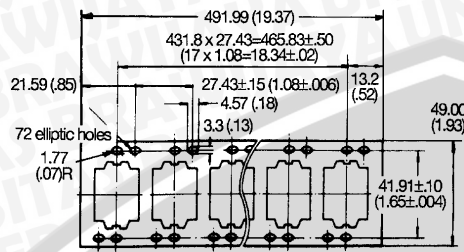
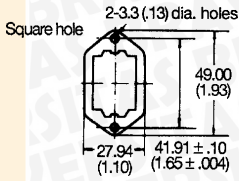
ACCESSORIES (continued)

Socket mounting plates [t=1.52 (.06)]

PYP-1

PYP-18

PYP-36



	Number of socket specs.		
Socket needed	1	18	36
PY08, PY11, PY11QN, PY14, PY4QN	PYP-1	PYP-18	PYP-36

RELAY OPTIONS

LED Indicator

Specifications and dimensions same as the standard type with the following exception. Because an LED indicator is employed as the operation indicator, the rated current is approximately 3.8 mA higher in the DC types and 0.5 to 5 mA higher in the AC types than in the standard type.

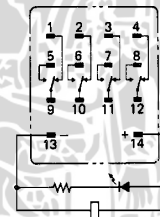
Ambient operating temperature: -55° to 60°C (-67° to 140°F).

- Green LED ..... DC
- Red LED ..... AC

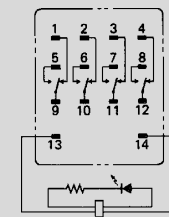
Terminal arrangement/Internal connections (Bottom view)

MY4N

DC coil rating type



AC coil rating type



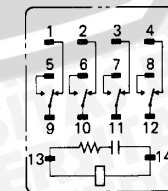
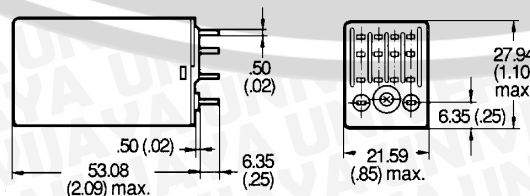
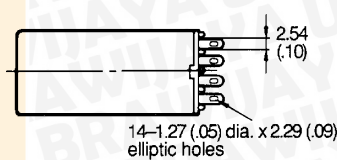
- Note:
- In MY2N and MY3N, only the contact circuit is different from the illustration below. The coil terminals 10 and 11 of MY3N become (-) and (+), respectively.
  - Pay special attention to the polarities when using the DC type.
  - The AC coil-type is provided with a self-diagnostic function that detects a breakage in the coil.

RC Circuit

Specifications and dimensions same as the standard type with the following exceptions.

The panel cutout dimensions are the same as those of the standard type. However, the height is higher by 17.02 mm (0.67 in).

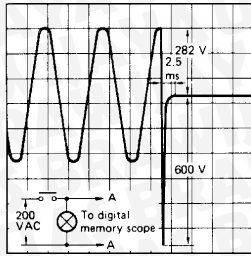
Terminal arrangement/Internal connections (Bottom view)



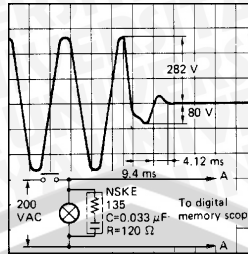
RC circuit  
C : 0.033 μF  
R : 120 Ω

- Note:
- The above dimensioned drawing shows the 4-pole type. The dimensions of the 2- and 3-pole types are identical to the 4-pole type.
  - Available on AC versions only.
  - Terminal arrangement/internal connections: MY2-Y is the same as the standard type; MY2N-Y is the same as the LED indicator type.

**Characteristic Data**  
**Without RC circuit**

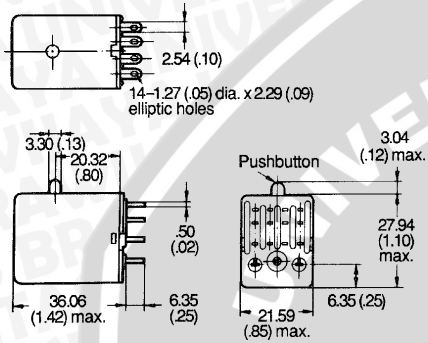


**With RC circuit**



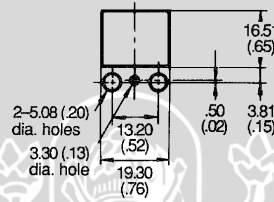
**Push-to-test button**

MY□12



**Mounting holes**

When mounting the relay, use the connecting socket PYC-P2 shown in "ACCESSORIES" section. The mounting hole dimensions shown here are applicable to the relay with mounting stud.



Note: The dimension drawings show the 4-pole type. The dimensions of the 2- and 3-pole types are identical to the 4-pole type.

**Diode Surge Suppression**

Specifications and dimensions same as the standard type with the following exceptions.

Terminal arrangement/internal connections: MY2(N)-D(2) is the same as the MY4(N)-D(2) with the exception of the contact configuration.

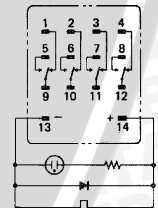
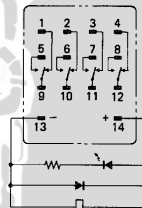
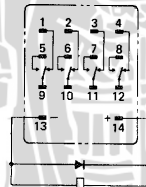
Ambient operating temperature: -55° to 60°C (-67° to 140°F).

**Terminal arrangement/Internal connections (Bottom view)**

**MY4-D**  
**6, 12, 24, 48**  
**100/110 VDC**

**MY4N-D2**  
**6, 12, 24, 48 VDC**

**MY4N-D2**  
**100/110 VDC**



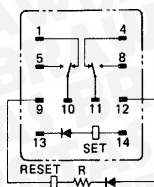
- Note:
1. Pay special attention to the polarities when using the DC type.
  2. The release time is somewhat longer, but satisfies the standard specifications of 25 ms.
  3. The reverse-breakdown voltage of the diode is 1,000 VDC.
  4. Available on DC versions only.

**Connecting sockets**

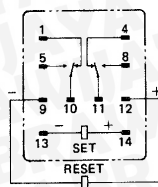
Use the standard MY4 (4PDT) sockets with the terminal arrangements listed below.

**Terminal arrangement/Internal connections (Bottom view)**

**AC**



**DC**



- Note:
1. R is a resistor for ampere-turn compensation, and is incorporated in the relays rated at 50 VAC or above.
  2. Pay attention to the polarity of the set and reset coils, as incorrect connection of positive and negative terminals will result in malfunctioning of the relay.

## ■ APPROVALS

### UL recognized type (File No. E41515)

Type	Contact form	Coil ratings	Contact ratings	
MY□	DPDT	6 to 240 VAC 6 to 120 VDC	5 A, 120 VAC (Resistive)	
			5 A, 28 VDC (Resistive)	
	3PDT		5 A, 240 VAC (Inductive)	
			5 A, 28 VDC (Resistive)	
			5 A, 240 VAC (Resistive)	
			4PDT	3 A, 28 VDC (Resistive)
				3 A, 120 VAC (Inductive)
			1.5 A, 240 VAC (Inductive)	
	5 A, 240 VAC (Inductive, same polarity)			
	5 A, 28 VDC (Resistive, same polarity)			
MY2K-□	DPDT	5 to 120 VAC 5 to 48 VDC	3 A, 240 VAC (Resistive) 3 A, 28 VDC (Resistive)	

### CSA certified type (File No. LR31928)

Type	Contact form	Coil ratings	Contact ratings
MY□	DPDT	6 to 240 VAC 6 to 120 VDC	5 A, 28 VDC (Resistive)
			5 A, 240 VAC (Inductive)
	4PDT		3 A, 28 VDC (Resistive)
			3 A, 240 VAC (Inductive)
			5 A, 240 VAC (Inductive, same polarity)
			5 A, 28 VDC (Resistive, same polarity)
MY2K-□	DPDT	5 to 120 VAC 5 to 48 VDC	3 A, 240 VAC (General purpose) 3 A, 30 VDC (Resistive)

### LR (Lloyd's Register) approved type (File No. 563KOB-204524)

Type	Contact form	Coil ratings	Contact ratings
MY□	DPDT	6 to 240 VAC 6 to 120 VDC	2 A, 30 VDC (Inductive)
			2 A, 200 VAC (Inductive)
	4PDT		1.5 A, 30 VDC (Inductive)
			0.8 A, 200 VAC (Inductive)
			1.5 A, 115 VAC (Inductive)

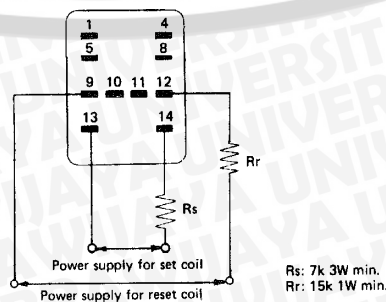
### SEV listed type (File No. D791/63 [2- & 4-pole], D791/91 [3-pole])

Type	Contact form	Coil ratings	Contact ratings
MY□-SV	DPDT	6 to 240 VAC	5 A, 220 VAC (Resistive)
	3PDT	6 to 110 VDC	5 A, 24 VDC (Resistive)
	4PDT		

- Note: 1. The rated values approved by each of the safety standards (e.g., UL, CSA, VDE, and SEV) may be different from the performance characteristics individually defined in this catalog.  
2. In the interest of product improvement, specifications are subject to change.

## ■ HINTS ON CORRECT USE

When using the relay rated at 120 VAC at a supply voltage of 240 VAC, be sure to connect external resistors  $R_s$  and  $R_r$  to the relay.







# OMRON

## OMRON ELECTRONICS, INC.

One East Commerce Drive  
 Schaumburg, IL 60173  
**1-800-55-OMRON**

## OMRON CANADA, INC.

885 Milner Avenue  
 Scarborough, Ontario M1B 5V8  
**416-286-6465**





Tech Support: [services@elecfreaks.com](mailto:services@elecfreaks.com)

## Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

### Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal,
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time×velocity of sound (340M/S) / 2,

### Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

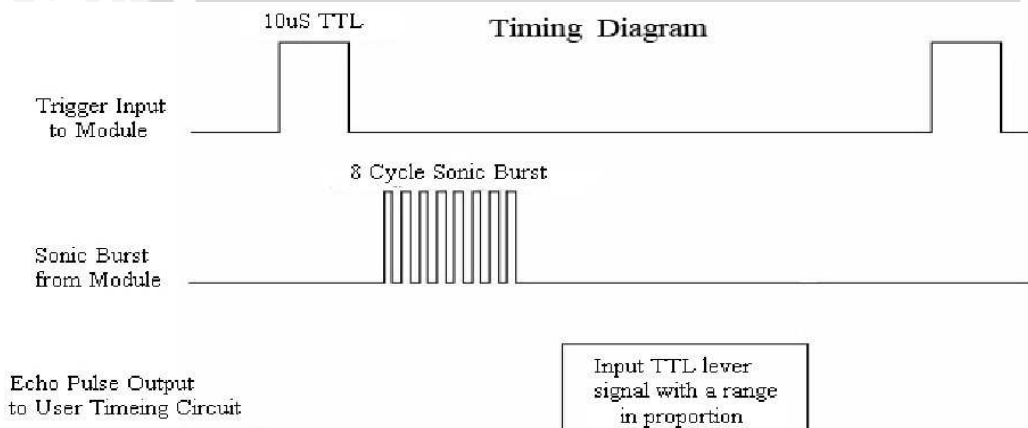
### Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
MeasuringAngle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm



## Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10uS pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion .You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula:  $\mu\text{S} / 58 = \text{centimeters}$  or  $\mu\text{S} / 148 = \text{inch}$ ; or: the range = high level time \* velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.





---

### Attention:

- The module is not suggested to connect directly to electric, if connected electric, the GND terminal should be connected the module first, otherwise, it will affect the normal work of the module.
- When tested objects, the range of area is not less than 0.5 square meters and the plane requests as smooth as possible, otherwise ,it will affect the results of measuring.

[www.ElecFreaks.com](http://www.ElecFreaks.com)



# Technical Information

Integrated Production Control System  
CENTUM VP  
System Overview (FCS Overview)



TI 33K01A12-50E

[Release 5]







# Introduction

CENTUM VP is an integrated production control system to manage and control wide-ranged plant operation such as petroleum refineries, chemical, steel, food, and power.

This manual (System Overview (FCS Overview)) provides a simple overview of CENTUM VP FCS (Field Control Station). Before reading this manual, read system Overview (General Overview) to understand the overview of CENTUM VP. After reading this manual, read manuals describing the details such as General Specifications.

## ■ Relevant Manual

TI 33K01A10-50E CENTUM VP System Overview (General Overview)

TI 32R01B10-01E Safety Instrumented System ProSafe-RS System Overview

## ■ Intended Readers for This Manual

This manual is mainly intended for:

Instrumentation, electric and computer engineers considering or executing the install of CENTUM VP.

## ■ Description of Figures

Figures in this manual may be highlighted or simplified, or partially omitted for better explanation.

## ■ Trademarks

“CENTUM”, “ProSafe” and “Vnet/IP” are registered trademarks of Yokogawa Electric Corporation.

“Windows” is a registered trademark of Microsoft Corporation in United States and/or other countries.

“Ethernet” is a registered trademark of Xerox Corporation.

“FOUNDATION” in “FOUNDATION fieldbus” is a registered trademark of Fieldbus Foundation.

“PLC” is a registered trademark of Rockwell Automation, Inc.

Other products and company names are registered trademarks of their respective companies.

Registered trademarks and trademarks of each company in this manual do not have TM mark or R mark.

Blank Page



# CENTUM VP

## System Overview (FCS Overview)

TI 33K01A12-50E 1st Edition

### CONTENTS

<b>1.</b>	<b>Overview of CENTUM VP FCS .....</b>	<b>1-1</b>
1.1	Compact Design.....	1-1
1.2	Dual-redundancy and Reliability.....	1-1
1.3	Online Maintenance.....	1-1
1.4	Open Structure and High Reliability .....	1-1
1.5	Function Blocks .....	1-2
1.6	Subsystem Integration and Digital Fieldnetworks Support.....	1-2
1.7	Unit Instruments .....	1-2
<b>2.</b>	<b>Hardware .....</b>	<b>2-1</b>
2.1	FCS Components.....	2-2
2.2	FCS Configuration .....	2-10
2.3	I/O Module.....	2-11
<b>3.</b>	<b>Control Function .....</b>	<b>3-1</b>
3.1	Function Block.....	3-2
3.2	Input and Output Functions.....	3-9
3.3	Control Drawing.....	3-10
3.4	Online Maintenance Function .....	3-14
3.5	Subsystem Communication .....	3-15
<b>4.</b>	<b>Redundancy .....</b>	<b>4-1</b>
4.1	Redundancy Features .....	4-1
4.2	Redundancy Details .....	4-2
	<b>Revision Information .....</b>	<b>i</b>





Blank Page



# 1. Overview of CENTUM VP FCS

Yokogawa developed all the CENTUM Series Field Control Stations (FCSs), including hardware and software, by our own selves. We know every corner of the software and the hardware and that knowledge enables us to sustain the service record of 99.99999% availability.

## 1.1 Compact Design

The size of each component is designed compact that reduces the overall “footprint” of the control system. It allows make efficient use of the limited spaces of the control and equipment rooms. Both the FCS and its I/O node units can be placed in remote classified locations (IEC Zone2/Class I Div. 2), that provides savings in installation costs.

## 1.2 Dual-redundancy and Reliability

There is no single point of failure in Yokogawa’s FCS! The processor modules, power supplies, and I/O modules, including the communication bus, support a redundant configuration. The robustness of the FCS comes from this configuration known as “Pair and Spare” and the reliability of calculation results is guaranteed through real-time validation. Two processor modules have two MPUs each. MPU 1 and MPU 2 in the primary processor module are always comparing the calculation result, and if the results do not match, the first processor module goes into maintenance mode while the secondary processor module takes over process control. In order to make this switch over seamless, MPU 3 and MPU 4 are also calculating and comparing the results while the primary processor module is active. Pair and Spare is Yokogawa’s unique technology, supporting impressive levels of availability for CENTUM and ProSafe-RS. This architecture has been approved by TÜV Rheinland for safety instrumented systems. The ProSafe-RS certification was granted to Yokogawa in exceptionally short period of time, and it was due in-part to our Pair and Spare technology.

## 1.3 Online Maintenance

Through an online maintenance function, FCS applications can be modified without shutting down the FCSs. It means, you can change logics and parameters without interrupting the process control. This is useful for expansion or modification of the plant in operation.

## 1.4 Open Structure and High Reliability

Yokogawa is committed to reduce costs for our customers by enabling the use of commercial off-the-shelf technology where appropriate. Third-party cables, switches and other network communication devices can be used with Yokogawa’s Ethernet based Vnet/IP. Plant reliability is in no way compromised as the communication response is guaranteed (deterministic as opposed to probabilistic) thanks to Yokogawa’s renowned reliability, dedicated protocol, and redundant configuration.

## 1.5 Function Blocks

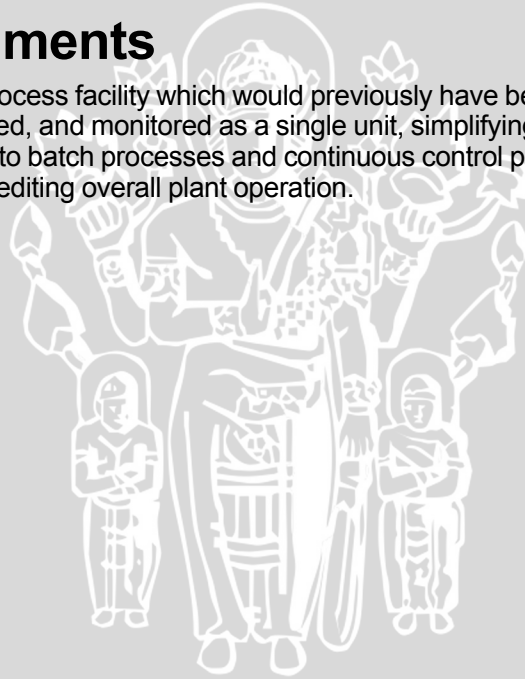
The CENTUM VP provides functional blocks for monitoring, control, manipulations, calculations, logic functions, and sequences. Not only continuous control but also advanced control, complicated sequence control, and batch control are all executed in a redundant, secure, and reliable controller environment. Plant systems can be flexibly designed, ranging from small- to large-scale, through the combination of these control blocks.

## 1.6 Subsystem Integration and Digital Fieldnetworks Support

To meet the growing need for communication with manufacturing equipment including variable speed drives, PLCs, and “smart” motor protection relays for operation and monitoring, as well as with analyzers, weighing machines, smart instruments, and other instruments used for product inspection, CENTUM VP supports a wide variety of communication interfaces and digital fieldnetworks such as FOUNDATION fieldbus, PROFIBUS-DP, Modbus RTU, Modbus TCP/IP, and DeviceNet.

## 1.7 Unit Instruments

The multiple devices of a process facility which would previously have been handled individually can now be defined, operated, and monitored as a single unit, simplifying operation. Unit instruments can be applied to batch processes and continuous control processes that require complex management, expediting overall plant operation.





# 2. Hardware

## ■ FCS Type

CENTUM VP supports the following FCS.

Table FCS Types

Abbreviation	Product Name	FCU Model	Software Package
FFCS-V	FCS for Vnet/IP and FIO	AFV30□ (Rack-mount) AFV40□ (Cabinet Type)	LFS1700 Control Function for Field Control Station LFS1750 Node Expansion Package
FFCS-L	FCS for Vnet/IP and FIO	AFV10□ (Rack-mount)	LFS1500 Control Function for Field Control Station LFS1550 Node Expansion Package
FFCS	Compact FCS for FIO	AFF50□ (Rack-mount)	LFS1350 Control Function for Compact Field Control Station
KFCS	Standard FCS for FIO	AFS30□ (Rack-mount) AFS40□ (Cabinet Type)	LFS1300 Control Function for Standard Field Control Station
KFCS2	Enhanced FCS for FIO	AFG30□ (Rack-mount) AFG40□ (Cabinet Type)	LFS1330 Control Function for Enhanced Field Control Station
LFCS	Standard FCS for RIO	AFS10□ (Rack-mount) AFS20□ (Cabinet Type)	LFS1100 Control Function for Standard Field Control Station
LFCS2	Enhanced FCS for RIO	AFG10□ (Rack-mount) AFG20□ (Cabinet Type)	LFS1130 Control Function for Enhanced Field Control Station
PFCS	Standard FCS for RIO	PFC□-S	LFS1000 Control Function for Standard Field Control Station
	Enhanced FCS for RIO	PFC□-E	LFS1020 Control Function for Enhanced Field Control Station
SFCS	Compact FCS for RIO	PFC□-H	LFS1120 Control Function for Compact Field Control Station

Note: "□" represents "S" (single) or "D" (duplexed).



## 2.1 FCS Components

FCS hardware consists of the following components.

**Filed Control Unit (FCU):**

FCU is equipped with a processor for control computation, power supply, and control bus interface.

**Node Unit (NU):**

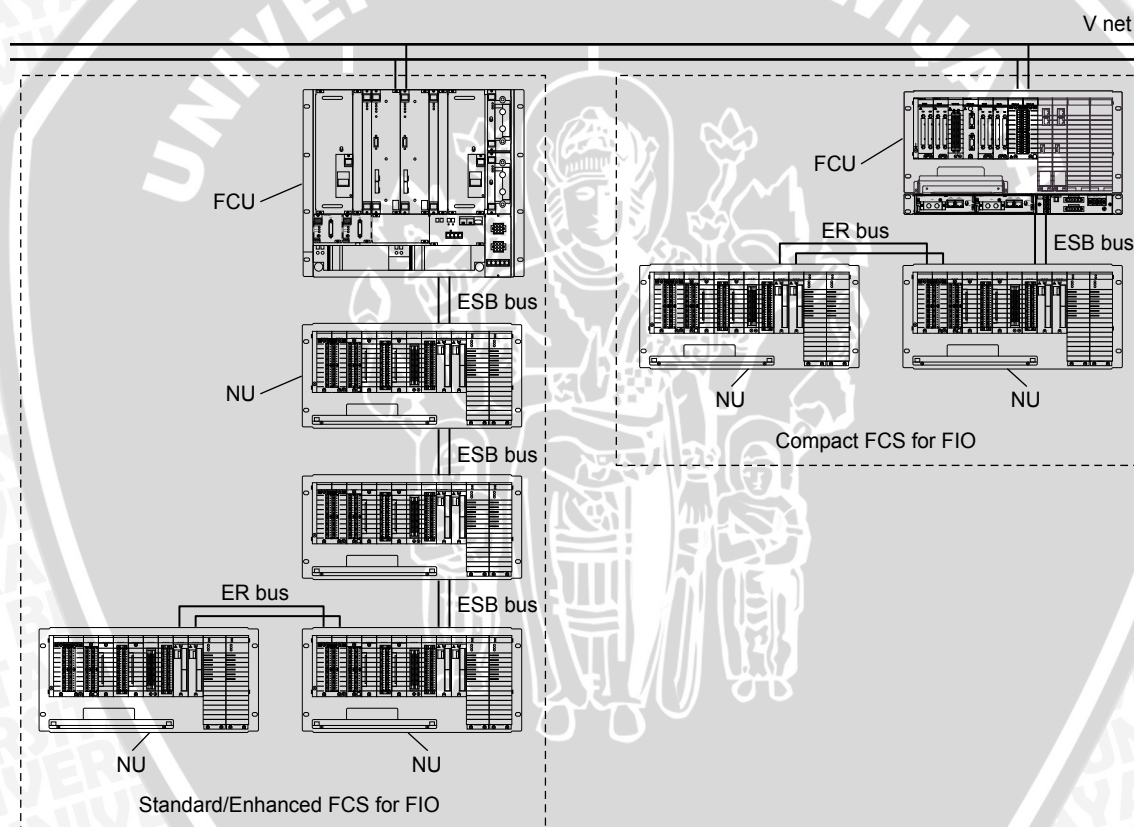
Input/Output and communication modules are mounted on the NU. And NU transmits those module data to FCS.

**ESB bus, ER bus, and Optical ESB bus:**

These are the communication buses to connect FCU and node unit, or in between the node units. The communication can be made redundant.

**House Keeping Unit (HKU):**

HKU is the core of the house keeping functions such as to monitor the inside cabinet environment, as well as the status of FCS itself.



F020101E.ai

**Figure** Example configuration of FCSs for FIO

**Field Control Unit (FCU)**

FCU consists of cards and modules executing control computation for FCS.

**FCU Configuration of KFCS and KFCS2**

For duplexed FCU, mount two processor cards, power units, battery units, and ESB bus master interface cards.

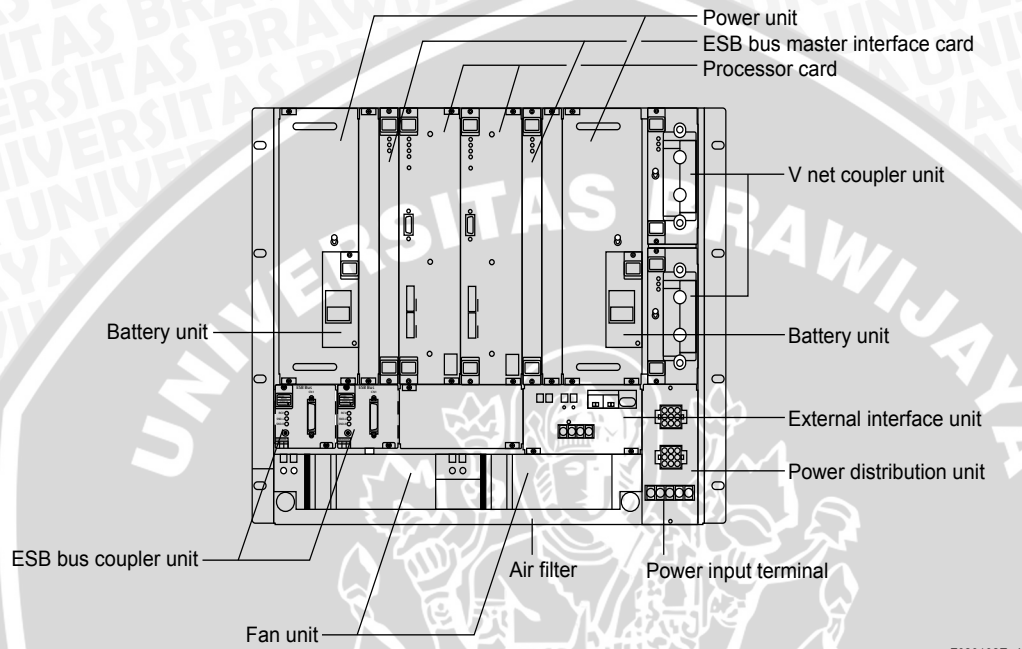


Figure Duplexed FCU Configuration (KFCS, KFCS2)

**FCU Configuration of FFCS**

For duplexed FCU, mount two processor modules and power modules. You can also mount I/O modules. For adding node units, mount a bus interface module in an I/O module slot.

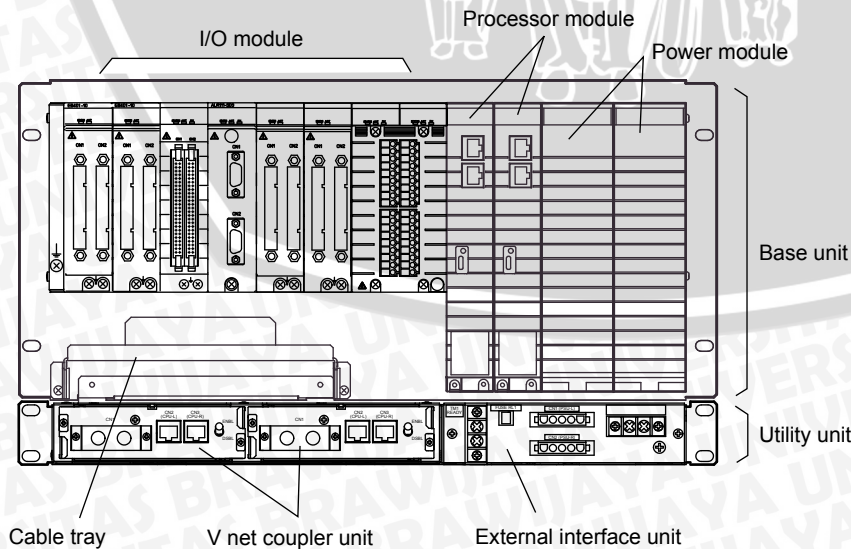


Figure Duplexed FCU Configuration (FFCS)



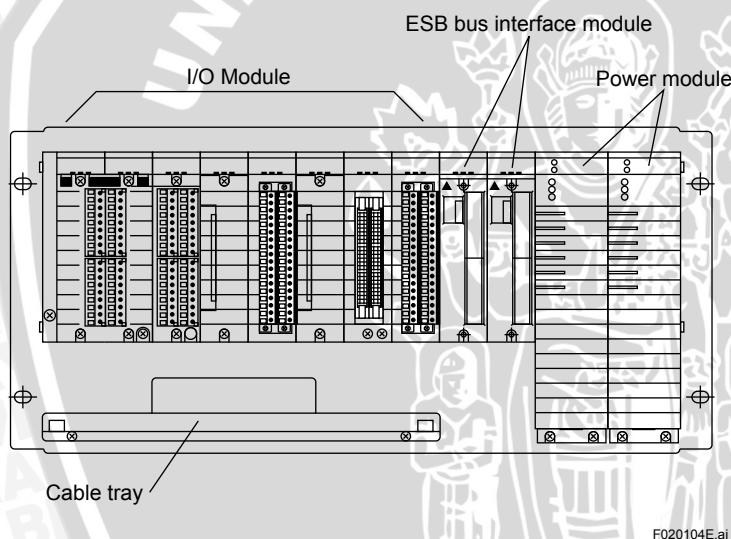


## ■ Node Unit (NU)

Node unit (NU) is a signal processing unit converting and transmitting analog or digital process I/O signals received from field devices to the FCU.

Node unit (NU) includes ESB bus node unit (local node) mounted in FCS station and ER bus node unit (remote node) mounted in cabinets or panels close to plant-site. Node unit is composed of ESB bus slave interface module or ER bus slave interface module, I/O module, and power supply module.

- **ESB Bus Slave Interface Module**  
ESB bus slave interface module is a communication module available for dual-redundancy enabling the communication between local nodes and FCU.
- **ER Bus Interface Module**  
ER Bus Interface module is a communication module available for dual-redundancy enabling the communication between local nodes and remote nodes. ER Bus Interface module includes Interface slave mounted in local nodes or FCU, and Interface Slave module mounted in remote nodes. Both modules can be dual-redundant.
- **I/O Module**  
I/O Module serves for input, convert, and output of analog or digital field signals.

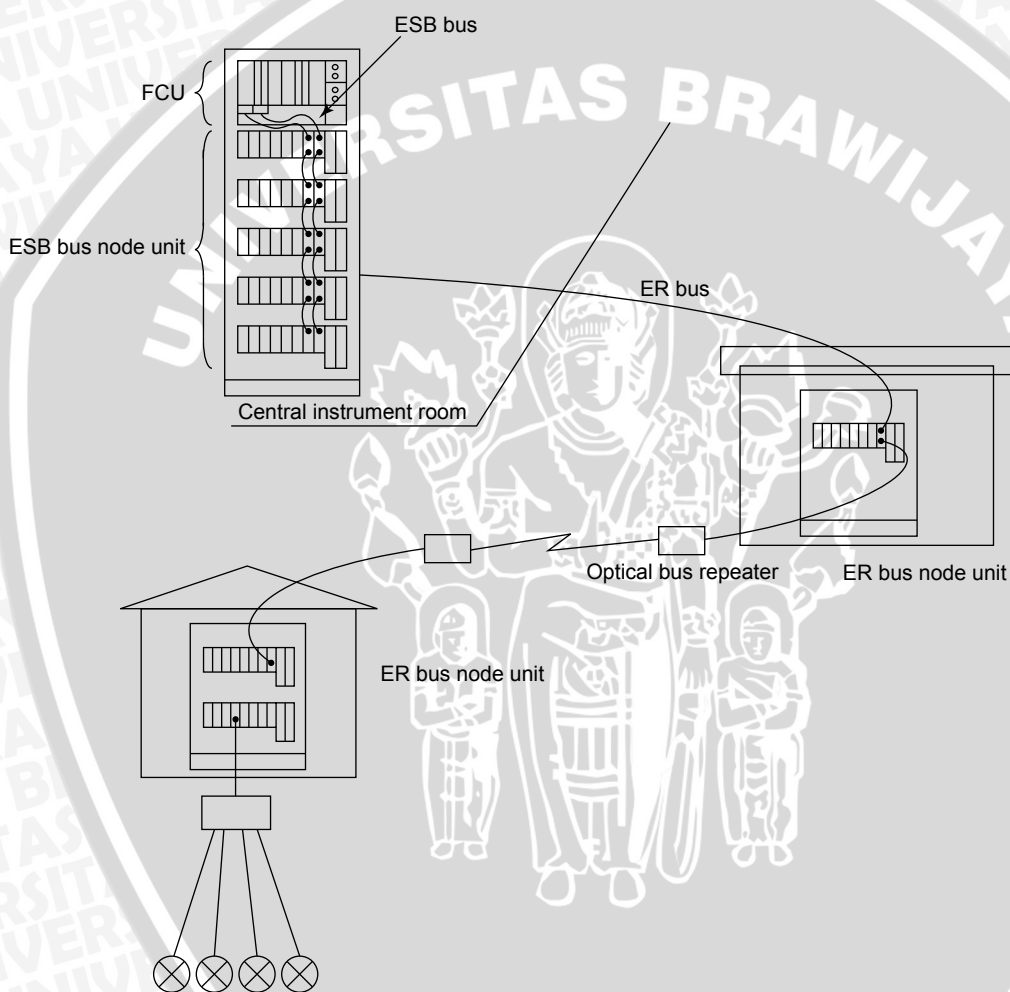


**Figure Local Node Configuration**

## ■ ESB Bus and ER Bus

ESB bus (Extended Serial Backboard bus) is a communication bus available for dual-redundancy connecting ESB bus node units and FCU. ER bus (Enhanced Remote bus) is a high-speed communication bus available for dual-redundancy connecting ESB bus node units and ER bus node units (\*1). Using ER bus, node units can be located away from FCU cabinet as well as in the cabinet. This availability for ER bus node units serves for the cases such as locating node units close to field devices, limiting power supply capacity for safety, or locating node units separately due to space issues. For ER bus, use Ethernet-compatible coaxial cable. Using optical cables or general-purpose optical repeaters, transmission distance can be extended. Furthermore, node units can be located separately in wide area via wireless network or public network.

\*1: The compact FCS for FIO is able to connect a FCU and a ER bus node unit.



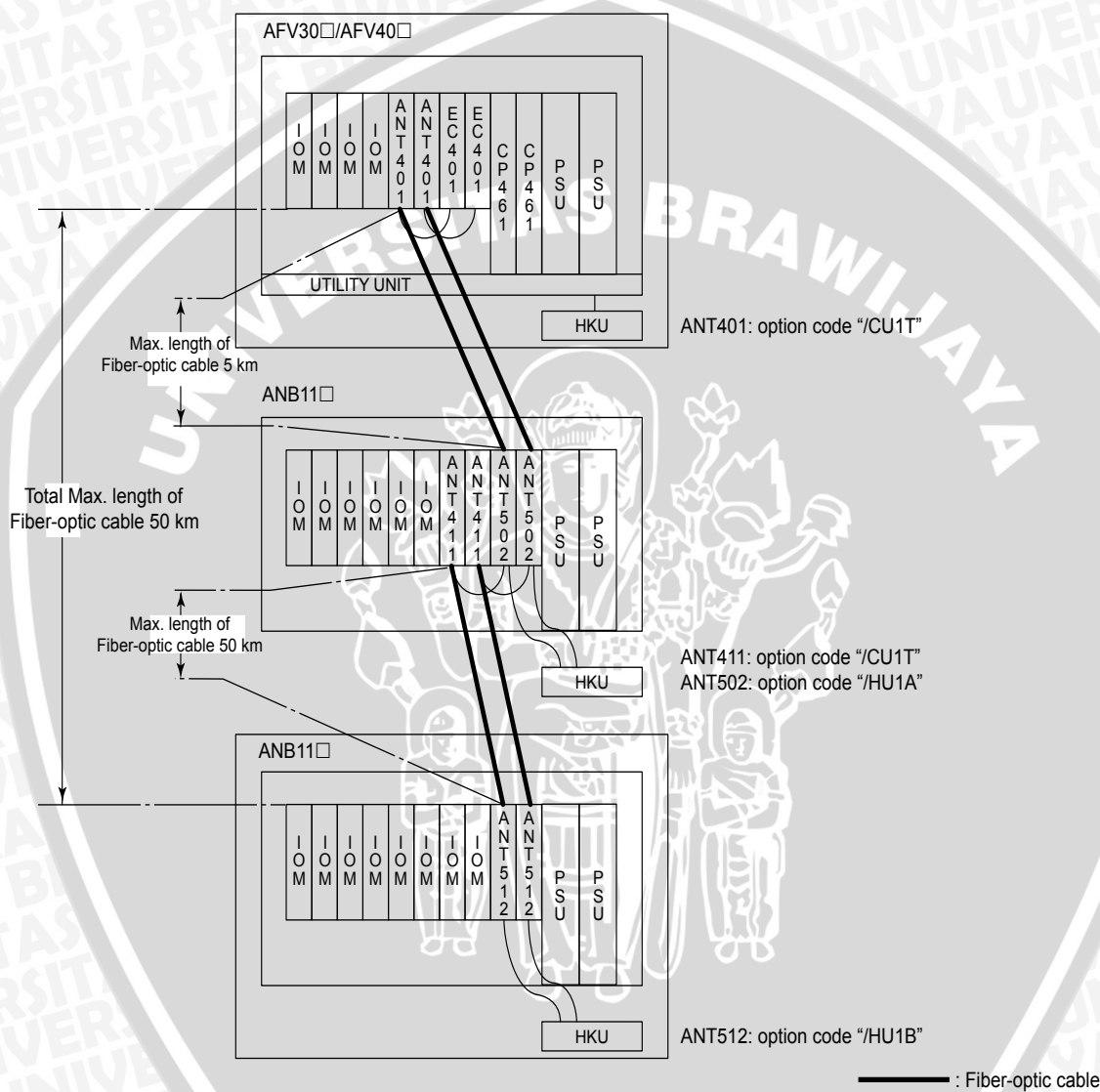
F020105E.ai

Figure Example of Distributed Node Units

## Optical ESB Bus

An optical ESB bus enables to transmit the conventional ESB bus signal for a long distance by using an optical fiber cable and an optical ESB bus repeater module. Connection types are selectable from chain and star topologies to extend the ESB bus transmittal distance up to 50 Km. An optical ESB bus is only applicable to use with FFCS-V.

### Example of Chain Type Connection

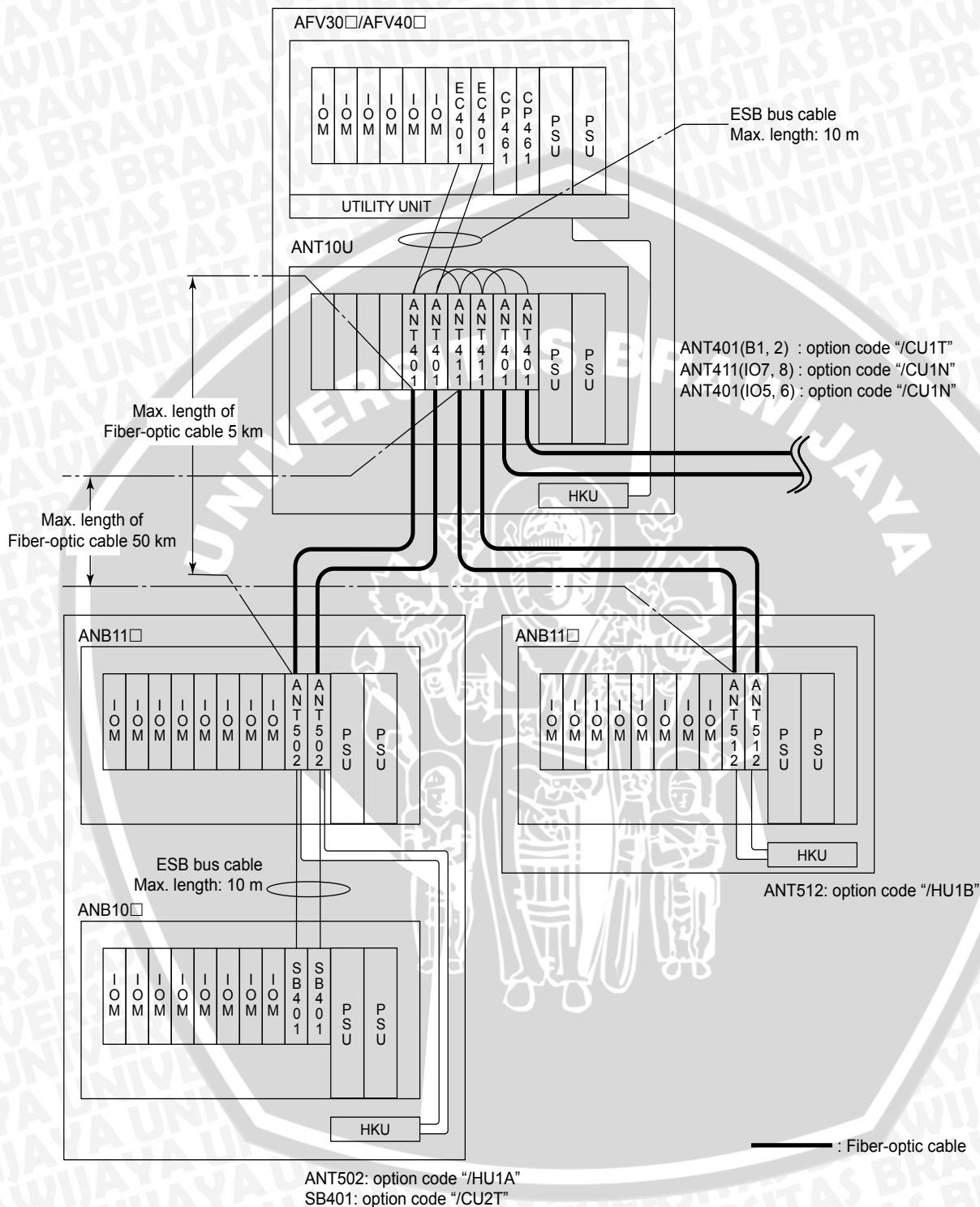


F020106E.ai

Figure Example of Chain Connection Using HK Function



● Example of Star Type Connection



F020107E.ai

Figure Example of Star Connection Using HK Function



## ■ House Keeping Unit (HKU)

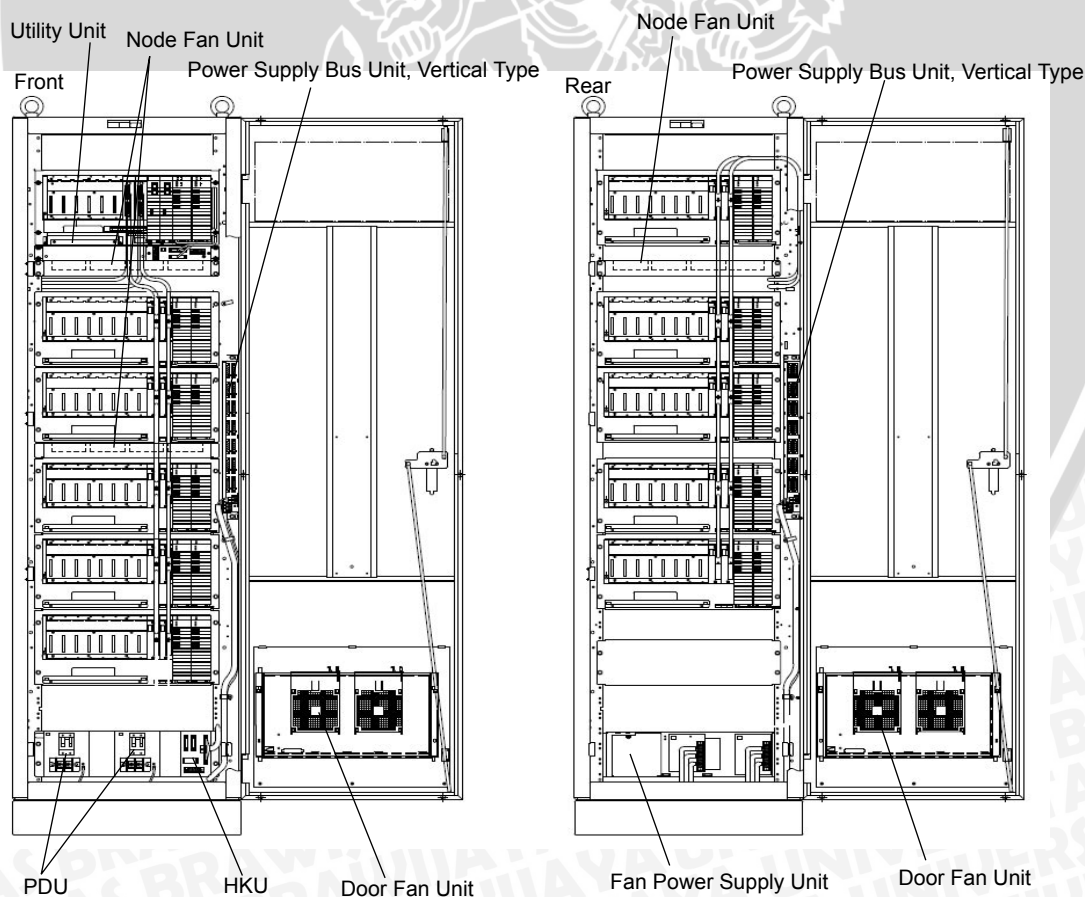
CENTUM VP FCS is equipped with a house keeping function that is to monitor the environment in the cabinet where FCS is mounted or the status of FCS itself. The FCS's reliability is improved by this house keeping function. Taking an example of FFCS-V, details of the house keeping unit (HKU) are described here.

HKU hardware is composed of HKU, DPU, fan power supply unit, node fan unit, vertical type power distribution unit, and utility unit. All of these are set inside the FCS cabinet. The table below shows an overview of each function unit.

**Table Overview of the HKU Function Units**

Unit Name	Description
HKU (House Keeping Unit)	Alarm information such as cabinet temperature and performance status of cooling fans are controlled and monitored.
PDU (Power Distribution Unit)	Composed of a circuit breaker and a noise filter, PUD supplies power to the cabinet and protect it from malfunctions such as inrush current.
Fan Power Supply Unit	Supplies power to door fan, node fan, HKU, and contact output relays.
Node Fan Unit	FCU and nodes are cooled.
Power Supply Bus Unit, Vertical Type	Powers to the cabinet is distributed.
Utility Unit	Power supplies to FCU are supplied, and provide interfaces between FCU and HKU.

The HKU and its related units for AFV40D (with cabinet) is shown here.



F020108E.ai

**Figure HKU and its related units**

HKU main unit displays the information given from each functional unit by the LED on the front. The table below shows the elements of the HKU for FFCS-V.

**Table HKU display elements**

Name	Color	Description
RDY	Green	The initial HKU information is being collected when it is blinking. When blinking stops, HKU is in routine operation. (Both represent normal operation status.)
LNK	Green	HK-BUS CARRIER DETECT
D-FAN	Red	The DFAN UNIT (door fan/roof fan) failed.
N-FAN1	Red	Either node FAN Unit 1 or SC FAN Unit on the front failed.
N-FAN2	Red	Node FAN Unit 2 failed.
N-FAN3	Red	Either node FAN Unit 3 or SC FAN Unit on the rear failed.
N-FAN4	Red	Node FAN Unit 4 failed.
PSU HK /AUX HK	Red	Either the fan power unit or the contact I/O failed.
PSU TB	Red	PS4 power unit failed, when it is installed.
ID1	Red	Displays the failure 1. (See the table "Combination of the failed units.")
ID2	Red	Displays the failure 2. (See the table "Combination of the failed units.")
ID3	Red	Displays the failure 3. (See the table "Combination of the failed units.")
ID4	Red	Displays the failure 4. (See the table "Combination of the failed units.")

**Table Combination of the failed units**

ID	D-FAN	N-FANx	PSU HK / AUX HK	PSU TB	Temperature anomaly
ID1	Door Fan 1	1st from the left	Fan Power Supply 1	Front, Left	AIR OUT
ID2	Door Fan 2	2nd from the left	Fan Power Supply 2	Front, Right	AIR IN
ID3	Door Fan 3	3rd from the left	–	Rear, Left	–
ID4	Door Fan 4	4th from the left	Contact Input	Rear, Right	–

When the cabinet is installed in a remote location, the HK information is transmitted to FCU via an optical ESB bus. All these HK information can be monitored on an HIS through FCS status display view.



## 2.2 FCS Configuration

FCS is composed of FCU, node units, ESB bus, etc.. You can select the configuration of these components according to the requirement for your operation.

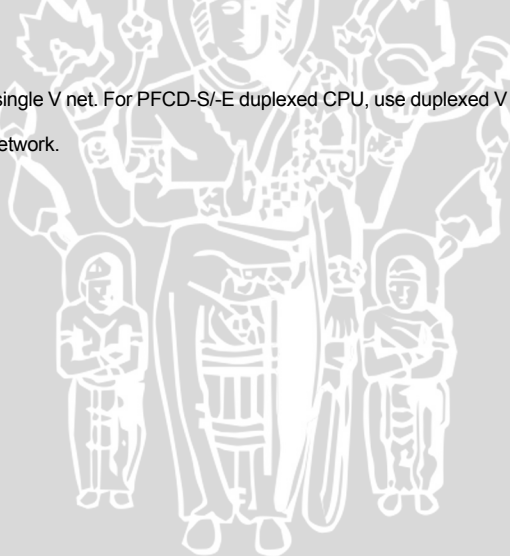
**Table FCS Configuration**

Component	Type	FFCS-V	FFCS-L	FFCS	KFCS, KFCS2	LFCS, LFCS2	PFC□ -H/-S/-E
CPU configuration	Single	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Duplexed	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
ESB bus	Single	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Duplexed	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
ER bus	Single	No	Yes	Yes	Yes	No	No
	Duplexed	No	Yes	Yes	Yes	No	No
Optical ESB bus	Single	Yes	No	No	No	No	No
	Duplexed	Yes	No	No	No	No	No
Mounting	Rack mountable	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Cabinet type	Yes	No	No	Yes	Yes	No
V net	Single	No	No	Yes	No	No	Caution (*1)
	Duplexed	No	No	Yes	Yes	Yes	
Vnet/IP	Duplexed(*2)	Yes	Yes	No	No	No	No

Yes: Available  
No: Not available

\*1: For PFCS-S/-E single CPU, use single V net. For PFCD-S/-E duplexed CPU, use duplexed V net. However, for PFC□-H use duplexed V net always.

\*2: Vnet/IP supports only duplexed network.



## 2.3 I/O Module

I/O modules include input modules converting process signals to digital data format used in FCS and output modules converting digital data to analog or contact signals.

CENTUM VP I/O modules provide various choices for isolated types or connector types to respond flexibly to any requirements.

### ■ I/O Modules for FIO

Table I/O Modules for FIO (1/2)

Models	Name
<b>Analog I/O Modules</b>	
AAI141	Analog Input Module (4 to 20 mA, 16-Channel, Non-Isolated)
AAV141	Analog Input Module (1 to 5 V, 16-Channel, Non-Isolated)
AAV142	Analog Input Module (-10 V to +10 V, 16-Channel, Non-Isolated)
AAI841	Analog I/O Module (4 to 20 mA Input, 4 to 20 mA Output, 8-Channel Input/8-Channel Output, Non-Isolated)
AAB841	Analog I/O Module (1 to 5 V Input, 4 to 20 mA Output, 8-Channel Input/8-Channel Output, Non-Isolated)
AAV542	Analog Output Module (-10 V to +10 V, 16-Channel, Non-Isolated)
AAI143	Analog Input Module (4 to 20 mA, 16-Channel, Isolated)
AAV144	Analog Input Module (-10 V to +10 V, 16-Channel, Isolated)
AAV544	Analog Output Module (-10 V to +10 V, 16-Channel, Isolated)
AAI543	Analog Output Module (4 to 20 mA, 16-Channel, Isolated)
AAT141	TC/mV Input Module (16-Channel, Isolated)
AAR181	RTD Input Module (12-Channel, Isolated)
AAI135	Analog Input Module (4 to 20 mA, 8-Channel, Isolated Channels)
AAI835	Analog I/O Module (4 to 20 mA, 4-Channel Input/4-Channel Output, Isolated Channels)
AAT145	TC/mV Input Module (16-Channel, Isolated Channels)
AAR145	RTD/POT Input Module (16-Channel, Isolated Channels)
AAP135	Pulse Input Module (8-Channel, Pulse Count, 0 to 10 kHz, Isolated Channels)
AAP149	Pulse Input Module for Compatible PM1 (16-Channel, Pulse Count, 0 to 6 kHz, Non-Isolated)
AAP849	Pulse Input Module/Analog Output Module (8-Channel Input/8-Channel Output, Non-Isolated)
<b>Analog I/O Modules with HART Communication Function</b>	
AAI141-H	Analog Input Module (4 to 20 mA, 16-Channel, Non-Isolated)
AAI841-H	Analog I/O Module (4 to 20 mA Input, 4 to 20 mA Output, 8-Channel Input/8-Channel Output, Non-Isolated)
AAI143-H	Analog Input Module (4 to 20 mA, 16-Channel, Isolated)
AAI543-H	Analog Output Module (4 to 20 mA, 16-Channel, Isolated)
AAI135-H	Analog Input Module (4 to 20 mA, 8-Channel, Isolated Channels)
AAI835-H	Analog I/O Module (4 to 20 mA, 4-Channel Input/4-Channel Output, Isolated Channels)



**Table I/O Modules for FIO (2/2)**

Models	Name
<b>Digital I/O Modules</b>	
ADV151	Digital Input Module (32-Channel, 24 V DC, Isolated)
ADV141	Digital Input Module (16-Channel, 100 V to 120 V AC, Isolated)
ADV142	Digital Input Module (16-Channel, 200 V to 240 V AC, Isolated)
ADV551	Digital Output Module (32-Channel, 24 V DC, Isolated)
ADV157	Digital Input Module (32-Channel, 24 V DC, Pressure Clamp Terminal Support Only, Isolated)
ADV161	Digital Input Module (64-Channel, 24 V DC, Isolated)
ADV557	Digital Output Module (32-Channel, 24 V DC, Pressure Clamp Terminal Support Only, Isolated)
ADV561	Digital Output Module (64-Channel, 24 V DC, Isolated)
ADR541	Relay Output Module (16-Channel, 24 to 110 V DC/100 to 240 V AC, Isolated)
ADV859	Digital I/O Module for Compatible ST2 (16-Channel Input/16-Channel Output, Isolated Channels)
ADV159	Digital Input Module for Compatible ST3 (32-Channel Input, Isolated Channels)
ADV559	Digital Output Module for Compatible ST4 (32-Channel Output, Isolated Channels)
ADV869	Digital I/O Module for Compatible ST5 (32-Channel Input/32-Channel Output, Isolated, Common Minus Side Every 16-Channel)
ADV169	Digital Input Module for Compatible ST6 (64-Channel Input, Isolated, Common Minus Side Every 16-Channel)
ADV569	Digital Output Module for Compatible ST7 (64-Channel Output, Isolated, Common Minus Side Every 16-Channel)
ADV851	Digital I/O Module (16-Channel input, 16-Channel output, 24 V DC)
<b>Communication Modules</b>	
ALR111	RS-232C Communication Module (2-Port)
ALR121	RS-422/RS-485 Communication Module (2-Port)
ALE111	Ethernet Communication Module
ALF111	FOUNDATION fieldbus (FF-H1) Communication Module (4-Port)
ALP111	PROFIBUS-DPV1 Communication Module
<b>Turbomachinery I/O Modules</b>	
AGS813	Servo Module(Isolated)
AGP813	High Speed Protection Module(Isolated)

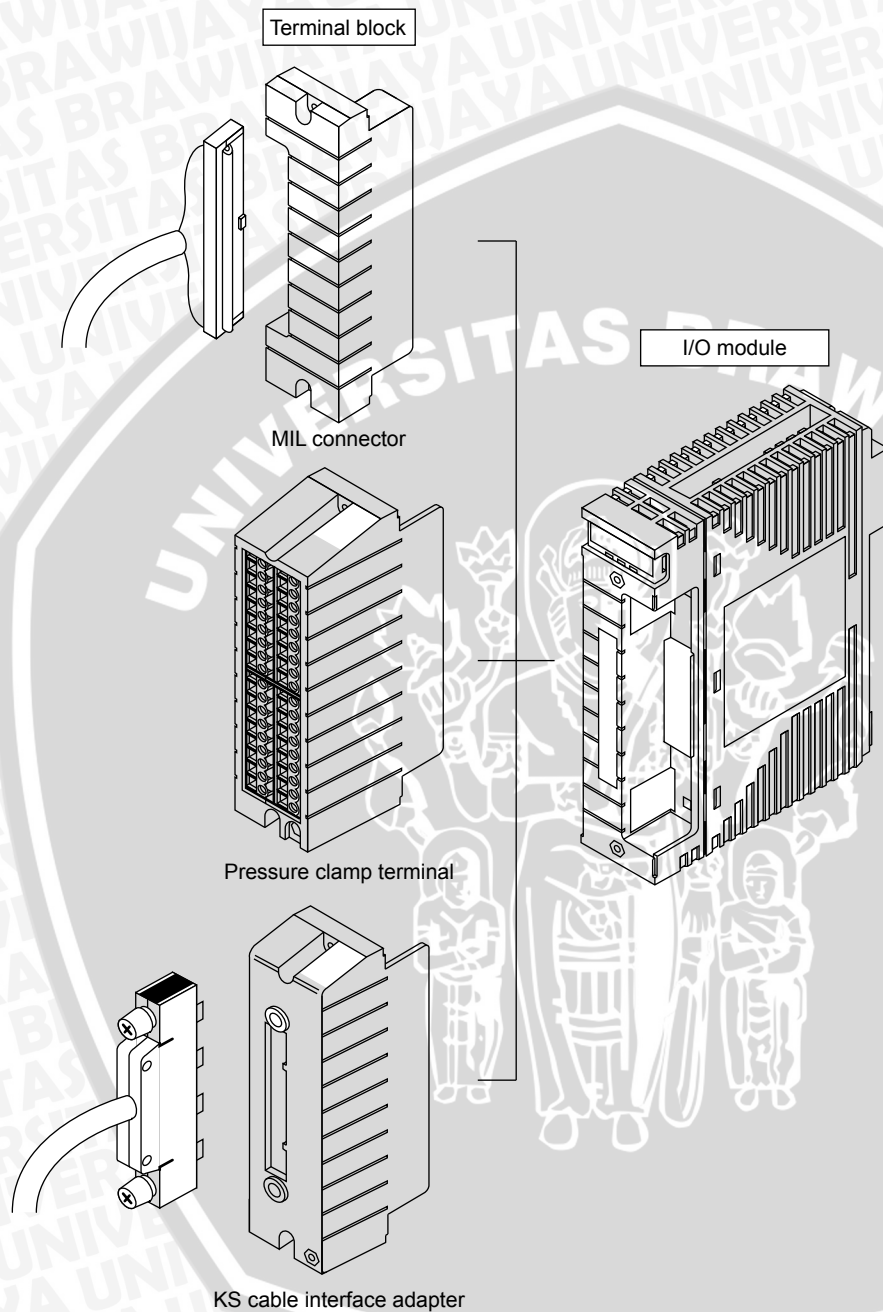




● **Combination between I/O Module and Terminal Block**

To connect between I/O module and field devices, mount a pressure clamp terminal or KS cable interface adapter on I/O module. User's MIL connector cable can also be used.

The figure below shows the combination between I/O module and terminal block.



F020201E.ai

**Figure Terminal Blocks and I/O Module**

- **Field wiring using Pressure Clamp Terminal**

A field signal cable whose end is uncovered can be directly connected to analog or digital I/O module equipped pressure clamp terminal block. Two to three signal cables can be connected for every I/O channel.

- **Field wiring using KS Cable Interface Adapter**

I/O module equipped with KS cable interface adapter can be connected to a terminal board with KS cable. Field signal cables are connected to a terminal board with M4 screws.

## ■ I/O Modules for RIO

I/O modules for RIO are shown in the below table.

**Table I/O Modules for RIO (1/2)**

Models	I/O Module Names
<b>Analog I/O Modules</b>	
AAM10	Current/Voltage Input Module (Simplified Type)
AAM11	Current/Voltage Input Module
AAM11B	Current/Voltage Input Module (supports BRAIN)
AAM21	mV, Thermocouple, and RTD Input Module
AAM21J	mV, Thermocouple, and RTD Input Module (supports IEC584-1995, IEC751-1995)
APM11	Pulse Input Module
AAM50	Current Output Module
AAM51	Current/Voltage Output Module
AMC80	Multipoint Control Analog I/O Module
<b>Relay I/O Modules</b>	
ADM15R	Relay Input Module
ADM55R	Relay Output Module
<b>Multiplexer Modules (16 Points, Terminal Type)</b>	
AMM12T	Voltage Input Multiplexer Module
AMM22M	mV Input Multiplexer Module
AMM22T	Thermocouple Input Multiplexer Module
AMM22TJ	Thermocouple Input Multiplexer Module
AMM32T	RTD Input Multiplexer Module
AMM32TJ	RTD Input Multiplexer Module (supports IEC751-1995)
AMM42T	2-Wire Transmitter Input Multiplexer Module
AMM52T	Output Multiplexer Module
<b>Multiplexer Modules (Connector Type)</b>	
AMM12C	Voltage Input Multiplexer Module
AMM22C	mV Input Multiplexer Module
AMM25C	mV Input Multiplexer Module with Thermocouple Interface (15 Points, RJC Input port added)
AMM32C	RTD Input Multiplexer Module (16 Points)
AMM32CJ	RTD Input Multiplexer Module (16 Points, conforms to IEC751-1995)

Table I/O Modules for RIO (2/2)

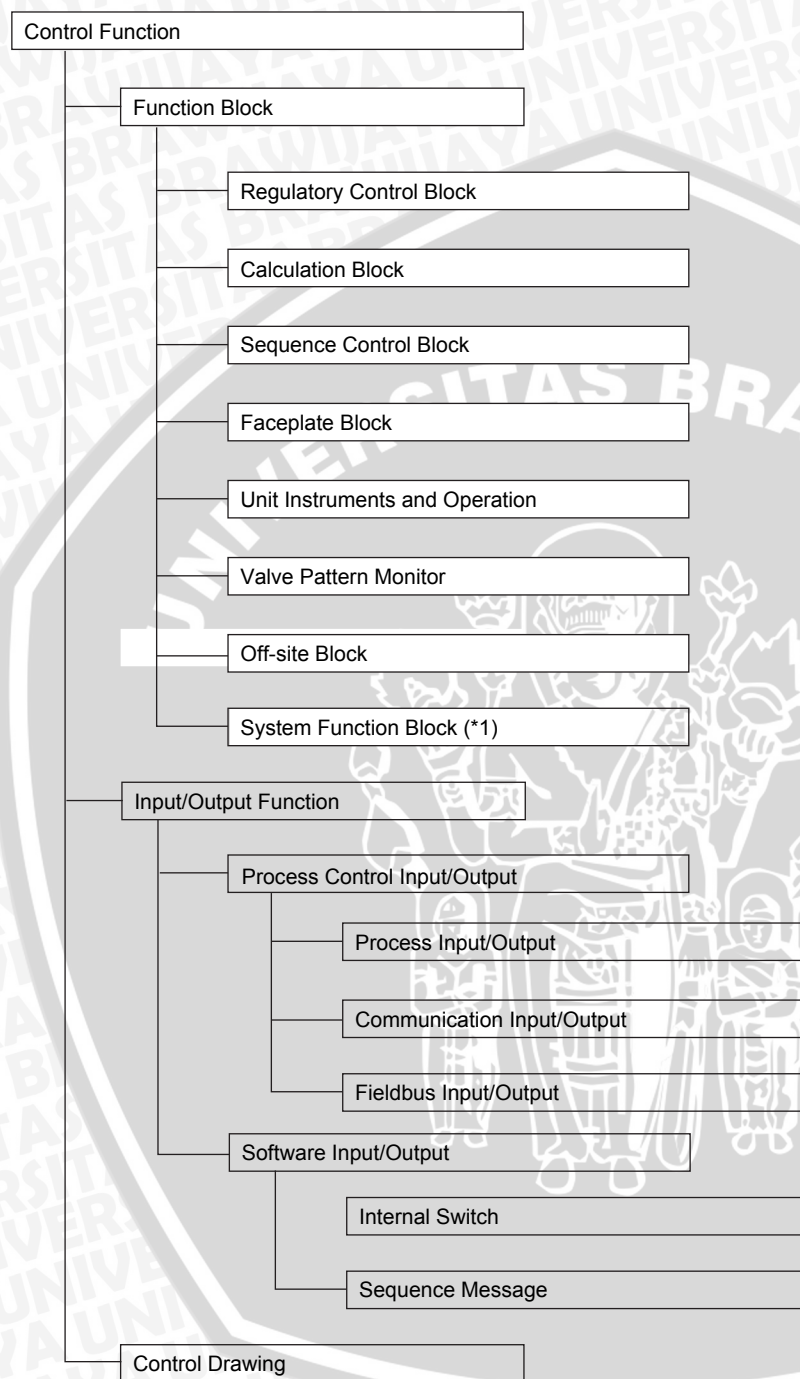
Models	I/O Module Names
<b>Digital I/O Modules</b>	
ADM11T	Contact Input Module (16 Points, Terminal Type)
ADM12T	Contact Input Module (32 Points, Terminal Type)
ADM51T	Contact Output Module (16 Points, Terminal Type)
ADM52T	Contact Output Module (32 Points, Terminal Type)
ADM11C	Contact Input Module (16 Points, Connector Type)
ADM12C	Contact Input Module (32 Points, Connector Type)
ADM51C	Contact Output Module (16 Points, Connector Type)
ADM52C	Contact Output Module (32 Points, Connector Type)
<b>Communication Modules</b>	
ACM11	RS-232C Communication Module
ACM12	RS-422/RS-485 Communication Module
ACM21	RS-232C General-purpose Communication Card
ACM22	RS-422/RS-485 General-purpose Communication Card
ACM71	Ethernet Communication Module (for PFCS/PFCD)
ACF11	Fieldbus Communication Module
ACP71	PROFIBUS Communication Module





# 3. Control Function

Figure below shows Configuration of Control Functions.



F030001E.ai

\*1: System function block is supported by FFCS-V only.

**Figure Configuration of Control Functions**



## 3.1 Function Block

Function block is a basic unit for control and calculations. Continuous control, sequence control (sequence tables and logic charts) and calculations are performed by function blocks. Regulatory control blocks, calculation blocks, and sequence control blocks are interconnected in a manner similar to the conventional instrument flow diagrams.

### ■ Regulatory Control Block

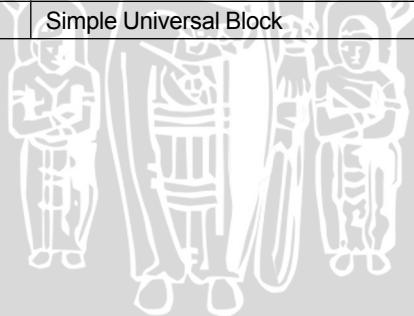
Regulatory control block performs calculation using analog process values for process control and monitoring.

**Table Regulatory Control Blocks (1/2)**

Block type	Model	Name
Input Indicator Block	PVI	Input Indicator Block
	PVI-DV	Input Indicator Block with Deviation Alarm
Controller Block	PID	PID Controller Block
	PI-HLD	Sampling PI Controller Block
	PID-BSW	PID Controller Block with Batch Switch
	ONOFF	Two-Position ON/OFF Controller Block
	ONOFF-E	Enhanced Two-Position ON/OFF Controller Block
	ONOFF-G	Three-Position ON/OFF Controller Block
	ONOFF-GE	Enhanced Three-Position ON/OFF Controller Block
	PID-TP	Time-Proportioning ON/OFF Controller Block
	PD-MR	PD Controller Block with Manual Reset
	PI-BLEND	Blending PI Controller Block
	PID-STC	Self-Tuning PID Controller Block
	Manual Loader Block	MLD
MLD-PVI		Manual Loader Block with Input Indicator
MLD-SW		Manual Loader Block with Auto/Man SW
MC-2		Two-Position Motor Control Block
MC-2E		Enhanced Two-Position Motor Control Block
MC-3		Three-Position Motor Control Block
MC-3E		Enhanced Three-Position Motor Control Block
Signal Setter Block	RATIO	Ratio Set Block
	PG-L13	13-Zone Program Set Block
	BSETU-2	Flow-Totalizing Batch Set Block
	BSETU-3	Weight-Totalizing Batch Set Block
Signal Limiter Block	VELLIM	Velocity Limiter Block
Signal Selector Block	SS-H/M/L	Signal Selector Block
	AS-H/M/L	Auto-Selector Block
	SS-DUAL	Dual-Redundant Signal Selector Block
Signal Distributor Block	FOUT	Cascade Signal Distributor Block
	FFSUM	Feed-Forward Signal Summing Block
	XCPL	Non-Interference Control Output Block
	SPLIT	Control Signal Splitter Block
Alarm Block	ALM-R	Representative Alarm Block
Pulse Count Input Block	PTC	Pulse Count Input Block

**Table Regulatory Control Blocks (2/2)**

Block type	Model	Name
YS Instrument Block	SLCD	YS Controller Block
	SLPC	YS Programmable Controller Block
	SLMC	YS Programmable Controller Block with Pulse-Width Output
	SMST-111	YS Manual Station Block with SV Output
	SMST-121	YS Manual Station Block with MV Output Lever
	SMRT	YS Ratio Set Station Block
	SBSD	YS Batch Set Station Block
	SLCC	YS Blending Controller Block
	SLBC	YS Batch Controller Block
	STLD	YS Totalizer Block
FOUNDATION fieldbus Faceplate Block	FF-AI	FOUNDATION fieldbus Analog Input Block
	FF-DI	FOUNDATION fieldbus Discrete Input Block
	FF-CS	FOUNDATION fieldbus Control Selector Block
	FF-PID	FOUNDATION fieldbus PID Control Block
	FF-RA	FOUNDATION fieldbus Ratio Block
	FF-AO	FOUNDATION fieldbus Analog Output Block
	FF-DO	FOUNDATION fieldbus Discrete Output Block
	FF-OS	FOUNDATION fieldbus Output Splitter Block
	FF-SC	FOUNDATION fieldbus Signal Characterizer (Totalizer) Block
	FF-IT	FOUNDATION fieldbus Integrator Block
	FF-IS	FOUNDATION fieldbus Input Selector Block
	FF-MDI	FOUNDATION fieldbus Multiple Discrete Input Block
	FF-MDO	FOUNDATION fieldbus Multiple Discrete Output Block
	FF-MAI	FOUNDATION fieldbus Multiple Analog Input Block
	FF-MAO	FOUNDATION fieldbus Multiple Analog Output Block
FF-SUNV	Simple Universal Block	





## ■ Sequence Block

Sequence block performs sequence control such as interlock sequence or process monitoring sequence processed according to a defined order.

**Table Sequence Block**

Block type	Model	Name
Sequence Table Block	ST16	Sequence Table Block
	ST16E	Rule Extension Block
Logic Chart Block	LC64	Logic Chart Block
SFC Block	_SFCSW	3-Position Switch SFC Block
	_SFCPB	Pushbutton SFC Block
	_SFCAS	Analog SFC Block
Switch Instrument Block	SI-1	Switch Instrument Block with 1 Input
	SI-2	Switch Instrument Block with 2 Inputs
	SO-1	Switch Instrument Block with 1 Output
	SO-2	Switch Instrument Block with 2 Outputs
	SIO-11	Switch Instrument Block with 1 Input and 1 Output
	SIO-12	Switch Instrument Block with 1 Input and 2 Outputs
	SIO-21	Switch Instrument Block with 2 Inputs and 1 Output
	SIO-22	Switch Instrument Block with 2 Inputs and 2 Outputs
	SIO-12P	Switch Instrument Block with 1 Input, 2 One-Shot Outputs
	SIO-22P	Switch Instrument Block with 2 Inputs, 2 One-Shot Outputs
	SI-1E	Enhanced Switch Instrument Block with 1 Input
	SI-2E	Enhanced Switch Instrument Block with 2 Inputs
	SO-1E	Enhanced Switch Instrument Block with 1 Output
	SO-2E	Enhanced Switch Instrument Block with 2 Outputs
	SIO-11E	Enhanced Switch Instrument Block with 1 Input and 1 Output
	SIO-12E	Enhanced Switch Instrument Block with 1 Input and 2 Outputs
	SIO-21E	Enhanced Switch Instrument Block with 2 Inputs and 1 Output
	SIO-22E	Enhanced Switch Instrument Block with 2 Inputs and 2 Outputs
	SIO-12PE	Enhanced Switch Instrument Block with 1 Input, 2 One-Shot Outputs
	SIO-22PE	Enhanced Switch Instrument Block with 2 Inputs, 2 One-Shot Outputs
Sequence Auxiliary Block	TM	Timer Block
	CTS	Software Counter Block
	CTP	Pulse Train Input Counter Block
	CI	Code Input Block
	CO	Code Output Block
	RL	Relational Expression Block
	RS	Resource Scheduler Block
Valve Monitoring Block	VLVM	Valve Monitoring Block

## ■ Calculation Block

Calculation block supplements Regulatory control and Sequence control performing general-purpose calculation of analog and contact signals.

**Table Calculation Block (1/2)**

Block type	Model	Name
Arithmetic Calculation Block	ADD	Addition Block
	MUL	Multiplication Block
	DIV	Division Block
	AVE	Averaging Block
Analog Calculation Block	SQRT	Square Root Block
	EXP	Exponential Block
	LAG	First-Order Lag Block
	INTEG	Integration Block
	LD	Derivative Block
	RAMP	Ramp Block
	LDLAG	Lead/Lag Block
	DLAY	Dead-Time Block
	DLAY-C	Dead-Time Compensation Block
	AVE-M	Moving-Average Block
	AVE-C	Cumulative-Average Block
	FUNC-VAR	Variable Line-Segment Function Block
	TPCFL	Temperature and Pressure Correction Block
	ASTM1	ASTM Correction Block: Old JIS
ASTM2	ASTM Correction Block: New JIS	
Logic Operation Block	AND	Logical AND Block
	OR	Logical OR Block
	NOT	Logical NOT Block
	SRS1-S	Set-Dominant Flip-Flop Block with 1 Output
	SRS1-R	Reset-Dominant Flip-Flop Block with 1 Output
	SRS2-S	Set-Dominant Flip-Flop Block with 2 Output
	SRS2-R	Reset-Dominant Flip-Flop Block with 2 Output
	WOUT	Wipeout Block
	OND	ON-Delay Timer Block
	OFFD	OFF-Delay Timer Block
	TON	One-Shot Block (rising-edge trigger)
	TOFF	One-Shot Block (falling-edge trigger)
	GE	Comparator Block (greater than or equal)
	GT	Comparator Block (greater than)
	EQ	Equal Operator Block
	BAND	Bitwise AND Block
	BOR	Bitwise OR Block
BNOT	Bitwise NOT Block	
General-Purpose Calculation Block	CALCU	General-Purpose Calculation Block
	CALCU-C	General-Purpose Calculation Block with String I/O

**Table Calculation Block (2/2)**

Block type	Model	Name
Calculation Auxiliary Block	SW-33	3-Pole 3-Position Selector Switch Block
	SW-91	1-Pole 9-Position Selector Switch Block
	DSW-16	Selector Switch Block for 16 Data
	DSW-16C	Selector Switch Block for 16 String Data
	DSET	Data Set Block
	DSET-PVI	Data Set Block with Input Indicator
	BDSET-1L	1-Batch Data Set Block
	BDSET-1C	1-Batch String Data Set Block
	BDSET-2L	2-Batch Data Set Block
	BDSET-2C	2-Batch String Data Set Block
	BDA-L	Batch Data Acquisition Block
	BDA-C	Batch String Data Acquisition Block
	ADL	Station Interconnection Block





## ■ Faceplate Block

Faceplate block is a function block displaying unified multiple function blocks as a single tag.

**Table Faceplate Block**

Analog Faceplate Block	INDST2	Dual-Pointer Indicating Station Block
	INDST2S	Dual-Pointer Manual Station Block
	INDST3	Triple-Pointer Manual Station Block
Sequence Faceplate Block	BSI	Batch Status Indicator Block
	PBS5C	Extended 5-Pushbutton Switch Block
	PBS10C	Extended 10-Pushbutton Switch Block
Hybrid Faceplate Block	HAS3C	Extended Hybrid Manual Station Block

## ■ Unit Instrument and Operation

Unit instruments handle the operation and control of a whole process unit. Operations handle the operation and control of each phase of a process unit.

**Table Unit Instrument and Operation**

Block type	Model	Name
Unit Instrument	_UTSW	3-Position Switch-Type Unit Instrument
	_UTPB	5-Pushbutton-Type Unit Instrument
	_UTAS	Analog-Type Unit Instrument
Non-Resident Unit Instrument	_UTSW-N	Non-Resident Unit Instrument with Three-Position Switch
	_UTPB-N	Non-Resident Unit Instrument with Five-Pushbutton Switch
	_UTAS-N	Analog Non-Resident Unit Instrument
Operation	OPSBL	SEBOL-Type Operation
	OPSFC	SFC-Type Operation
	OPSFPC1	SFC-Type Operation with Floating-Data Parameters
	OPSFPC2	SFC-Type Operation with Character-Data Parameters
	OPSFPC3	SFC-Type Operation with Floating/Character-Data Parameters
	OPSFPC4	SFC-Type Operation with Integer/Character-Data Parameters
OPSFPC5	SFC-Type Operation with Floating/Integer-Data Parameters	

### ■ Valve Pattern Monitor

Valve pattern monitor is a function block for unified monitoring of open-close status of multiple valves.

**Table Valve Pattern Monitor**

Block type	Model	Name
Valve Pattern Monitor	VPM64	64-Data Valve Pattern Monitor
	VPM128	128-Data Valve Pattern Monitor
	VPM256	256-Data Valve Pattern Monitor
	VPM512	512-Data Valve Pattern Monitor
	VPM64A	64-Data Valve Pattern Monitor with Alarm
	VPM128A	128-Data Valve Pattern Monitor with Alarm
	VPM256A	256-Data Valve Pattern Monitor with Alarm
	VPM512A	512-Data Valve Pattern Monitor with Alarm

### ■ Off-site Block

Off-site block is a function block for batch blending and shipment control performed off-site of oil refineries or other plant facilities.

**Table Off-site**

Block type	Model	Name
Off-Site Block	FSBSET	Batch Set Control Block
	BLEND	Blending Master Control Bloc

### ■ System Function Block

System function block acts as an interface for notifying FCS's internal operation status to the outside of FCS. These blocks are provided by FFCS-V only.

**Table System Function Block**

Block type	Model	Name
System Function Block	FCS_CPU	CPU Load Information
	FCS_COM	Communication Load Information
	FCS_IOC	I/O Load Information
	FCS_SBL	SEBOL Operation Information



## 3.2 Input and Output Functions

There are two types of input and output (I/O) functions: Process I/O exchanges data with field devices outside FCS; and software I/O is for virtual data exchange within the FCS.

### ■ Process Control Inputs/Outputs

Using process inputs/outputs, an FCS can receive signals from process detectors and output signals to process control elements.

**Table Process Control Inputs/Outputs**

Type	Symbol	Name
Process I/O	%Z	Process I/O
Communication I/O	%WW (*1)	Communication I/O - Word data
	%WB (*1)	Communication I/O - Bit data
Fieldbus I/O	%Z	Fieldbus I/O

\*1: When the extended communication I/O is applied for FFCS-V, use %XW for word data and %XB for bit data.

### ■ Software Inputs/Outputs

Software inputs/outputs are virtual inputs/outputs that are provided by the FCS's internal software.

Two types of software inputs/outputs are available: an "internal switch," which is used to exchange logical values between function blocks or other application functions; and a "message output," which is used to inform the occurrence of an event.

**Table Software Inputs/Outputs**

Type	Symbol	Name
Internal Switch	%SW	Common Switch
	%GS	Global Switch
Message Output	%AN	Annunciator Message
	%PR	Print Message
	%OG	Operator Guide Message
	%VM	Multimedia Start Message
	%RQ	Sequence Message Request
	%CP	Supervisory Computer Event Message
	%M3	Supervisory Computer Event Message for PICOT
	%EV	Signal Event Message
%RE	SFC/SEBOL Return Event Message	





### 3.3 Control Drawing

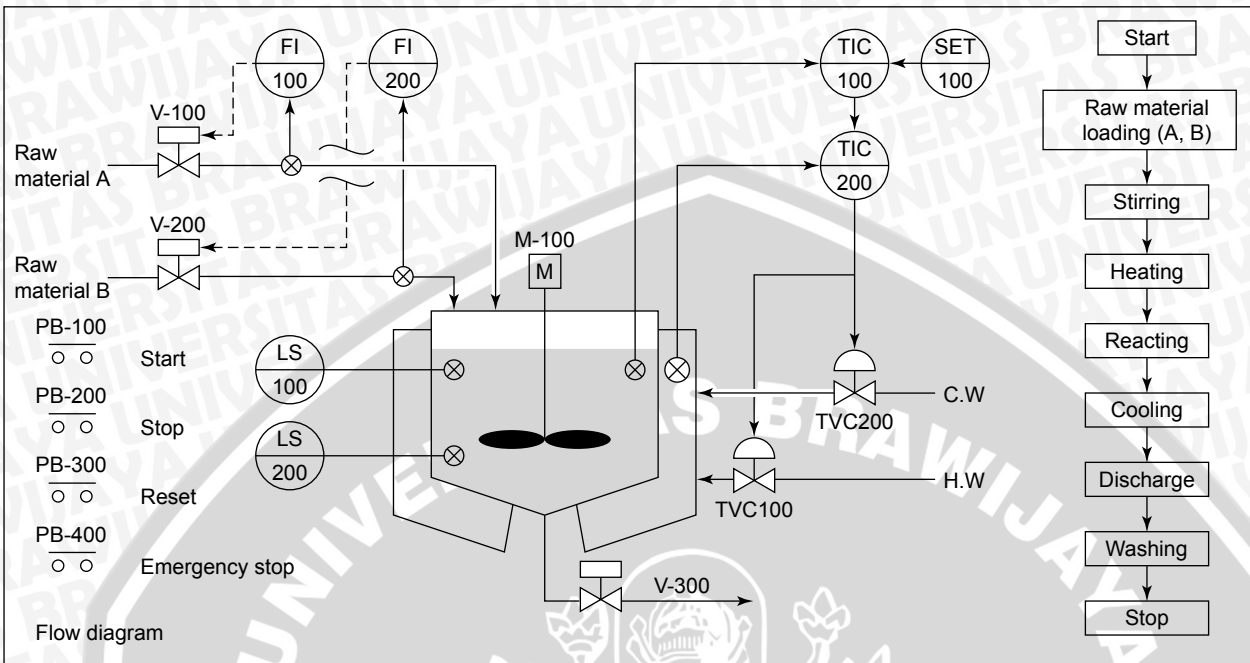
Small control groups composed by function blocks and inputs/outputs are to be described in the control drawings. Engineering and maintenance works are simplified by unifying the process device control as a control drawing. Monitoring the whole plant or each process can also be specified as control drawings instead of specifying individual process unit or functions in between the different devices. The features of control drawings are described below.

- Connecting I/O and control blocks  
By connecting a line between the I/O and function block, or between the function blocks, the data flow definition can be visualized.
- Defining the order of control block implementation  
The implementation priority or order of performance can be determined among several function blocks described in the control drawing.
- Mix of Regulatory Control and Sequence Control  
Regulatory control and Sequence control can be mixed in Control drawing. Control functions can be flexibly configured according to the requirement for process.
- Free Signal Flow between Control Drawing  
Function block belonging to different Control drawing can be connected to another Control drawing.



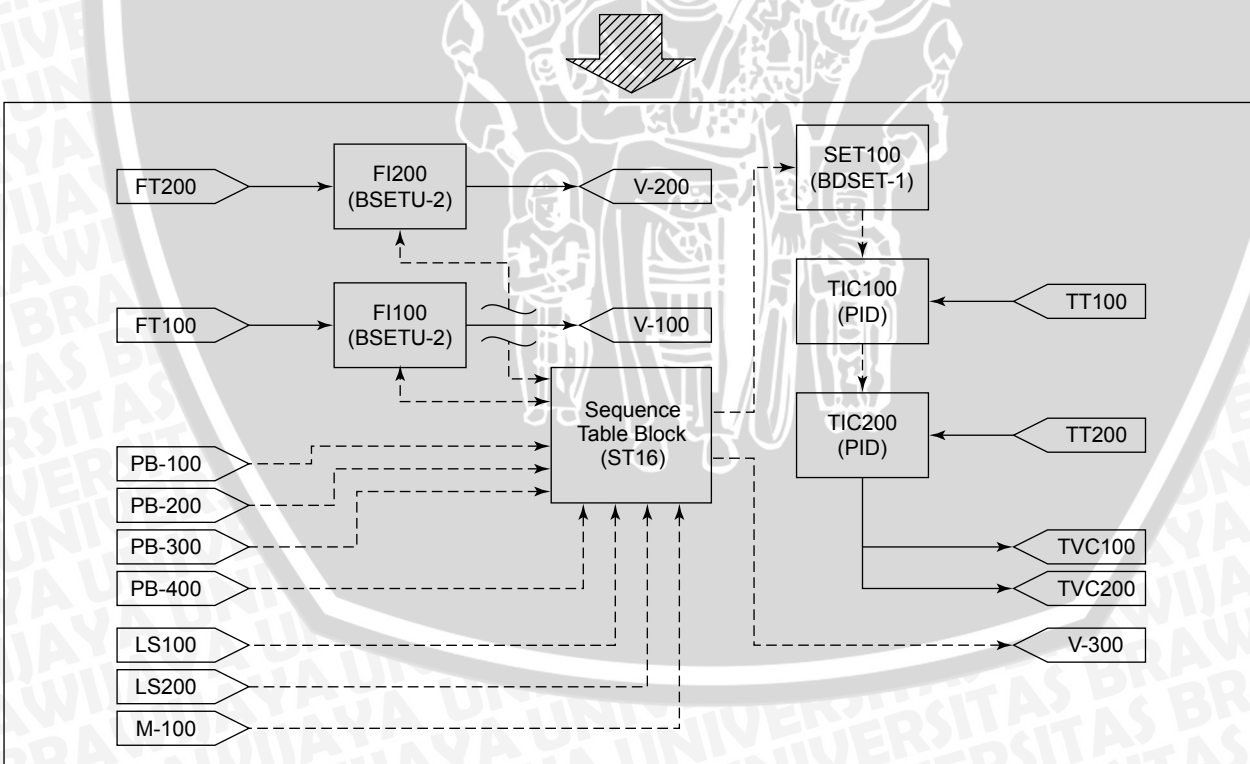
### Control Drawing example

An example of a simple reactor process mounted in Control drawing is shown below.



F030301E.ai

Figure Reactor Process Flow Diagram



F030302E.ai

Figure Example of Control Drawing



## ■ Scan Period

The scan period is the period at which the function block is executed periodically. The periodic execution function block executes a process based on the scan period.

There are three types of scan periods: the basic scan, the medium-speed scan (\*1) and the high-speed scan. One of these scan periods can be selected for each individual function block. However, the medium-speed scan and high-speed scan cannot be selected for some function blocks.

- Basic Scan: Fixed to 1 second.
- Medium-Speed Scan: Select [200 ms] or [500 ms].(\*2), default is 500ms.
- High-Speed Scan: Select [200 ms] or [500 ms].(\*2), default is 200ms.

\*1: The medium-speed scan setting is not available for the PFCS and SFCS.

\*2: [50 ms], [100 ms] or [250 ms] can also be specified by direct entry from keyboard.

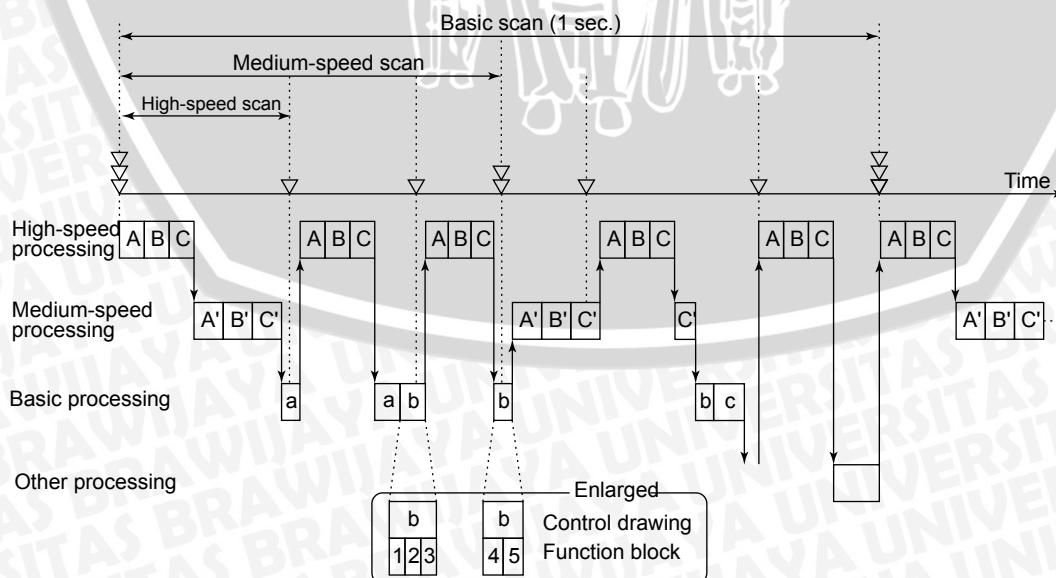
## ■ Order of Process Execution

The order of process execution refers to a sequence in which the control drawing and individual function block are executed in the periodic execution. The process timing of a periodic execution regulatory function block is determined by the orders of execution of the control drawings and the function blocks.

The following section describes the orders in which the control drawings and individual function blocks are executed in the periodic execution.

### ● Order of Process Execution for Control Drawings/Function Blocks

The diagram below shows an example of executing control drawings each consisting of function blocks being executed in the high-speed scan, medium-speed scan and basic scan. In this example, three control drawings are processed. The groups of high-speed scan function blocks in the respective drawings are indicated as A, B and C. Similarly, the groups of medium-speed scan function blocks in the respective control drawings are indicated as A', B' and C'; and the groups of basic scan function blocks, a, b and c. In the diagram below and the explanation that follows, the processing of the function blocks belonging to A, B and C is referred to as "high-speed processing"; processing of the function blocks belonging to A', B' and C', "medium-speed processing"; and processing of the function blocks belonging to a, b and c, "basic processing." "Other processing" indicates processing of SFC blocks.



F030303E.ai

**Figure Example of Control Drawings/Function Blocks Process Execution**



- The high-speed processing has priority over the medium-speed processing or basic processing. The medium-speed processing has priority over the basic processing.
- Once processing of all high-speed function blocks have been completed, the medium-speed processing is executed. When execution of all high-speed and medium-speed processes of function blocks have been completed, the basic processing is executed.
- In case that the high-speed processing gets its timing for execution during the basic processing or medium-speed processing is being executed, the high-speed processing interrupts the basic processing or medium-speed processing by making the basic processing or medium-speed processing pause at the gap among function blocks' basic processing or medium-speed processing. Once all function blocks of high-speed processing are completed to execute, the basic processing or medium-speed processing is resumed from where it was interrupted.
- In case that the medium-speed processing its timing for execution during the basic processing is being executed, the medium-speed processing interrupts the basic processing by making the basic processing pause at the gap among function blocks' basic processing. Once all function blocks of medium-speed processing are completed to execute, the basic processing is resumed from where it was interrupted.
- The high-speed processing of function blocks are executed for each of the control drawings containing the function blocks and in the order of control drawing numbers. Function blocks having the same scan period within the same control drawing are executed in the set execution order (order of the function block numbers defined). The medium-speed processing and basic processing of function blocks are executed in the same order as applied to the high-speed processing.
- Processing of each function block is executed only once per single scan period.
- Other processes are executed in the idle time after the high-speed processing, medium-speed processing and basic processing are completed.

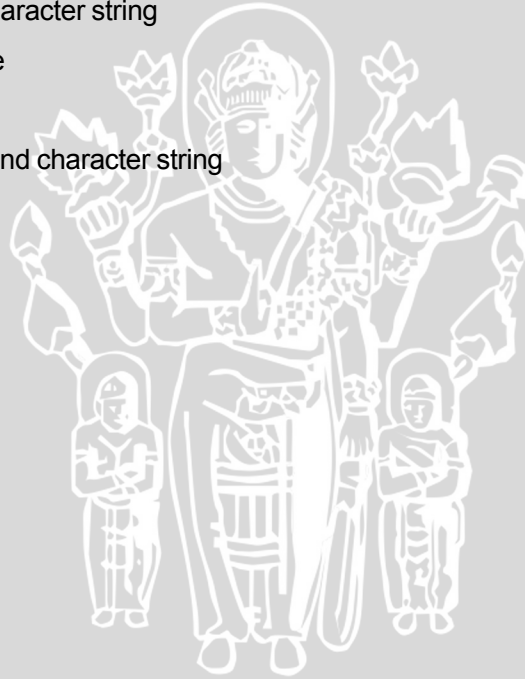
#### ● Periodic SEBOL

SEBOL is a programming language used for process control to describe unit step processing of the SFC blocks. SEBOL usually runs during the CPU's idle time. However, FFCS-V is able to run and process the SEBOL according to the scan period. It is called the periodic SEBOL, to segregate it from the conventional type of SEBOL. By using the periodic SEBOL, sequence controls can be described by the programming language applications instead of performing them by the sequence tables or logic charts.

## 3.4 Online Maintenance Function

Online maintenance function enables the modification of the control functions during online control, without any effect on other than the modified function, namely the effect on plant operation is minimized. Most settings can be modified using online maintenance functions. The settings which can not be modified using online maintenance function are described below.

- FCS power switching from single to dual-redundant
- Fast scan period
- MC (Motor Control) instrument block pulse width setting
- MC instrument block start interval
- MLD-SW block auto mode (AUT/CAS) setting
- SEBOL statement "Drive" statement operation type
- SS-DUAL PV update during deviation alarm
- Alarm notify action when all AOF released
- User-defined status character string
- Alarm processing table
- Alarm priority level
- Status change command character string
- State transition matrix

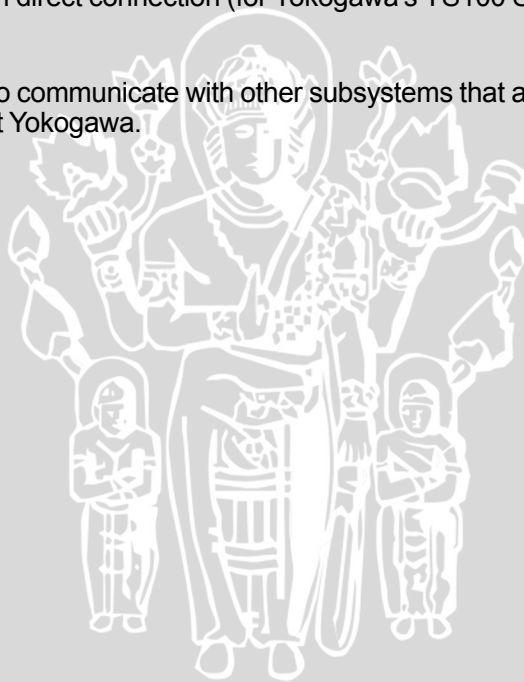


## 3.5 Subsystem Communication

FCS can communicate with each subsystem such as PLC or analytical equipments. Subsystem communication function supports dual-redundant communication. CENTUM VP supports the following subsystem communications.

- FA-M3 communication (for Yokogawa's FA-M3 and FA500)
- DARWIN/DAQSTATION communication (for Yokogawa's DARWIN and DAQSTATION)
- MELSEC communication (for Mitsubishi general-purpose MELSEC sequencers)
- MELSEC-A communication (for Mitsubishi general-purpose MELSEC-A sequencers)
- PLC-5/SLC 500 communication (for Rockwell Automation's PLC-5/SLC 500 family of programmable controllers)
- Modbus communication (for Yokogawa's STARDOM, Schneider's Modicon and Yasukawa Electric Corporation's Memocon-SC)
- YS communication (for Yokogawa's YS100 SERIES and YEW SERIES 80)
- YS communication with direct connection (for Yokogawa's YS100 SERIES)

CENTUM VP may be able to communicate with other subsystems that are not listed here. For more details, please contact Yokogawa.





## 4. Redundancy

FCS is directly connected to processes. Therefore, FCS is required to have high reliability, high availability, data accuracy and data reliability. CENTUM VP FCS responds to these requirements realizing the availability over the best of 99.99999% (seven nines).

This chapter describes the redundancy of FCS supporting this high availability.

### 4.1 Redundancy Features

In addition to field-proven dual-redundancy technology, synchronous process execution on paired MPUs (microprocessor units) of active and standby processor cards in CENTUM VP FCS realizes seamless execution of each process control functions or user applications regardless of the switching of processor card.

This duplexed FCS has reliable features as follows:

- (1) ECC memory (\*1), WDT function (\*2), and other technologies contribute establishing hardware reliability.
- (2) Pair and Spare methodology detects transient control computation errors as well as hardware failures (\*3) to avoid wrong data output. In case an error is detected, the active processor card is switched to the other processor card.
- (3) Seamless switchover between the active and the standby processor cards is realized. Thus it is not necessary to consider dual-redundancy by software, productivity and quality of the software development have greatly been improved.
- (4) One of the redundant processor cards can be replaced online when it is failed while the operation continues without stopping the process.

The features described above are field-proven and reliable technologies developed originally for CENTUM CS and it is inherited by CENTUM VP with enhancements.

- \*1: Error check and correct (ECC) memory detects memory error as well as to identify where, in which bit, the error is occurred, and correct it by itself.
- \*2: Watch dog timer (WDT) function watches software malfunction and hang up by setting a periodical watch dog operation (timer reset).
- \*3: Unrecoverable hardware breakdown.

## 4.2 Redundancy Details

CENTUM VP FCS is available for dual-redundancy. This FCS consists of dual-redundant processor modules, Vnet/IP coupler, and power modules. For adding FIO node unit is added, install ESB-bus coupler module or ER bus interface module. Both modules can also be dual-redundant. (For dual-redundant FCS, ESB bus interface modules need to be dual-redundant.) Even if one module becomes defective, the control can be switched without interruption.

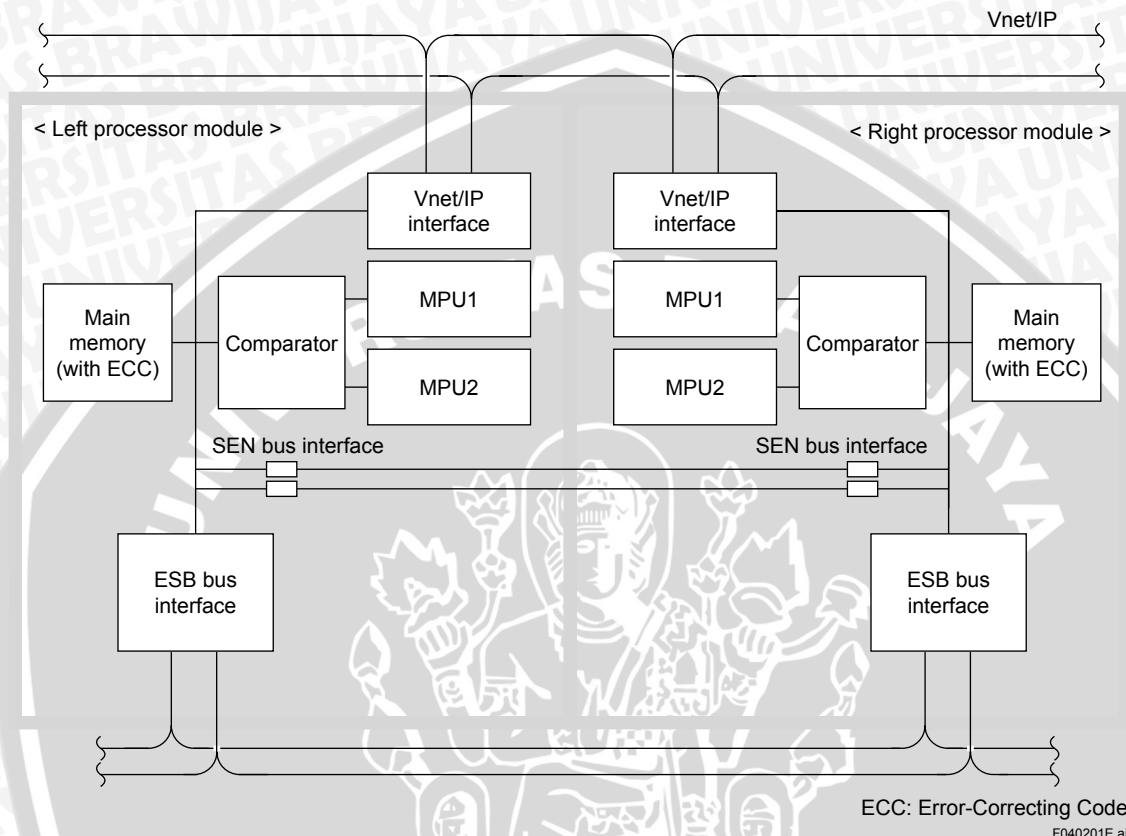


Figure Example of Duplexed (Dual-redundant) Processor Module Configuration

Dual-redundancy methodology is described below.

### ■ CPU

- Each processor module has two MPU. MPU1 and MPU2 mounted on each module perform same control computations and the results are compared by a comparator for each calculation. When the results of both MPU are same, the module is assumed to be normal and the results are transmitted to main memory devices and bus interface modules. The main memory devices with ECC (error-correcting code) correct transient reversed-bit errors.
- If the results from MPU1 and MPU2 are not same the comparator assumes it “calculation abnormal”, the active processor module is switched to another one.
- Watch Dog Timer detects abnormal functions of active processor module. In case abnormal functions are detected, active processor module would be switched to another processor module.
- The standby processor module performing the same computations as the active module, switching to active status without interruption is possible.
- The processor module with calculation error performs self-diagnosis; if the hardware is not assumed abnormal, the error is assumed transient and the module status recovers from “abnormal” to “standby”
- Vnet/IP interface is an interface available for dual-redundancy mounted on CPU and connected to a dual-redundant control bus.

### ■ ESB Bus

Each processor module incorporates ESB-bus interface functions being available for dual-redundancy. Normally, ESB-bus interface function on active CPU is active and another is standby. If an abnormal factor is found in ESB function on active CPU, the standby CPU is switched into active. The active ESB-bus interface communicates with node units as master ESB bus. The dual-redundant ESB buses are used alternately; if an abnormal factor is found in one bus, the other bus will be used for communication. The recovery of bus is periodically tested to ensure the recovery.

### ■ Nodes Unit

In nodes, Node interface module and Node power module can be dual redundant. I/O module bus from Node interface module to each I/O module can also be dual-redundant.





# Revision Information

- Title : Integrated Production Control System CENTUM VP System Overview (FCS)
- Manual No. : TI 33K01A12-50E

**Sep. 2011/1st Edition**  
Newly published





---

Written by           Yokogawa Electric Corporation

Published by       Yokogawa Electric Corporation  
2-9-32 Nakacho, Musashino-shi, Tokyo 180-8750, JAPAN

Printed by           KOHOKU PUBLISHING & PRINTING INC.

---

Subject to change without notice.