

MODUL PRAKTIKUM

TEKNOLOGI AKTUATOR

V1231419



**Measurement
Instrumentation Laboratory**
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**20
26**

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	2
PENDAHULUAN	3
Aturan Kerja Laboratorium Pengukuran	4
Aturan Keamanan Laboratorium Pengukuran	5
Panduan Berkegiatan di Laboratorium	6
Sanksi Pelanggaran Aturan	7
Denah Laboratorium Pengukuran.....	7
TEKNIS PRAKTIKUM	8
Prosedur Penggunaan Alat dan Bahan	8
Prosedur Penanganan Kondisi Darurat	8
Prosedur Pembuangan Sampah dan Limbah Eksperimen	9
PROSEDUR KEDATANGAN	10
Kebutuhan Saat di Lab Pengukuran.....	10
Prosedur Kedatangan di Lab Pengukuran.....	10
PROSEDUR PRAKTIKUM	13
P1 Aktuator Pneumatic	13
P2 Karakteristik Valve.....	18
LAMPIRAN	35
Lampiran 1. Safety Induction	35
Lampiran 2. Precaution.....	36
Lampiran 3. JSA (job safety analysis)	37
Lampiran 4. Permit to work.....	38
Lampiran 5. MOM (Minutes of Meeting)	40

PENDAHULUAN

Dalam sistem otomasi modern, aktuator memegang peranan penting sebagai komponen utama yang mengubah sinyal kontrol menjadi gerakan fisik. Aktuator digunakan secara luas dalam berbagai bidang seperti industri manufaktur, robotika, kendaraan otomatis, hingga sistem kendali pada bangunan pintar. Keberadaan aktuator memungkinkan sistem bekerja secara otomatis sesuai perintah yang telah diprogram. Aktuator dapat menghasilkan gerakan linear maupun rotasi, tergantung jenis dan aplikasinya. Praktikum teknologi aktuator bertujuan untuk memberikan pemahaman mendasar kepada mahasiswa mengenai prinsip kerja aktuator, jenis-jenis aktuator yang umum digunakan, serta cara penerapannya dalam sistem kendali. Beberapa jenis aktuator yang akan dipelajari antara lain aktuator elektrik, pneumatik, dan hidrolik. Masing-masing memiliki karakteristik khusus dalam hal sumber tenaga, kecepatan respons, gaya yang dihasilkan, serta kebutuhan kontrolnya.

Melalui kegiatan praktikum, mahasiswa tidak hanya belajar teori, tetapi juga mendapatkan pengalaman langsung dalam mengoperasikan dan mengendalikan aktuator. Mahasiswa akan diajak untuk melakukan pengujian terhadap perilaku aktuator ketika menerima sinyal masukan, mengamati waktu respons, kestabilan gerakan, serta menganalisis efisiensi kerjanya dalam suatu sistem. Pemahaman ini penting agar mahasiswa mampu merancang sistem kendali yang efektif dan sesuai dengan kebutuhan aplikasi. Teknologi aktuator juga menjadi bagian penting dalam sistem mekatronika karena berperan sebagai elemen eksekusi. Tanpa aktuator, sinyal dari sensor dan pengontrol tidak akan menghasilkan tindakan nyata. Oleh karena itu, penguasaan terhadap teknologi aktuator tidak hanya terbatas pada teori dasar, tetapi juga mencakup kemampuan dalam pemilihan jenis aktuator yang tepat, perancangan sistem kendali, serta pemeliharaan agar aktuator dapat bekerja secara optimal. Kompetensi ini menjadi bekal penting bagi mahasiswa dalam menghadapi tantangan dunia industri yang semakin berkembang ke arah otomasi dan sistem cerdas.

Aturan Kerja Laboratorium

Tata tertib laboratorium ini digunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan operasional dan layanan laboratorium di Departemen Teknik Instrumentasi, Fakultas Vokasi-ITS. Tata tertib laboratorium wajib dipatuhi dan dilaksanakan oleh seluruh pengguna laboratorium dalam berkegiatan di laboratorium.

1. Operasional dan layanan laboratorium tersedia pada hari Senin – Jumat pukul 08.00 – 16.00 WIB. Kegiatan di luar waktu tersebut wajib menggunakan perijinan khusus.
2. Operasional dan layanan laboratorium dilaksanakan sesuai dengan SOP yang telah ditetapkan.
3. Operasional dan layanan laboratorium dapat melalui teknisi laboratorium.
4. Pengguna laboratorium wajib menggunakan pakaian standar perkuliahan rapi dan sopan saat berkegiatan di laboratorium.
5. Pengguna laboratorium dilarang makan, minum, dan merokok di laboratorium.
6. Pengguna laboratorium wajib melepas dan menyimpan alas kaki pada tempat yang telah tersedia, serta menggunakan alas kaki khusus yang telah tersedia di laboratorium.
7. Pengguna laboratorium wajib menjaga keamanan, ketertiban, kebersihan, kerapihan, dan keselamatan saat berkegiatan di laboratorium.
8. Pengguna laboratorium wajib membersihkan dan merapikan area kerja, serta mengembalikan peralatan yang digunakan dalam keadaan baik sesuai keadaan semula.
9. Pengguna laboratorium yang melanggar tata tertib akan dikenakan sanksi pencabutan ijin/akses menggunakan laboratorium.

Aturan Keamanan Laboratorium

Untuk menjaga keamanan laboratorium, pengguna wajib mematuhi beberapa poin berikut:

1. Laporkan semua kejadian kecelakaan, cedera, dan kerusakan alat kepada laboran/asisten laboratorium dengan segera.
2. DILARANG bersenda gurau atau tidur di dalam laboratorium.
3. DILARANG mengkonsumsi makanan dan minuman selama praktikum.
4. WAJIB mengetahui lokasi alat pengaman/safety tools (Kotak P3K, *safety shower*, *eye wash*, *spill kit*, wastafel, kacamata pengaman, sepatu pengaman, sarung tangan tahan panas, dsb).
5. WAJIB memahami metode dan cara penggunaan alat sebelum melakukan eksperimen di dalam laboratorium.
6. Gunakan pakaian beserta alas kaki yang aman saat berada di dalam ruang eksperimen.
7. Gunakan APD yang layak dan sesuai dengan benar saat melakukan eksperimen.
8. WAJIB mengikat rambut yang memiliki ukuran panjang mencapai dagu/lebih ke belakang kepala.
9. DILARANG menjalankan alat yang bersifat ilegal (tanpa izin).
10. DILARANG KERAS membuang limbah sembarangan. Pahami tempat pembuangan limbah yang sesuai sebelum melakukan eksperimen.
11. Tetap bersikap siaga saat melakukan kegiatan praktikum di dalam laboratorium.
12. Bersih dan rapikan tempat ketika melakukan praktikum dan sebelum meninggalkan tempat.

Panduan Berkegiatan di Laboratorium



PANDUAN BERKEGIATAN DI LABORATORIUM



Gunakan APD



Perhatikan tanda
bahaya



Patuhi safety induction.



Dilarang menjalankan alat
laboratorium tanpa izin
atau pengawasan.



Jaga kebersihan
ruang kerja.



Hati-hati dengan barang-
barang pecah belah dan
mudah terbakar.



Jangan tinggalkan alat
yang sedang berjalan
tanpa pengawasan.



Laksanakan kegiatan
sesuai dengan prosedur
yang berlaku

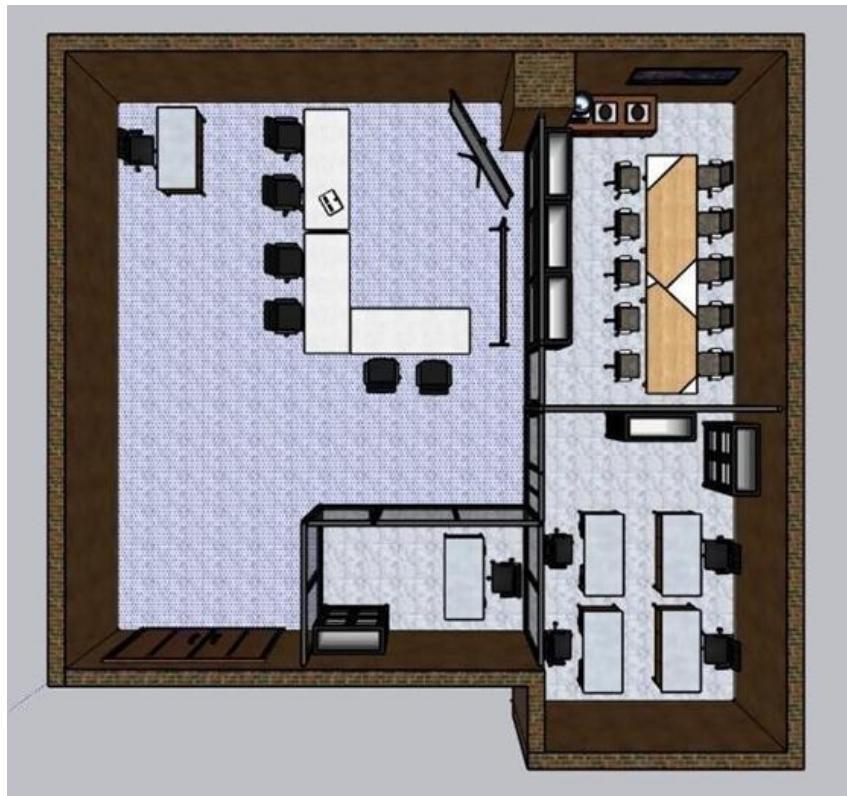


Mengembalikan peralatan
dan bahan ke tempat
semula

Sanksi Pelanggaran Aturan

Pengguna laboratorium yang melanggar tata tertib akan dikenakan sanksi pencabutan ijin/akses menggunakan laboratorium

Denah Laboratorium Pengukuran



Keterangan :

1. Ruangan dan Fungsinya:

- ***Working Space (Ruang Kerja)*** : Area kerja utama dilengkapi dengan beberapa meja dan kursi.
- ***Staff Room (Ruang Staff)*** : Ruangan khusus staf dengan meja, kursi dan beberapa fasilitas penyimpanan.
- ***Research Room (Ruang Penelitian)*** : Ruangan ini dilengkapi dengan meja dan kursi untuk mendukung kegiatan diskusi atau eksperimen (praktikum).

TEKNIS PRAKTIKUM

Prosedur Penggunaan Alat dan Bahan

Sebelum menggunakan alat dan bahan untuk melakukan eksperimen cek ketersediaan alat dan bahan. Perhatikan dan pahami cara penggunaan alat sebelum digunakan untuk melaksanakan praktikum. Berikut merupakan standar operasional peralatan di Laboratorium Pengukuran.

Prosedur Penanganan Kondisi Darurat

Laboratorium merupakan salah satu contoh tempat/lokasi dengan berbagai macam bahaya yang berpotensi menyebabkan suatu keadaan/kondisi darurat. Keadaan darurat di dalam laboratorium dapat terbagi menjadi 2 jenis yaitu : kecelakaan, dan bencana alam. Ikuti langkah berikut dengan seksama.

A. Keadaan Darurat karena Kecelakaan Kerja

Kecelakaan kerja dalam laboratorium menyebabkan bahaya seperti terkena benda panas/tajam, kerusakan sambungan listrik, kebakaran, tersengat listrik, dan lain-lain. Saat mengalami kecelakaan ketika bekerja di dalam laboratorium, langkah pertama dan utama yang harus dilakukan adalah tetap tenang.

- 1. Apabila terjadi reaksi/arus pendek yang menyebabkan kebakaran :**
DILARANG KERAS menyiram api menggunakan air. Jika kebakaran disebabkan oleh arus pendek, putuskan sambungan listrik terlebih dahulu sebelum memadamkan api. Gunakan APAR (Alat Pemadam Api Ringan)/kain basah untuk memadamkan api.
- 2. Jika terdapat kulit yang mengalami luka bakar dalam jumlah dan ukuran kecil**
: bilas menggunakan air bersih yang mengalir, letakkan es batu/air dingin sekitar luka, lalu obati dengan analgesik (salep/larutan rivanol). Hubungi petugas untuk pengobatan lebih lanjut.
- 3. Jika terdapat kulit yang mengalami luka akibat benda tajam dalam jumlah dan ukuran kecil** : bersihkan luka menggunakan air bersih yang mengalir untuk memastikan tidak ada kotoran yang tertinggal dalam luka, oleskan larutan antiseptik di sekitar luka dan tutup dengan plester.

4. **Jika terdapat luka yang cukup parah akibat kecelakaan kerja** : segera hubungi petugas untuk segera dibawa ke rumah sakit

B. Keadaan Darurat karena Bencana Alam

Bencana alam yang dapat menyebabkan keadaan darurat di dalam laboratorium SIS antara lain : kebakaran, gempa bumi, badai, dll. Setiap bencana alam memiliki prosedur keselamatan yang berbeda sebagai berikut:

1. **Kebakaran** : jika masih sempat maka jauhkan bahan kimia yang mudah terbakar dari dalam laboratorium dan matikan semua perangkat listrik. Keluar dari laboratorium secara bergantian dan teratur. Jika asap sudah banyak tersebar dalam ruangan, tutup hidung dengan lengan baju anda dan berjalan dengan cara merangkak ke arah luar ruangan menuju pintu atau titik evakuasi. Membasahi beberapa bagian tubuh menggunakan air dapat mengurangi potensi terkena luka bakar. Tetap berhati- hati dengan kobaran api yang masih menyebar.
2. **Gempa Bumi** : berlindung di bawah meja yang dapat menahan beban reruntuhan. Keluar dari ruangan dengan berhati-hati, bergantian, dan teratur. Gunakan selembar papan jika ada untuk melindungi diri dari reruntuhan saat keluar dari ruangan dan berjalan ke titik evakuasi.
3. **Badai** : siapkan pencahayaan cadangan dan pastikan semua pintu serta jendela tertutup rapat guna melindungi dari benda-benda asing yang terbang akibat tertumbuh angin. Matikan seluruh sambungan listrik untuk mengurangi risiko kerusakan pada alat laboratorium.

Prosedur Pembuangan Sampah dan Limbah Eksperimen

Sampah/limbah hasil eksperimen memiliki prosedur tersendiri dalam pengolahannya. Berdasarkan bentuknya, limbah dibedakan menjadi 2 kategori : padatan dan cairan. Limbah padatan terbagi menjadi : limbah barang pecah belah, limbah padatan kering, dan limbah medis (sarung tangan dan masker). Sedangkan limbah cair terbagi menjadi : limbah pelarut dan limbah bahan beracun dan berbahaya (B3). **DILARANG KERAS MEMBUANG SAMPAH/LIMBAH KE WASTAFEL DAN SELOKAN.**

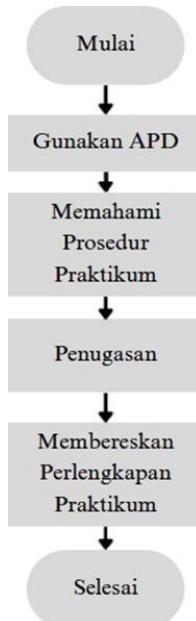
PROSEDUR KEDATANGAN

Kebutuhan Saat di Laboratorium Pengukuran

1. Berada dalam kondisi kesehatan yang optimal. Urungkan niat untuk datang ke laboratorium jika merasa tidak sehat, beristirahatlah di rumah dan/atau periksakan diri ke dokter terdekat.
2. Membawa keperluan praktikum yang telah ditentukan
3. Mengikuti safety briefing yang diberikan oleh asisten laboratorium dan/atau laboran dengan cermat. Seluruh praktikan WAJIB mengikuti safety briefing sebelum melakukan praktikum. Asisten praktikum wajib memastikan seluruh praktikan sudah mengikuti *safety briefing* sebelum melaksanakan praktikum.

Prosedur Kedatangan di Laboratorium Pengukuran

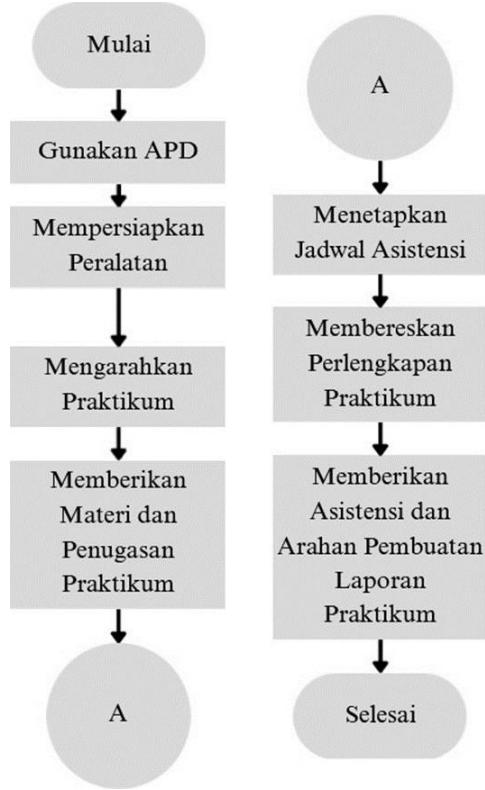
A. Untuk praktikan



1. Gunakan APD yang memiliki kondisi masih layak pakai dengan benar. Tanyakan kepada asisten laboratorium/laboran untuk tempat penyimpanan APD berada.
2. Demi keamanan pelaksanaan praktikum, pahami metode eksperimen yang digunakan sebelum melakukan eksperimen.
3. Saat menuju meja eksperimen, pastikan alat dan bahan praktikum telah lengkap tersedia. Jika alat dan bahan praktikum belum tersedia, segera tanyakan kepada asisten laboratorium/laboran untuk tempat penyimpanan alat dan bahan praktikum berada.

4. Laksanakan praktikum dengan cermat, disiplin, dan waspada. Patuhi aturan yang diberikan demi keamanan pelaksanaan praktikum.
5. Dengarkan arahan/penugasan dari asisten laboratorium/laboran dengan cermat sehingga dapat meningkatkan produktivitas saat pelaksanaan asistensi praktikum.
6. Bersihkan meja eksperimen ketika telah selesai melakukan eksperimen dengan hati-hati.

B. Untuk Asisten Laboratorium



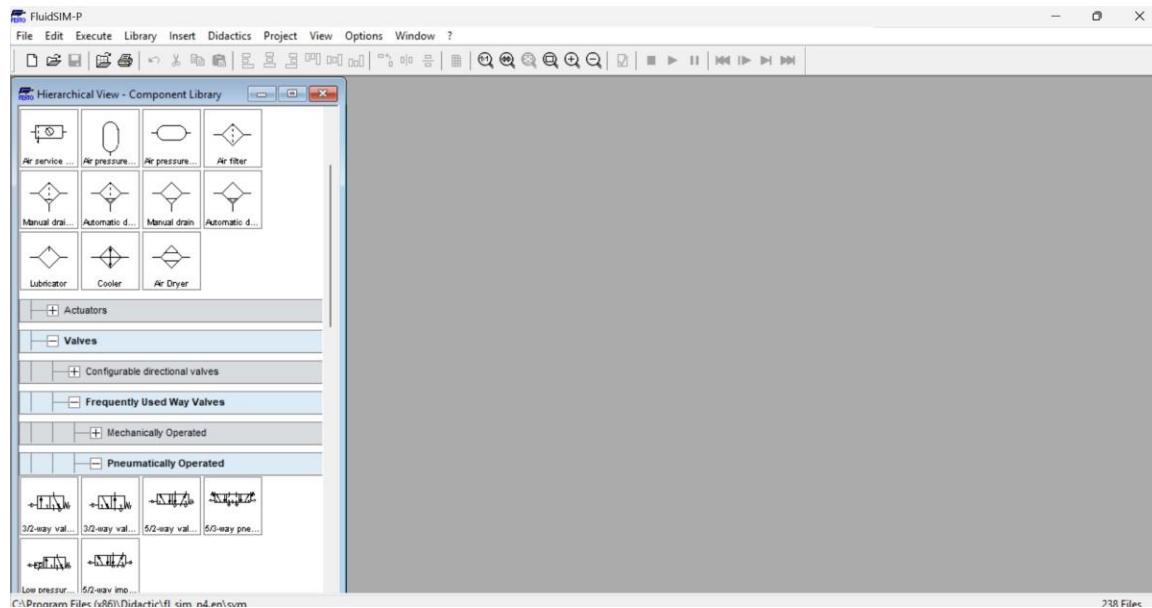
1. Sediakan dan gunakan APD yang memiliki kondisi masih layak pakai dengan benar.
2. Pastikan alat dan bahan yang digunakan untuk praktikum dapat digunakan.
3. Berikan arahan dan dampingan saat melaksanakan praktikum dengan benar dan disiplin.
4. Berikan penjelasan mengenai materi praktikum/penugasan pasca melakukan praktikum dengan jelas.
5. Sebelum mengakhiri praktikum, tetapkan jadwal kapan perlu melakukan asistensi data.

6. Setelah praktikum selesai, bersihkan dan rapikan alat serta bahan praktikum. Pastikan alat tidak mengalami kerusakan dan bahan praktikum kembali ke tempat penyimpanan yang tepat.
7. Berikan arahan yang jelas saat melakukan asistensi dan pembuatan laporan.

P1 TEKNOLOGI AKTUATOR

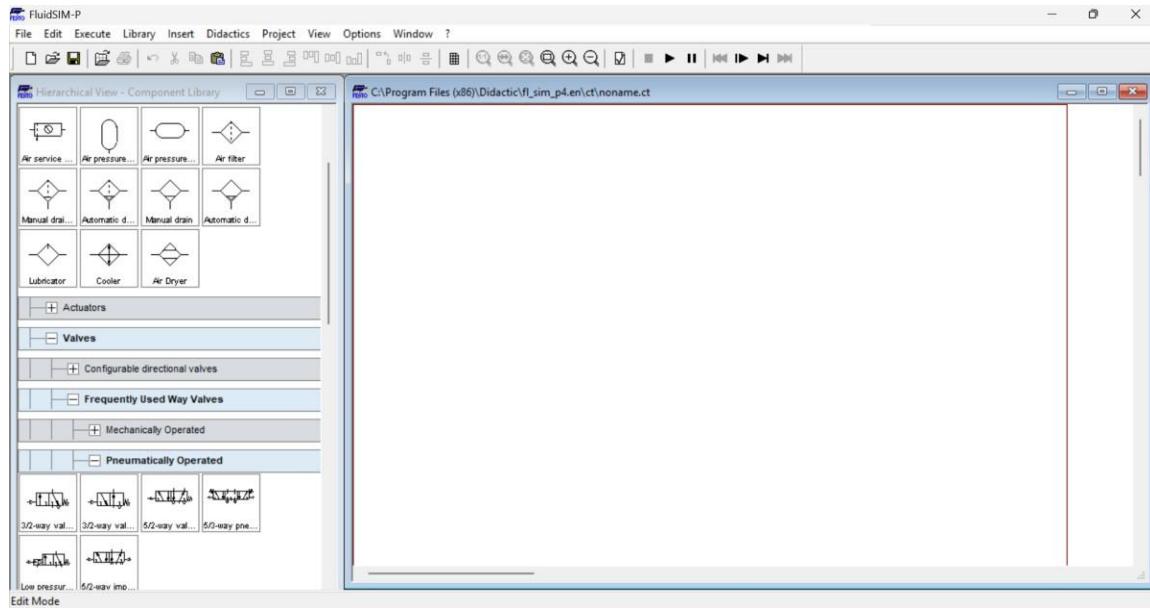
AKTUATOR PNEUMATIC

Pada praktikum kali ini tentang penggunaan pneumatik sebagai teknologi yang mangacu pada aktuator dan control dimana system pada pneumatic memanfaatkan tekanan angin untuk menggerakkan actuator baik single acting maupun double acting. Banyak sekali manfaat penggunaan pneumatik dalam bidang industry sebagai salah satu teknologi yang membantu proses kelancaran produksi dengan tingkat presisi yang tinggi. Pada system pneumatik memiliki suatu system aliran sinyal yang didalamnya terdapat proses masukan dan keluaran sinyal yang dituju. Sebelum terjun langsung ke perangkat keras yang digunakan, dapat melakukan simulasi terlebih dahulu system yang diinginkan menggunakan aplikasi Fluid-SIM. Aplikasi ini dapat digunakan dalam simulasi instalasi maupun system pneumatic.



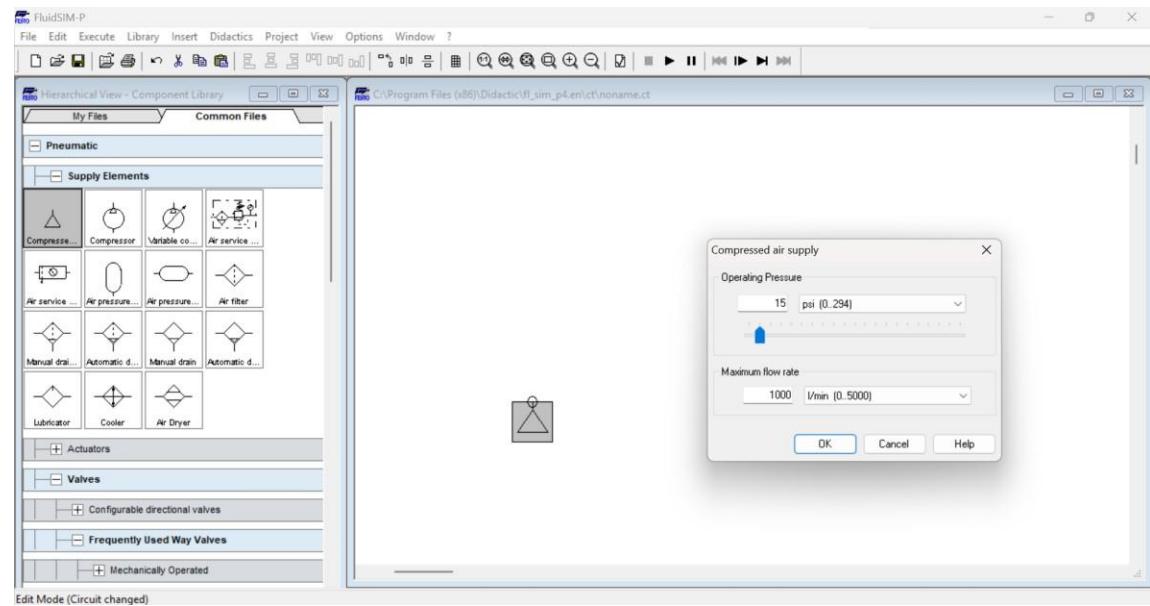
Gambar 1 Tampilan Awal Fluid-SIM

Saat membuka aplikasi akan muncul tampilan sesuai gambar 1 dimana seperti aplikasi pada umumnya terdapat menu dan kotak dialog yang berisi library untuk simulasi seperti perangkat penggunaan pneumatik KKA 2/2, KKA 3/2, KKA 4/2 KKA 5/2, dll. Tidak hanya untuk melakukan simulasi pneumatic saja tetapi juga dapat digunakan untuk mensimulasikan instalasi listrik. Terdapat gambar abu-abu berarti belum terdapat lembar project yang digunakan, jika melanjutkan ke project dapat memiliki icon kertas pada pojok kiri atas atau CTRL+N untuk memulai membuat lembar project sehingga akan tampil pada gambar di bawah ini.



Gambar 2 Tampilan Project dibuat

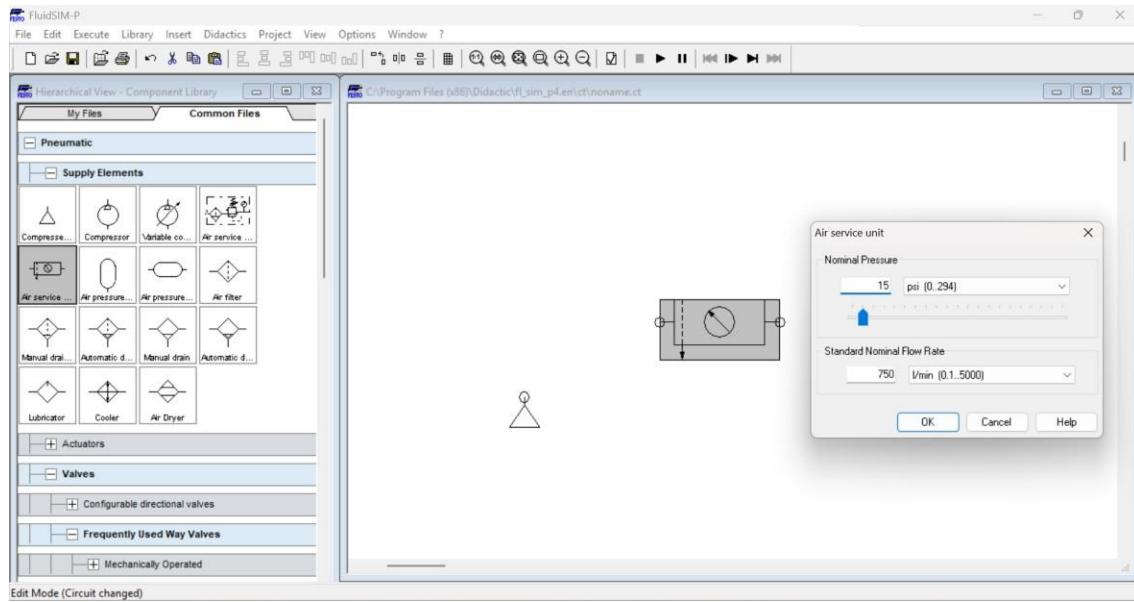
Selanjutnya merupakan pembahasan dasar mengenai pemanfaatan perangkat dasar yang digunakan pada system pneumatic seperti compressor yang digunakan untuk menghasilkan udara bertekanan sesuai dengan kebutuhan pada system pneumatic. Pada simulasi seperti gambar dibawah ini merupakan symbol dari unit kompresor.



Gambar 3 Simbol Unit Kompresor

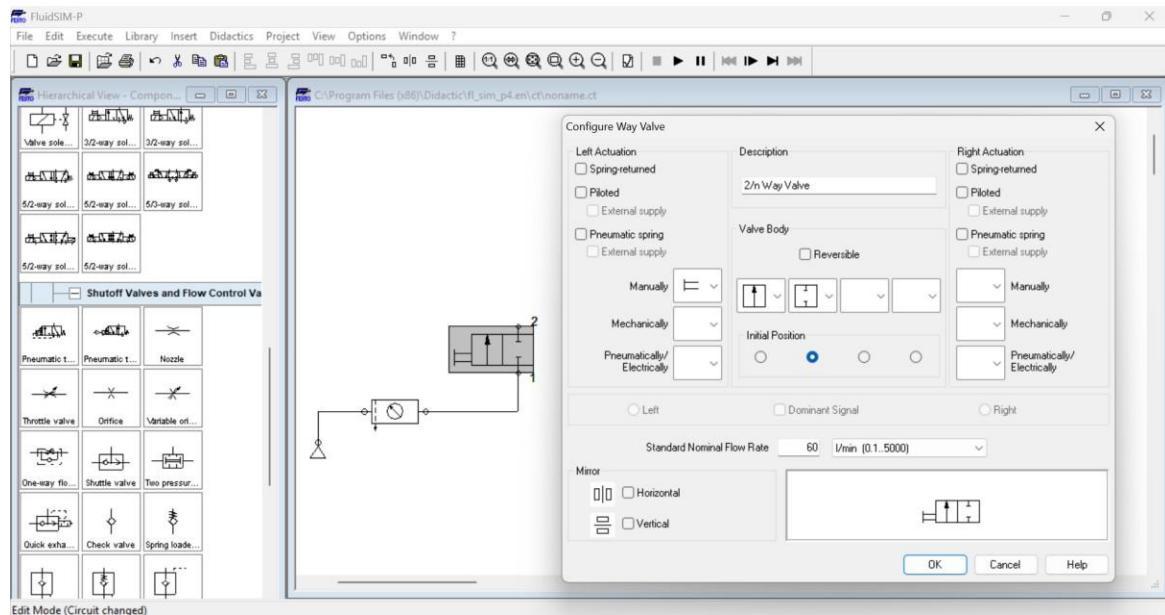
Pada aplikasi Fluid-SIM hanya men-drag icon agar dapat digunakan, sedangkan dalam mengatur konfigurasi pada kompresor dapat dilakukan dengan meng-klik 2 kali pada icon kompresor sehingga muncul kotak dialog seperti gambar diatas. Pada pemilihan baik bar, MPA

maupun psi tergantung kebutuhan yang diinginkan. Selanjutnya hal dasar yang diperlukan selain kompresor merupakan Air Service Unit dimana digunakan untuk mengatur tekanan yang dibutuhkan pada system pneumatic.



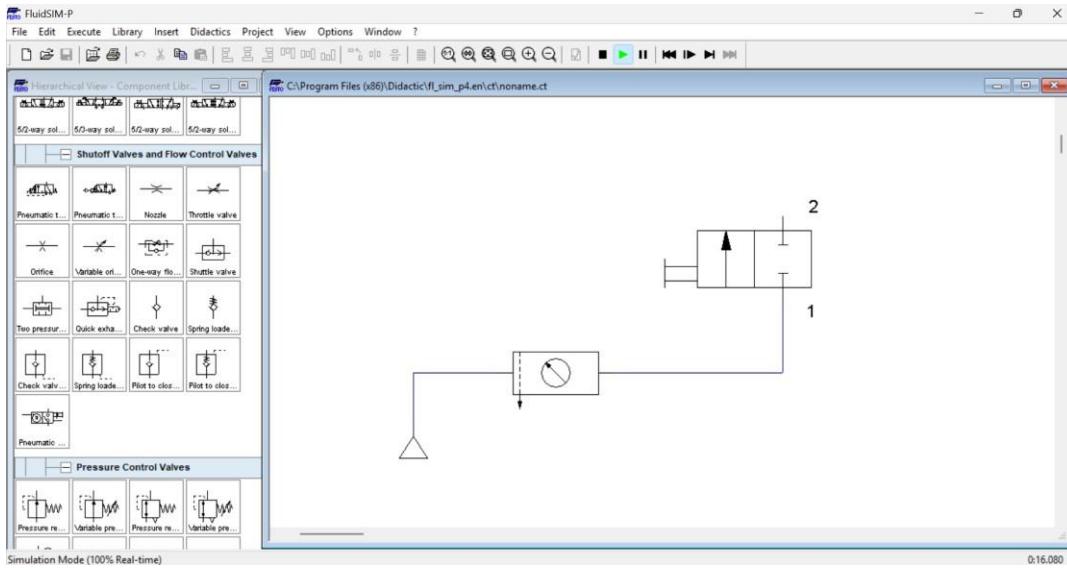
Gambar 4 Simbol Air Service Unit

Materi selanjutnya merupakan Katup Kontrol Arah atau yang dikenal dengan KKA yang memiliki beberapa macam jenis. Pada gambar dibawah ini merupakan KKA 2/2 dimana pada perangkat ini memiliki 2 lubang yaitu masukan dan keluaran serta posisi 2 hubungan katub.



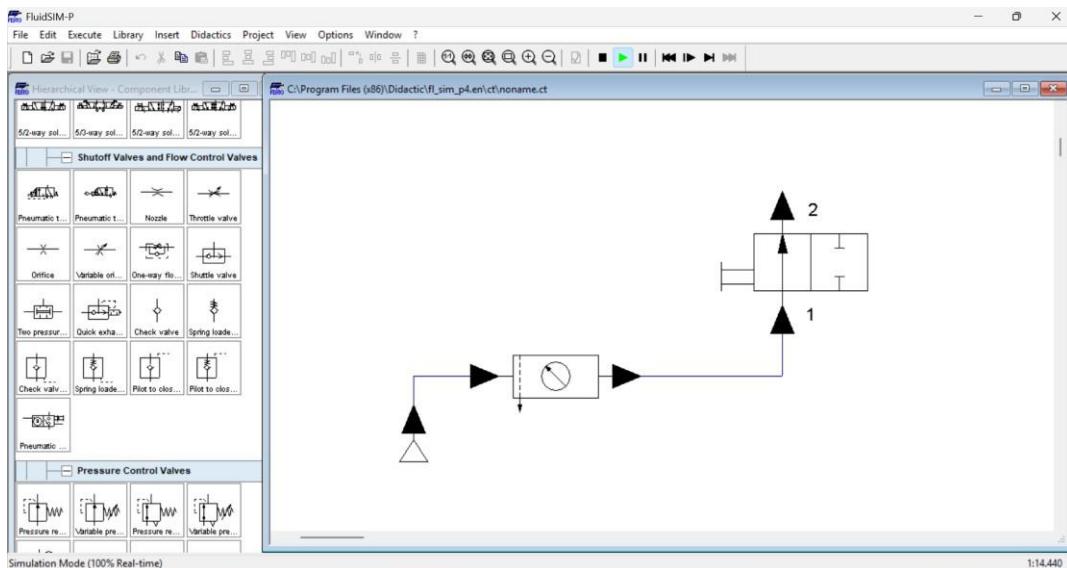
Gambar 5 Konfigurasi KKA 2/2

Pada penggunaannya dapat dilakukan konfigurasi dengan melakukan klik 2 kali pada icon 2/2 Way Valve. Konfigurasi pada perangkat ini digunakan untuk menambahkan fungsi tambahan seperti penambahan tombol yang secara umum digunakan maupun menggunakan mekanik seperti limit switch. Pada konfigurasi yang digunakan bagian kiri ditambahkan tombol pada menu manually dan pada bagian kanan menggunakan fasilitas Spring-retumed, hal ini di maksudkan agar setelah tombol di tekan maka katup akan kembali pada posisi semula.



Gambar 6 Simulasi KKA 2/2 Kondisi Awal

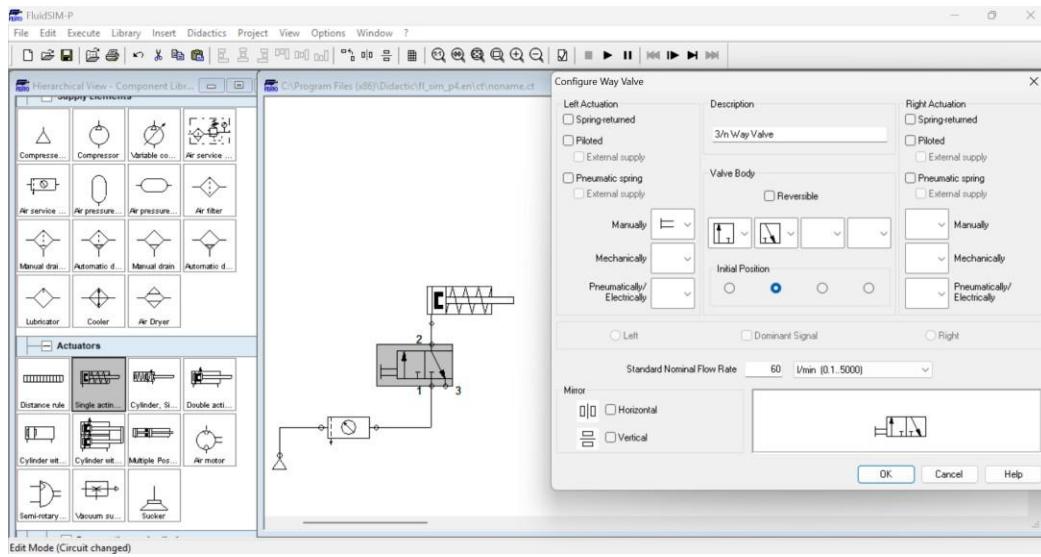
Setelah menjalankan simulasi pada posisi running maka akan ditampilkan seperti gambar di atas bahwa line akan berwarna biru yang berarti bahwa terdapat tekanan pada aliran tersebut.



Gambar 7 Simulasi KKA 2/2 Kondisi Aktif

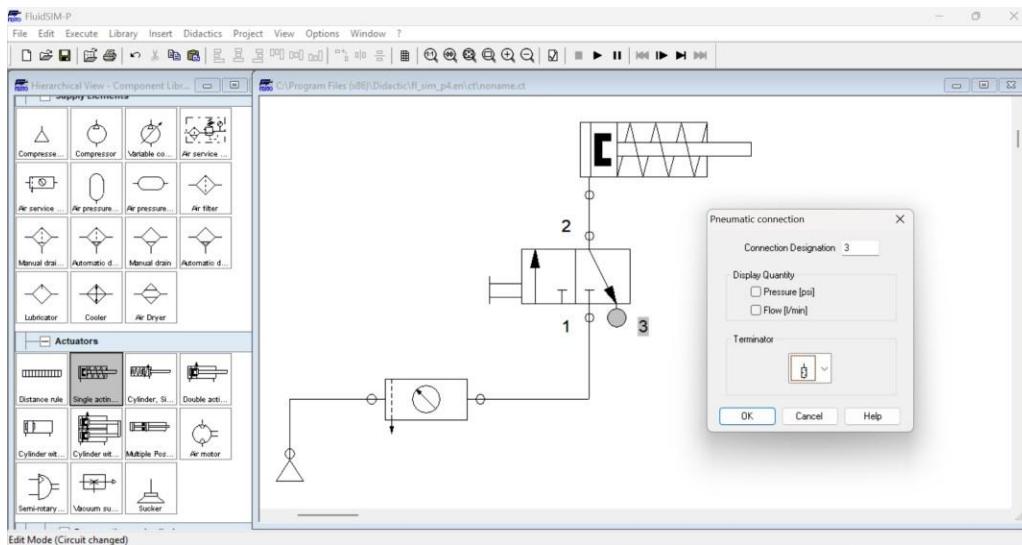
Pada kondisi aktif maka akan terlihat bahwa aliran udara akan mengalir dari Air Service Unit ke KKA 2/2 dari lubang 1 menuju lubang 2 sehingga aliran terus maju dan dapat melewati KKA 2/2 tersebut. Pada aplikasinya dapat ditambahkan perangkat Single Acting Cylinder untuk mengetahui pergerakan dari aliran yang dibuat.

Proses selanjutnya menggunakan KKA 3/2 dimana perangkat memiliki masukan, keluaran dan pembuangan serta 2 posisi hubungan katub. Pada perangkat ini memiliki konfigurasi secara umum yang hamper sama dengan KKA 2/3 seperti gambar dibawah ini

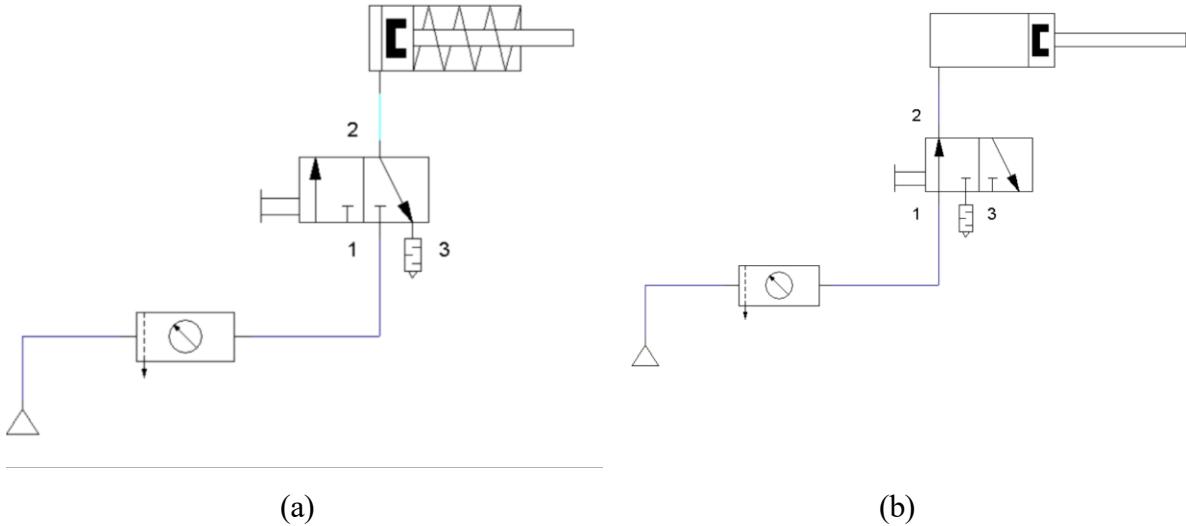


Gambar 8 Konfigurasi KKA 3/2

Pada konfigurasi yang dilakukan tetap menggunakan Spring-retuned sehingga KKA memiliki pegas yang memberikan aksi mengembalikan katub ke posisi awal.

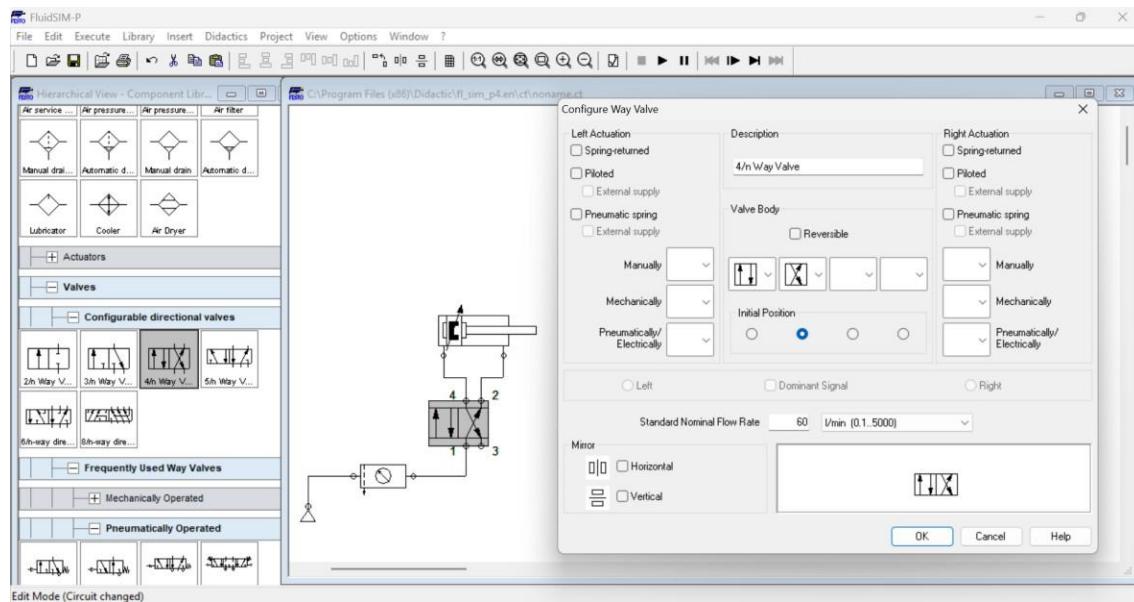


Gambar 9 Konfigurasi Silincer KKA 3/2

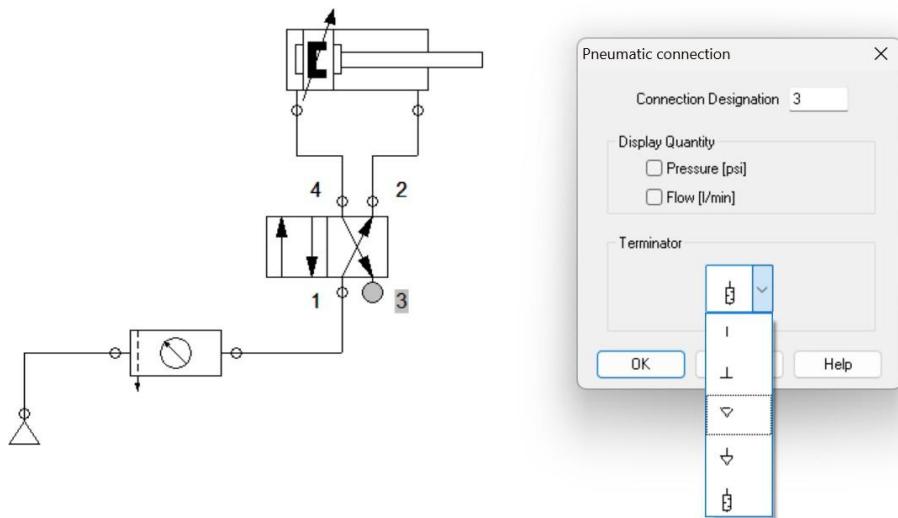


Gambar 10 Simulasi KKA 3/2 (a) Kondisi Awal (b) Kondisi Aktif

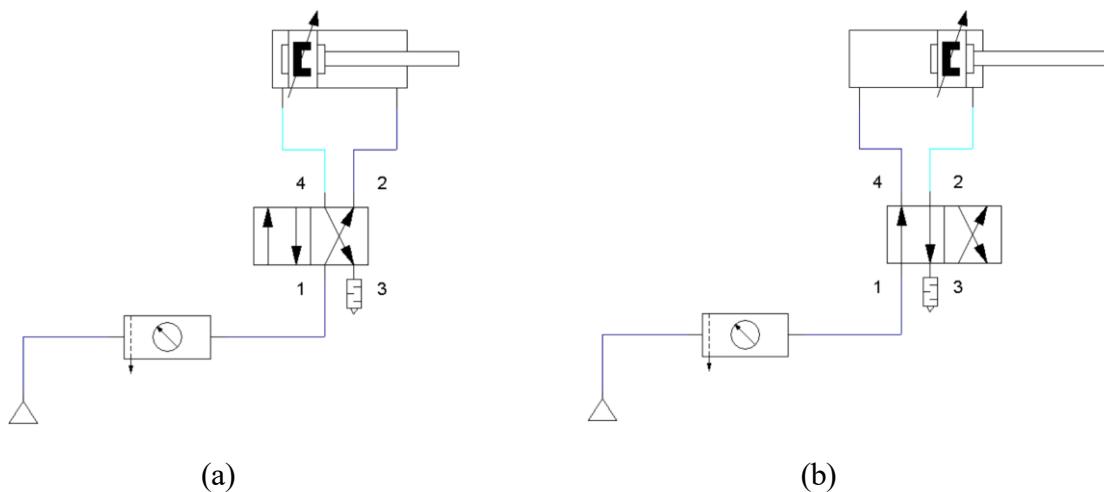
Pada proses running simulasi KKA 3/2 dapat dilihat bahwa pada kondisi awal udara masuk pada lubang 1 dan tidak diteruskan ke aliran actuator. Pada lubang 2 mendapat masukan aliran udara dari actuator dan di teruskan pada lubang 3 (pembuangan). Sedangkan pada kondisi aktif aliran udara mengikuti aliran sampai ke aktuar dimana udara dari Air Service Unit masuk kedalam lubang 1 dan diteruskan ke lubang 2 dan masuk ke dalam actuator sehingga actuator melakukan aksi mendorong. Materi selanjutnya merupakan menggunakan KKA 4/2 seperti gambar di bawah ini.



Gambar 11 Konfigurasi KKA 4/2

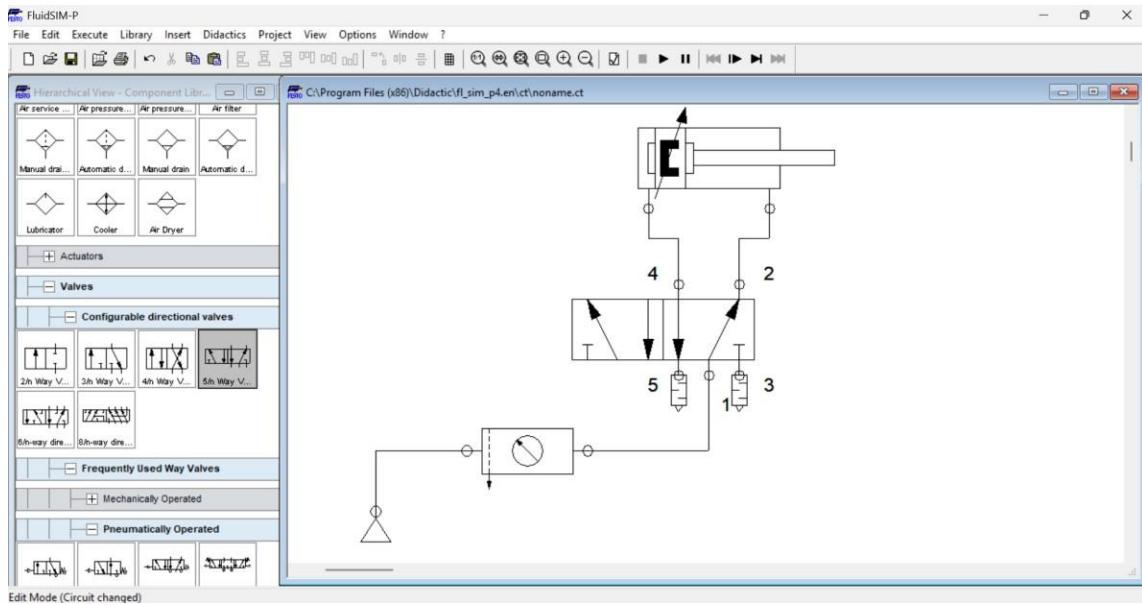


Gambar 12 Konfigurasi Silincer KKA 4/2

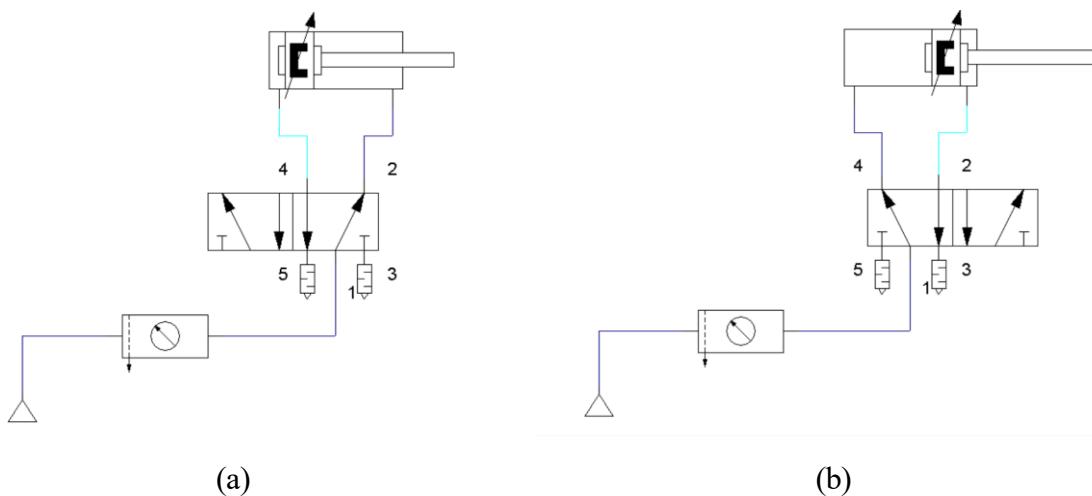


Gambar 13 Simulasi KKA 4/2 (a) Kondisi Awal (b) Kondisi Aktif

Pada penggunaan KKA 4/2 memiliki kesamaan dengan KKA yang sebelumnya tetapi berbeda dari segi katub yang dipakai dimana terdapat katub yang menyilang. Pada penggunaannya pada gambar 13 (a) kondisi awal yang belum terjadi aktifitas sehingga dapat dilihat udara masuk ke lubang 1 dan diteruskan ke lubang 2 sehingga memberikan tekanan masuk yang membuat actuator menarik silinder. Silinder yang digunakan menggunakan silinder kerja ganda dengan menggunakan bantalan udara. Selanjutnya proses saat silinder mendorong aliran udara akan masuk ke lubang 1 lalu diteruskan ke lubang 4 sehingga saat silinder mendorong terdapat udara keluar melalui lubang 2 dan diteruskan ke lubang 3 untuk dibuang. Selanjutnya menggunakan KKA 5/2



Gambar 11 Konfigurasi KKA 5/2



Gambar 13 Simulasi KKA 5/2 (a) Kondisi Awal (b) Kondisi Aktif

Pada sistem ini memiliki kesamaan sistem dengan KKA 4/2 tetapi pembuangan pada sistem pneumatic ada 2 yaitu lubang 3 dan lubang 5. Pada konsisi awal aliran udara masuk melalui lubang 1 dan diteruskan ke lubang 2 sehingga masuk ke actuator yang mengakibatkan silinder tertarik dan udara yang keluar mengalir ke lubang 4 diteruskan ke lubang 5 untuk meneruskan ke pembuangan. Sedangkan pada kondisi aktif hanya prosesnya yang terbalik. Secara keseluruhan dapat di rangkum pada materi di bawah ini dengan mengetahui kegunaan symbol-simbol pada aplikasi Fluid-SIM.

	Kotak menunjukkan posisi pensakelaran katup
	Jumlah kotak menunjukkan jumlah posisi pensakelaran katup Contoh : - jumlah kotak 2 menunjukkan hanya 2 kemungkinan pensakelaran misal : posisi ON dan posisi OFF. - jumlah kotak 3 menunjukkan 3 kemungkinan pensakelaran misal : posisi 1 - 0 - 2
	Garis menunjukkan lintasan aliran. Panah menunjukkan arah aliran
	Garis blok menunjukkan aliran tertutup (terblokir)
	Garis diluar kotak menunjukkan saluran masukan dan keluaran, digambar di posisi awal

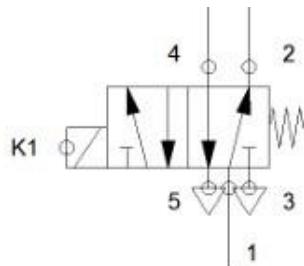
Simbol	Arti Simbol
	Katup 3/2 N/C dioperasikan dengan tombol dan kembali dengan pegas
	Katup 3/2 N/C dioperasikan secara manual dan kembali dengan cara manual (dengan cara menggeser)
	Katup 3/2 N/O dioperasikan dengan rol dan kembali dengan pegas (limit switch)
	Katup 3/2 N/C dioperasikan dengan rol idle dan kembali dengan pegas
	Katup 3/2 N/C dioperasikan secara manual dengan pengunci dan kembali dengan pegas (selector switch)
	Katup 5/2 dioperasikan dengan udara (pneumatik) dan kembali dengan pegas
	Katup 4/2 dioperasikan dan dikembalikan dengan udara (pneumatik)
	Katup 5/2 dioperasikan dengan solenoid atau manual dengan pilot udara dan kembali dengan pegas atau secara manual.
	Katup 5/2 dioperasikan dan dikembalikan dengan solenoid atau manual dengan pilot udara.
	Katup 4/3 dengan posisi tengah terblokir , dioperasikan dengan tuas .

Simbol Katup	Penandaan Katup	Posisi Normal (Awal)	Simbol Katup	Penandaan Katup	Posisi Normal (Awal)
	2/2-way	Menutup		4/2-way	1 Pemasukan 1 Pembuangan
	2/2-way	Membuka		4/3-way	posisi tengah menutup
	3/2-way	Menutup		4/3-way	A & B posisi pembuangan
	3/2-way	Membuka		5/2-way	Ada 2 saluran pembuangan
	3/3-way	Menutup		6/3-way	Ada 3 posisi aliran

<http://margionabdil.blogspot.com>

KONTROL KATUB ARAH 5/2 SINGLE SELENOID

Pada praktikum kali ini membahas Katup Kontrol Arah 5/2 yang mana pada perangkat terdapat 5 lubang yang merupakan, masukan, keluaran dan 2 pembuangan dimana memiliki cara kerja berdasarkan kinerja dari solenoid. Perangkat menggunakan 24VDC sebagai sumber yang menggerakkan KKA agar dapat bekerja dengan pemicu dari solenoid. Berhubung hanya single solenoid maka jika solenoid tidak mendapatkan tegangan 24VDC maka posisi katup akan kembali ke posisi semula dikarenakan terdapat pegas yang bekerja.



Gambar 1.1 KKA 5/2 Single Selenoid

1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang diperlukan dalam praktikum ini, yaitu:

- Modul trainer Elektropneumatic
- Kompresor 0,75 Hp
- Selang

2. Prosedur Praktikum

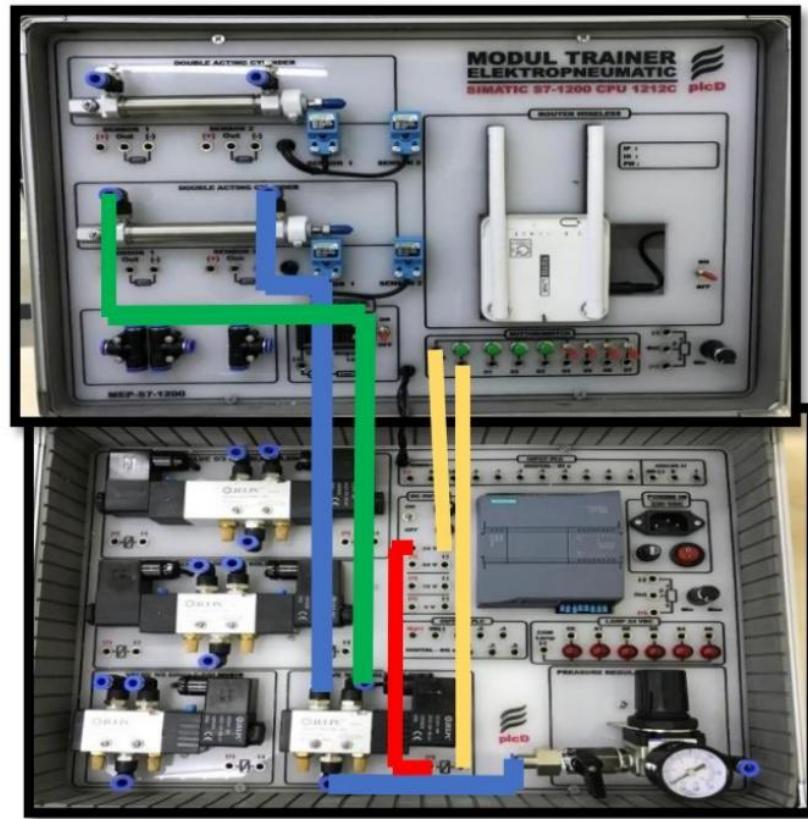
A. TAHAN PERSIAPAN

- Adanya dokumen *Job Safety Analysis* (JSA) dan *Permit To Work* (PTW) untuk diserahkan kepada laboran sebagai bukti izin kerja.
- Periksa ketersediaan Alat Pelindung Diri (APD) dan kenakan alat tersebut sesuai kebutuhan sebagai bentuk *Personal Protective Equipment* (PPE).
- Modul trainer Elektropneumatic

B. TAHAP PELAKSANAAN

Adapun prosedur praktikum yang perlu diikuti oleh praktikan adalah sebagai berikut:

- Periksa apakah kompresor masih memiliki udara bertekanan. Jika kosong, aktifkan tuas pengisian untuk mengisi ulang udara bertekanan.
- Rangkai sistem pneumatik sesuai dengan diagram rangkaian yang disediakan.



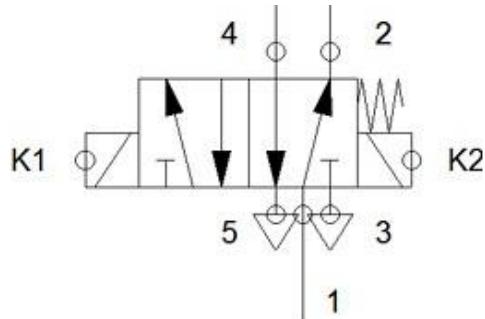
3. Tunjukkan rangkaian yang telah dibuat kepada asisten praktikum (asprak) untuk diverifikasi.
4. Setelah mendapat persetujuan, hubungkan modul ke sumber catu daya.
5. Nyalakan modul trainer, lalu tekan tombol biru pada katup 5/2 single solenoid (KKK).
6. Putar tuas pada pressure regulator untuk mengatur tekanan udara sesuai kebutuhan.
7. Tekan tombol push button eksternal untuk mengaktifkan aktuator.
8. Amati respons sistem dan lakukan analisa terhadap hasil yang diperoleh.

C. TAHAP PASCA

1. Buatlah Simulasi Aktuator Pneumatic dengan menggunakan Software FluidSim yang dapat di download di link : <https://its.id/m/downloadFluidSim>
2. Buatlah Analisa dari hasil praktikum dan simulasi dibuktikan dengan dokumentasi hasil simulasi di sofware FluidSim
3. Buatlah Engineering-report terkait praktikum yang telah dilakukan.

KONTROL KATUB ARAH 5/2 DOUBLE SELENOID

Pada praktikum kali ini membahas Katup Kontrol Arah 5/2 yang mana pada perangkat terdapat 5 lubang yang merupakan, masukan, keluaran dan 2 pembuangan dimana memiliki cara kerja berdasarkan kinerja dari solenoid namun menggunakan 2 selenoid untuk mengalirkan udara bertekanan ke aktuator. Perangkat menggunakan 24VDC sebagai sumber yang menggerakkan KKA agar dapat bekerja dengan pemicu dari solenoid. Sumber tegangan yang dibutuhkan pada masing-masing selenoid 24VDC yang bekerja secara bergantian agar aktuator bergerak maju ataupun mundur.



Gambar 2.1 KKA 5/2 Double Selenoid

1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang diperlukan dalam praktikum ini, yaitu:

- Modul trainer Elektropneumatic
- Kompresor 0,75 Hp
- Selang

1. Prosedur Praktikum

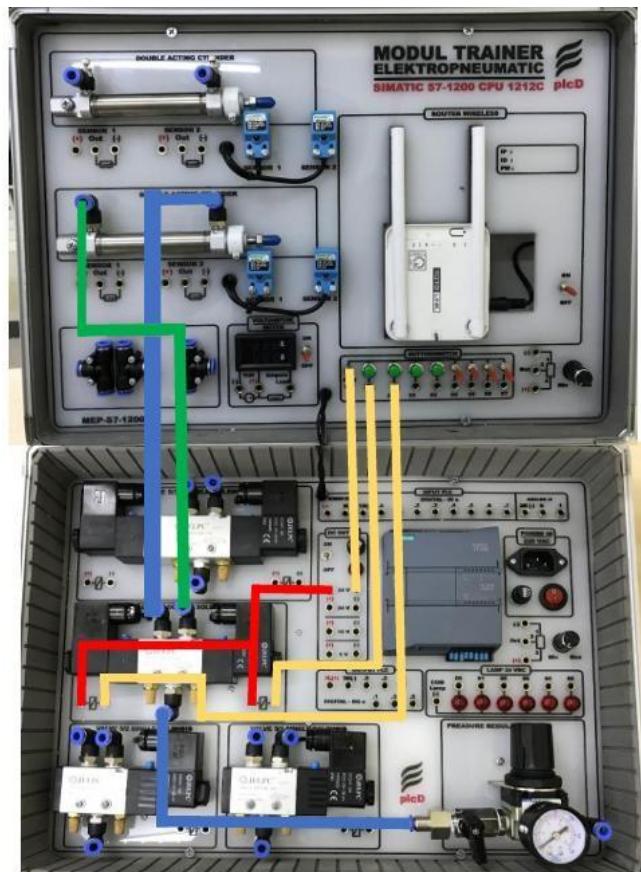
A. TAHAP PERSIAPAN

- Adanya dokumen Job Safety Analysis (JSA) dan Permit To Work (PTW) untuk diserahkan kepada laboran sebagai bukti izin kerja.
- Periksa ketersediaan Alat Pelindung Diri (APD) dan kenakan alat tersebut sesuai kebutuhan sebagai bentuk Personal Protective Equipment (PPE).
- Modul trainer Elektropneumatic

B. TAHAP PELAKSANAAN

- Mengecek kompresor masih memiliki kapasitas udara bertekanan, jika kompresor dalam keadaan kosong, maka dapat menghidupkan tuas untuk mengisi udara bertekanan.

2. Menyiapkan Selang sesuai dengan ukuran
3. Merangkai system pneumatic sesuai dengan gambar di bawah ini.



4. Memeriksakan rangkaian yang telah dibuat kepada asisten pengampu
5. Jika rangkaian telah disetujui, menghubungkan modul dengan catu daya
6. Menghidupkan modul dan tekan tombol biru pada KKA 5/2 double solenoid.
7. Putar Tuas pada Pressure Regulator.
8. Menekan Tombol Push Button yang dirangkaian dengan tombol eksternal.

C. PASCA PRAKTIKUM

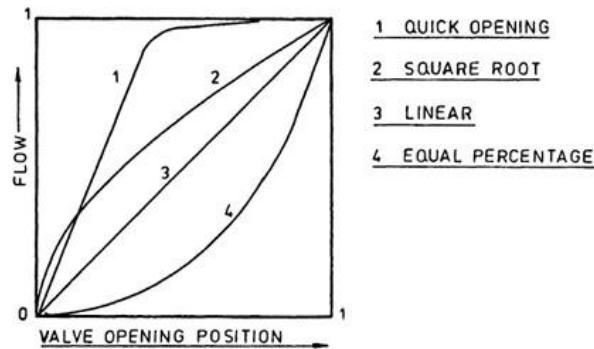
1. Buatlah Simulasi Aktuator Pneumatic dengan menggunakan Software FluidSim yang dapat di download di link : <https://its.id/m/downloadFluidSim>
2. Buatlah Analisa dari hasil praktikum dan simulasi dibuktikan dengan dokumentasi hasil simulasi di sofware FluidSim
3. Buatlah Engineering-report terkait praktikum yang telah dilakukan.

P2 TEKNOLOGI AKTUATOR

KARAKTERISTIK VALVE

1. Dasar Teori

1.1 Karakteristik Laju Aliran pada Control valve



Gambar 1.1 Karakteristik aliran untuk Control valve

Sumber : (Baumann, 2009)

Pengaturan laju aliran fluida merupakan aspek krusial dalam sistem perpipaan, yang umumnya dilakukan dengan menggunakan *control valve*. Komponen ini berperan penting dalam mendistribusikan sekaligus mengontrol aliran fluida. *Control valve* berfungsi mirip dengan resistor variabel di dalam pipa, karena dapat mengubah besar kecilnya hambatan terhadap aliran cairan atau gas. Dengan mengatur hambatan ini, *control valve* menyebabkan terjadinya penurunan tekanan (*pressure loss*), yang dihasilkan dari perubahan tingkat turbulensi dalam aliran. Dalam kondisi aliran laminar, perubahan hambatan oleh *control valve* menyebabkan terjadinya penurunan tekanan, yang biasa dikenal dengan istilah *throttling* (Akshaya & Chandar, 2022).

Kerugian tekanan akibat gesekan (*friction loss*) pada valve bervariasi tergantung pada karakteristik aliran fluida. Kecepatan aliran (*flow velocity*, v) berkaitan erat dengan *headloss* (Δh) dan *pressure loss* (Δp), di mana kecepatan tersebut berbanding lurus dengan akar kuadrat dari *headloss* atau *pressure loss*. Artinya, peningkatan *headloss* atau *pressure loss* akan meningkatkan kecepatan aliran, tetapi peningkatannya mengikuti laju akar kuadrat. Untuk setiap posisi bukaan valve, terdapat hubungan antara kecepatan aliran dan hambatan yang diberikan oleh valve. Besarnya hambatan ini umumnya dinyatakan dengan

parameter ζ (*zeta*), serta koefisien aliran seperti Cv, Kv, dan Av yang juga perlu diperhatikan (Zappe & Smith, 2004, hlm. 28).

1.1.1. *Quick Opening*

Quick Opening merupakan salah satu karakteristik aliran pada valve yang ditandai dengan peningkatan laju aliran (*flow rate*) yang sangat cepat saat valve mulai dibuka. Pada kondisi bukaan awal, sekitar 10–20%, aliran fluida sudah hampir mencapai kapasitas maksimumnya. Hal ini menunjukkan bahwa sedikit perubahan posisi valve pada tahap awal dapat menyebabkan peningkatan aliran yang signifikan. Namun ketika valve dibuka lebih lebar, terutama pada kisaran bukaan di atas 70–80%, tambahan bukaan tidak lagi memberikan peningkatan aliran yang berarti. Pada tahap ini aliran telah mencapai kondisi mendekati jenuh.

Dengan demikian, karakteristik ini menunjukkan bahwa hubungan antara tekanan dan aliran sangat sensitif terhadap perubahan posisi valve di bukaan awal, namun menjadi kurang efektif saat valve berada pada posisi hampir terbuka penuh. Quick Opening Type biasa digunakan dalam sistem safety ataupun sistem pendinginan karena dapat menghasilkan peningkatan besar dalam laju aliran untuk peningkatan awal dalam bukaan valve.

1.1.2. *Square Root*

Karakteristik aliran *square root* berarti bahwa laju aliran fluida (Q) melalui valve akan bertambah seiring dengan peningkatan tekanan tetapi tidak secara langsung. Secara spesifik, jika tekanan dua kali lebih besar maka alirannya tidak otomatis menjadi dua kali lebih cepat. Sebaliknya, aliran hanya bertambah sesuai dengan akar kuadrat dari selisih tekanan. Hal ini terjadi karena saat fluida mengalir, valve memberikan hambatan yang menyebabkan tekanan menurun, dan hubungan antara tekanan dan aliran bersifat tidak linier.

1.1.3 Linear

Karakteristik linear valve menunjukkan bahwa laju aliran fluida berbanding lurus dengan persentase bukaan valve. Secara spesifik, ketika valve dibuka sebesar 25%, aliran yang mengalir juga mencapai sekitar 25% dari kapasitas maksimal. Serta begitu pula saat bukaan 50%, aliran akan menjadi 50%, dan seterusnya hingga bukaan penuh. Karakteristik ini ditandai dengan hubungan yang linier antara koefisien aliran (C_v) dan posisi bukaan valve.

1.1.4 Equal Percentage

Karakteristik *Equal Percentage* pada valve menunjukkan bahwa setiap perubahan kecil dalam bukaan valve menghasilkan peningkatan aliran yang konstan dalam persentase, bukan nilai absolut. Pada bukaan valve yang kecil, aliran fluida meningkat sedikit meskipun valve baru mulai terbuka. Namun, saat valve dibuka lebih lebar, terutama setelah melewati 50% bukaan, peningkatan aliran menjadi lebih signifikan. Hal ini menjadikan karakteristik equal percentage sangat berguna dalam aplikasi yang memerlukan peningkatan aliran secara bertahap pada bukaan awal, dan peningkatan yang lebih besar saat bukaan valve lebih lebar.

Grafik karakteristik valve tipe equal percentage akan menunjukkan kurva eksponensial, di mana pada bukaan awal, aliran meningkat sedikit, tetapi seiring dengan pembukaan valve yang lebih besar, peningkatan aliran menjadi lebih tajam. Karakteristik equal percentage ini sangat cocok digunakan dalam sistem dengan kebutuhan kontrol aliran yang dinamis, seperti dalam proses pemanasan, pendinginan, dan aplikasi kontrol tekanan yang memerlukan respon lebih besar pada perubahan bukaan valve yang lebih besar.

1.2 Throttling and Blocking

Throttling dan *blocking* adalah dua konsep penting dalam pengendalian aliran fluida yang terjadi dalam sistem perpipaan atau valve. *Throttling* merujuk pada pengaturan aliran fluida dengan cara mengatur bukaan valve untuk menciptakan hambatan atau resistansi tertentu, yang menyebabkan penurunan tekanan (*pressure drop*) dan pengendalian aliran secara bertahap. Proses *throttling* ini biasanya digunakan untuk mengatur aliran pada level tertentu atau untuk mencapai keseimbangan dalam sistem tanpa menghentikan aliran fluida sepenuhnya. Dalam kondisi *throttling*, meskipun valve tidak sepenuhnya tertutup, aliran tetap dikendalikan dengan menyesuaikan bukaan valve sesuai dengan kebutuhan proses.

Sementara itu, *blocking* merujuk pada kondisi ketika valve sepenuhnya tertutup, menghentikan aliran fluida sama sekali. Fungsi *blocking* ini penting dalam pengendalian aliran untuk mencegah fluida mengalir ke bagian tertentu dari sistem, misalnya saat perlu dilakukan pemeliharaan atau perbaikan pada sistem tersebut. *Blocking* biasanya dilakukan dengan menutup valve sepenuhnya untuk menghentikan aliran dalam sistem, yang menghindari terjadinya kerusakan atau perubahan pada bagian lain dari sistem yang tidak diinginkan. Secara umum, *throttling* digunakan ketika kontrol aliran yang lebih presisi dibutuhkan, sedangkan *blocking* lebih digunakan untuk penghentian aliran secara total pada bagian tertentu dari sistem.

1.3 Inherent Flow Characteristic

Karakteristik aliran inheren adalah hubungan antara laju aliran dan pembukaan katup ketika tekanan diferensial (ΔP) di seluruh katup dijaga konstan. Terdapat beberapa pola karakteristik aliran inheren, di antaranya:

- a. *Quick Opening* dengan kondisi aliran meningkat tajam di awal pembukaan katup
- b. *Linear* dengan kondisi kenaikan aliran sebanding dengan pembukaan katup
- c. *Equal Percentage* dengan kondisi aliran awalnya lambat namun meningkat cepat pada bukaan katup yang lebih besar.
- d. *Square Root* dengan kondisi laju aliran meningkat secara kuadrat seiring dengan pembukaan katup.

1.4 Installed Flow Characteristic

Installed flow characteristic mengacu pada hubungan antara aliran fluida dan posisi atau pengaturan katup dalam sistem perpipaan atau kontrol aliran. Ini menggambarkan bagaimana perubahan dalam posisi katup, misalnya dibuka sebagian atau sepenuhnya, mempengaruhi aliran fluida di dalam sistem dengan konteks karakteristik aliran terpasang bisa bersifat linier maupun non-linier.

- d. Karakteristik linier berarti bahwa perubahan aliran fluida sebanding dengan perubahan posisi katup.
- e. Karakteristik non-linier bisa terjadi karena adanya gesekan, perubahan kecepatan fluida, atau pengaruh dari komponen sistem lainnya yang memengaruhi cara aliran berubah saat katup diatur.

1.5 Valve

Valve merupakan komponen penting dalam sistem pengolahan fluida yang digunakan untuk mengontrol aliran fluida dalam berbagai aplikasi industri. *Valve* manual dioperasikan secara langsung menggunakan *handwheel/wrench* atau aktuator *on/off*. *Valve* manual memiliki tiga fungsi utama, yaitu menghentikan dan memulai aliran, mengendalikan laju aliran, dan mengalihkan aliran (Zappe & Smith, 2004, p.47). *Valve* dapat dikelompokkan berdasarkan cara bagian penutupnya bergerak menuju *seat*. Terdapat empat kelompok *valve* yang dapat dibedakan berdasarkan kriteria ini:

1. *Closing-down Valves* dengan bagian penutup yang berbentuk seperti *stopper* bergerak menuju *seat* dalam arah sumbunya. Contoh dari *closing-down valves* adalah *globe valve* dan *piston valve*.
2. *Slide Valves* dengan bagian penutup yang berbentuk seperti gerbang bergerak menuju saluran aliran. Contoh dari *slide valves* adalah *parallel gate valve* dan *wedge gate valve*.
3. *Rotary Valves* dengan bagian penutup yang berbentuk seperti *plug* atau *disc* berputar dalam saluran aliran, mengelilingi sumbu yang tegak lurus dengan aliran. Contoh dari *rotary valves* adalah *plug valve*, *ball valve*, dan *butterfly valve*.
4. *Flex-body Valves* dengan bagian penutup yang fleksibel membentuk bodi *valve*. Contoh dari *flex-body valves* adalah *pinch valve* dan *diaphragm valve*

1.6 Kompressor



Gambar 1.2 Kompressor

Compressor adalah perangkat mekanis yang digunakan untuk meningkatkan tekanan fluida atau gas dengan mengurangi volume yang diisinya. Prinsip kerja compressor mirip dengan prinsip kerja pompa, tetapi digunakan untuk mengompres gas daripada cairan. Compressor digunakan dalam berbagai aplikasi di berbagai industri, termasuk industriminyak dan gas, industri kimia, industri manufaktur, sistem pendingin udara, dan banyak lagi. Beberapa penjelasan terkait compressor adalah sebagai berikut:

- Prinsip Kerja: Compressor bekerja dengan menghisap gas atau udara dari lingkungan sekitar atau dari sumber lain, kemudian memampatkannya dengan meningkatkan tekanan dan mengurangi volumenya. Ini dilakukan dengan menggunakan rotor, piston, atau mekanisme lainnya yang menghasilkan gerakan mekanis untuk mengompres gas. Jenis-jenis Compressor:
 - Compressor Piston (Reciprocating Compressor): Compressor ini menggunakan gerakan naik-turun piston untuk mengompres gas. Gas masuk melalui katup hisap saat piston turun, lalu dikompresi saat piston naik dan dipaksa keluar melalui katup dorong.
 - Compressor Rotary Screw: Compressor ini menggunakan dua rotor berputar untuk mengompres gas. Ruang antara dua rotor mengurangi volume gas saat rotor berputar, menciptakan tekanan yang lebih tinggi.
 - Compressor Centrifugal: Compressor ini menggunakan rotor berputar dengan sudut-sudut pisau yang teratur. Udara dihisap ke dalam pusat rotor dan dipercepat ke arah luar oleh gerakan pusaran rotor, menciptakan tekanan yang lebih tinggi.

1.7 Sinyal Kontrol

Sinyal kontrol (*control signal*) merupakan komponen penting dalam sistem otomasi industri, termasuk dalam pengoperasian *valve* pada sistem perpipaan. Sinyal ini berfungsi sebagai perintah atau instruksi yang mengatur posisi valve—apakah terbuka, tertutup, atau pada posisi tertentu di antara keduanya—berdasarkan input dari sistem kendali seperti kontroler logika (PLC), sistem DCS (*Distributed Control System*), atau pengontrol PID. Sinyal kontrol dapat berupa sinyal analog (umumnya 4–20 mA atau 0–10 V), sinyal digital (*on/off, binary*), atau sinyal

pneumatik (biasanya 3–15 psi) yang disesuaikan dengan jenis aktuator yang digunakan pada *valve*.

Dalam sistem otomatisasi industri, sinyal kontrol sering dikombinasikan dengan *positioner* dan sensor untuk menciptakan sistem kendali tertutup (*closed-loop*), yang menjaga kestabilan aliran berdasarkan umpan balik. Selain itu, sinyal kontrol juga mendukung fitur *fail-safe*, yaitu mekanisme keamanan yang memastikan *valve* berpindah ke posisi aman jika terjadi gangguan. Dengan demikian, sinyal kontrol sangat penting untuk efisiensi, keakuratan, dan keamanan operasi *valve* dalam sistem perpipaan.

1.8 Hubungan Antar Size Pipa dengan Diameter Valve

Dalam sistem perpipaan, hubungan antara ukuran pipa (*pipe size*) dan diameter katup (valve diameter) merupakan aspek penting yang memengaruhi efisiensi aliran fluida, tekanan sistem, serta performa operasi secara keseluruhan. Ukuran pipa biasanya dinyatakan dalam satuan *Nominal Pipe Size* (NPS) atau *Diameter Nominal* (DN), yang merupakan ukuran standar yang tidak selalu identik dengan diameter luar atau dalam pipa secara aktual. Demikian pula, diameter valve merujuk pada ukuran internal saluran aliran katup yang harus disesuaikan dengan karakteristik aliran yang diharapkan dan ukuran sistem perpipaan tempat katup tersebut akan dipasang. Dalam banyak aplikasi industri, diameter valve seringkali dibuat sama dengan ukuran pipa untuk meminimalkan head loss, turbulensi, dan penurunan tekanan. Hal ini disebut dengan istilah *full bore* atau *full port valve*, di mana lubang internal valve berukuran sama dengan diameter internal pipa, sehingga tidak menimbulkan gangguan signifikan pada laju alir. Namun demikian, pada kondisi tertentu, seperti untuk keperluan pengendalian aliran (flow control) atau penghematan biaya, digunakan valve dengan diameter lebih kecil dari pipa, yang dikenal sebagai *reduced bore valve*.

Pemilihan antara full bore dan reduced bore sangat dipengaruhi oleh karakteristik sistem seperti jenis fluida (cair, gas, atau *slurry*), tekanan operasi, kebutuhan kontrol, serta laju alir yang diinginkan. Selain itu, jenis katup seperti *globe valve*, *gate valve*, *ball valve*, atau *butterfly valve* juga memiliki peran dalam penentuan diameter karena masing-masing memiliki karakteristik aliran dan

tekanan jatuh (*pressure drop*) yang berbeda. Oleh karena itu, dalam desain sistem perpipaan, pemilihan diameter valve yang tepat dan konsisten dengan ukuran pipa harus mempertimbangkan aspek hidrodinamik, efisiensi energi, keandalan operasional, serta kemudahan perawatan. Tidak hanya ukuran fisik yang harus cocok, tetapi juga spesifikasi tekanan (*pressure rating*), jenis sambungan (*flanged, threaded, welded*), dan material *valve* harus sesuai dengan karakteristik sistem agar dapat menjamin kinerja optimal dan keamanan jangka panjang.

1.9 Sistem Safety

Keamanan sistem (*system safety*) dalam desain dan operasi perpipaan sangat dipengaruhi oleh kesesuaian antara ukuran pipa dan diameter katup. Ketidaksesuaian dalam ukuran ini tidak hanya menimbulkan ketidakefisienan aliran, tetapi juga dapat menciptakan kondisi operasi yang berbahaya, seperti tekanan berlebih, kejut hidraulik (*water hammer*), dan getaran yang berpotensi merusak komponen sistem. Dalam sistem bertekanan tinggi atau sistem yang mengalirkan fluida berbahaya (beracun, korosif, atau mudah terbakar), penggunaan *valve* yang terlalu kecil dibandingkan ukuran pipa dapat menyebabkan penurunan tekanan mendadak dan turbulensi tinggi. Hal ini meningkatkan risiko kegagalan mekanis baik pada *valve* maupun pada sambungan pipa karena beban siklik dan kelelahan material. Selain itu, *valve* yang tidak sesuai ukurannya dapat menghambat pengoperasian darurat, seperti pada situasi *shut down* atau isolasi cepat, yang sangat krusial untuk mencegah kecelakaan lebih lanjut.

Sistem keselamatan juga mengharuskan bahwa *valve* mampu menutup atau membuka sepenuhnya tanpa gangguan ketika dibutuhkan, baik secara manual maupun otomatis. Jika ukuran *valve* tidak proporsional terhadap laju alir dan tekanan sistem, maka aktuator atau penggeraknya (baik elektrik, pneumatik, maupun hidraulik) mungkin tidak mampu menjalankan fungsi kontrol dengan andal. Hal ini akan sangat membahayakan apabila terjadi situasi abnormal yang memerlukan respon cepat. Oleh karena itu, aspek keselamatan dalam sistem perpipaan mengharuskan adanya verifikasi desain menggunakan perhitungan teknis yang melibatkan tekanan maksimum operasi (*Maximum Allowable Operating Pressure, MAOP*), laju aliran (*flow rate*), dan sifat fisik fluida.

Sesuai dengan standar keselamatan industri seperti ASME B31.3 untuk proses pipa dan API (*American Petroleum Institute*) untuk sistem *valve*, pemilihan *valve* harus mempertimbangkan margin keselamatan yang memadai terhadap tekanan kerja, serta harus diuji untuk mencegah kegagalan akibat beban lebih. Komponen seperti *relief valve*, *check valve*, dan *emergency shut-off valve* harus memiliki kapasitas yang sebanding dengan pipa utama agar mampu melindungi sistem secara menyeluruh. Dengan demikian, integrasi antara ukuran pipa dan *diameter valve* bukan hanya soal efisiensi, tetapi juga merupakan fondasi utama dari desain sistem yang aman, andal, dan sesuai regulasi.

1.10 Flow Rate

Flow rate atau laju aliran merupakan besaran yang menunjukkan jumlah fluida (cairan atau gas) yang mengalir melalui suatu penampang dalam satu satuan waktu. Satuan umum untuk flow rate dalam sistem SI adalah liter per detik (L/s) atau meter kubik per detik (m³/s). Sedangkan menurut Munson et al. (2013), flow rate merupakan parameter penting dalam sistem fluida karena berkaitan langsung dengan efisiensi sistem, kontrol proses, dan keseimbangan massa dalam operasi industri. Salah satu cara dalam mengukur flow rate pada water level tank adalah berdasarkan perubahan volume fluida akibat perubahan level. Hal tersebut dapat dirumuskan dengan :

$$Q = A \cdot \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

Dimana:

- Q = flow rate (m³/s atau cm³/s)
- A = luas penampang tangki (m² atau cm²)
- Δh = perubahan tinggi permukaan cairan (m atau cm)
- Δt = waktu perubahan (s)

2. Alat dan Bahan

Praktikum Teknologi Aktuator dilakukan secara praktik mandiri, sehingga peralatan inti yang diperlukan adalah:

- a. Modul Praktikum
- b. Compressor
- c. *Control Valve*

3. Prosedur Praktikum

A. TAHAP PERSIAPAN :

1. Adanya dokumen *Job Safety Analysis* (JSA) dan *Permit To Work* (PTW) untuk diserahkan kepada laboran sebagai bukti izin kerja.
2. Periksa ketersediaan Alat Pelindung Diri (APD) dan kenakan alat tersebut sesuai kebutuhan sebagai bentuk *Personal Protective Equipment* (PPE).
3. Adanya software EcoStruxure Machine Expert-Basic yang terinstall pada PC/Laptop
4. PC/Laptop
5. Plant Water Level Control

B. TAHAP PELAKSANAAN :

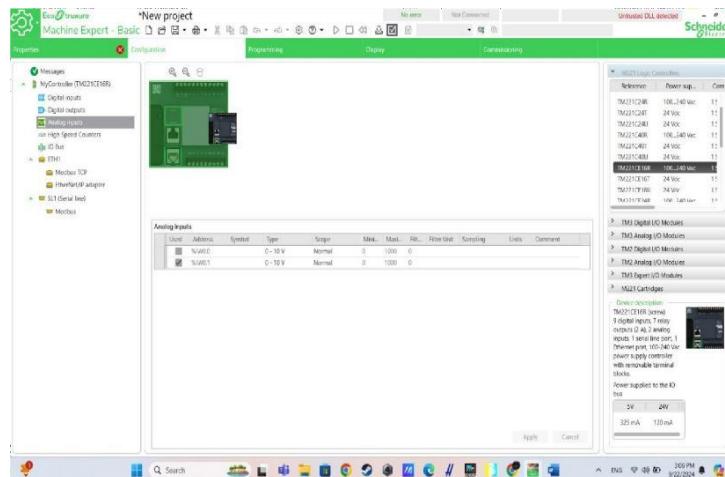
1. Observasi *plant water level control* terutama pada control valve dengan memperhatikan kondisinya.
2. Catat kondisi aktual *control valve* pada saat pelaksanaan praktikum (contoh: positioner mengalami korosi dll) dengan menyertakan tipe dan bagian part di dalamnya.
3. Perhatikan ukuran lubang *control valve* dan pipa penyambung, catat bagaimana kondisinya.
4. Hidupkan MCB untuk sebagai awal menghidupkan sistem.



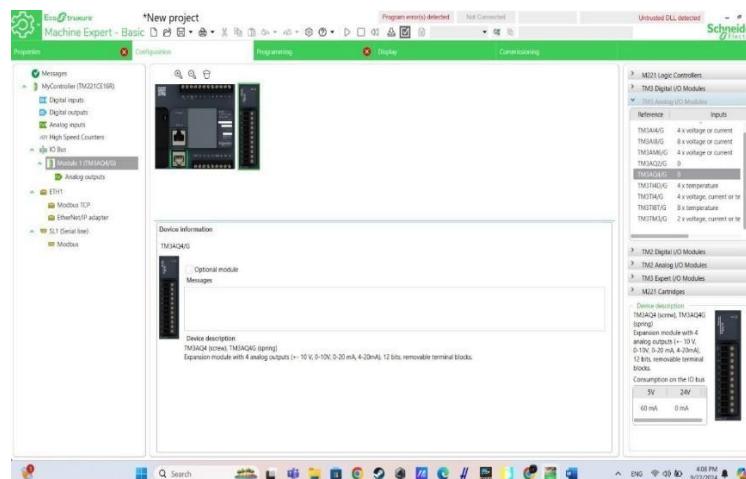
5. Buka software EcoStruxure Machine Expert-Basic hingga menyerupai tampilan seperti gambar berikut.



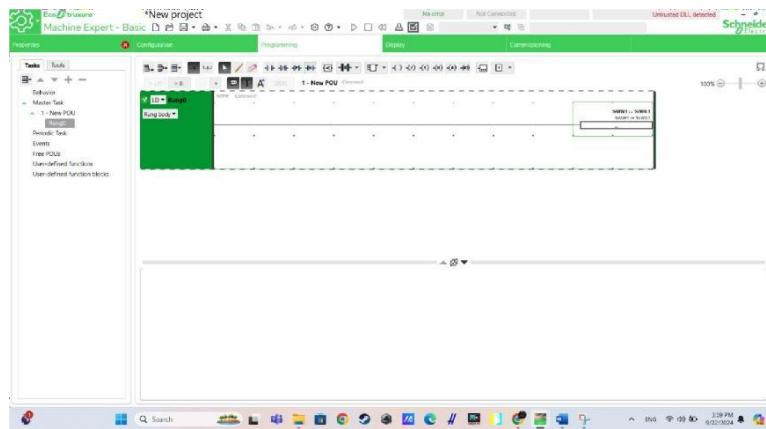
6. Pilih PLC tipe TM221CE16R yang digunakan dengan mendrag/menyeret dari pilihan di sebelah kanan ke kiri.



7. Kemudian pilih modul *extend* PLC TM3AQ4.



8. Jika sudah, kemudian pindahkan ke *tool programming*.



9. Setting address yang akan digunakan dengan mengikuti langkah sesuai tahapan berikut:

a. Sesuaikan setting address awal seperti gambar dibawah ini

Digital inputs										
Used	Address	Symbol	Used by	Filtering	Latch	Run/Stop	Event	Priority	Subroutine	Comment
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.0		%HSC0	No Filter						
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.1		Filtering, User logic	3 ms						PB Start
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.2		Filtering, User logic	3 ms	<input checked="" type="checkbox"/>					PB Stop
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.3		Filtering	3 ms	<input checked="" type="checkbox"/>					Not Used
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.4		Filtering	3 ms	<input checked="" type="checkbox"/>					Not Used
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.5		Filtering	3 ms	<input checked="" type="checkbox"/>					Not Used
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.6		Filtering	3 ms						
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.7		Filtering	3 ms						
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.8		Filtering	3 ms						

b. Address untuk digital input push button start yaitu (%I0.1) dan push button stop (%I0.2)

Analog inputs											Comment
Used	Address	Symbol	Type	Scope	Min...	Max...	Filt...	Filter Unit	Sampling	Units	Comment
	%IW0.0	0 - 10 V	Normal	0	1000	0					
<input checked="" type="checkbox"/>	%IW0.1	PV_LEVEL	Normal	0	1000	0					Analog Level

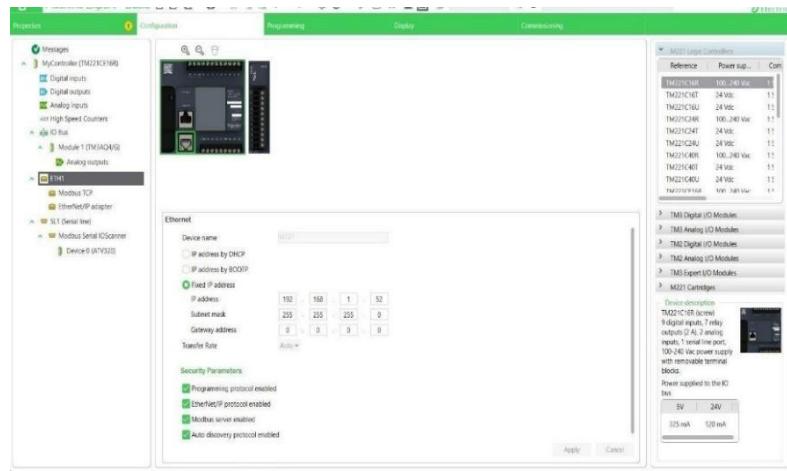
c. Adress untuk analog input sensor level yaitu (%IW0.1)

Analog outputs									
Used	Address	Symbol	Type	Scope	Min...	Maximum	Fallback value	Units	Comment
<input checked="" type="checkbox"/>	%QW1.0		4 - 20 mA	Normal	40	200	40		Out CV
	%QW1.1			Not used	0	0	0		
	%QW1.2			Not used	0	0	0		
	%QW1.3			Not used	0	0	0		

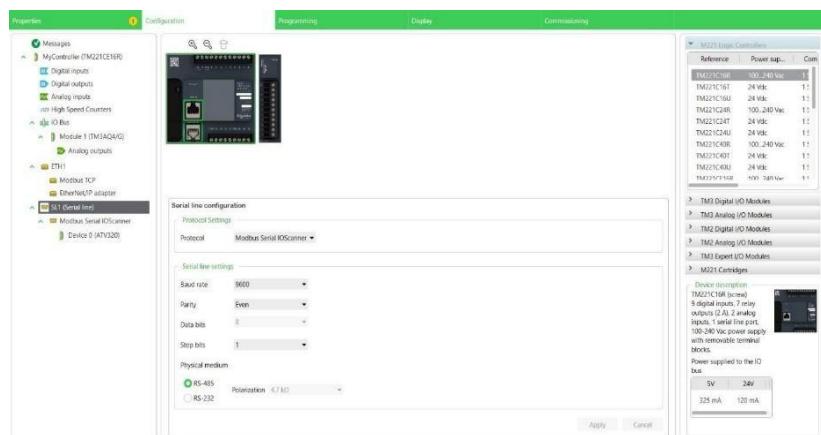
d. Adress untuk analog output control valve (%QW1.0)

Analog outputs									
Used	Address	Symbol	Type	Scope	Minimum	Maximum	Fallback value	Units	Comment
<input checked="" type="checkbox"/>	%QW1.0		4 - 20 mA	Normal	0	100	0		
	%QW1.1			Not used	0	0	0		
	%QW1.2			Not used	0	0	0		
	%QW1.3			Not used	0	0	0		

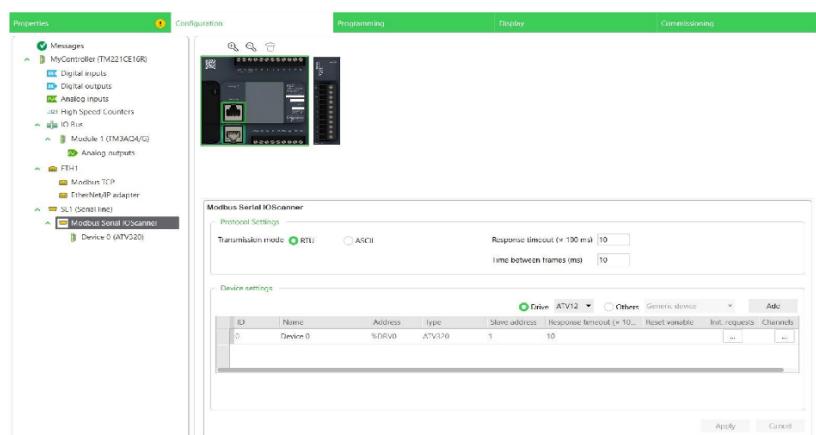
e. Setting sinyal dan min-max nilai



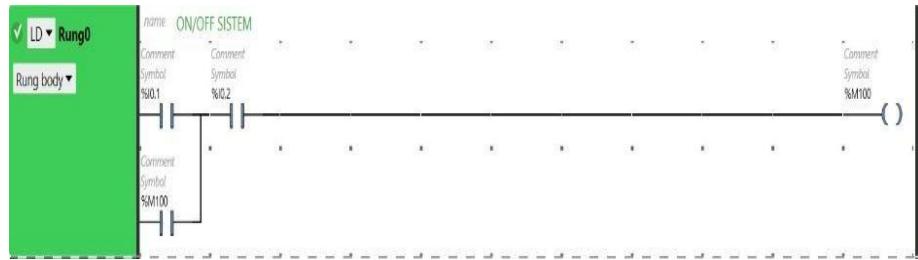
f. Setting IP ethernet



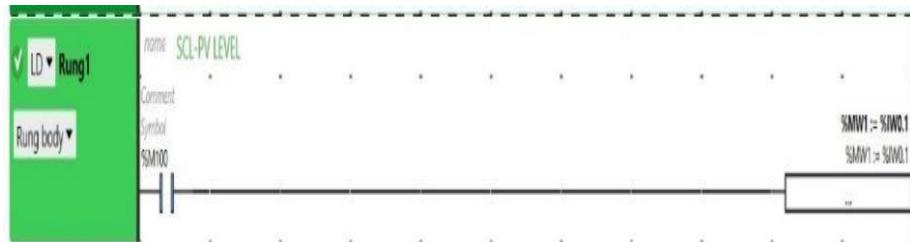
g. Setting VSD melalui serial IO scanner



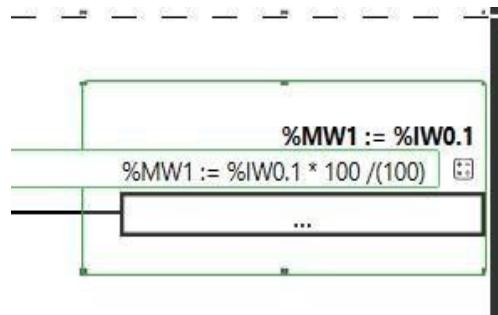
- Kemudian buatlah *ladder* untuk mengintegrasikan antara PLC dan plant.
- Buatlah *ladder* untuk *on/off* sistem seperti gambar berikut.



- Buatlah ladder untuk membaca nilai awal *sensor* sebelum di *scalling*



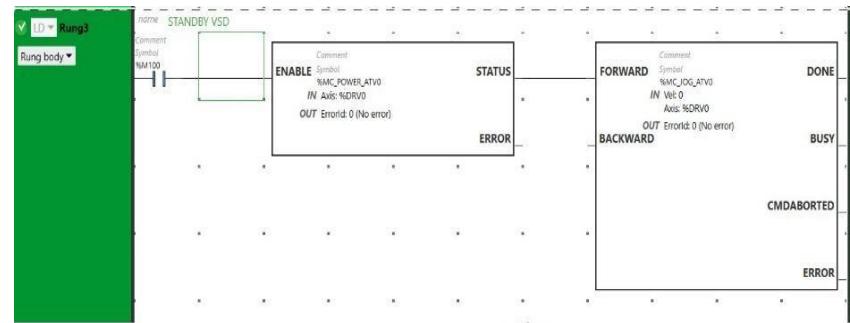
- Berikut rumus *scalling* jika ingin menambahkan di dalam *ladder*.



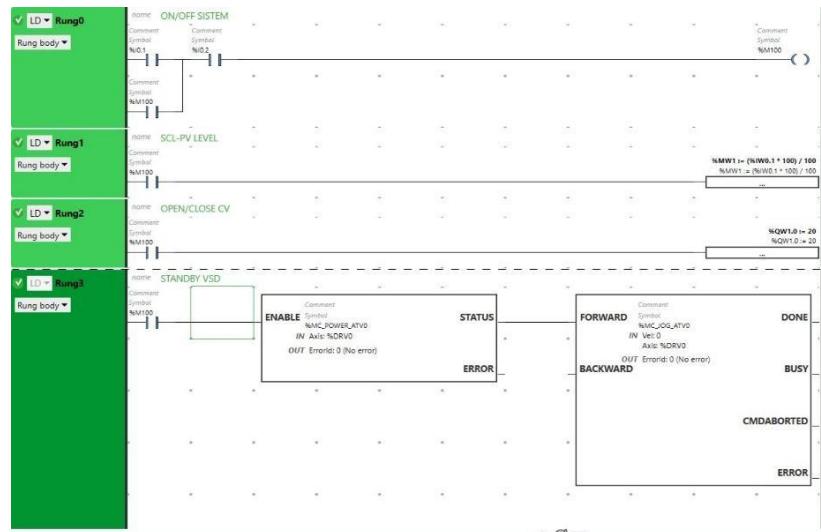
- Berikut *ladder* untuk membuka *control valve*.



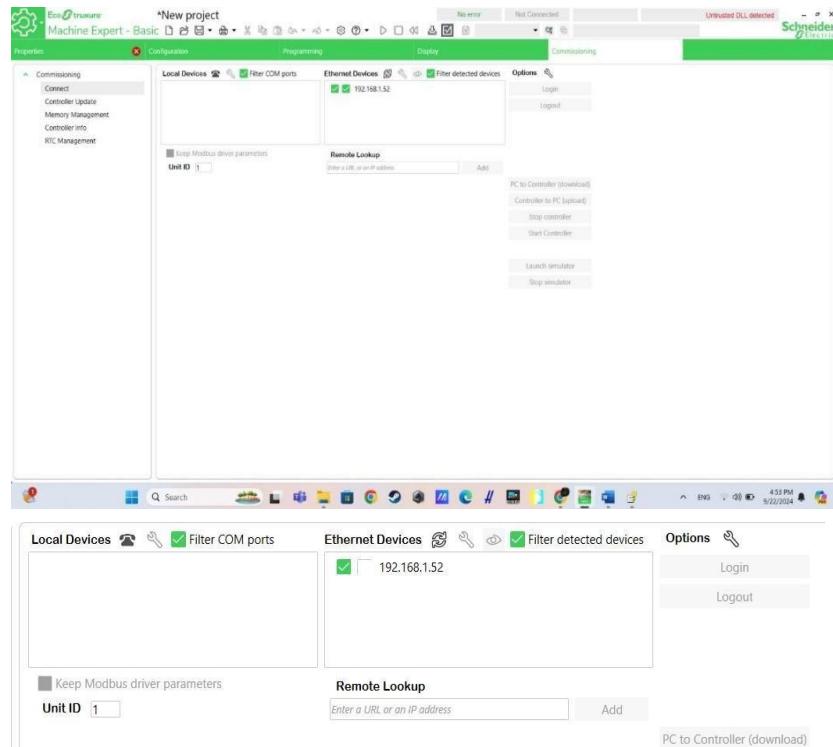
- Berikut *ladder* untuk mengaktifkan VSD yang terhubung pada PLC.



13. Periksa satu-persatu *ladder* yang telah dibuat hingga menampilkan hasil sesuai gambar berikut.



14. Kemudian *upload ladder* dan pilih IP address yang telah tersedia dengan (Pilih ethernet – *login* – PC to Controller (download) – *start controller*)



15. Jika sudah di *upload*, mala hidupkan pompa dengan VSD secara menual dengan (*Setting* VSD secara manual *ready – conf – full – set – LSP – variasi min.30 max 50*)



16. Setelah *plant* berjalan, lalu baca nilai min dan max tank dengan sensor level pada ladder baca analog PV.

$$\%MW1 := (\%IW0.1 * 100) / 100$$

$$\%MW1 := (\%IW0.1 * 100) / 100$$

...

17. Jika nilai *min max* suda didapatkan, maka masukkan ke dalam rumus *scalling* dan kemudian upload ulang ladder
18. Setelah sistem dapat berjalan, perhatikan termasuk karakteristik bukaan apa *control valve* pada *plant water level tank*.
19. Lakukan pencatatan data dari *scalling* pembacaan sensor pada *ladder* dengan validator ketinggian pada tanki *water level*.
20. Jika data telah didapatkan, maka hitunglah *flow rate* dengan cara memperhatikan perubahan *level* yang didapatkan dari data *level*.
21. Analisis apa keterikatan dan dampak dari hubungan antara *flow rate* dengan *size* pipa pada *control valve*.

C. TAHAP PASCA PRAKTIKUM :

1. Turunkan variasi VSD hingga nilai minimum setelah selesai pemakaian
2. Dokumentasikan kegiatan pasca praktikum dengan memperlihatkan ladder pada PC/Laptop.
3. Tutup software EcoStruxure Machine Expert-Basic
4. Matikan MCB untuk mematikan sistem.
5. Buatlah engineering report dengan menyertakan beberapa hal sebagai berikut:
 - a. Tipe dan Part Bagian dari Control Valve.
 - b. Kondisi Aktual Control Valve.
 - c. Karakteristik Bukaan Control Valve
 - d. Tabel data level (Cm) dan perhitungan flowrate.

Tabel 1. Pengukuran Level pada Water Level Tank

No	Nilai Variasi (30-50)	Waktu (s)	Pembacaan Level pada PLC (Cm)	Pembacaan Level pada Validator Tank (Cm)
1				
2				
3				
4				
5				

Tabel 2. Perhitungan Flow Rate

No	Waktu (s)	Level pada Validator (Cm)	Δ Level (Cm)	Δ Waktu (s)	Flow Rate (cm ³ /s)
1					
2					
3					
4					

5					
---	--	--	--	--	--

LAMPIRAN

Lampiran 1. Safety Induction

A. Identifikasi bahaya dan pengendalian resiko

a. Bahaya Umum

- tinggi
- bergerak

b. Pengendalian Risiko

- sesuai.
- digunakan.
- izin.
- aman.

B. Prosedur Keadaan Darurat

1. Kebakaran:

- Segera tekan tombol alarm kebakaran.
- Gunakan APAR sesuai jenis api (ABC untuk umum, CO2 untuk listrik).
- Evakuasi melalui jalur darurat dan berkumpul di titik aman.

2. Kecelakaan atau Cedera:

- Beri pertolongan pertama jika memungkinkan.
- Hubungi petugas medis atau ambulans jika diperlukan.
- Laporkan kejadian kepada supervisor.

3. Gangguan atau Kerusakan Peralatan:

- Hentikan penggunaan perangkat yang mengalami gangguan.
- Laporkan kepada teknisi laboratorium.
- Jangan mencoba memperbaiki sendiri tanpa izin dari supervisor

Penggunaan Peralatan Laboratorium

- Baca instruksi penggunaan sebelum mengoperasikan peralatan
- Pastikan semua koneksi listrik dan sensor telah terpasang dengan benar.
- Jangan meninggalkan peralatan dalam kondisi menyala tanpa pengawasan.
- Setelah digunakan. matikan peralatan sesuai prosedur

Lampiran 2. Precaution



Lampiran 3. JSA (job safety analysis)

 JOB SAFETY ANALYSIS	TANGGAL	NO JSA	NO REV	DISIAPKAN	
	12/12/2025	Modif	0	Nama_NRP	
	NAMA PEKERJAAN			DIPERIKSA	
	Jadih Praktikum			Nama Laboran	
	LOKASI PEKERJAAN		PENGAWAS PEKERJAAN	DISETUJUI	
	Measurement Instrumentation System		Nama Laboran	Nama Dosen Pengampu MK	
	APD YANG DIBUTUHKAN :		7. Lainnya, sebutkan	SAFETY EQUIPMENT :	
	1. Helm Safety 2. Kacamata Safety 3. Sepatu Safety		8. Earplug/earmuff	1. APAR 2. Kotak PSK	
	NO	Langkah-langkah Pokok Pekerjaan <i>Sequence of Basic Job Steps</i>	Potensi Bahaya <i>Potential Hazard</i>	Resiko <i>Risk</i>	Rekomendasi Tindakan <i>Recommended Action</i>
<p>Operation Procedure for Powering Up the Pump</p> <ol style="list-style-type: none"> Wear PPE and Connect Power <ul style="list-style-type: none"> Wear complete PPE (helmet, gloves, safety shoes, mask) Connect the power cable to the outlet safely Turn On the Power Panel <ul style="list-style-type: none"> Select "Main Power" and VSD carefully Follow electrical safety procedure Check Panel Indicators and VSD Status <ul style="list-style-type: none"> Confirm all indicator lights are ON Ensure VSD shows "Init" (standby condition) <p>Operation Procedure For Running and Shutting Down the Pump</p> <ol style="list-style-type: none"> Verify VFD is running <ul style="list-style-type: none"> Check if the VFD is ON Confirm "Main Screen" is displayed Document Pump Components <ul style="list-style-type: none"> Take photos of all pump sections Record the names and locations of parts Enable Pump in Manual Mode <ul style="list-style-type: none"> Select "Manual Mode" via navigation Press Mode to start running Input VFD Value to Operate Pump <ul style="list-style-type: none"> Enter VFD value according to instructions Start pump to flow water Verify VFD Display <ul style="list-style-type: none"> Set PID control type (value 3) Press Mode to start running Measure Bearing and Mechanical Parameters <ul style="list-style-type: none"> Measure values and record with calibrator Measure pump rpm with tachometer Repeat Test with Different VFD Values <ul style="list-style-type: none"> Adjust VFD settings Perform measurements again Record all data <ul style="list-style-type: none"> Print data sheet Power Off the Pump <ul style="list-style-type: none"> Press STOP to stop the system Gradually decrease VFD to 0 Hz Press STOP again to turn off pump and VSD Inspect Pump Condition <ul style="list-style-type: none"> Check for leaks and excessive vibration Clean and Store Equipment <ul style="list-style-type: none"> Clean VSD panel front Store measuring devices properly 					

JOB SAFETY ANALYSIS – TASK HAZARD ASSESSMENT FORM (NON REGULAR WORK SITE OR ACTIVITY)

This table is to be used by AMO SC personnel, Core Group and training participants in an unfamiliar worksite environment. This listing of Hazards and Controls can assist the work group to manage hazards for the proposed work. The table does not include all possible hazards. It is an expectation that required PPE for the activity and work conditions will used.

Poor lighting or visibility	Falling or Dropped Objects	Portable Electrical Equipment	Radiation Hazard	Equipment and Tools	High Energy or High Voltage	Excavations	Waste Cleanup and Disposal	Confined Space
<input type="checkbox"/> Provide alternate lighting <input type="checkbox"/> Wait or defer until visibility improves <input type="checkbox"/> No work over water that could require rescue (including sea state)	<input type="checkbox"/> Use signs and barriers to restrict entry or access under work at elevation <input type="checkbox"/> Use lifting equipment to raise tools to or from the work platform <input type="checkbox"/> Secure tools (tie-off)	<input type="checkbox"/> Inspect equipment for condition and test date currency <input type="checkbox"/> Implement continuous gas testing <input type="checkbox"/> Protect electrical leads from impact or damage	<input type="checkbox"/> Use barriers and signs to restrict access <input type="checkbox"/> Notify personnel who may be affected <input type="checkbox"/> Implement NORM Naturally Occurring Radioactive Material (RAD) (Radiation Absorbed Dose) testing	<input type="checkbox"/> Inspect equipment and tools <input type="checkbox"/> No use of modified tools <input type="checkbox"/> Use protective guards <input type="checkbox"/> Use correct tools and equipment for task <input type="checkbox"/> Protect or remove sharp edges	<input type="checkbox"/> Restrict access to authorised personnel only <input type="checkbox"/> Discharge equipment and make electrically dead <input type="checkbox"/> Observe safe distances for live cables <input type="checkbox"/> Use flash bum PPE suit <input type="checkbox"/> Use insulated gloves, tools and mats	<input type="checkbox"/> Have an excavation plan or safe work practice <input type="checkbox"/> Locate underground pipes or cables by hand digging <input type="checkbox"/> De-energize underground services <input type="checkbox"/> Clean up equipment and materials at site <input type="checkbox"/> Implement confined space entry controls	<input type="checkbox"/> Apply environmental management practices <input type="checkbox"/> Followsite waste management procedures <input type="checkbox"/> Clean up equipment and materials at site <input type="checkbox"/> Implement confined space entry controls	<input type="checkbox"/> Discuss confined space entry safe work practice <input type="checkbox"/> Monitor access or entry <input type="checkbox"/> Protect surfaces from inadvertent contact <input type="checkbox"/> Do not locate mobile engines near confined space <input type="checkbox"/> Provide observer <input type="checkbox"/> Develop rescue plan
Other Energy Sources	Other Hazards	Emergency Response	Mobile Equipment	Lifting Equipment	High Noise	Hazardous Substance	Ignition Sources	Simultaneous Operations (SIMOPS)
<input type="checkbox"/> Spring compression or expansion control <input type="checkbox"/> Implement electromagnetic (radio) controls <input type="checkbox"/> Manage pressure or vacuum <input type="checkbox"/> Manage heat generating processes <input type="checkbox"/> Use seismic activity safe work practice	<input type="checkbox"/> Implement abrasive blasting controls (for equipment and practices) <input type="checkbox"/> Prepare a dive Plan <input type="checkbox"/> Manage potential blocked or plugged equipment <input type="checkbox"/> MOC (Management of Change) required for temporary connections or modifications	<input type="checkbox"/> Keep egress route open <input type="checkbox"/> Keep shower and eye wash stations accessible <input type="checkbox"/> Have a rescue plan in place <input type="checkbox"/> Keep emergency alarm, fire, equipment, and shutdown locations unobstructed	<input type="checkbox"/> Access equipment condition and certification <input type="checkbox"/> Implement controls on users or access <input type="checkbox"/> Have a documented and approved lift plan	<input type="checkbox"/> Confirm lifting equipment condition and certification <input type="checkbox"/> Limit and monitor proximity to live equipment or cables <input type="checkbox"/> Manage overhead hazards <input type="checkbox"/> Adhere to road and site rules	<input type="checkbox"/> Wear correct hearing PPE <input type="checkbox"/> Manage exposure times <input type="checkbox"/> Shutdown equipment <input type="checkbox"/> Use "quiet" tools <input type="checkbox"/> Sound barriers or curtains <input type="checkbox"/> Provide or use suitable communication techniques	<input type="checkbox"/> Drain or purge equipment <input type="checkbox"/> Follow MSDS controls <input type="checkbox"/> Implement health hazards controls (Lead, Asbestos, H2S, Iron Sulphide, Sulfur Dioxide, NORM – Naturally Occurring Radioactive Material) <input type="checkbox"/> Test or analyse material	<input type="checkbox"/> Remove, isolate or contain combustible materials <input type="checkbox"/> Provide firefighting equipment <input type="checkbox"/> Construct a fire-safe habitat <input type="checkbox"/> Provide a fire watch during and after hot work <input type="checkbox"/> Conduct continuous gas testing <input type="checkbox"/> Bond or earth for static electricity or cathodic protection	<input type="checkbox"/> MOC required for deviation from SIMOPS restrictions <input type="checkbox"/> Interface between groups <input type="checkbox"/> Use barriers and signs to segregate activities

Lampiran 4. Permit to work

	PERMIT TO WORK MEASUREMENT INSTRUMENTATION LABORATORY	
Doc: P2	Rev: 00	Date: 12/12/2025

Pemohon	Nama_NRP		
Lokasi	Laboratorium		
Deskripsi Pekerjaan	Judul Praktikum		
Masa Berlaku Izin Kerja	Tanggal: hh – bb - tt	Mulai: 00.00 WIB	Selesai: 00.00 WIB
Alat dan Bahan	1. 2. 3.	4. 5. 6.	7. 8. 9.
Checklist terkait perizinan dan keselamatan kerja		YES	NO
Apakah pelaksanaan pekerjaan ini telah disetujui oleh Dosen Pengampu Mata Kuliah?			
Apakah pelaksanaan pekerjaan ini telah disetujui oleh Kepala Laboratorium?			
Apakah telah disusun JSA (<i>Job Safety Analysis</i>)?			
Apakah APD yang sesuai telah dipersiapkan?			
<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Safety Helmet</i> ● <i>Safety Glasses</i> ● <i>Safety Gloves</i> 		<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Safety Shoes</i> ● <i>Mask</i> ● <i>Earmuff</i> <p>● Lainnya, sebutkan:</p>	
Apakah area pekerjaan telah bebas dari bahan yang mudah terbakar?			
Apakah area pekerjaan telah bebas dari bahan yang mudah meledak?			

Apakah APAR telah tersedia?		
Apakah peralatan P3K telah tersedia?		
Apakah prosedur keadaan darurat telah dipahami?		
Apakah semua peralatan/perlengkapan telah diperiksa?		
<i>Saya telah memahami dan berkomitmen tentang pekerjaan yang akan saya kerjakan, dan akan melaksanakan pekerjaan sesuai prosedur dengan memperhatikan faktor keselamatan dan kesehatan kerja.</i>		
Catatan:	Diajukan oleh	Disetujui oleh
	Nama Pemohon	Nama Laboran

Lampiran 5. MOM (Minutes of Meeting)

Minutes of Meeting of (Meeting Date)

Subject		
Venue, Date & Time		
Attendee:	Division	
Summary of Discussion		
Action Points		

Next Meeting:

Date:	Time:
Subject:	Location: