MODUL PRAKTIKUM

TEKNOLOGI AKTUATOR

V1231419

2025

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

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:

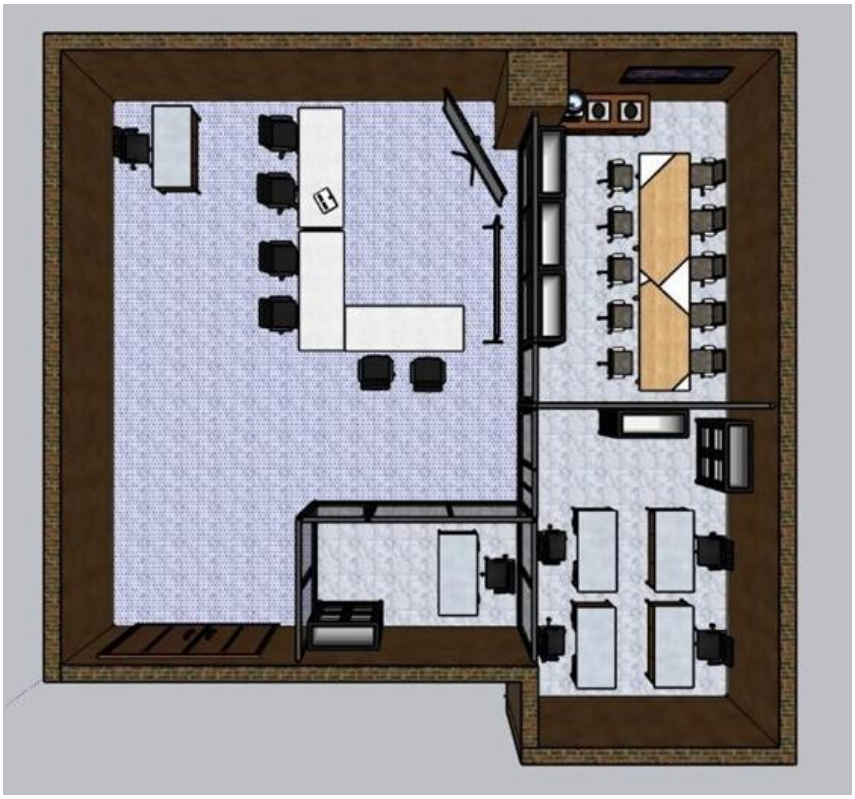
1. Laporkan semua kejadian kecelakaan, cedera, dan kerusakan alat kepada laboran/asisten laboratorium dengan segera.
2. DILARANG bersenda gurau atau tidur di dalam laboratorium.
3. DILARANG mengkonsumsi makanan dan minuman selama praktikum.
4. WAJIB mengetahui lokasi alat pengaman/safety tools (Kotak 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

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 memilii 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 tertiup 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**.

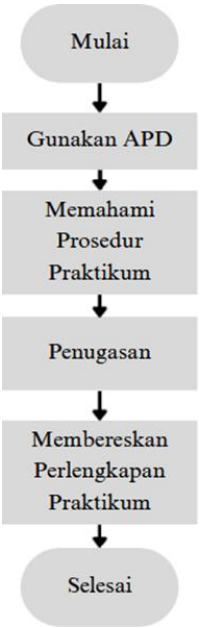
PROSEDUR KEDATANGAN

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

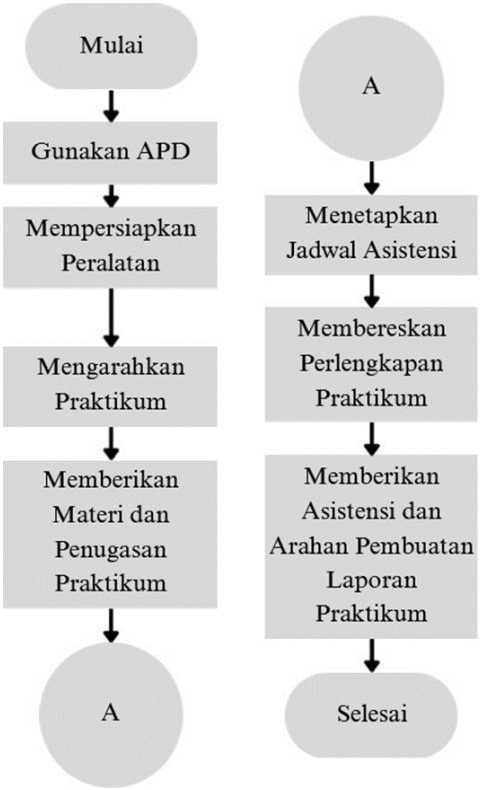
A. Untuk praktikan



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.

PROSEDUR PRAKTIKUM

P1 TEKNOLOGI AKTUATOR

AKTUATOR PNEUMATIC

1. Dasar Teori

1.1 Elektropneumatic

Dalam industri, udara sering digunakan sebagai media penggerak dalam sistem yang disebut pneumatik. **Pneumatik** adalah teknologi yang menggunakan udara bertekanan untuk menggerakkan peralatan mekanik. Udara bertekanan ini dihasilkan oleh kompresor dan disalurkan melalui pipa menuju komponen sistem seperti silinder dan katup.

Elektropneumatik adalah pengembangan dari sistem pneumatik. Sistem ini tetap menggunakan udara bertekanan sebagai tenaga utama. Namun, kontrolnya memakai sinyal listrik. Sinyal ini biasanya berasal dari sensor, saklar, atau sistem kontrol seperti PLC, yang akan mengaktifkan solenoid pada katup arah. Setelah aktif, udara akan mengalir dan menggerakkan aktuator seperti silinder. Elektropneumatik banyak digunakan karena responnya cepat, mudah diatur otomatis, dan cocok untuk sistem industri modern yang membutuhkan kontrol presisi.

1.2 Sistem elektropneumatic

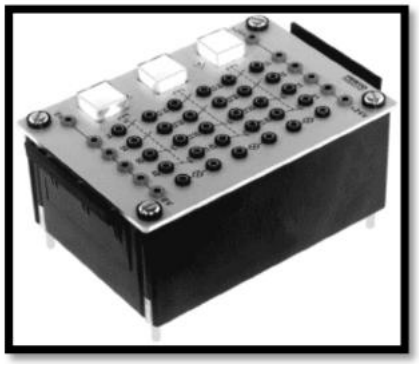
a. Sinyal Listrik

Sinyal listrik pada sistem kontrol umumnya menggunakan tegangan DC 24 Volt. Rangkaian dasarnya terdiri dari sumber tegangan, beban (seperti lampu atau solenoid), dan kabel penghantar. Ketika saklar dalam posisi ON, arus listrik mengalir dari sumber melalui beban, lalu kembali ke sumber. Aliran arus ini menyebabkan beban seperti lampu menyala.

b. Saklar

Saklar adalah komponen dalam rangkaian yang berfungsi untuk memutuskan atau menyambungkan arus pada beban. Saklar terdiri dari dua jenis yaitu saklar push button dan saklar mekanik.

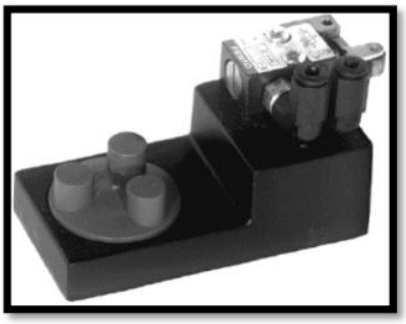
1. Saklar mekanik yaitu saklar yang digerakan secara mekanais dalam menentukan posisi ON atao OFF nya. Posisi tersebut akan tetap selama belum dirubah posisinya secara mekanik.
2. Saklar push button yaitu saklar yang akan bekerja selama saklar tersebut ditekan, dan akan kembali ke posisi semula bila saklar tersebt sudah tidak ditekan kembali.



Gambar Saklar Mekanis dan Push Button

c. Limit Switch

Limit switch dapat di setting pada suatu posisi tertentu. Pada saat benda kerja menyentuk *limit switch* tersebut, makan aka mengeluarkan sinyal untuk mengendalikan suatu sistem. *Limit switch* ini biasanya digunakan untuk memutuskan atau menyambung aliran arus.



Gambar Limit switch

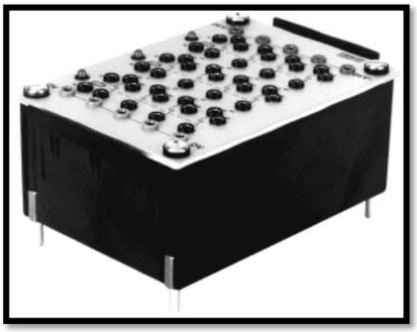
d. Relay

Relay adalah komponen listrik yang berfungsi sebagai penyambung dan pengontrol sinyal, dengan konsumsi energi yang relatif kecil. Relay bekerja menggunakan elektromagnet yang dihasilkan dari aliran arus pada kumparan. Awalnya, relay

digunakan dalam sistem telekomunikasi sebagai penguat sinyal, namun kini telah banyak diaplikasikan dalam sistem kontrol, termasuk di bidang permesinan.

Dalam memilih relay yang sesuai, terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan:

- Memerlukan perawatan minimal
- Mampu menyambungkan beberapa saluran secara independen
- Kompatibel dengan berbagai tingkat tegangan operasi maupun tegangan tinggi
- Memiliki kecepatan operasi tinggi, yaitu waktu respon yang singkat saat menyambungkan saluran



Gambar Relay

e. Solenoid

Di lapangan, solenoid tersedia dalam dua jenis: arus searah (DC) dan arus bolak-balik (AC). Namun, pada sistem elektropneumatik, jenis yang paling sering digunakan adalah solenoid DC. Solenoid ini umumnya memiliki inti pejal dari besi lunak, sehingga bentuknya sederhana, kuat, dan memiliki konduktivitas magnetik yang optimal.

Ketika solenoid DC diaktifkan, arus mengalir secara bertahap ke dalam kumparan dan membentuk medan elektromagnetik. Selama proses ini, muncul gaya induksi yang menentang tegangan masuk. Saat solenoid dimatikan, medan magnet menghilang dan menghasilkan tegangan induksi balik yang bisa jauh lebih besar dari tegangan kerja awal. Jika tidak dikendalikan, tegangan ini dapat merusak isolasi kumparan dan menimbulkan percikan api. Untuk mencegah kerusakan tersebut, biasanya digunakan rangkaian peredam, misalnya dengan memasang resistor paralel pada kumparan. Resistor ini membantu mengalirkan sisa energi dari medan magnet secara aman saat arus listrik terputus.

2. Alat dan Bahan

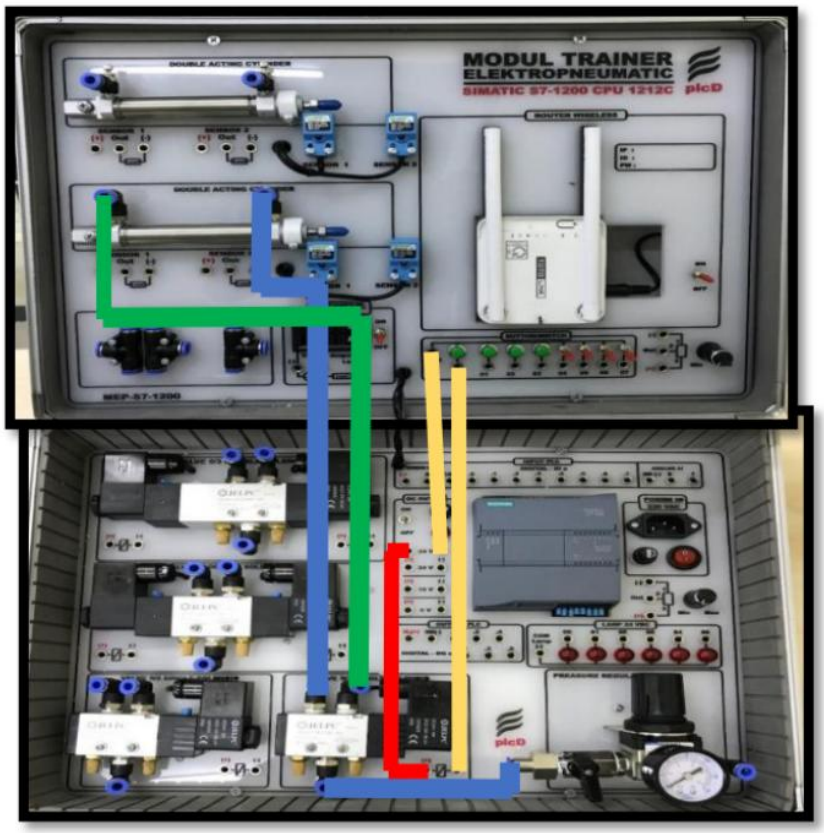
Alat dan bahan yang diperlukan dalam praktikum ini, yaitu:

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

3. Prosedur Praktikum

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

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan untuk praktikum.
2. Periksa apakah kompresor masih memiliki udara bertekanan. Jika kosong, aktifkan tuas pengisian untuk mengisi ulang udara bertekanan.
3. Rangkai sistem pneumatik sesuai dengan diagram rangkaian yang disediakan.



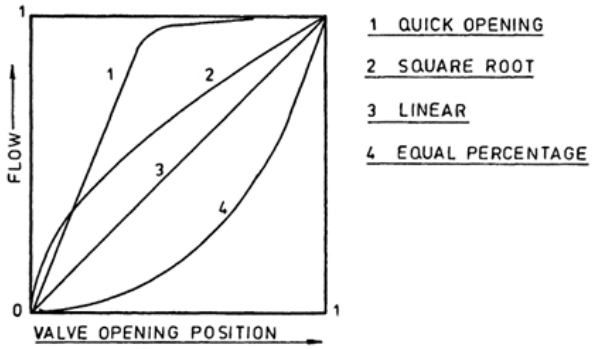
4. Tunjukkan rangkaian yang telah dibuat kepada asisten praktikum (asprak) untuk diverifikasi.
5. Setelah mendapat persetujuan, hubungkan modul ke sumber catu daya.

6. Nyalakan modul trainer, lalu tekan tombol biru pada katup 5/2 single solenoid (KKA).
7. Putar tuas pada pressure regulator untuk mengatur tekanan udara sesuai kebutuhan.
8. Tekan tombol push button eksternal untuk mengaktifkan aktuator.
9. Amati respons sistem dan lakukan analisa terhadap hasil yang diperoleh.
10. Buatlaah *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 (Cv) 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 *Throting* 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.

b. Karakteristik linier berarti bahwa perubahan aliran fluida sebanding dengan perubahan posisi katup.
c. 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 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 mengkompres 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 mengkompres gas. Jenis-jenis Compressor:
- Compressor Piston (Reciprocating Compressor): Compressor ini menggunakan gerakan naik-turun piston untuk mengkompres 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 mengkompres 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 (m^3/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 beradsarkan perubahan volume fluida akibar perubahan level. Hal tersebut dapat dirumuskan dengan :

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

Dimana:

- Q = flow rate (m^3/s atau cm^3/s)
- A = luas penampang tangki (m^2 atau cm^2)
- 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 :

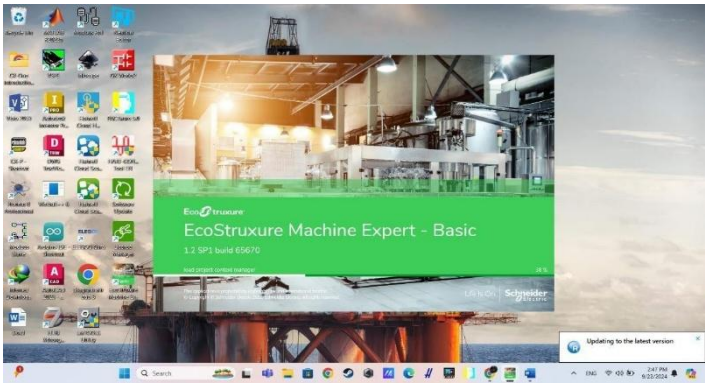
1. Adanya dokumen *Job Safety Analysis* (JSA) dan *Permit To Work* (PTW) untuk diserahkan kepada laboran sebagai bukti izin kerja.

2. Periksa ketersediaan Alat Pelindung Diri (APD) dan kenakan alat tersebut sesuai kebutuhan sebagai bentuk *Personal Protective Equipment* (PPE).
3. Adanya software EcoStruxture Machine Expert-Basic yang ter*install* pada PC/Laptop
4. PC/Laptop
5. Plant Water Level Control

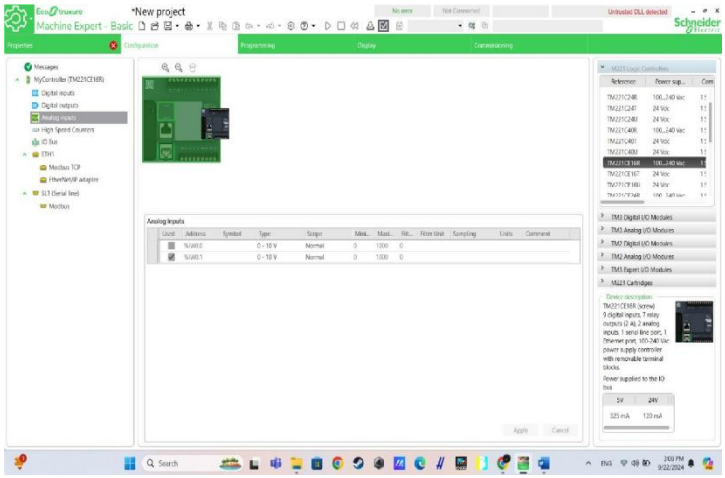
B. TAHAP PELAKSANAAN :

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) dengana menyertakan tipe dan bagian part di dalamnya.
3. Perhatikan ukuran lubang control valve dan pipa penyambung, catat bagaimana kondisinya.
4. Hidupkan MCB untuk sebagai bentuk awal menghidupkan sistem.

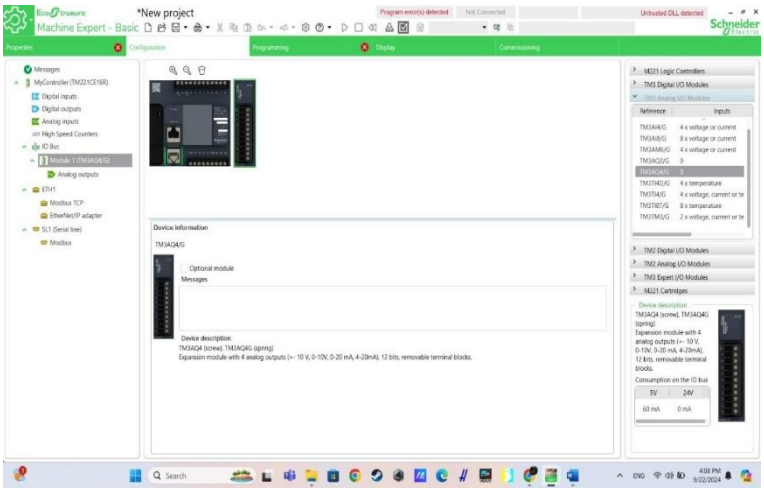
5. Buka software EcoStruxture Machine Expert-Basic hingga menyerupai tampilan seperti gambar berikut.



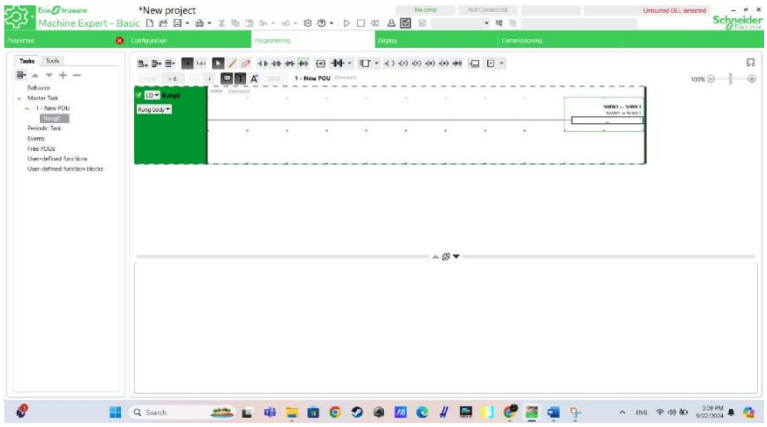
6. Pilih PLC tipe TM221CE16R yang digunakan dengan mendrag/menyeret dari pilihan di sebelah kanan ke kiri.



7. Kemudian pilih modul extend PLC TM3AQ4.

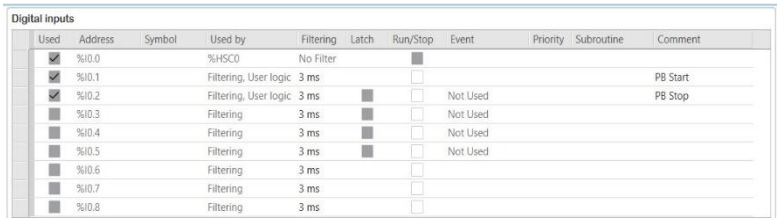


8. Jika sudah, kemudian pindahkan ke tool programming.



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

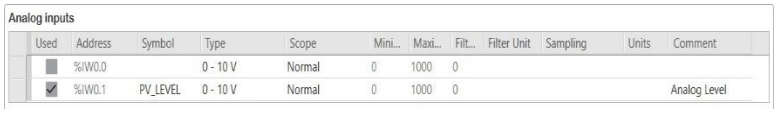
a. Sesuaikan setting address awal seperti gambar dibawah ini



Digital inputs

Used	Address	Symbol	Used by	Filtering	Latch	Run/Stop	Event	Priority	Subroutine	Comment
✓	%I0.0		%HSC0	No Filter						
✓	%I0.1		Filtering, User logic	3 ms						PB Start
✓	%I0.2		Filtering, User logic	3 ms			Not Used			PB Stop
	%I0.3		Filtering	3 ms			Not Used			
	%I0.4		Filtering	3 ms			Not Used			
	%I0.5		Filtering	3 ms			Not Used			
	%I0.6		Filtering	3 ms						
	%I0.7		Filtering	3 ms						
	%I0.8		Filtering	3 ms						

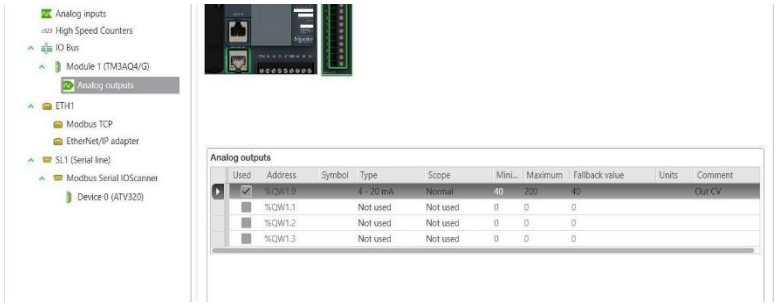
b. Address untuk digital input push bytton start yaitu (%I0.1) dan push button stop (%I0.2)



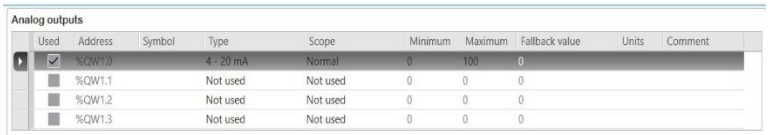
Analog inputs

Used	Address	Symbol	Type	Scope	Mini...	Maxi...	Filt...	Filter Unit	Sampling	Units	Comment
	%IW0.0		0 - 10 V	Normal	0	1000	0				
✓	%IW0.1	PV_LEVEL	0 - 10 V	Normal	0	1000	0				Analog Level

c. Adress untuk analog input sensor leve;l yaitu (%IW0.1)



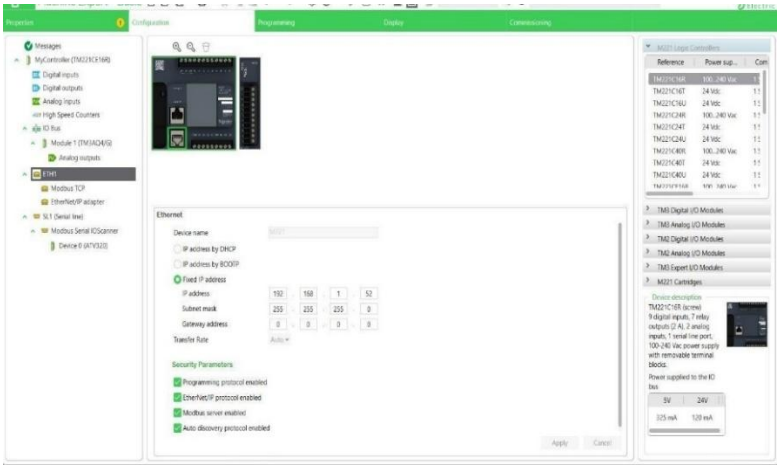
d. Adress untuk analog output yaitu control valve (%QW1.0)



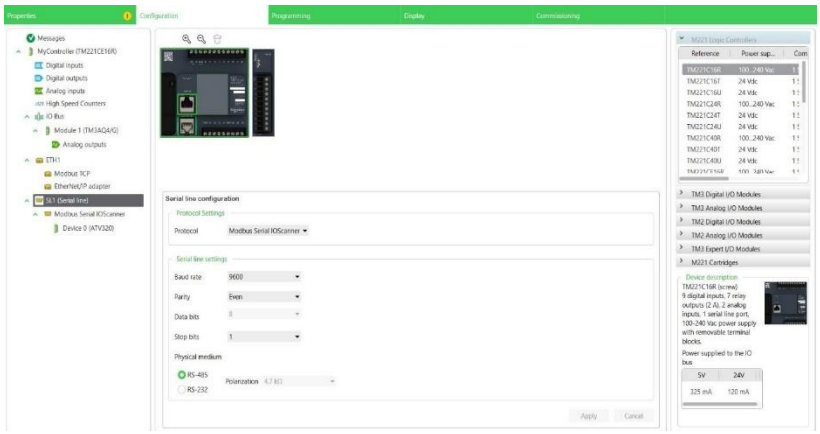
Analog outputs

Used	Address	Symbol	Type	Scope	Minimum	Maximum	Fallback value	Units	Comment
✓	%QW1.0		4 - 20 mA	Normal	0	100	0		
	%QW1.1		Not used	Not used	0	0	0		
	%QW1.2		Not used	Not used	0	0	0		
	%QW1.3		Not used	Not used	0	0	0		

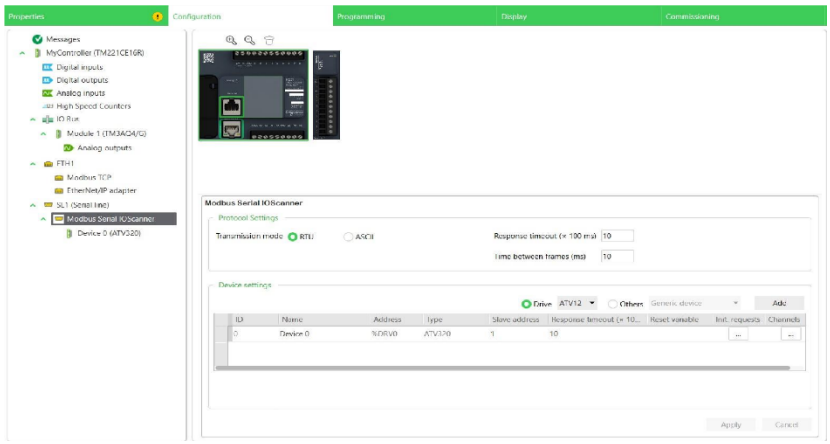
e. Setting sinyal dan min-max nilai



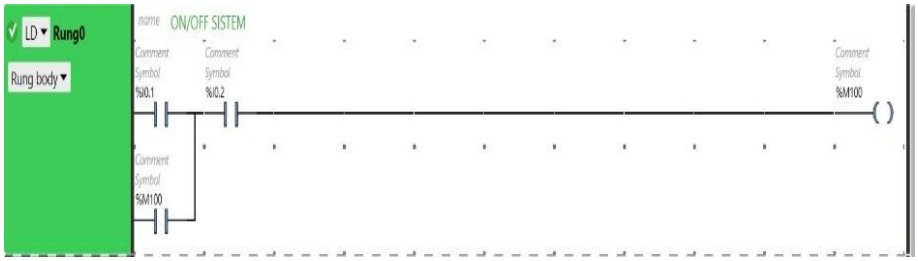
f. Setting IP ethernet



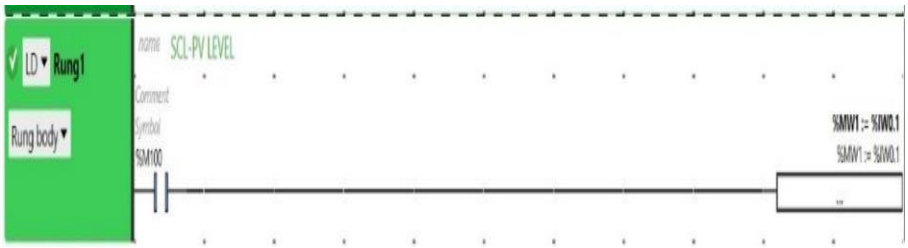
g. Setting VSD melalui serial IO scanner



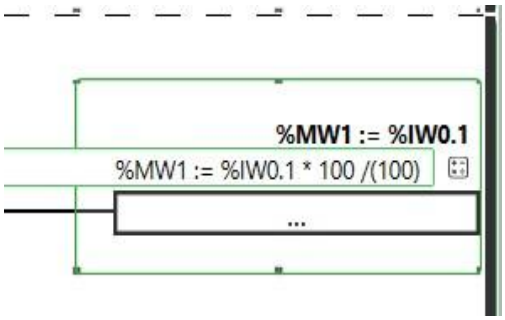
8. Kemudian buatlah ladder untuk mengintegrasikan antara PLC dan plant.
9. Buatlah ladder untuk on/off sistem seperti gambar berikut.



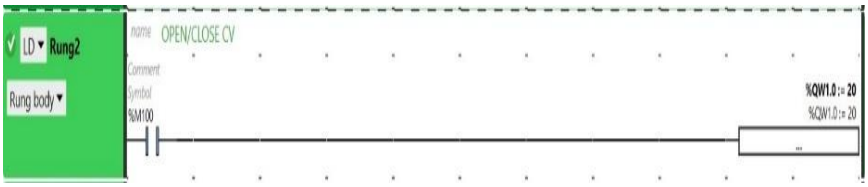
10. Buatlah ladder untuk membaca nilai awal sensor sebelum di scalling



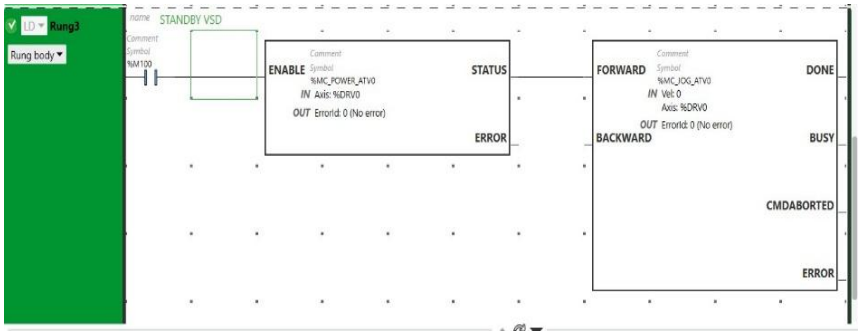
11. Berikut rumus scalling jika ingin menambahkan di dalam ladder.



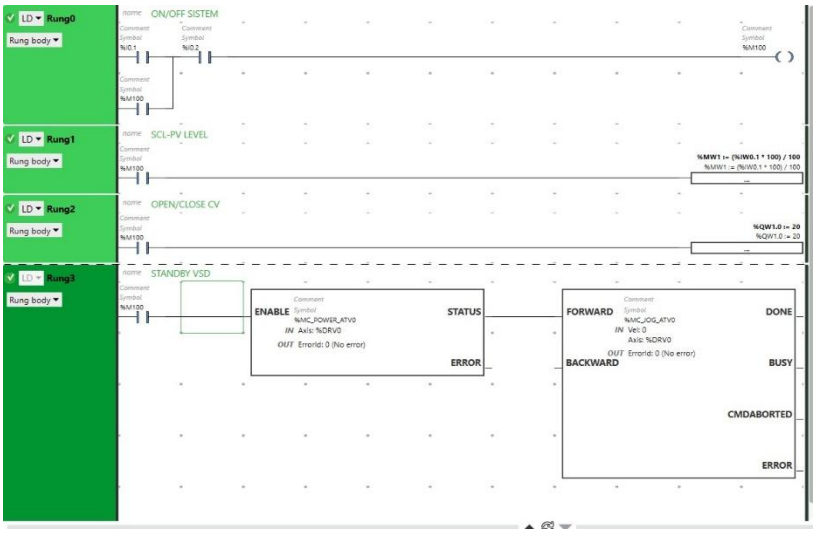
12. Berikut ladder untuk membuka control valve.



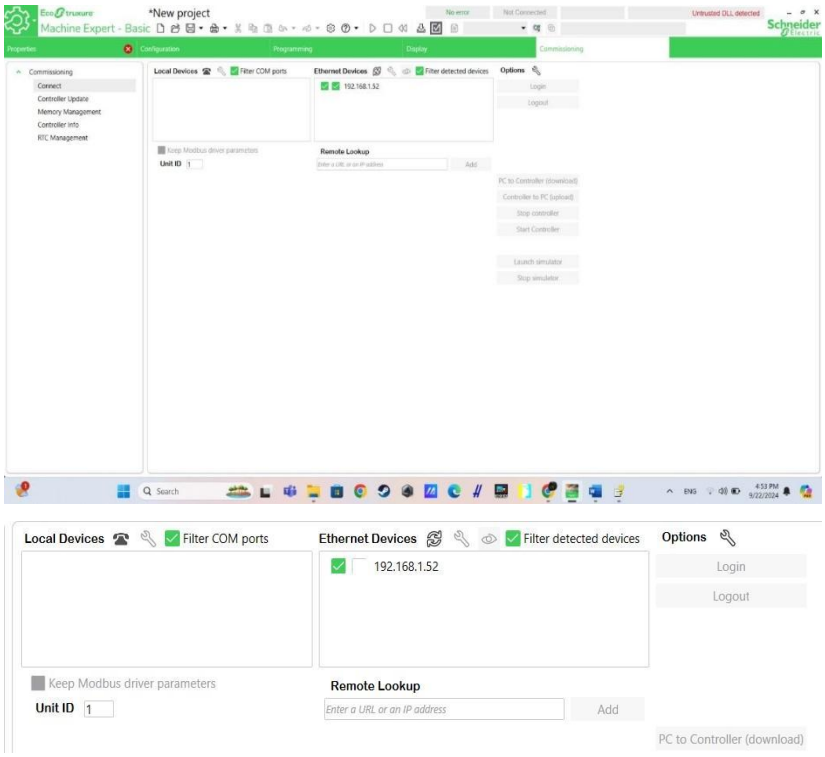
13. Berikut ladder untuk mengaktifkan VSD yang terhubung pada PLC.



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

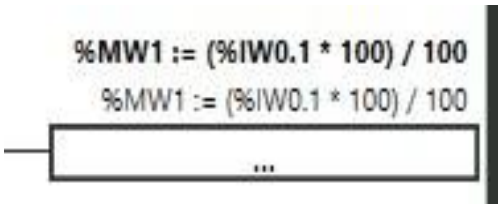


15. Kemudian upload ladder dan pilih IP address yang telah tersedia dengan (Pilih ethernet – login – PC to Controller (download) – start controller)



16. 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)

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



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

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 EcoStruxture 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)

MEASUREMENT INSTRUMENTATION LABORATORY	TANGGAL	NO JSA	NO REV	DISIAPKAN
	12/12/2025	Modul	0	Nama_NRP
JOB SAFETY ANALYSIS	NAMA PEKERJAAN			DIPERIKSA
	Judul Praktikum			Nama Laboran
	LOKASI PEKERJAAN		PENGAWAS PEKERJAAN	DISETUJUI
	Measurement Instrumentation System		Nama Laboran	Nama Dosen Pengampu MK
	APD YANG DIBUTUHKAN : 1. Helm Safety 2. Kacamata Safety 2. Sepatu Safety	3. Sarung Tangan Safety 4. Sepatu Safety 5. Masker 6. Earplug/earmuff	7. Lainnya, sebutkan	SAFETY EQUIPMENT : 1. APAR 2. Kotak P3K

NO	Langkah-langkah Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya	Resiko	Rekomendasi Tindakan	Penanggung Jawab
	Sequence of Basic Job Steps	*Potential Hazard*	*Risk*	*Recommended Action*	*Person In Charge*
	Operation Procedure for Powering Up the Plant				
1.	Wear PPE and Connect Power				
	- Wear complete PPE (helmet,gloves, safety shoes, mask)	- Exposure to electrical hazard	- Electrical shock	- Use personal protective equipment (PPE) such as	
	- Connect the power cable to the outlet safely	- Faulty connection	- Fire or equipment damage	- Inspect cable and socket condition before connecting	
2.	Turn On the Power Panel				
	- Switch On the 3-phase MCB carefully	- Electrical surge due to wrong activation	- Fire of panel damage	-Follow proper activation procedure.	
	- Follow electrical safety procedures				
3.	Check Panel Indicators and VSD Status				
	- Confirm all indicator lights are ON	- VSD not ready for operation	- System malfunction	- Verify all components are active and read	
	- Ensure VSD shows "Ind" (standby condition)				
	Operation Procedure For Running and Shutting Down the Pump				
1.	Verify HMI Display				
	-Check that the HMI is ON	- HMI not showing correct display.	-Mis operation, delayed start.	- Check HMI status before continuing.	
	-Confirm "Main Screen" is displayed.				
2.	Document Pump Components				
	- Take photos of all pump sections.	- Missing documentation.	- Data incomplete for report.	- Take clear, complete photos.	
	- Record the names and locations of parts.				
3.	Enable Pump in Manual Mode				
	- Select "Manual Mode" via navigation.	- Incorrect mode selection.	- Pump not functioning properly.	- Double-check selection before enabling.	
	- Press "Enable" and "On Pump" button.				
4.	Input VSD Value to Operate Pump				
	- Enter VSD value according to instructions.	- Wrong VSD value input.	-Flow instability or system damage.	- Confirm VSD settings before running.	
	- Start pump to flow water.				
5.	verify HMI Display				
	- Set PID control type (value 3).	- Incorrect PID configuration.	- Poor control and system instability.	- Verify PID setting and monitor response.	
	- Press Mode to start running.				
6.	Measure Electrical and Mechanical Parameters				
	- Measure voltage and current with multimeter.	- Mishandling instruments.	- Inaccurate data, equipment damage.	- Use instruments carefully and correctly.	
	- Measure pump rpm with tachometer.				
7.	Repeat Test with Different VSD Values				
	- Adjust VSD settings.	- Inconsistent adjustments.	- Data inconsistency, potential overload.	- Adjust and record systematically.	
	- Perform measurements again.				
	- Record all data.				
8.	Shutdown Procedure				
	- Press STOP to stop the system	- Incomplete shutdown.	- Equipment damage, safety hazard.	- Follow shutdown sequence properly	
	- Gradually decrease VSD to 0 Hz.				
	- Press STOP again to turn off pump and VSD.				
9.	Inspect Pump Condition				
	- Check for leaks and excessive vibration.	- Water leaks, vibration.	- Slip hazard, mechanical failure.	- Conduct thorough inspection post-operation.	
10.	Clean and Store Equipment				
	-Clean VSD panel from dust.	- Dirt accumulation.	- Short circuits.	- Clean without water.	
	- Store measuring devices properly.	- Instrument loss or damage.	- Measurement errors in future.	- Store instruments safely.	

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

This table is to be used by AMOSC 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 be 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
◻ Provide alternate lighting ◻ Wait or defer until visibility improves ◻ No work over water that could require rescue (including sea state	◻ Use signs and barriers to restrict entry or access under work at elevation ◻ Use lifting equipment to raise tools to or from the work platform ◻ Secure tools (tie-off)	◻ Inspect equipment for condition and test date currency ◻ Implement continuous gas testing ◻ Protect electrical leads from impact or damage	◻ Use barriers and signs to restrict access ◻ Notify personnel who may be affected ◻ Implement NORM Naturally Occurring Radioactive Material) controls ◻ Conduct RAD (Radiation Absorbed Dose) testing	◻ Inspect equipment and tools ◻ No use of modified tools ◻ Use protective guards ◻ Use correct tools and equipment for task ◻ Protect or remove sharp edges	◻ Restrict access to authorised personnel only ◻ Discharge equipment and make electrically dead ◻ Observe safe distances for live cables ◻ Use flash burn PPE suit ◻ Use insulated gloves, tools and mats	◻ Have an excavation plan or safe work practice ◻ Locate underground pipes or cables by hand digging ◻ De-energize underground services ◻ Implement confined space entry controls	◻ Apply environmental management practices ◻ Follow site waste management procedures ◻ Clean up equipment and materials at site ◻ Optimize task to minimize waste production	◻ ◻ Discuss confined space entry safe work practice ◻ Monitor access or entry ◻ Protect surfaces from inadvertent contact ◻ Do not locate mobile engines near confined space ◻ Provide observer ◻ Develop rescue plan
Other Energy Sources	**Other Hazards**	**Emergency Response**	**Mobile Equipment**	**Lifting Equipment**	**High Noise**	**Hazardous Substance**	**Ignition Sources**	**Simultaneous Operations (SIMOPS)**
◻ Spring compression or expansion control ◻ Implement electromagnetic (radio) controls ◻ Manage pressure or vacuum ◻ Manage heat generating processes ◻ Use seismic activity safe work practice	◻ Implement abrasive blasting controls (for equipment and practices) ◻ Prepare a dive plan ◻ Manage potential blocked or plugged equipment ◻ MOC (Management of Change) required for temporary connections or modifications	◻ Keep egress route open ◻ Keep shower and eye wash stations accessible ◻ Have a rescue plan in place ◻ Keep emergency alarm, fire equipment, and shutdown locations unobstructed	◻ Access equipment condition ◻ Implement controls on users or access ◻ Limit and monitor proximity to live equipment or cables ◻ Manage overhead hazards ◻ Adhere to road and site rules	◻ Confirm lifting equipment condition and certification ◻ Have a documented and approved lift plan	◻ Wear correct hearing PPE ◻ Manage exposure times ◻ Shutdown equipment ◻ Use "quiet" tools ◻ Sound barriers or curtains ◻ Provide or use suitable communication techniques	◻ Drain or purge equipment ◻ Follow MSDS controls ◻ Implement health hazards controls (Lead, Asbestos, H2S, Iron Sulphide, Sulfur Dioxide, NORM – Naturally Occurring Radioactive Material) ◻ Test or analyse material	◻ Remove, isolate or contain combustible materials ◻ Provide firefighting equipment ◻ Construct a fire-safe habitat ◻ Provide a fire watch during and after hot work ◻ Conduct continuous gas testing ◻ Bond or earth for static electricity or cathodic protection	◻ MOC required for deviation from SIMOPS restrictions ◻ Interface between groups ◻ 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 (*Job Safety Analysis*)?			
Apakah APD yang sesuai telah dipersiapkan?			
• *Safety Helmet* • *Safety Glasses* • *Safety Gloves*	• *Safety Shoes* • *Mask* • *Earmuff*	• Lainnya, sebutkan:	
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?		
Saya telah memahami dan berkomitmen tentang pekerjaan yang akan saya kerjakan, dan akan melaksanakan pekerjaan sesuai prosedur dengan memperhatikan faktor keselamatan dan kesehatan kerja.		
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:**