



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



MODUL PRAKTIKUM

PERANCANGAN SISTEM KONTROL DAN PROSES

VI231631

ITS

Dapartemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2025

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----------|
| DAFTAR ISI..... | 2 |
| PENDAHULUAN | 4 |
| Aturan Kerja Laboratorium Instrumentasi Dan Kontrol..... | 4 |
| Aturan Keamanan Laboratorium Instrumentasi Dan Kontrol | 5 |
| Panduan Berkegiatan di Laboratorium Instrumentasi Dan Kontrol | 6 |
| Sanksi Pelanggar Aturan..... | 7 |
| Denah Laboratorium Instrumentasi Dan Kontrol | 7 |
| Prosedure Kedatangan | 7 |
| PROSEDUR PRAKTIKUM | 10 |
| Pengetahuan Penunjang | 10 |
| 1. Software HYSYS | 10 |
| 2. Desain Pengendalian Proses pada Pengisian Tangki | 10 |
| 3. First Order Plus Death Time (FOPDT)..... | 11 |
| 4. Analisis Respon Dinamik | 12 |
| 5. Tuning PID Metode Ziegler Nichols | 13 |
| 6. Simulink Matlab..... | 15 |
| 7. Close Loop Control..... | 15 |
| 8. Corrective Maintenance | 15 |
| 9. Predictive Maintenance..... | 16 |
| 10. Submersible Level Sensor..... | 17 |
| 11. Pneumatic Control Valve..... | 17 |
| 12. Scaling Data | 19 |
| Prosedur Praktikum 1 - Perancangan Sistem Kontrol Flow dan Level pada Tanki..... | 20 |
| Overview..... | 20 |
| Tahap Persiapan Praktikum | 20 |
| Tahap Praktikum..... | 20 |
| Tahap Pasca Praktikum..... | 34 |
| Prosedur Praktikum 2 - Analisis Performa Sistem Kontrol Menggunakan Aplikasi Hysys dan Matlab | 35 |
| Overview..... | 35 |
| Tahap Persiapan Praktikum | 35 |
| Tahap Praktikum..... | 37 |

| | |
|--|-------------------------------------|
| Tahap Pasca Praktikum..... | 38 |
| Prosedur Praktikum 3 – Control PID Pada Water Tank Plant | 39 |
| Tahap Persiapan Praktikum | 39 |
| Tahap Praktikum..... | 39 |
| Tugas Praktikum | Error! Bookmark not defined. |
| Tahap Pasca Praktikum..... | 41 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 43 |
| LAMPIRAN..... | 44 |
| Lampiran 1. Safety Induction | 44 |
| Lampiran 2. Precautions | 46 |
| Lampiran 3. Job Safety Analysis | 47 |
| Lampiran 4. Permit to Work | 48 |
| Lampiran 5. Minutes of Meeting (MOM)..... | 49 |
| Lampiran 6. Format Laporan Praktikum | 50 |

PENDAHULUAN

Perancangan sistem kontrol dan proses merupakan aspek fundamental dalam dunia industri modern, khususnya dalam pengelolaan sistem yang melibatkan pengaturan aliran, level, tekanan, maupun temperature pada berbagai jenis peralatan. Praktikum ini bertujuan untuk memberikan pemahaman praktis tentang bagaimana merancang, mengimplementasikan, dan menganalisis sistem kontrol berbasis model dinamis menggunakan software simulasi industri seperti Aspen HYSYS dan MATLAB Simulink. Praktikum ini meliputi pembuatan model proses menggunakan HYSYS, desain kontrol berbasis PID (Proportional-Integral-Derivative), dan pengujian respon sistem melalui simulasi open-loop. Mahasiswa akan memahami prinsip dasar proses pengisian dan pengeluaran fluida dalam tangki, serta teknik dasar dalam penentuan parameter tuning PID menggunakan terutama menggunakan metode Ziegler-Nichols berdasarkan respon dinamik sistem. Mahasiswa juga akan mendalami konsep model dinamis dan karakteristik sistem kontrol menggunakan pendekatan *First Order Plus Dead Time* (FOPDT). Praktikum ini juga mencakup pembuatan simulasi proses dalam HYSYS, peralihan dari mode statik ke dinamik, serta perekaman data hasil uji *open-loop*. Data tersebut kemudian akan digunakan untuk membangun model matematis sistem yang disimulasikan kembali di MATLAB Simulink. Mahasiswa akan membandingkan grafik hasil simulasi antara HYSYS dan MATLAB serta mengevaluasi performa sistem kontrol melalui analisis seperti maximum overshoot, settling time, dan steady-state error. Mahasiswa diharapkan mampu menguasai teknik dasar perancangan sistem kontrol, melakukan analisis performansi kontroler, serta memahami penerapan teknologi simulasi dalam mendukung proses perancangan dan pengoptimalan sistem industri nyata.

Aturan Kerja Laboratorium Instrumentasi Dan Kontrol

Peraturan ini disusun sebagai acuan untuk seluruh aktivitas operasional dan layanan di Laboratorium Instrumentasi dan Kontrol, Departemen Teknik Instrumentasi, Fakultas Vokasi-ITS. Setiap pengguna laboratorium wajib mengikuti dan melaksanakan ketentuan ini selama berada di laboratorium.

1. Layanan dan operasional laboratorium tersedia pada hari Senin -Jumat pukul 08.00–16.00 WIB. Kegiatan di luar jam operasional wajib menggunakan perijinan khusus.
2. Layanan dan operasional laboratorium harus mengikuti SOP yang telah ditetapkan.
3. Layanan dan operasional laboratorium dapat melalui teknisi atau koordinator laboratorium.
4. Pengguna laboratorium wajib mengenakan pakaian rapi dan sopan sesuai standar perkuliahan selama berada di laboratorium
5. Pengguna laboratorium wajib melepas alas kaki dan menggunakan alas kaki khusus yang disediakan oleh laboratorium.
6. Pengguna laboratorium dilarang merokok, makan, serta membawa atau mengonsumsi minuman beralkohol di area laboratorium.
7. Pengguna laboratorium bertanggung jawab menjaga keamanan, kenyamanan, ketertiban, kebersihan, dan keselamatan selama berkegiatan di laboratorium.
8. Pengguna wajib membersihkan area kerja dan mengembalikan seluruh peralatan ke tempat semula dalam kondisi baik setelah kegiatan selesai.

9. Pengguna laboratorium yang melanggar aturan ini akan dikenakan sanksi berupa pencabutan hak akses penggunaan laboratorium.

Aturan Keamanan Laboratorium Instrumentasi Dan Kontrol

Untuk memastikan keamanan selama beraktivitas di laboratorium, setiap pengguna laboratorium wajib mematuhi ketentuan berikut:

1. Wajib melaporkan segala bentuk kejadian kecelakaan, cedera, atau kerusakan alat harus segera dilaporkan kepada teknisi, asisten, atau koordinator laboratorium.
2. Wajib mengetahui lokasi fasilitas keselamatan/safety tools seperti kotak P3K, eye wash, safety shower, alat pemadam api ringan, spill kit, dsb.
3. Wajib memahami prosedur penggunaan alat sebelum mengoperasikannya.
4. Wajib mengenakan pakaian yang aman dan alas kaki tertutup selama berada di ruang laboratorium.
5. Wajib menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) sesuai kebutuhan eksperimen.
6. Wajib mengikat rambut agar tidak mengganggu aktivitas eksperimen bagi pengguna laboratorium dengan rambut panjang.
7. Dilarang melakukan aktivitas bercanda, bermain-main, atau tidur di dalam area laboratorium.
8. Dilarang mengonsumsi makanan dan minuman selama kegiatan di dalam laboratorium.
9. Dilarang menggunakan peralatan laboratorium tanpa izin atau sepengetahuan teknisi/koordinator.
10. Dilarang membuang limbah sembarangan. buanglah limbah pada tempat yang sesuai dan telah ditentukan.
11. Pengguna laboratorium yang memakai alat untuk jangka waktu lama diwajibkan meninggalkan penanda/pengingat/peringatan sebagai informasi bagi pengguna lain.
12. Bekerjalah dengan sikap tenang, berhati-hati, dan selalu waspada selama melakukan eksperimen.

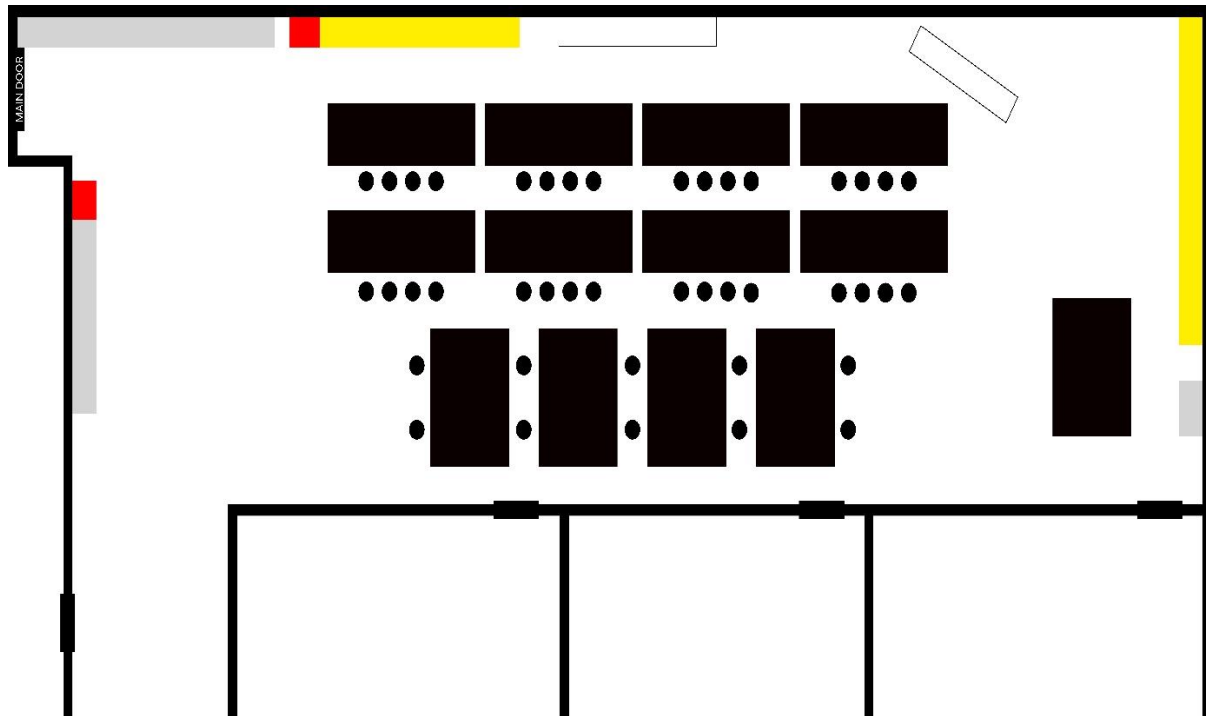
Panduan Berkegiatan di Laboratorium Instrumentasi Dan Kontrol







Sanksi Pelanggar Aturan

Pengguna laboratorium yang melanggar aturan ini akan dikenakan sanksi berupa pencabutan hak akses penggunaan laboratorium.

Denah Laboratorium Instrumentasi Dan Kontrol



Keterangan

-  Miniplant/Simulator
-  First aid and Fire Extinguisher
-  Storage
-  Board

Prosedure Kedatangan

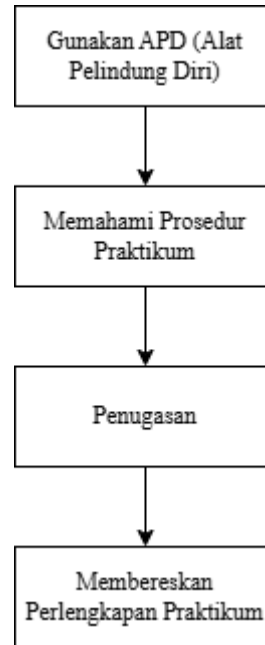
Kebutuhan Saat di Lab IC

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 asistem 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

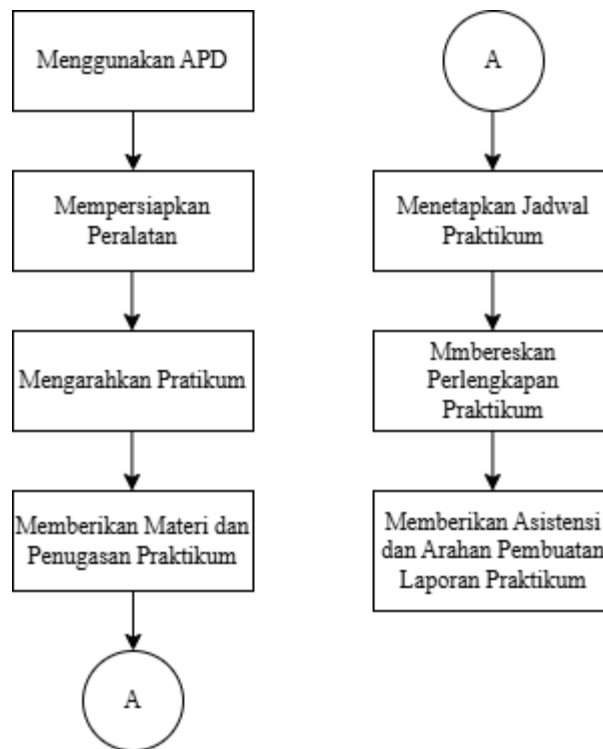
Prosedur Kedatangan Di Lab IC

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. Pahami prosedur praktikum yang digunakan sebelum melakukan praktikum demi keamanan pelaksanaan praktikum
3. Saat menuju area praktikum, 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 area praktikum ketika selesai melakukan praktikum 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

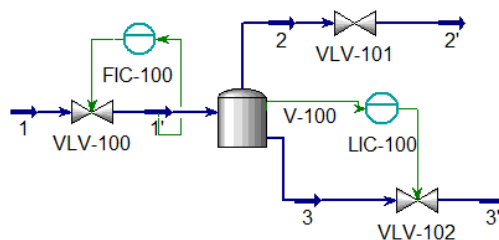
Pengetahuan Penunjang

1. Software HYSYS

Software HYSYS merupakan program yang dirancang untuk menyimulasikan proses di dalam suatu pabrik. Dengan menggunakan program ini, perhitungan-perhitungan untuk mendesain suatu proses yang rumit (karena melibatkan banyak rumus) dan memerlukan waktu yang lama bila dikerjakan secara manual (by hand) dapat dengan cepat dilakukan. HYSYS sendiri adalah singkatan dari *Hyphothetical System* (sistem hipotesa). Simulasi proses artinya membuat suatu proses produksi suatu bahan ke dalam diagram alir proses (Process Flow Diagram) dan menghitung neraca massa dan neraca panas/energi pada masing-masing peralatan yang digunakan. HYSYS dapat digunakan untuk merancang beberapa peralatan pada pabrik yang baru atau akan didirikan (sizing) atau mengevaluasi kinerja suatu peralatan pada pabrik yang sudah ada (rating). HSYSY memiliki kelebihan daripada program-program simulasi proses lainnya. Program ini bersifat interaktif karena langsung memberitahukan input apa yang kurang pada saat penggunaanya mendesain suatu proses dan juga langsung memberitahukan apabila ada kesalahan yang terjadi. Dengan demikian program ini dapat dikatakan user friendly atau mudah digunakan.

2. Desain Pengendalian Proses pada Pengisian Tangki

Proses yang terjadi pada tangki adalah proses pengisian air. Tangki diisi dengan air sekaligus dikeluarkan. Sehingga pada proses ini dibutuhkan dua pengendalian, yaitu pengendali laju aliran massa air yang masuk serta pengendali level tangki. *Process Flow Diagram* (PFD) ditunjukkan pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. PFD Proses Pengisian Tangki

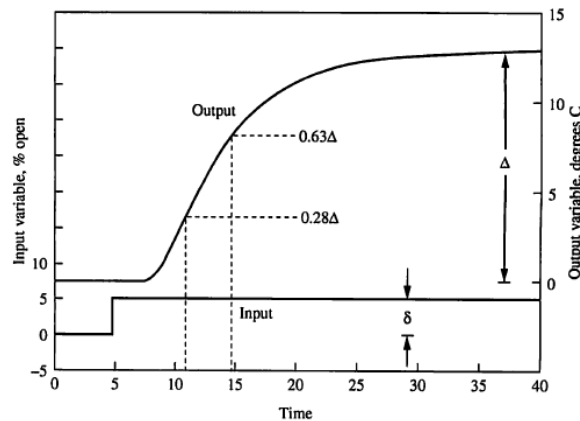
Untuk mendesain proses pengendali tersebut maka dibutuhkan data komposisi dan *properties* yang terjadi pada setiap proses. Dalam kasus ini, untuk mendesain proses pada pengisian tangki dibutuhkan data masukan pada proses. Berikut komposisi dan *properties* untuk *input stream* pada proses.

Tabel 1. Data komposisi dan *properties* pada *input stream*

| Komposisi | | |
|-------------------|---------------|------|
| H ₂ O | Mole Fraction | 0.8 |
| O ₂ | Mole Fraction | 0.04 |
| N ₂ | Mole Fraction | 0.16 |
| <i>Properties</i> | | |
| Temperature | °C | 25 |
| Pressure | barg | 3 |
| Mass Flow | kg/h | 4000 |

3. First Order Plus Death Time (FOPDT)

Sistem dinamik dari proses industri dapat dimodelkan dengan fungsi transfer FOPDT (*first order plus death time*). FOPDT didapatkan dari melakukan uji *open loop*. Uji *open loop* merupakan langkah yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik respon awal sebelum diberikan pengendali pada sistem. Uji *open loop* dilakukan dengan memberikan masukan berupa sinyal *step* pada input. Kemudian *output* akan mengalami perubahan yang membentuk grafik S (*S-Curve*) yang merupakan grafik respon orde satu seperti pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Grafik respon sistem

Dari grafik respon sistem pada Gambar 2, maka akan didapatkan fungsi transfer FOPDT pada persamaan (1) sebagai berikut [20]:

$$G(s) = \frac{K e^{-\theta s}}{\tau s + 1} \quad (1)$$

K merupakan *gain* sistem yang diperoleh dari perbandingan perubahan variable proses yang diukur sebagai *output* dengan variabel manipulasi sebagai *input* dengan rumus matematis pada Persamaan (2).

$$K = \frac{\Delta}{\delta} = \frac{\Delta \text{Process Variable}}{\Delta \text{Manipulated Variable}} \quad (2)$$

Untuk τ (*time constant*) didapatkan dari Persamaan (3) sebagai berikut.

$$\tau = 1,5 (t_{63\%} - t_{28\%}) \quad (3)$$

dimana:

$t_{63\%}$: Waktu yang dibutuhkan ketika variabel proses mencapai 63% dari nilai akhir

$t_{28\%}$: Waktu yang dibutuhkan ketika variabel proses mencapai 28% dari nilai akhir

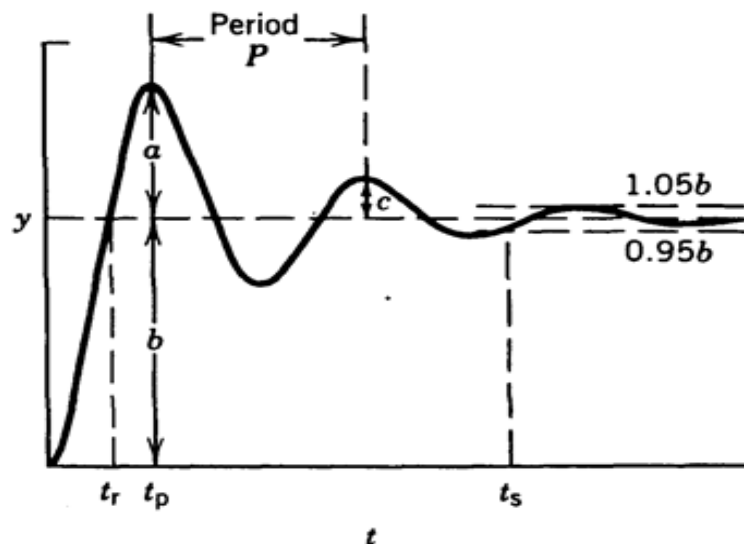
Sedangkan θ (*dead time*) adalah perbedaan waktu dari respon *output controller* pada saat sinyal step diberikan hingga respon proses mulai bergerak. Atau bisa dituliskan pada Persamaan (4) berikut.

$$\theta = t_{63\%} - \tau \quad (4)$$

Dengan menggunakan persamaan yang didapatkan dari grafik respon sistem, maka akan didapatkan fungsi transfer FOPDT sebagai pemodelan dari *plant*. Pemodelan FOPDT ini digunakan untuk menentukan parameter tuning PID.

4. Analisis Respon Dinamik

Analisis respon dinamik merupakan analisis yang dapat dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif pada hasil respon sistem dari pengendali. Analisis kuantitatif dapat dilakukan dengan minimal mencari tiga karakteristik antara lain *maximum overshoot*, *settling time* dan *error steady state*. Sedangkan analisis kualitatif dengan mencari nilai *Integral Absolute Error* (IAE). Pada Gambar 2.1 ditunjukkan parameter-parameter yang digunakan dalam melakukan analisis performansi pengendali.



Gambar 3 Respon pengendali (Marlin, 2001)

Berdasarkan Gambar 2.1 di atas, parameter yang dibutuhkan dalam melakukan analisa performansi pengendali antara lain (Ogata, 1972).

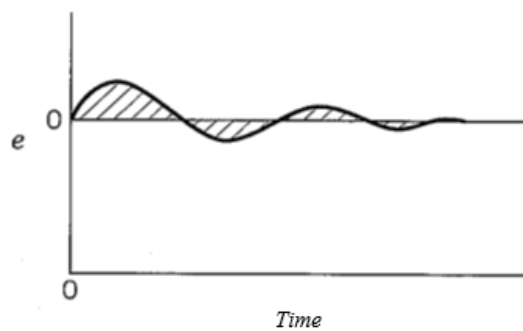
- Nilai *settling time* (t_s), waktu saat *output* proses mencapai lebar pita $\pm 5\%$ dari perubahan total *output* proses.

- b. *Maximum overshoot* (M_p), dengan perhitungan nilai menggunakan Persamaan (5) sebagai berikut.

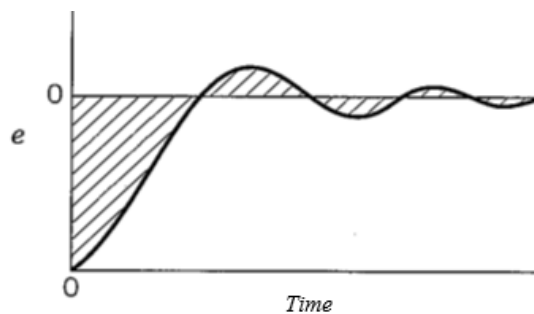
$$M_p = \frac{a}{b} \times 100\% \quad (5)$$

- c. *Error steady state* (E_{ss}), dengan mengitung selisih *output* dengan *set point* pada saat keadaan *steady state* atau tunak.
- d. Nilai IAE adalah penjumlahan nilai *absolute error* dari *output* proses, nilai IAE diinterpretasikan pada area yang diarsir seperti pada Gambar 2.2. Nilai IAE dihitung seperti pada persamaan (6) berikut.

$$IAE = \int_0^{\infty} |e(t)| dt \quad (6)$$



(a) Uji Disturbance



(b) Uji Setpoint

Gambar 4 Ilustrasi IAE (Marlin, 2001)

Ilustrasi perhitungan IAE akan ditunjukkan pada Gambar 2.2, dimana terdapat dua ilustrasi. Ilustrasi pertama pada Gambar 2.2 (a) menunjukkan nilai *output* akibat adanya *disturbance* sehingga nilai *output* mengalami pergerakan hanya di daerah *set point*, sedangkan ilustrasi kedua pada Gambar 2.2 (b) menggambarkan nilai *output* akibat adanya perubahan *set point* sehingga grafik menunjukkan kenaikan nilai *output* mengikuti nilai *set point* yang baru.

5. Tuning PID Metode Ziegler Nichols

Pengendali PID (Proporsional-Integral-Derivatif) merupakan sistem kontrol umpan balik yang banyak digunakan dalam industri. Metode Ziegler-Nichols adalah teknik empiris untuk menentukan parameter optimal (K_p , T_i , T_d) pengendali PID melalui analisis respons sistem. Metode Ziegler-Nichols memiliki dua pendekatan utama yaitu metode kurva reaksi dan metode osilasi.

a. Metode Kurva Reaksi

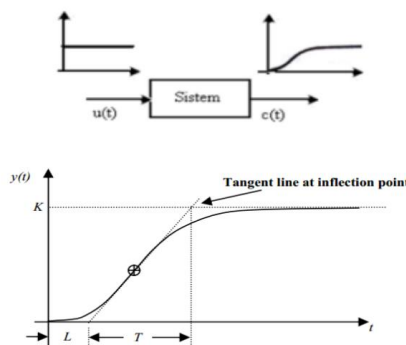
Metode kurva reaksi merupakan metode yang digunakan untuk tuning pada pengendali lup terbuka. Metode kurva reaksi menganalisis respons sistem terhadap input *step* dengan karakteristik:

- **L** (waktu tunda): Jarak antara pemberian input dan awal respons system
- **T** (konstanta waktu): Waktu yang dibutuhkan sistem mencapai 63.2% nilai akhir

b. Metode Kurva Reaksi

Metode kurva reaksi merupakan metode yang digunakan untuk tuning pada pengendali lup terbuka. Metode kurva reaksi menganalisis respons sistem terhadap input *step* dengan karakteristik:

- **L** (waktu tunda): Jarak antara pemberian input dan awal respons system
- **T** (konstanta waktu): Waktu yang dibutuhkan sistem mencapai 63.2% nilai akhir



Gambar 5 Kurva Respon untuk metode Zieger -Nocholes orde pertama

Karakteristik respon diberikan oleh dua parameter, L adalah sebagai time delay dan T merupakan Time constant. Ini didapatkan dengan mengambarkkan garis singgung pada titik perubahan kurva berbentuk S dan menentukan perpotongan garis singgung dengan sumbu waktu dan garis $c(t) = K$, seperti diperlihatkan pada Gambar 5. $C(s)/u(s)$ dapat didekati dengan sistem orde pertama dengan keterlambatan transport.

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{K_e^{-Ls}}{Ts + 1} \quad (7)$$

Zievler -Nichols menyarankan pengaturan nilai K_p , T_i dan T_D berdasarkan rumus yang diberikan dalam table dibawah.

| Type Pengendali | K_p | T_i | T_d |
|-----------------|----------|-------|--------|
| P | $T/(L)$ | - | - |
| PI | $0.9T/L$ | $3L$ | - |
| PID | $1.2T/L$ | $2L$ | $0.5L$ |

c. Metode Osilasi

Metode osilasi merupakan metode tuning untuk respon sistem lup tertutup. Metode ini melibatkan pencarian gain kritis (K_u) dan periode osilasi (P_u):

- Nonaktifkan integral dan derivatif ($T_i=\infty$, $T_d=0$)
- Naikkan K_p secara bertahap hingga muncul osilasi berkelanjutan
- Catat nilai K_u (gain kritis) dan P_u (periode osilasi)

Parameter PID ditentukan dengan:

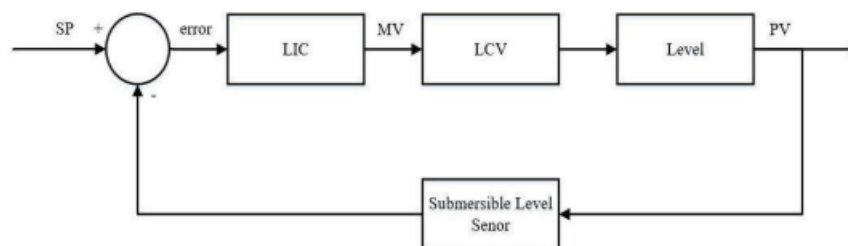
| Tipe Pengendali | K_p | T_i | T_d |
|-----------------|-----------|-----------|---------|
| P | $0.5K_u$ | - | - |
| PI | $0.45K_u$ | $P_u/1.2$ | - |
| PID | $0.6K_u$ | $P_u/2$ | $P_u/8$ |

6. Simulink Matlab

Simulink adalah ekstensi grafis ke MATLAB untuk pemodelan dan simulasi sistem. Di Simulink, sistem digambar di layar sebagai diagram blok. Banyak elemen diagram blok tersedia, seperti fungsi transfer, persimpangan penjumlahan, dll., Serta perangkat input dan output virtual seperti generator fungsi dan osiloskop. Simulink terintegrasi dengan MATLAB dan data dapat dengan mudah ditransfer antar program.

7. Close Loop Control

Sistem kontrol loop tertutup (Close Loop) Sistem kontrol loop tertutup adalah sistem kontrol yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan, sistem kontrol loop tertutup juga merupakan sistem kontrol berumpan balik. Sinyal kesalahan 6 penggerak, yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik (yang dapat berupa sinyal keluaran atau suatu fungsi sinyal keluaran atau turunannya, diumpankan ke kontroler untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran sistem mendekati yang diinginkan.



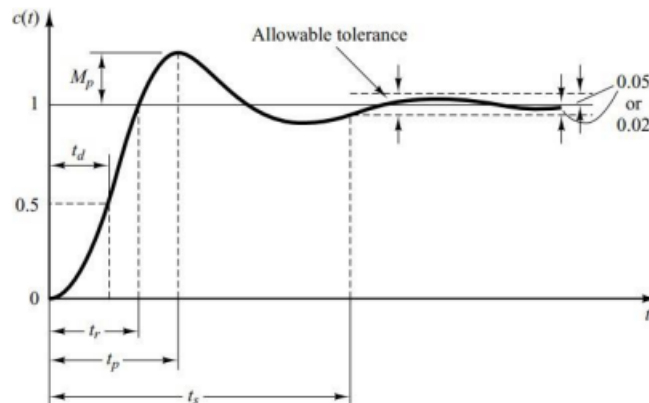
Pada gambar diatas menampilkan sebagian sistem closed loop control dari penelitian ini, dikarenakan variable yang dikontrol level maka akan menggunakan closed loop control. Pada closed loop control yang ditandai dengan terdapat gambar diagram blok. Dari diagram blok tersebut terdapat pengontrolan level pada level tank. Yang bermula dari terdapat inputan set point (SP) dan hasil pembacaan dari submersible level sensor. Dari kedua inputan tersebut akan menghasilkan sinyal error yang akan menjadi inputan LIC untuk memerintahkan LCV agar membuka/menutup sesuai dengan inputan sinyal error tersebut. Dan plant process yang ada ialah level control.

8. Corrective Maintenance

Respon dinamik merupakan respon yang digunakan untuk mengetahui kenaikan maupun penurunan data setiap detik atau menit. Data kenaikan terhadap waktu ini akan digambarkan dalam bentuk grafik respon dinamik, mudahnya yakni sebuah grafik yang dapat memperlihatkan perubahan naik ataupun turun terhadap waktu. Karakteristik dinamis suatu alat ukur merupakan hubungan masukan dan keluaran yang dinyatakan dalam persamaan

differential sebagai fungsi waktu. Kesalahan dinamis adalah perbedaan antara kuantitas nilai sebenarnya yang berubah menurut waktu, dan nilai yang ditunjukkan alat ukur jika diasumsikan tidak ada kesalahan statis.

- Overshoot (M_p): merupakan nilai puncak maksimum dari tanggapan yang diukur dari nilai akhir respon.
- Settling time (t_s): merupakan waktu yang dibutuhkan



tanggapan mencapai nilai akhir. Ukuran waktu yang menyatakan respon telah masuk 5% atau 2% atau 0,5% dari respon steady state.

- Steady state error: merupakan kesalahan yang merupakan selisih antara keluaran yang sebenarnya dengan keluaran yang diharapkan.

9. Predictive Maintenance

PLC Schneider TM221CE16R adalah salah satu model dalam seri Modicon M221 dari Schneider Electric, yang dirancang untuk digunakan dalam aplikasi otomasi dan kontrol. PLC ini menawarkan berbagai fitur dan kemampuan untuk mendukung berbagai tugas kontrol.

Input dan Output (I/O):

TM221CE16R memiliki 9 input digital dan 7 output relay. Konfigurasi ini memungkinkan PLC menerima sinyal digital dari sensor atau perangkat lain dan mengirimkan sinyal digital ke aktuator seperti motor, katup, atau lampu.

Kapasitas Program:

TM221CE16R memiliki kapasitas program yang cukup besar, memungkinkannya untuk menangani program yang kompleks dan rumit dengan jumlah instruksi yang substansial. Kapasitas program dapat disesuaikan dengan jumlah instruksi dan data yang diperlukan untuk aplikasi tertentu.

Kecepatan Pemrosesan:

Model PLC ini memiliki kecepatan pemrosesan yang tinggi, memungkinkan respons cepat terhadap input dan menghasilkan output dengan waktu tunda yang minimal. Ini sangat penting untuk aplikasi yang membutuhkan kontrol waktu nyata atau respons instan terhadap perubahan kondisi.

Komunikasi:

TM221CE16R dilengkapi dengan berbagai opsi komunikasi, termasuk Ethernet, USB, dan port serial. PLC ini juga mendukung protokol komunikasi tambahan melalui modul ekspansi. Fitur-fitur ini memfasilitasi pertukaran data yang efisien dan integrasi dengan perangkat eksternal atau sistem yang lebih besar.

Bahasa Pemrograman:

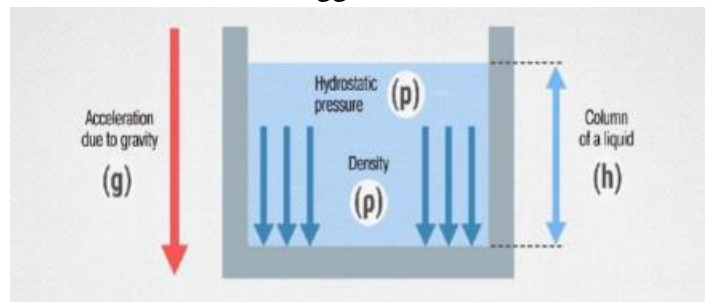
PLC ini mendukung beberapa bahasa pemrograman, seperti ladder logic, structured text, dan function block diagram. Fleksibilitas ini memungkinkan pengguna memilih bahasa pemrograman yang paling sesuai dengan kebutuhan dan preferensi mereka

10. Submersible Level Sensor

Submersible level sensor atau yang dikenal dengan pemancar tingkat submersible, berdasarkan prinsip dari submersible level sensor yaitu dengan memperhitungkan tekanan hidrostatik. Prinsip tekanan hidrostatik adalah sebanding dengan semakin tinggi cairan maka akan semakin besar juga tekanan hidrostatiknya., mengubah tekanan menjadi sinyal listrik, dengan kompensasi suhu dan kalibrasi linier, kemudian diubah menjadi arus standar , tegangan dan sinyal dan output RS485(AliExpress, n.d.).



Itu dapat langsung terhubung dengan PLC / DCS, instrumen layar dan komputer, transmisi sinyal jarak jauh juga dapat dilakukan. Pemancar tingkat banyak digunakan dalam pengukuran cairan petrokimia, suplai air dan drainase, perlindungan lingkungan dan tenaga listrik. Karena submersible level sensor menggunakan tekanan hidrostatik.



Berikut ialah persamaan tekanan hidrostatik:

$$p = \rho \times g \times h$$

Dimana:

p : tekanan hidrostatik

ρ : kerapatan

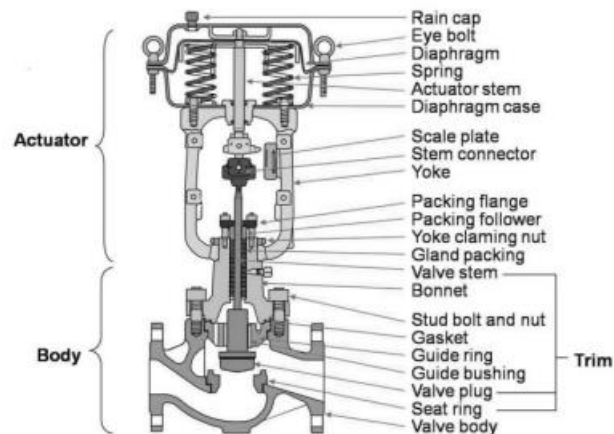
g : gravitasi

h : ketinggian level tank

11. Pneumatic Control Valve

Pneumatic control valve merupakan komponen penting dalam sistem kontrol industri yang bertujuan untuk mengatur aliran fluida, baik cairan maupun gas, dengan memanfaatkan tekanan udara sebagai mekanisme penggerakannya. Sistem kerja valve ini dimulai dari penerimaan sinyal kontrol, biasanya berupa sinyal analog 4-20 mA atau 0-10 V dari Distributed Control System(DCS) atau Programmable Logic Controller (PLC), yang diteruskan ke positioner. Positioner kemudian membandingkan sinyal kontrol ini dengan posisi aktual valve dan mengatur tekanan udara yang masuk ke actuator untuk menggerakkan valve sesuai dengan posisi yang diinginkan. Actuator, yang bisa berupa jenis linear atau

rotary, mengubah energi tekanan udara menjadi gerakan mekanis yang menggerakkan stem dan plug atau disk di dalam body valve. Gerakan ini membuka atau menutup jalur aliran fluida, sehingga mengatur laju aliran sesuai kebutuhan proses.



Bagian-bagian pneumatic control valve:

1. **Body Valve (Badan Katub):**
Fungsi : Menyediakan struktur utama untuk valve dan menjadi tempat aliran fluida diatur.
2. **Actuator (Penggerak):**
Fungsi : Menggerakkan valve plug atau disk dengan menggunakan tekanan udara.
3. **Positioner:**
Fungsi : Mengatur tekanan udara yang masuk ke actuator berdasarkan sinyal kontrol yang diterima dari sistem kontrol (biasanya berupa sinyal 4-20 mA atau 0-10 V).
4. **Valve Plug/Disk:**
Fungsi : Bagian internal yang bergerak untuk membuka atau menutup jalur aliran di dalam body valve.
5. **Stem (Batang Katup):**
Fungsi: Menghubungkan actuator dengan valve plug atau disk, mentransfer gerakan dari actuator ke plug atau disk.
6. **Bonnet:**
Fungsi : Menutupi bagian atas valve dan memberikan seal di sekitar stem untuk mencegah kebocoran.
7. **Diaphragm (Diafragma) atau piston:**
Fungsi : Bagian dalam actuator yang bergerak berdasarkan tekanan udara yang masuk.
8. **Spring (Pegas)**
Fungsi: Memberikan tekanan balik untuk mengembalikan valve ke posisi semula atau default saat tekanan udara hilang.
9. **Seat (Tempat duduk katup):**
Fungsi : Permukaan di dalam body valve di mana plug atau disk duduk saat valve dalam posisi tertutup, memastikan seal yang rapat untuk mencegah kebocoran.
10. **Packing:**
Fungsi : Material sealing yang ditempatkan di sekitar stem untuk mencegah kebocoran fluida di sepanjang stem.
11. **Air Filter Regulator:**
Fungsi: Menyaring dan mengatur tekanan udara yang masuk ke actuator.

12. Tubing dan Fitting (Pipa dan Fitting)

Fungsi: Saluran udara yang menghubungkan positioner dengan actuator dan sumber udara bertekanan.

12. Scaling Data

Scaling data adalah proses untuk mengubah rentang atau skala data menjadi rentang yang lebih mudah diinterpretasikan atau cocok untuk analisis yang akan dilakukan. Tujuan utama dari scaling data adalah untuk menormalkan atau menyesuaikan data agar memiliki rentang yang seragam atau sesuai dengan persyaratan tertentu. Untuk mendapatkan scaling data dilakukan dengan cara interpolasi, terdapat 2 variabel yaitu x dan y. Untuk praktikum ini, nilai y dimisalkan presentase positioner control valve (0-100%) dan x adalah sinyal analog (4-20 mA)

$$\frac{y - y1}{y2 - y1} = \frac{x - x1}{x2 - x1}$$
$$y - y1 = \frac{x - x1}{x2 - x1} (y2 - y1)$$
$$y = y1 + \frac{x - x1}{x2 - x1} (y2 - y1)$$

Dimana:

- y = presentase positioner control valve yang dicari
- y1 = lower positioner control valve persentage
- y2 = upper positioner control valve percentage
- x = pembacaan sinyal analog yang diketahui
- x1 = lower interger analog
- x2 = upper interger analog

Prosedur Praktikum 1 - Perancangan Sistem Kontrol Flow dan Level pada Tanki

Overview

Praktikum ini berfokus pada perancangan sistem kontrol pada tangki air menggunakan software HYSYS, di mana mahasiswa diharapkan dapat mempelajari cara mendapatkan parameter tuning PID melalui uji open loop dan menganalisis respon dinamik dari Level Controller yang dipasang pada Water Tank.

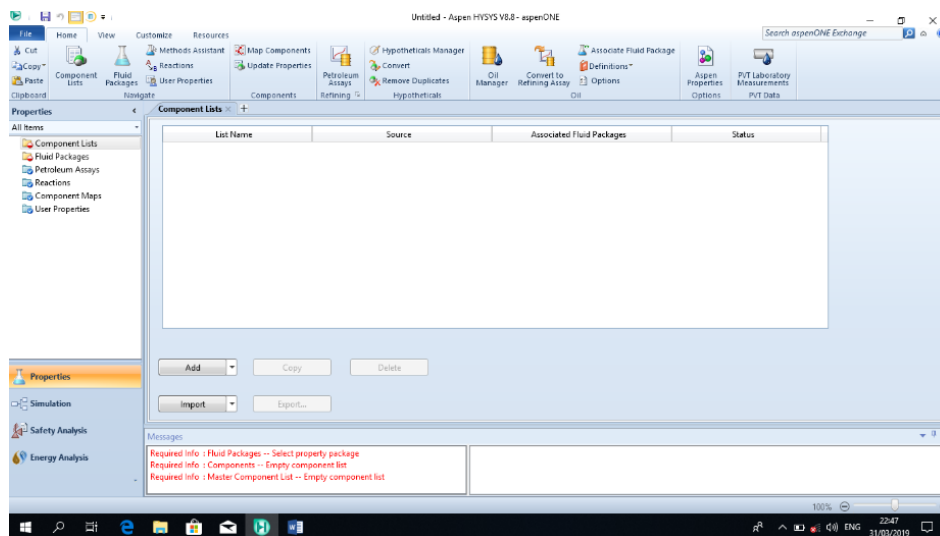
Tahap Persiapan Praktikum

Sebelum kegiatan praktikum berlangsung, diharapkan praktikan dapat mempersiapkan beberapa hal seperti berikut.

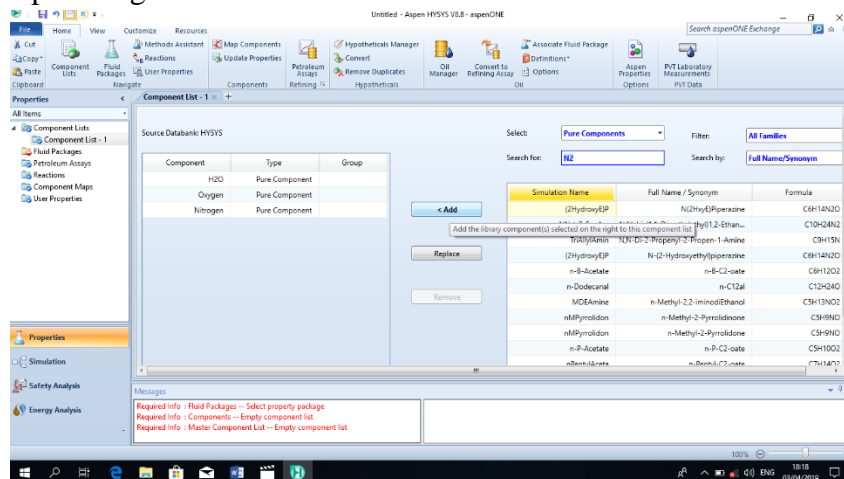
1. Laptop yang telah terinstall HYSYS
2. Excel untuk pengolahan data

Tahap Praktikum

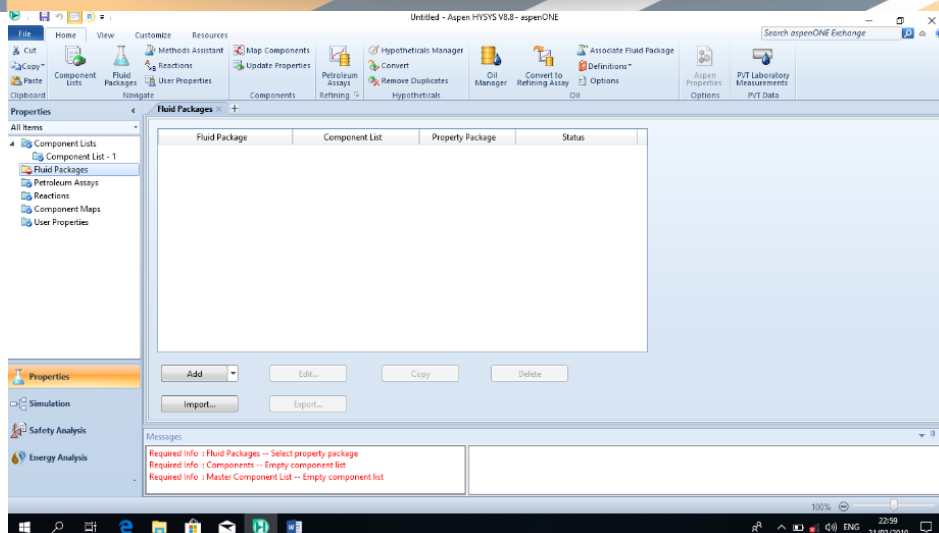
1. Buka software HYSYS yang telah diinstall pada laptop
2. Pilih [new] untuk membuat halaman kerja baru, kemudian akan muncul seperti gambar berikut



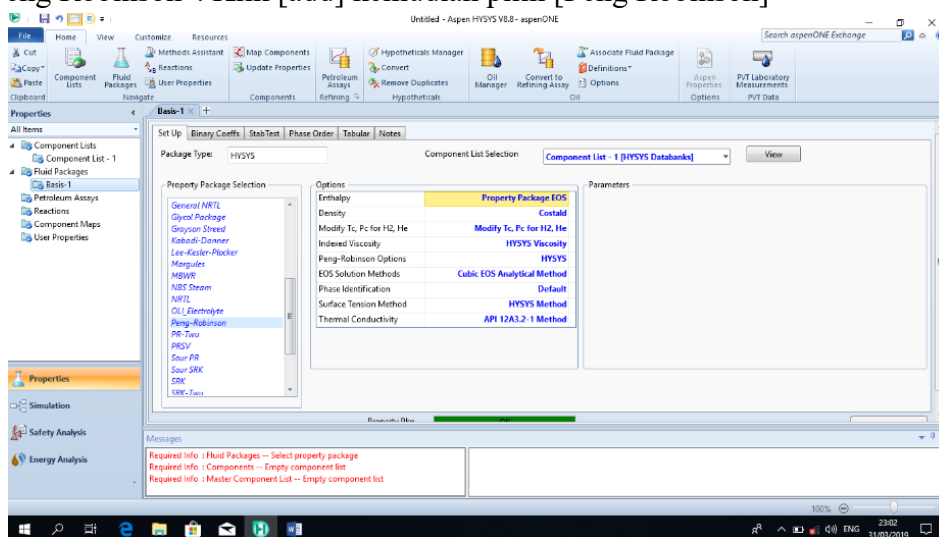
3. Tambahkan komponen yang digunakan pada proses pada bagian [Component List]. Cari komponen pada bagian [search for], dan klik [add] hingga komponen yang dipilih muncul pada bagian sebelah kiri.



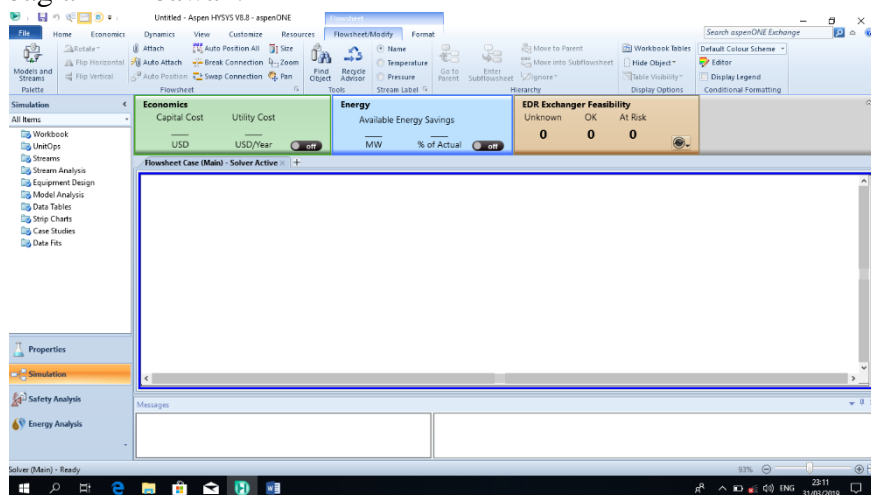
4. Klik pada bagian [fluid package] untuk memilih persamaan keadaan (equation of state) yang sesuai dengan proses



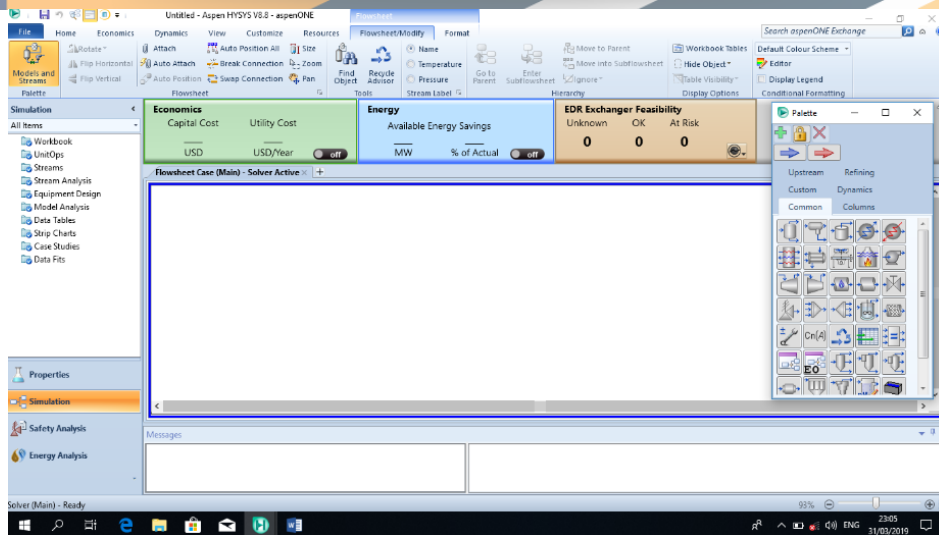
5. Untuk proses dengan komponen utama air, maka dipilih persamaan keadaan milik “Peng Robinson”. Klik [add] kemudian pilih [Peng Robinson]



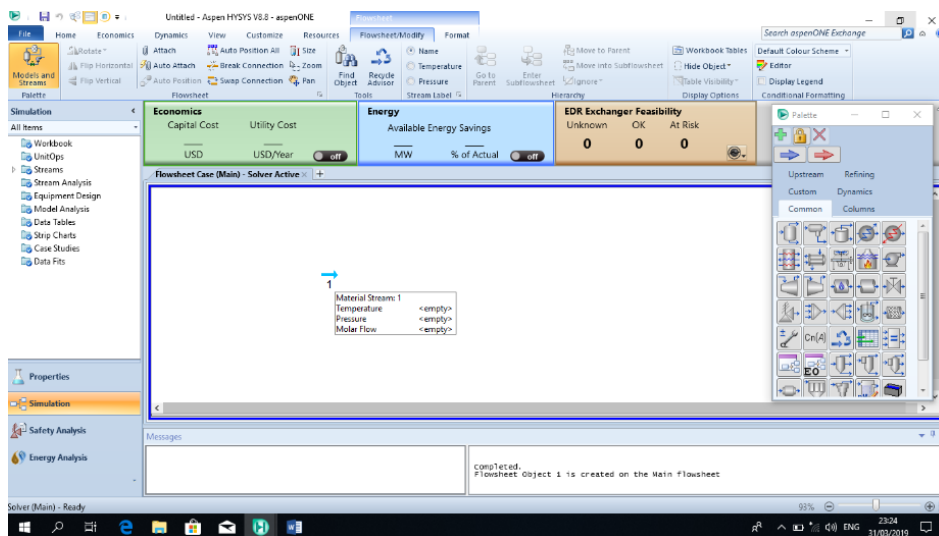
6. Setelah menambahkan komposisi dan persamaan keadaan yang digunakan, maka menuju [flowsheet case] untuk membuat simulasi proses dengan cara klik [Simulation] pada bagian kiri bawah.



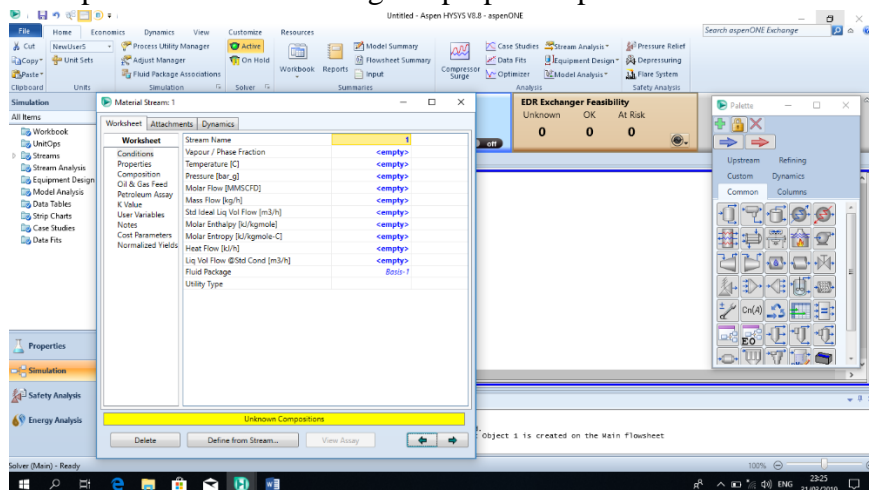
7. Untuk menggambarkan proses yang diinginkan, munculkan pallette dengan pada menu [flowsheet/modify], pilih [models and streams]



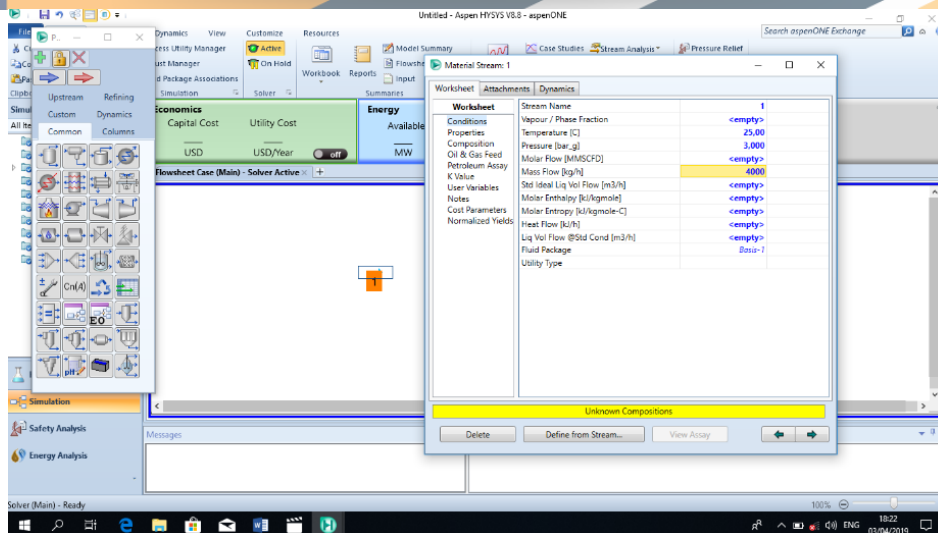
8. Untuk menggambarkan proses pada tangki air, maka dalam melakukan desain proses dimulai dari proses awal sesuai urutan. Pertama adalah pilih steam berwarna biru tua yang menggambarkan *main stream* pada proses, drag, kemudian letakkan pada flowsheet.



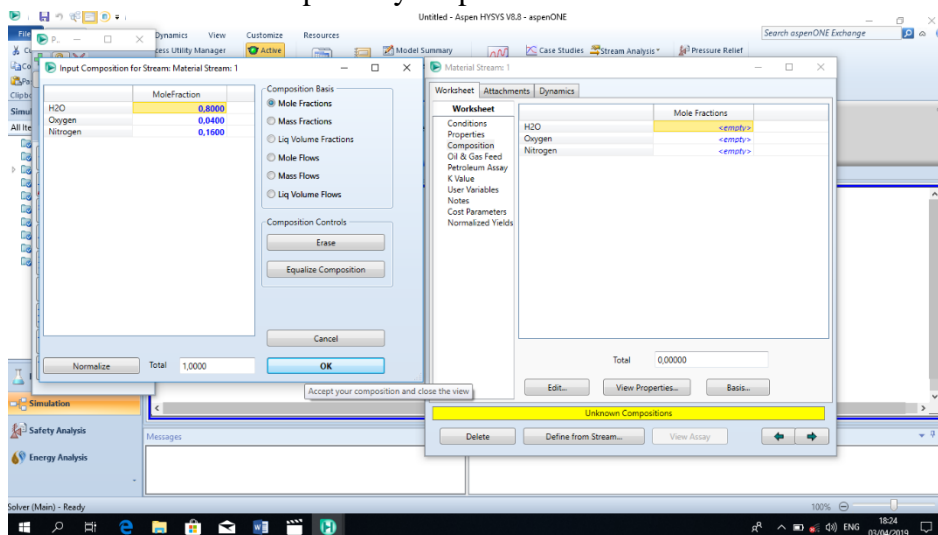
9. Klik 2 kali pada steam untuk mengatur properties pada stream tersebut.



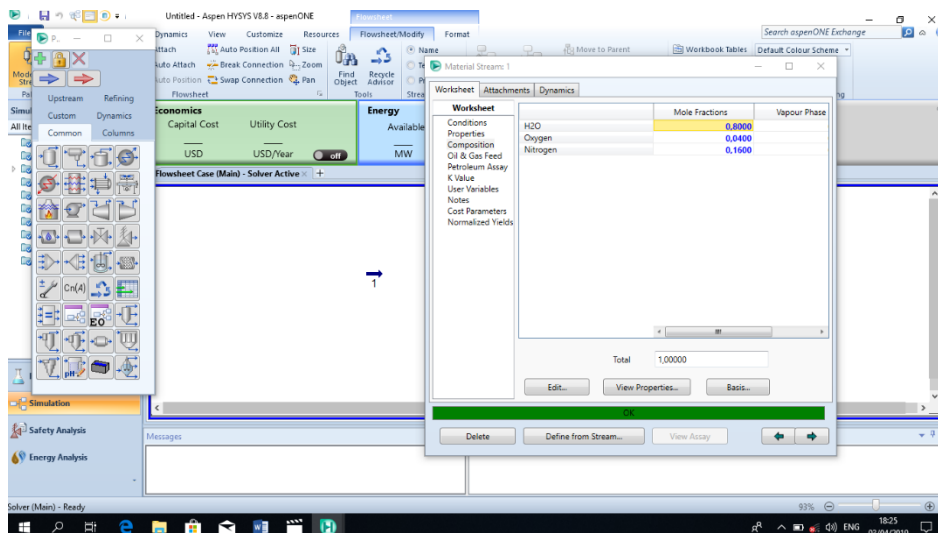
10. Atur [Condition] stream seperti berikut.



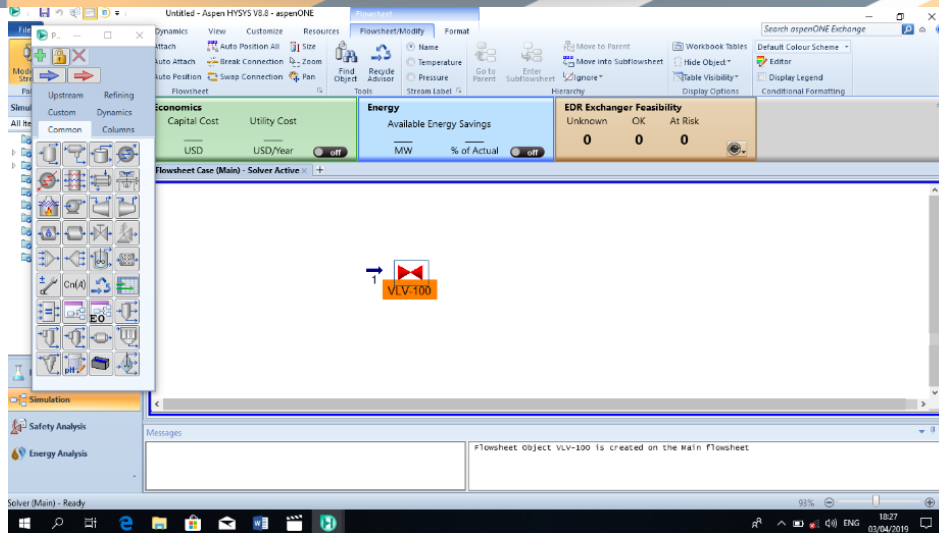
11. Atur [Composition] stream seperti berikut. Pilih [composition], klik [Edit], kemudian isikan fraction untuk komposisinya seperti berikut. Klik OK.



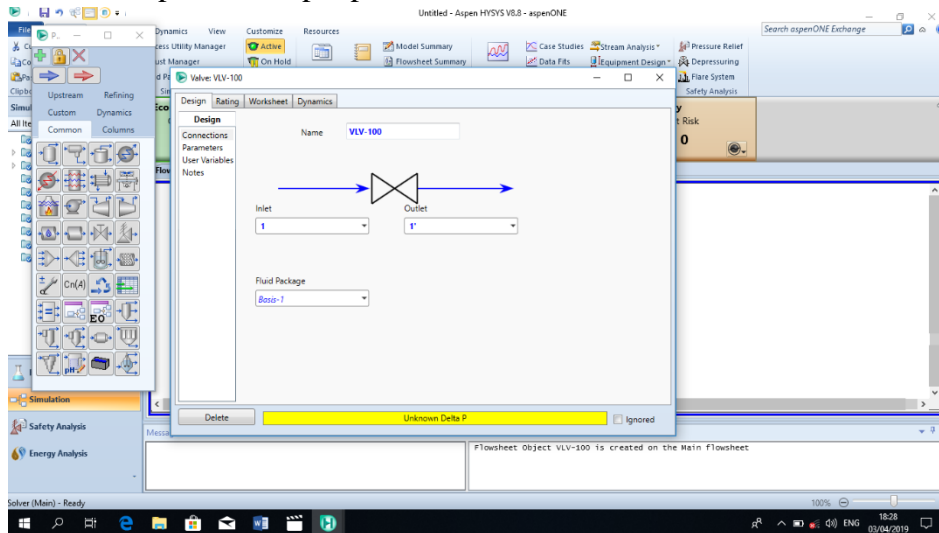
12. Apabila pengaturan stream telah selesai maka identifikasi berwarna hijau dan stream berubah warna dari biru muda ke biru tua.



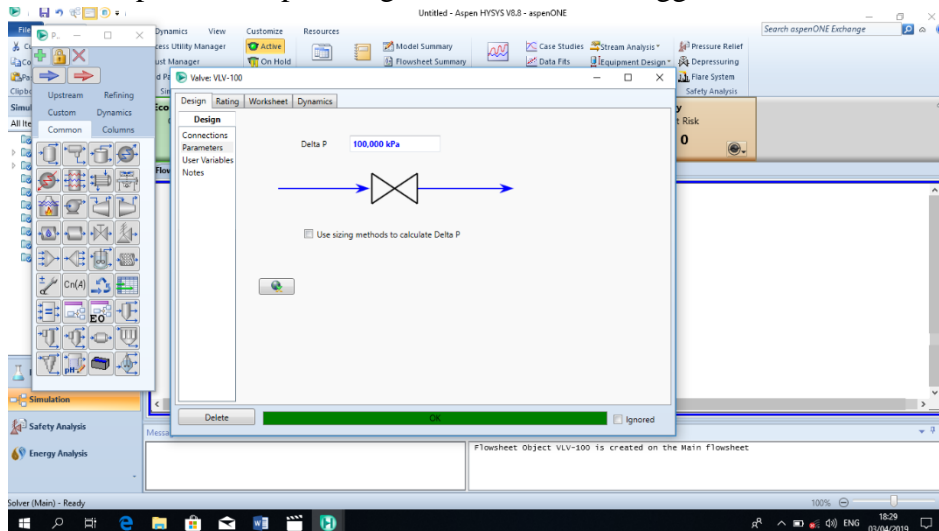
13. Tambahkan *valve* pada pallette



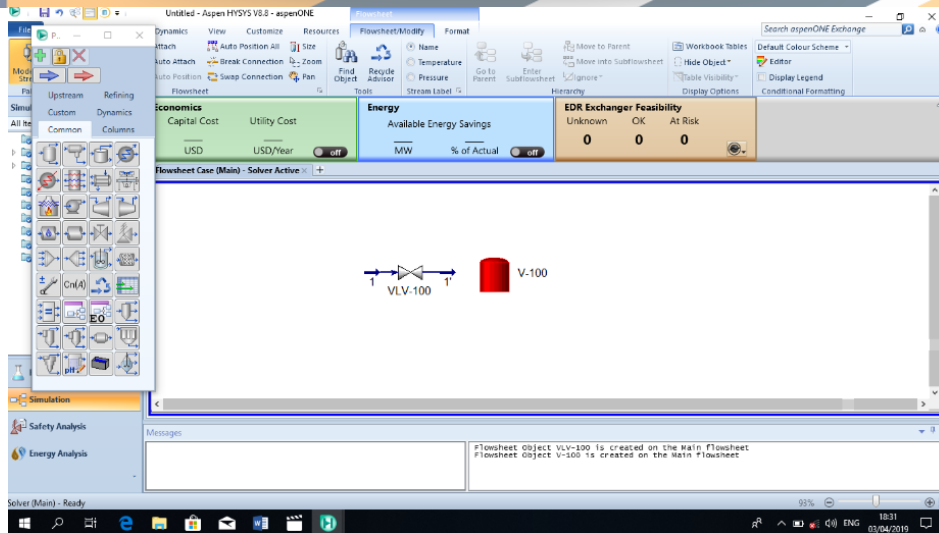
14. Atur stream input dan output pada valve.



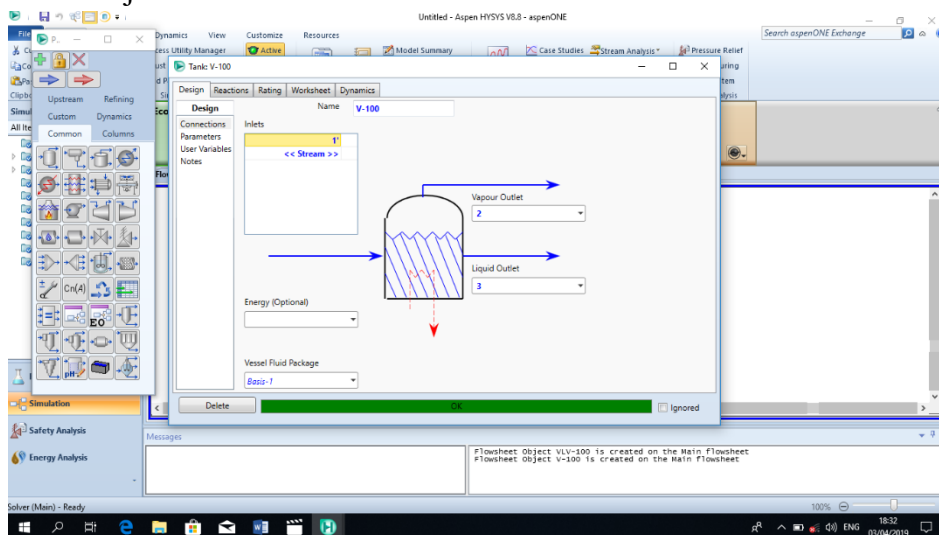
15. Atur delta P pada valve pada bagian [Parameters] hingga indikator berwarna hijau



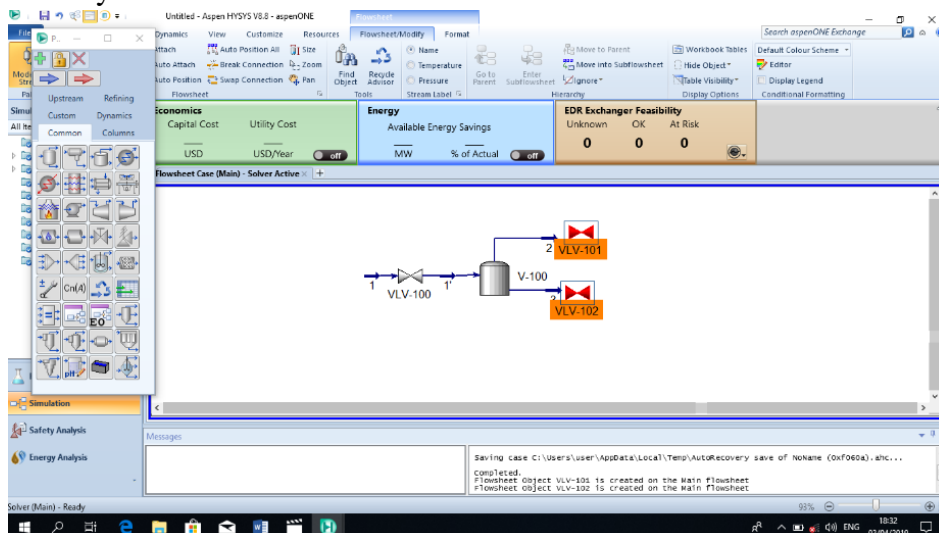
16. Lanjutkan desain dengan memilik [Tank] pada pallette, drag, dan letakkan pada flowsheet.



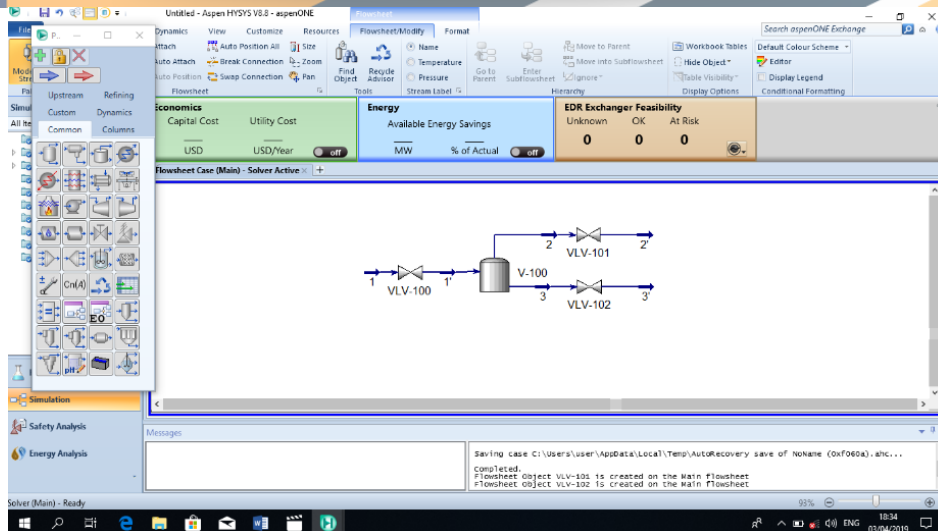
17. Klik 2x pada tanki dan atur stream pada tangka sebagai berikut hingga tombol indikasi berwarna hijau.



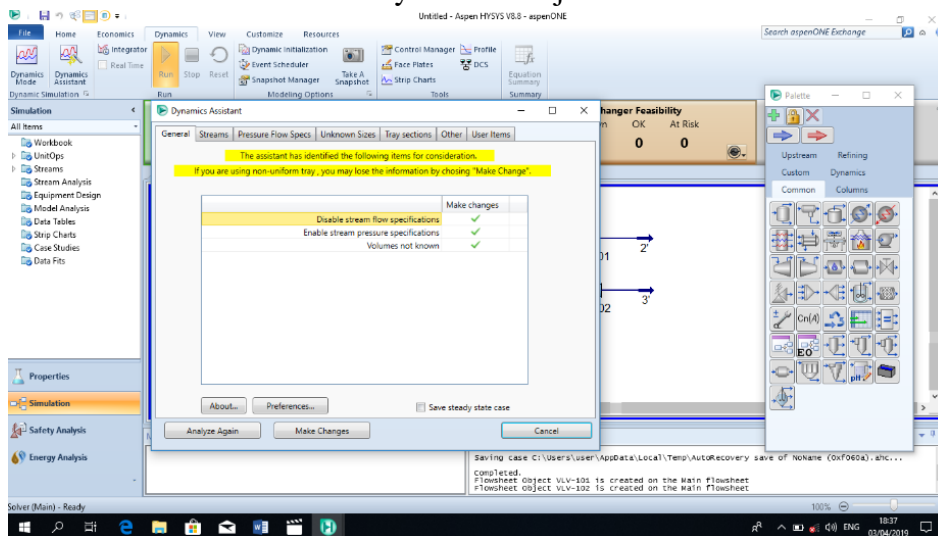
18. Tambahkan 2 valve pada setiap stream yang keluar dari tangki. Atur valve seperti sebelumnya.



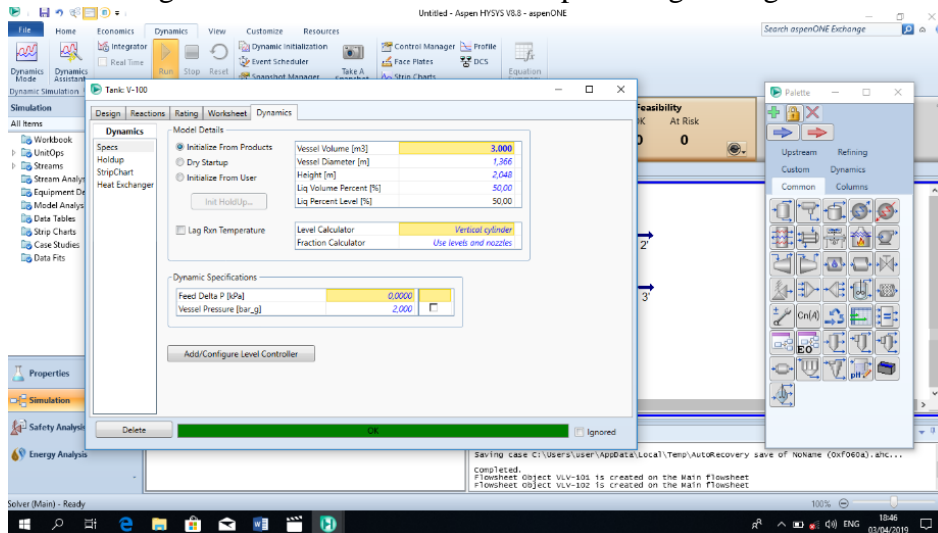
19. Desain dalam keadaan steady state untuk proses tangka telah berhasil dilakukan dengan tanda seluruh stream berwarna biru tua sebagai berikut.

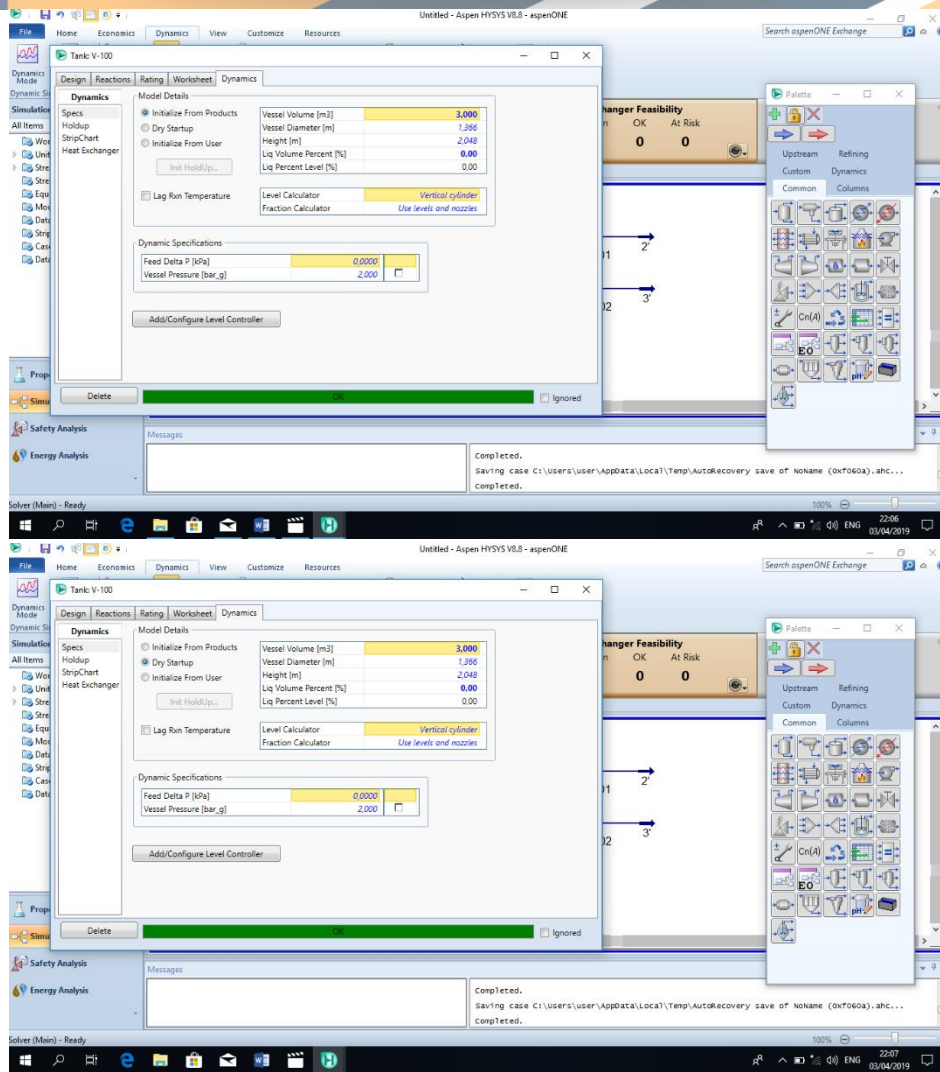


20. Ubah keadaan proses menjadi dynamic dengan memilih menu [Dynamics], Klik [Dinamics Assistant] untuk menunjukkan kondisi-kondisi yang diperlukan apabila sistem diubah dari keadaan steady state menuju dinamik

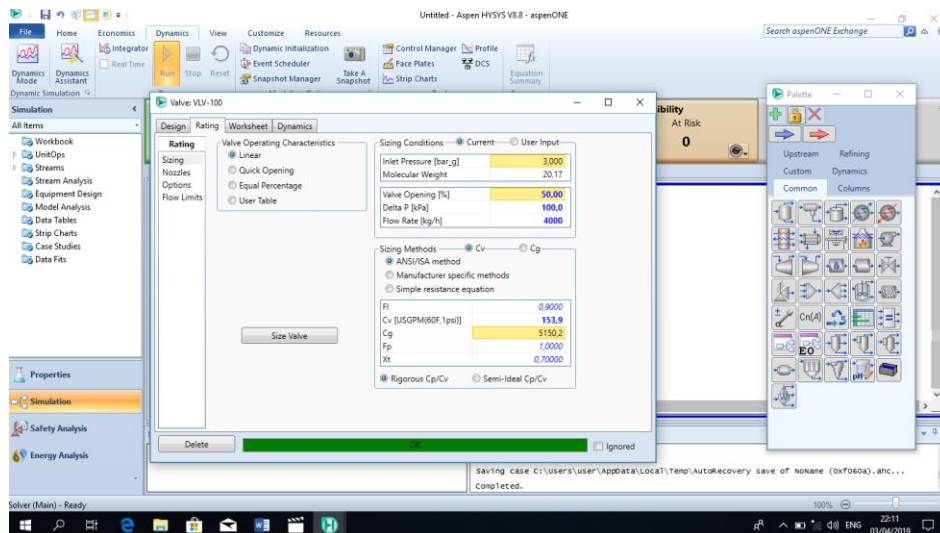


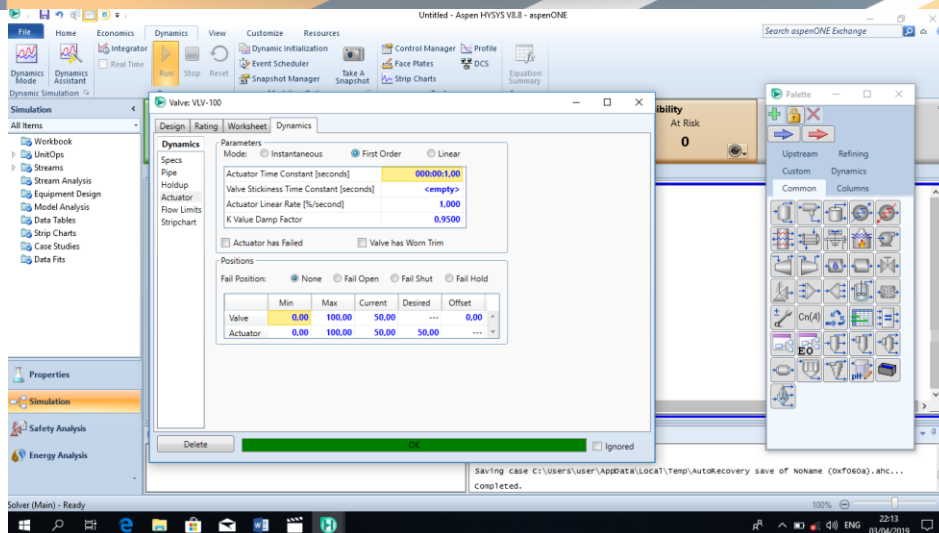
21. Sesuai keterangan tersebut maka atur volume pada tangki dengan ukuran 3 m^3



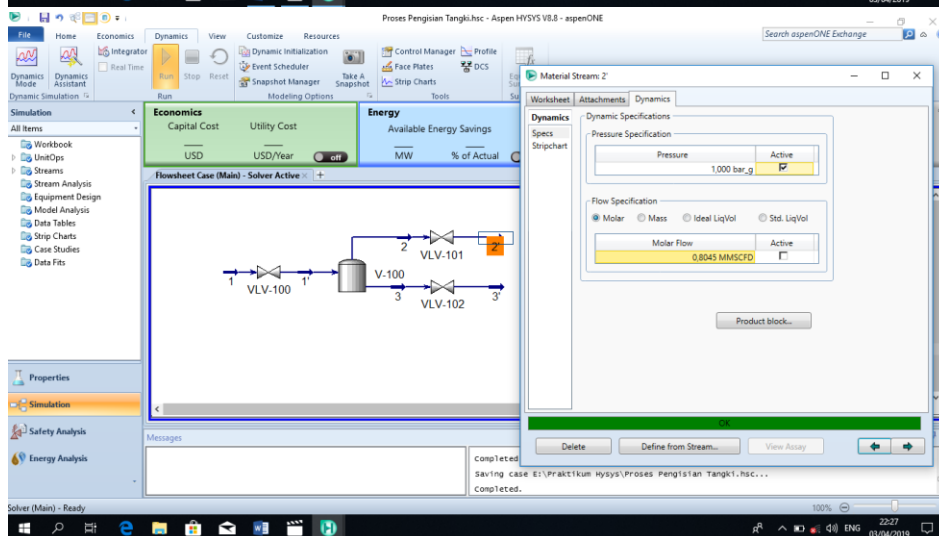
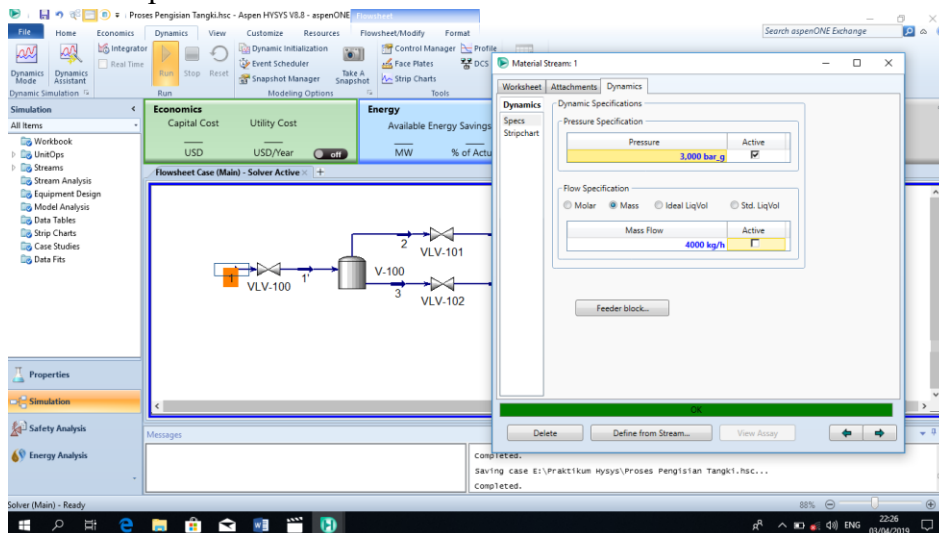


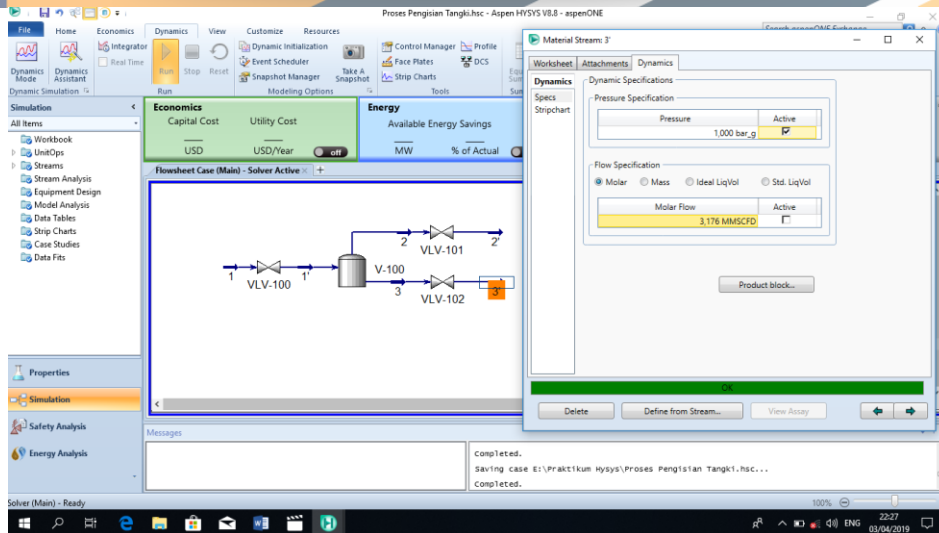
22. Lakukan sizing valve seperti berikut dengan cara klik [Size Valve] yang akan dilakukan oleh HYSYS.



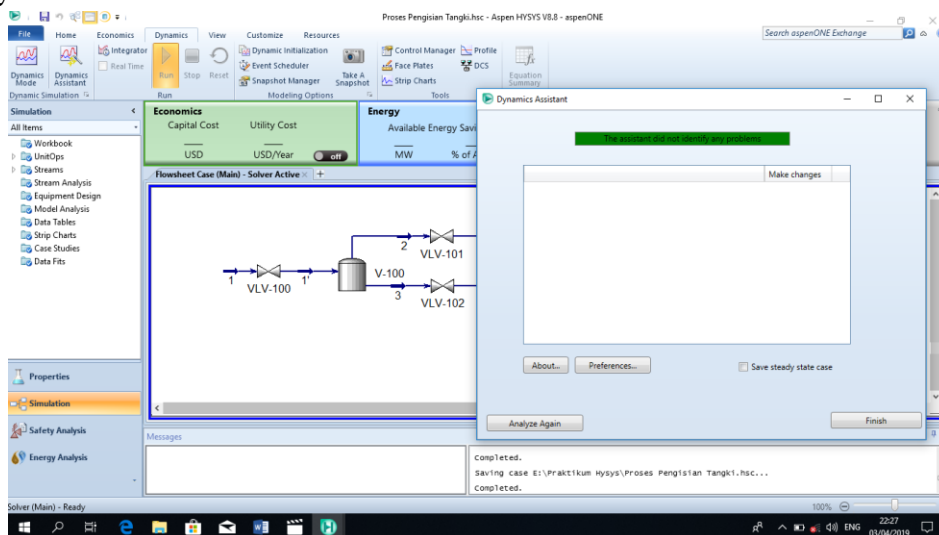


23. Hilangkan centang Flow Spesification pada stream 1 dan Centang Pressure Spesification pada stream 2' dan 3'.

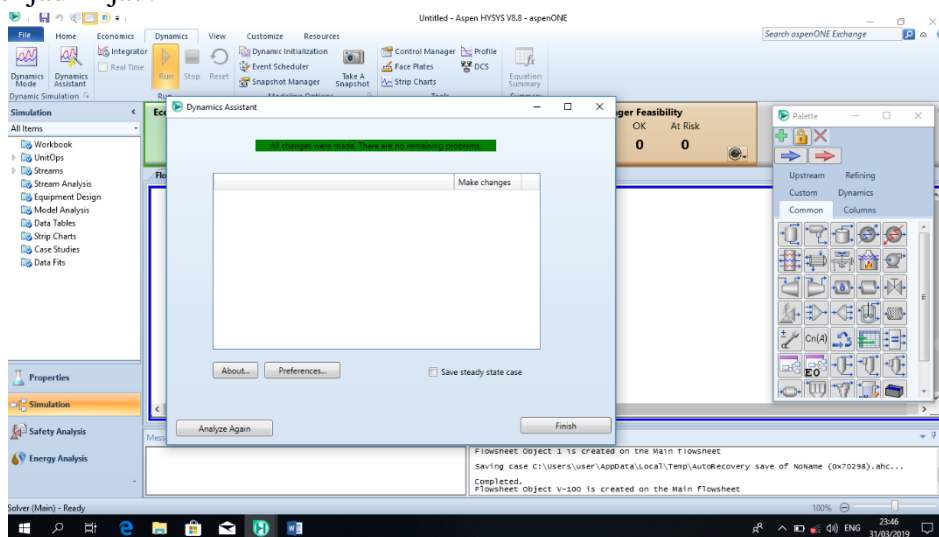




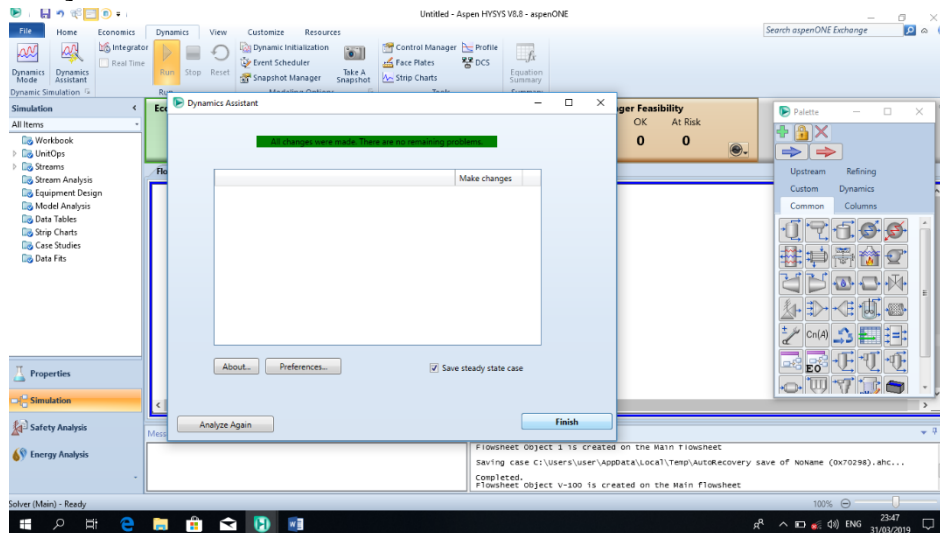
24. Pengaturan sesuai instruksi dari Dynamic Asisstant telah diselesaikan. Cek kembali Dynamic Asisstant.



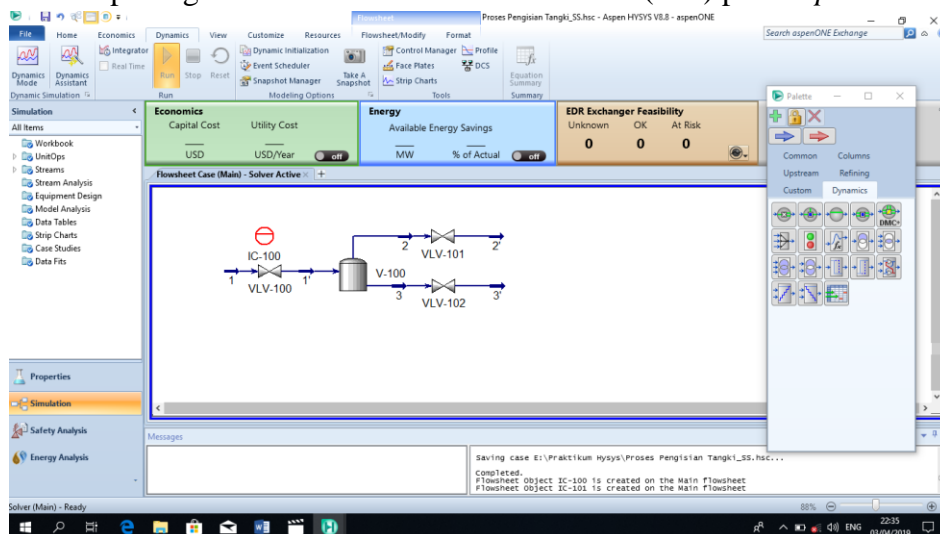
25. Cara lain bisa dengan melakukan klik [Make Changes] untuk melakukan update pada proses sesuai perhitungan yang dilakukan software hingga indikator berubah warna menjadi hijau.



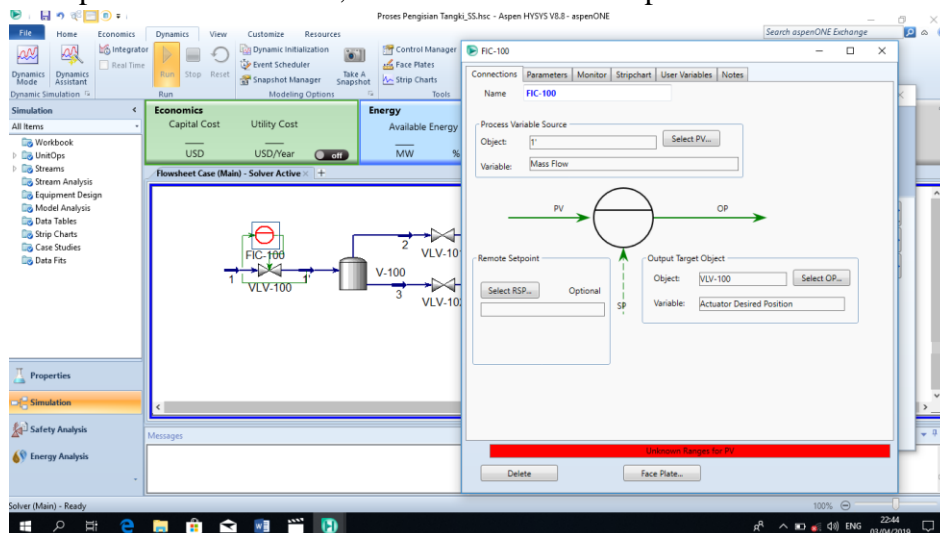
26. Centang [Save steady state case] untuk menyimpan keadaan steady state dan klik [Finish]



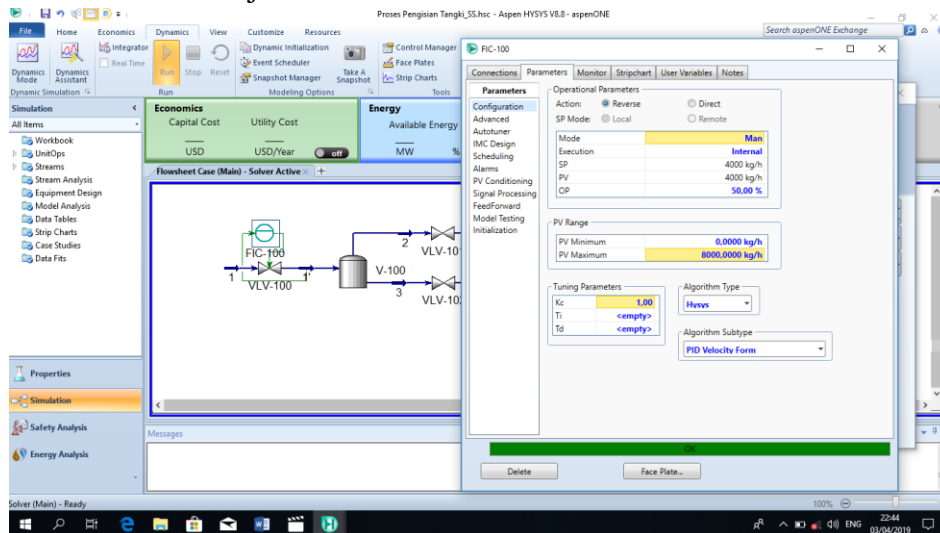
27. Tambahkan PID Controller pada pallette, drag dan letakkan ada flowsheet. PID yang pertama dipasang adalah *Flow Indicator Controller (FIC)* pada *input stream*



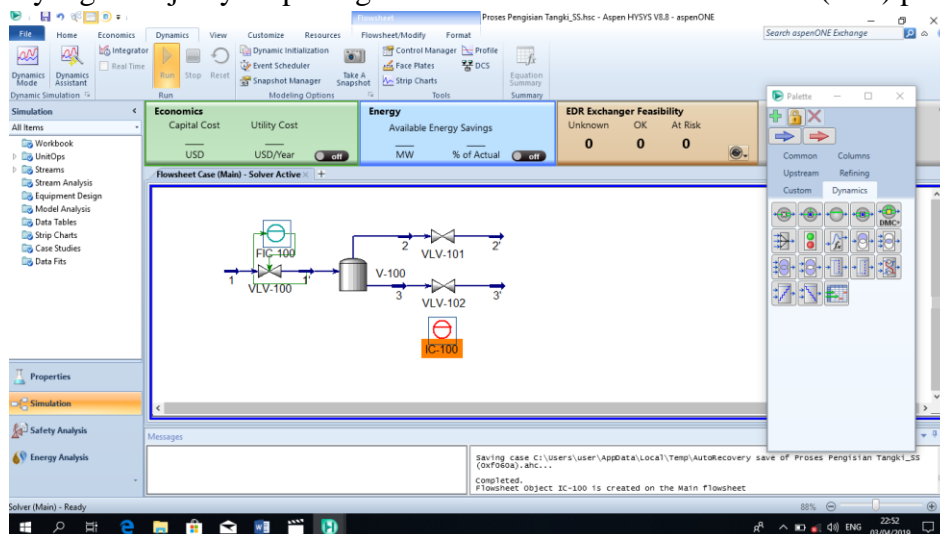
28. Klik 2x pada PID Controller, dan atur PV dan OP seperti berikut.



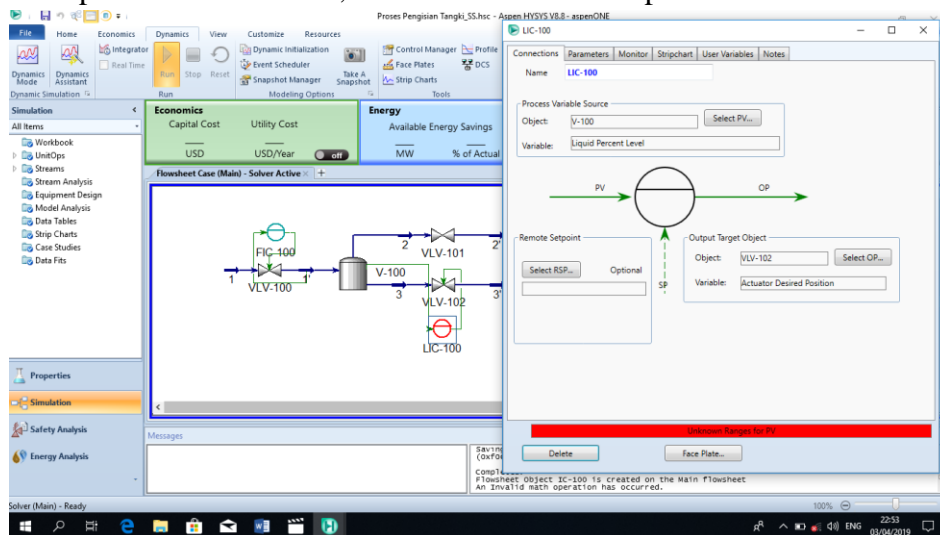
29. Pindah pada bagian [Parameters], atur PV minimum dan maksimum pada proses hingga indikator berwarna hijau tua.



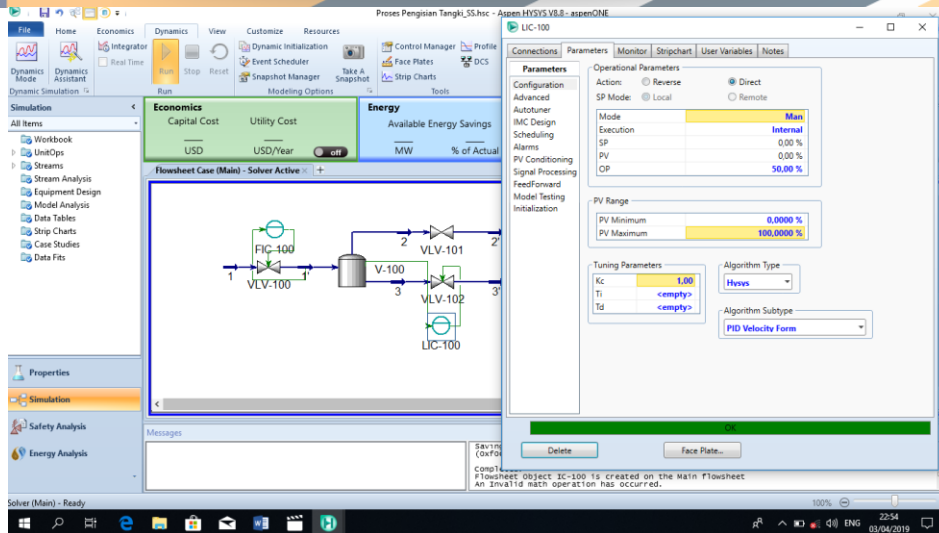
30. Tambahkan PID Controller pada pallette yang kedua, drag dan letakkan ada flowsheet. PID yang selanjutnya dipasang adalah *Level Indicator Controller* (LIC) pada tangki.



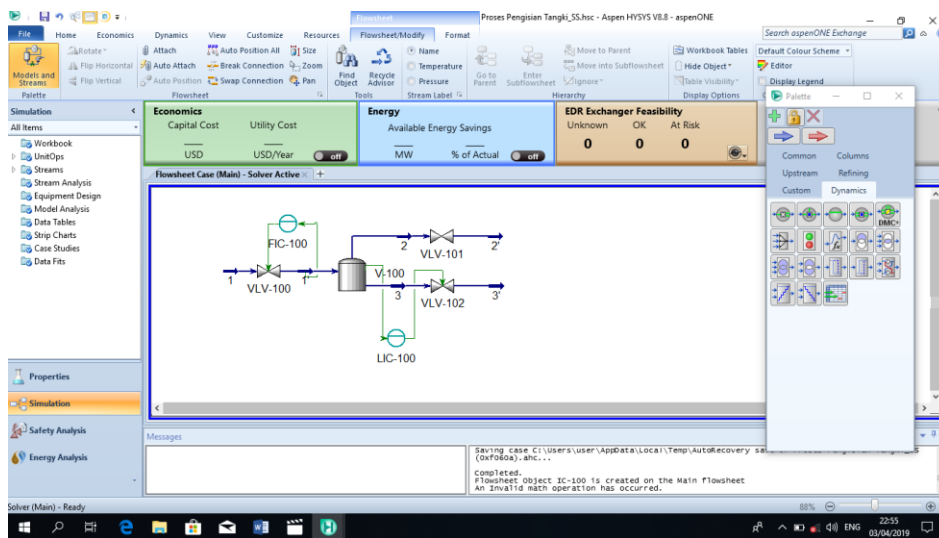
31. Klik 2x pada PID Controller, dan atur PV dan OP seperti berikut.



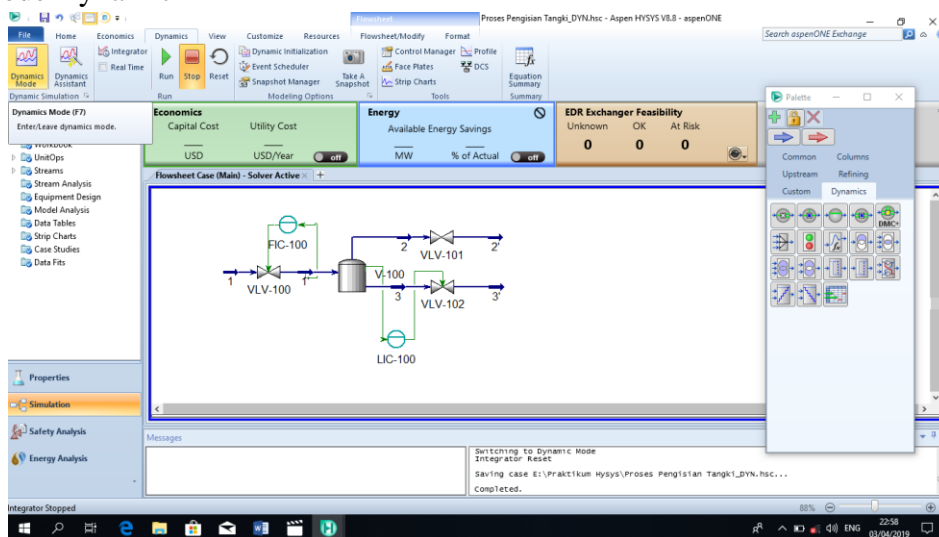
32. Atur [PV Range] dan atur [Action] yang terjadi pada proses



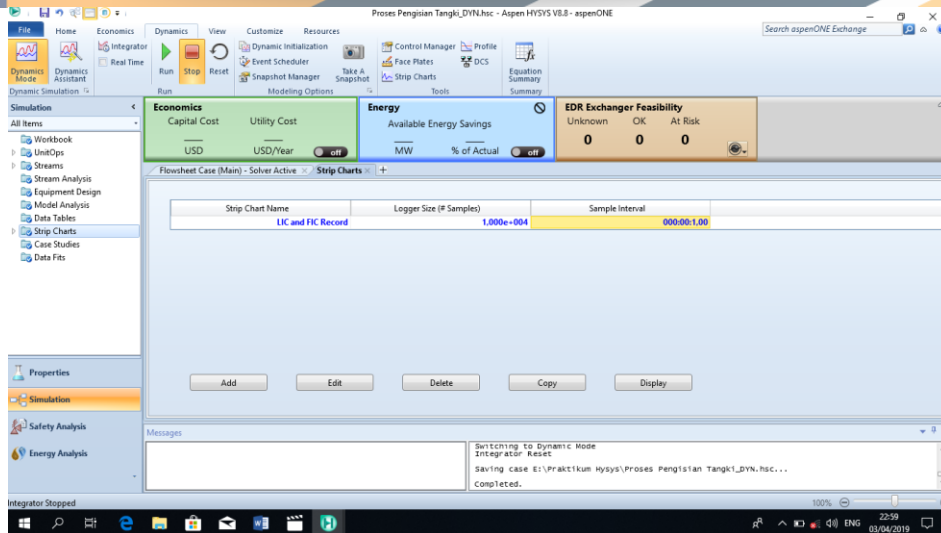
33. Pemasangan kontrol selesai. Proses siap diubah dari keadaan *steady state* menuju *dynamic*.



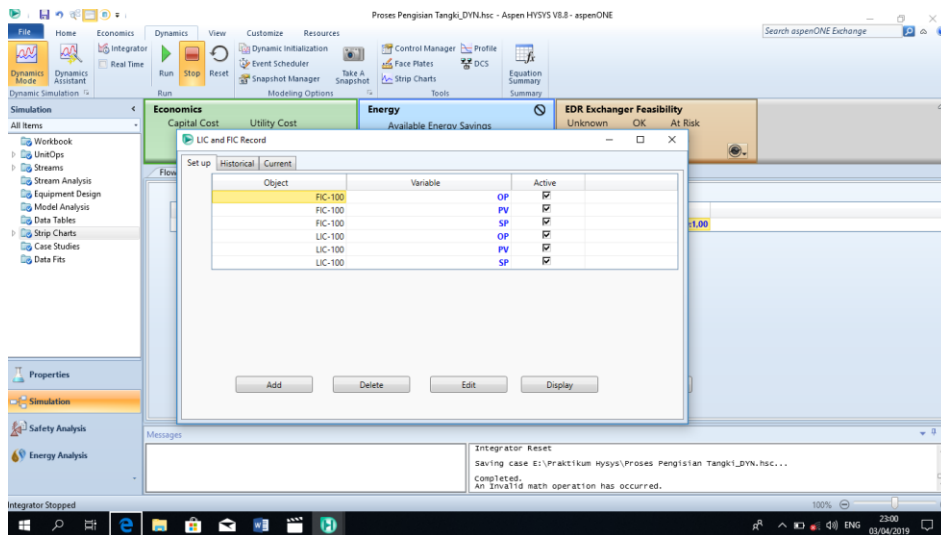
34. Mode Dynamic



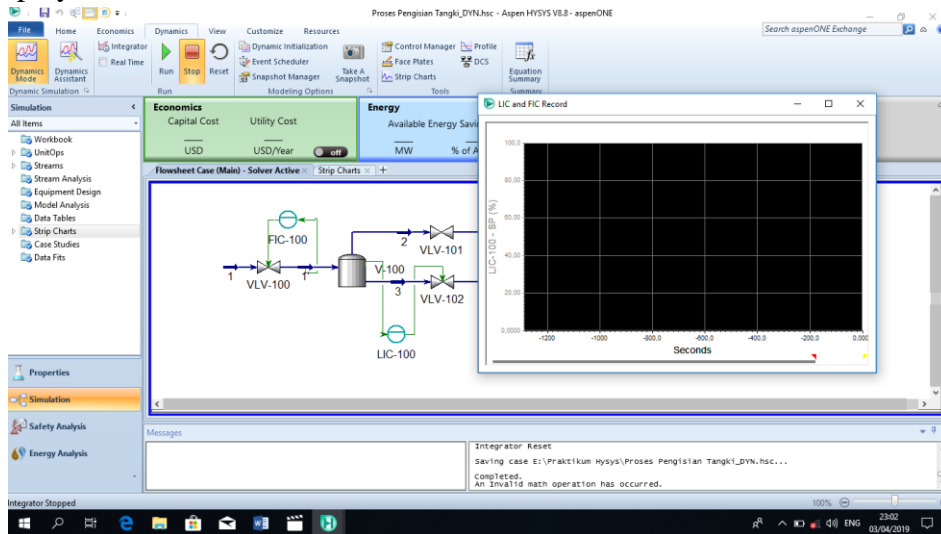
35. Strip Chart



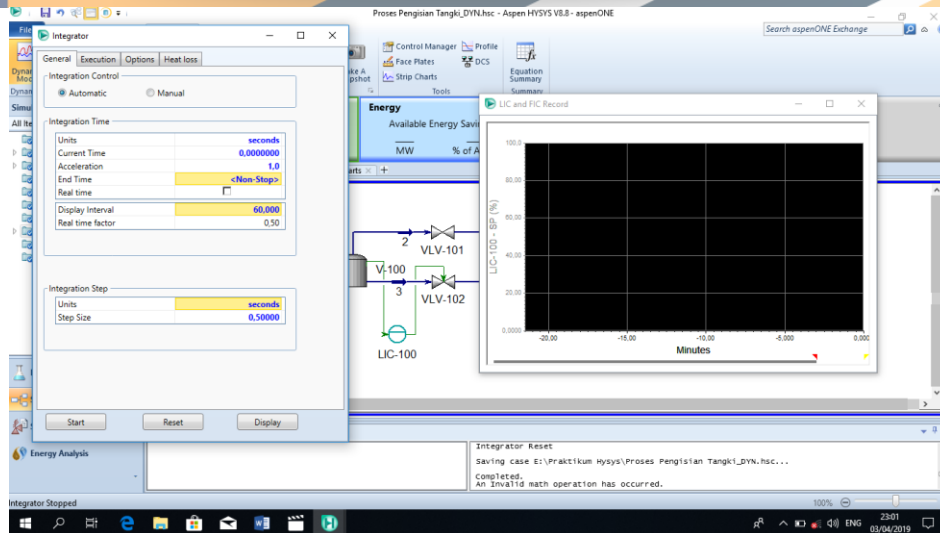
36. Edit



37. Display



38. Integrator



Tahap Pasca Praktikum

1. Lakukan uji open loop pada LIC dan FIC untuk mendapatkan parameter yang dibutuhkan dalam melakukan tuning PID
2. Tentukan parameter kontrol dalam tuning PID dengan menggunakan persamaan Ziegler Nichols
3. Analisis karakteristik respon yang dihasilkan setelah melakukan tuning PID
4. Tuliskan laporan praktikum sesuai dengan format template pada Lampiran 6

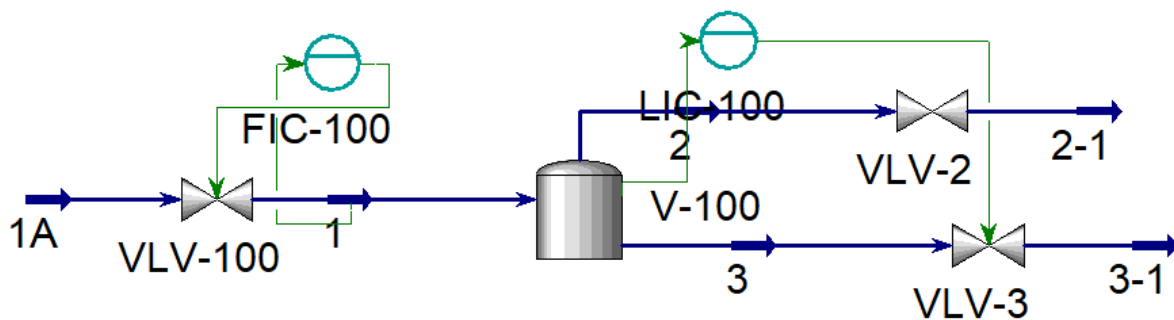
Prosedur Praktikum 2 - Analisis Performa Sistem Kontrol Menggunakan Aplikasi Hysys dan Matlab

Overview

Praktikum ini bertujuan untuk melakukan pengujian open loop pada sistem tangki air, dimana mahasiswa akan menggunakan software HYSYS untuk mendapatkan parameter sistem (gain, time constant, dan dead time) yang kemudian digunakan untuk membangun model matematis sistem dalam Matlab Simulink dan menghitung parameter tuning PID menggunakan metode Ziegler-Nichols.

Tahap Persiapan Praktikum

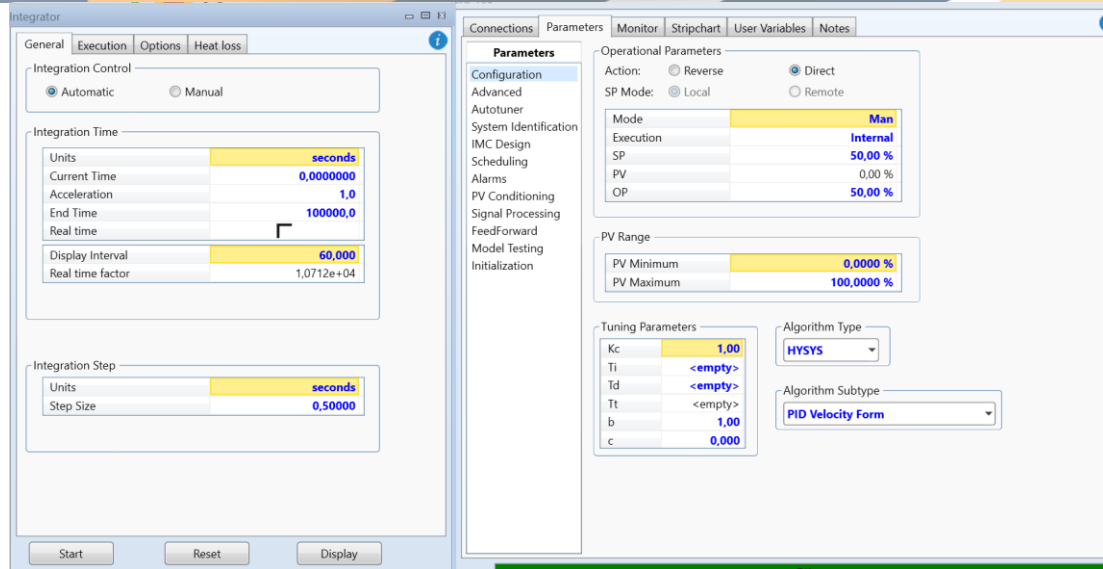
1. Buka software HYSYS yang telah diinstall di laptop atau PC
2. Buatlah rancangan simulasi seperti pada gambar berikut :



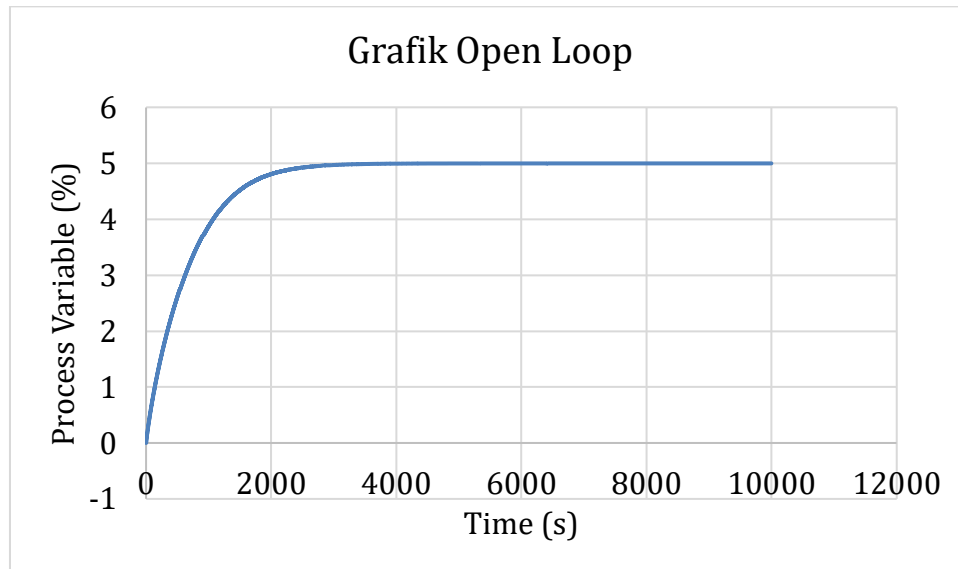
Dengan komposisi dan properties sebagai berikut :

| Komposisi | | |
|------------------|---------------|------|
| H ₂ O | Mole fraction | 0.8 |
| O ₂ | Mole fraction | 0.04 |
| N ₂ | Mole fraction | 0.16 |
| Properties | | |
| Temperature | °C | 25 |
| Pressure | barg | 3 |
| Mass | kg/h | 4000 |

3. Simpanlah rancangan simulasi yang telah dibuat (Static Mode)
4. Kemudian simpanlah kembali (Save As) untuk Dyanmics Mode
5. Pada Dynamics Mode buatlah volume tanki 8m³. Dengan *setpoint* level 50%. Pada LIC pilihlah mode “Manual” untuk percobaan openloop.



6. Ambillah data selama 100000 seconds, sehingga didapatkan data seperti pada grafik berikut:



Contoh:

Diketahui dari data percobaan openloop dengan Hysys dapat dilihat pada **Lampiran Contoh P2 Data Hysys di Link Kebutuhan Praktikum**, didapatkan:

$$\Delta PV = 5\%$$

$$\Delta MV (OP) = 50\%$$

$$Gain(K_p) = \frac{\Delta PV}{\Delta MV} = 0.1$$

$$T_{63\%}(s) = 676s$$

$$T_{28\%}(s) = 212s$$

$$Time\ constant\ (T) = 1.5 \times (T_{63\%} - T_{28\%}) = 696s$$

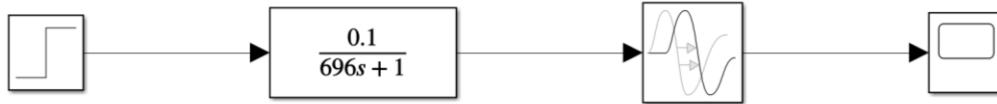
$$Dead\ time(L) = (T_{63\%} - T) = 20s$$

Sehingga didapatkan persamaan untuk *control system* yang telah dibuat.

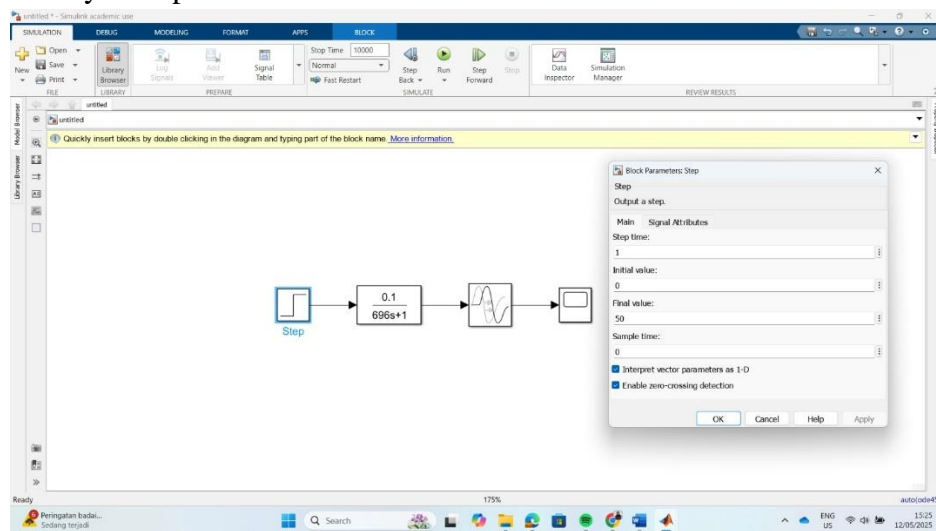
$$G(s) = \frac{K_p}{T_p s + 1} e^{-\theta s} = \frac{0.1}{696 s + 1} e^{-20s}$$

Tahap Praktikum

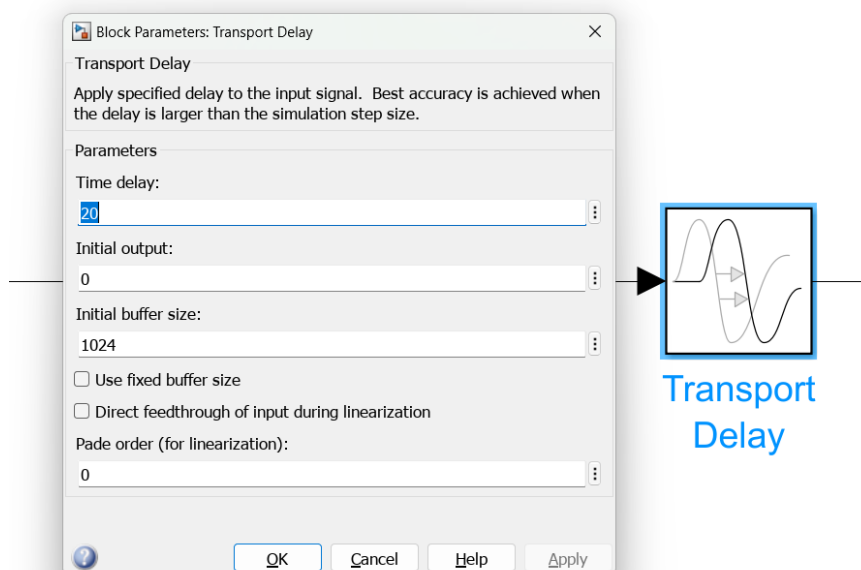
1. Buka software Matlab yang telah diinstall di laptop atau PC
2. Buka Simulink
3. Buatlah pemodelan control system openloop dengan memasukkan persamaan yang telah didapat dari percobaan menggunakan Hsys



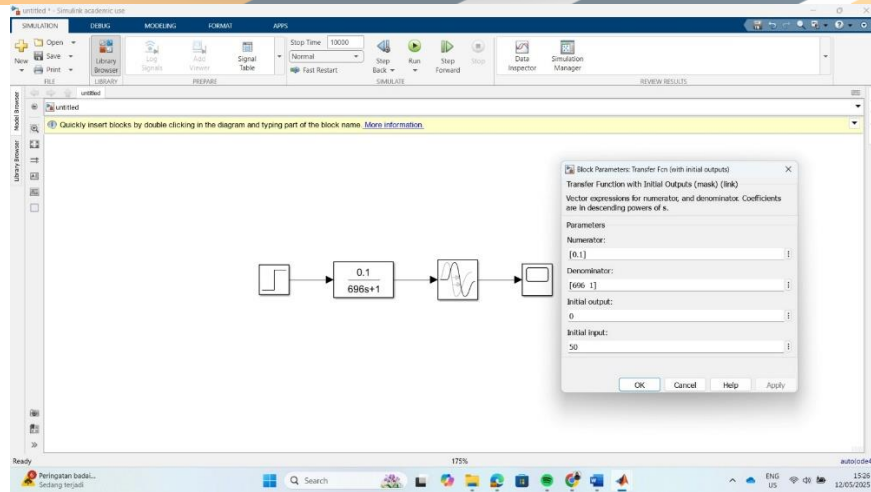
Pada Sinyal Step masukkan nilai final value



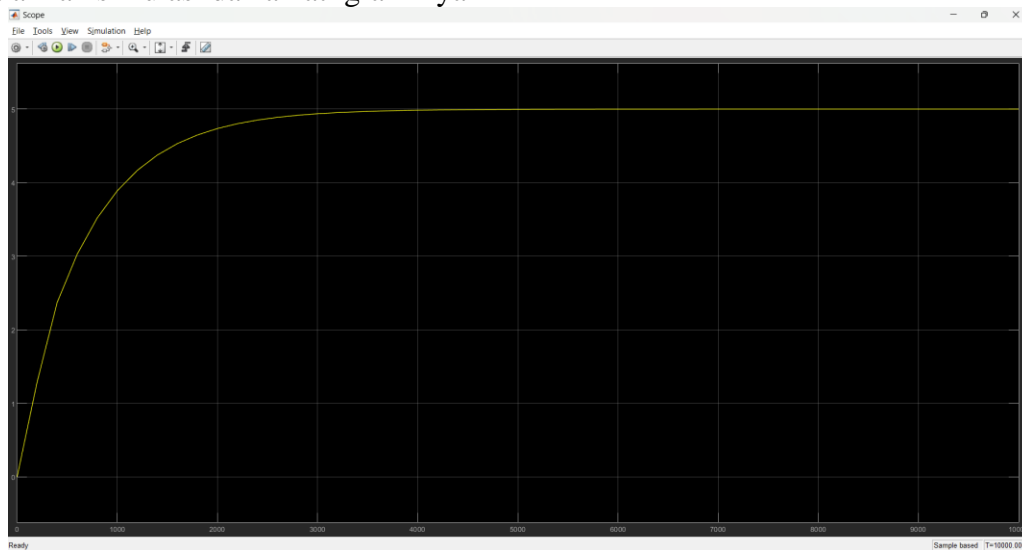
Pada transport delay isilah time delay sesuai dengan nilai Dead Time



Pada Transfer Function Masukkan nilai Gain dan Time Delay dan Initial input



4. Jalankan simulasi dan amati grafiknya



Tahap Pasca Praktikum

1. Bandingkan grafik hasil hysys dengan hasil grafik Matlab
2. Dari percobaan yang telah dilakukan pada praktikum 2, hitung nilai PID dengan metode Ziegler Nichols dan plot grafiknya menggunakan Software Hysys.

Prosedur Praktikum 3 – Control PID Pada Water Tank Plant

Praktikum ini bertujuan untuk memberikan pemahaman kepada mahasiswa tentang bagaimana BPCS bekerja dengan kontrol PID.

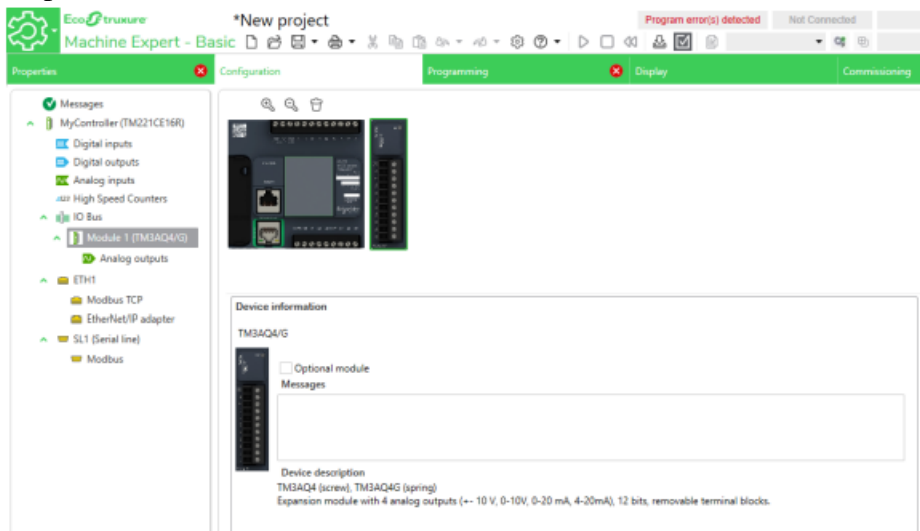
Tahap Persiapan Praktikum

Sebelum melakukan praktikum diharap mahasiswa telah menyiapkan alat dan bahan berikut:

1. Komputer/Laptop yang sudah terinstall software “EcoStruxure Machine Expert – Basic”
2. Plant water level control
3. Laptop/PC

Tahap Praktikum

1. Siapkan alat dan bahan sesuai pada modul
2. Pastikan seluruh koneksi pada panel sudah terhubung dengan listrik
3. Nyalakan kompressor dan lakukan check pressure pada regulator dan air dryer pada pressure 4 bar
4. Buka software ecostruxure machine expert – basic untuk membuat ladder diagram
5. Buatlah project baru, pilih type PLC menjadi TM221CE16R dan tambahkan analog output modul TM3AQ4



6. Sebelum membuat program ladder, lakukan konfigurasi ATV320 pada Serial Line Configuration

Serial line configuration

Protocol Settings

Protocol: **Modbus Serial IOScanner**

Serial line settings

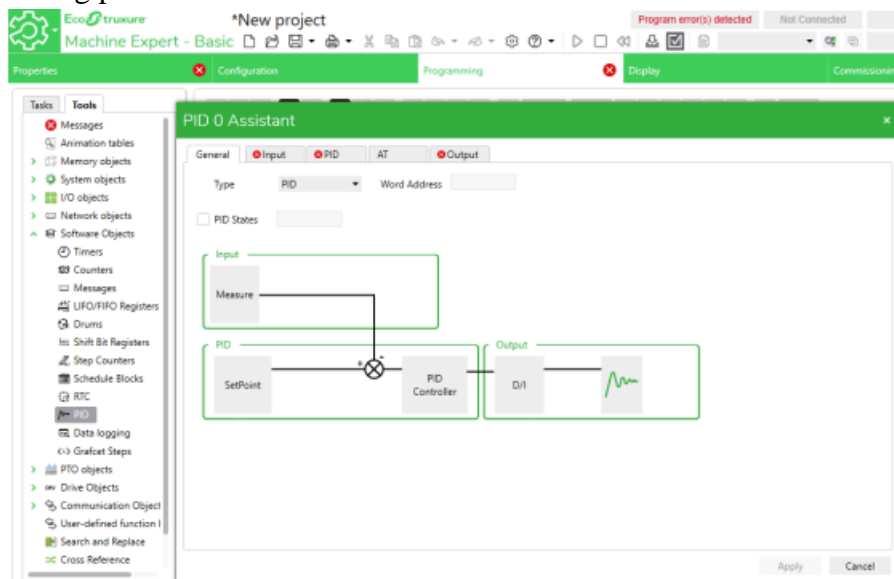
Baud rate: **9600**

Parity: **Even**

Data bits: **8**

Stop bits: **1**

7. Lalu lakukan konfigurasi PID untuk kontrol level pada toolbar “Software Object” dan setting parameter PID .



8. Buatlah program ladder diagram PID pada Control Level Water Tank Plant yang dilengkapi parameter level dan analog output control valve dengan mengikuti Diagram Alir Logic Control



9. Uploud Program pada PLC Schneider
10. Buka aplikasi Kepserver untuk melakukan konfigurasi pada OPC dan HMI
11. Sesuaikan alamat input dan output PLC yang ada pada manual book water tank plant
12. Buka aplikasi HMI untuk melakukan monitoring dan control pada water level tank plant
13. Buka XAMPP dan start database, agar data pada OPC dapat tersimpan pada database
14. Sebelum melakukan running, lakukan koneksi pada HMI. Masukkan parameter PID dan setpoint sesuai yang diinginkan
15. Tekan tombol start untuk running plant, amati grafik yang ada pada history, collecting data respon dinamik yang telah tersimpan
16. Lakukan analisis respon dinamik kontrol PID pada level water tank plant

Tahap Pasca Praktikum

1. Jelas Gambarkan Diagram Blok lengkap dengan Peralatan masing - masing flow diagram.
2. Jelaskan Spesifikasi Detail dari Manual Book Masing – Masing Equipment tersebut.
3. Sebutkan I/O List pada PLC Schneider
4. Cobalah Beberapa Mode Control serta Analisis respon dinamik dan lengkapi data pada tabel di bawah ini.

| Control Type | SP Flow Rate (L/min) | PID values (P, I, D) | Maximum Overshoot (%) | Settling Time (s) | Error Steady State (%) | Rise Time (s) |
|--------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|---------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

- | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
5. Analisislah sistem secara keseluruhan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kurikulum Prodi Sarjana Terapan Rekayasa Teknologi Instrumentasi
- [2] Modul HYSYS. Perancangan Sistem Kontrol.
- [3] M. Cable, “Calibration - A Technician’s Guide - ISA (2005)”.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Safety Induction

A. Identifikasi Bahaya dan Pendendalian Risiko

1. Bahaya Umum

- Paparan layar komputer dalam durasi panjang yang dapat menyebabkan kelelahan mata.
- Risiko kehilangan data akibat kesalahan penyimpanan atau gangguan perangkat lunak.
- Bahaya listrik dari perangkat keras seperti komputer dan adaptor.
- Ketidaktepatan hasil analisis akibat kesalahan input parameter sistem kontrol.

2. Pengendalian Risiko

- Gunakan Alat Pelindung Diri (APD) yang sesuai, seperti jas laboratorium dan sepatu tertutup.
- Pastikan komputer, jaringan, dan perangkat lunak (Hysys & Matlab) berfungsi dengan baik sebelum digunakan.
- Lakukan *double-check* terhadap input parameter dalam simulasi sistem kontrol untuk mencegah kesalahan proses.
- Hindari menyalakan atau mematikan perangkat tanpa instruksi dari supervisor atau asisten.
- Pastikan posisi duduk ergonomis dan atur jeda penggunaan komputer untuk menghindari kelelahan.

B. Prosedur Keamanan Darurat

1. Kebakaran

- Tekan tombol alarm kebakaran terdekat.
- Gunakan APAR yang sesuai (CO₂ untuk kebakaran akibat perangkat elektronik).
- Lakukan evakuasi melalui jalur darurat, berkumpul di titik kumpul yang telah ditentukan.

2. Kecelakaan atau Cedera

- Lakukan pertolongan pertama jika aman.
- Hubungi petugas medis kampus atau layanan darurat jika diperlukan.
- Segera laporkan kepada dosen/instruktur praktikum.

3. Gangguan atau Kerusakan Peralatan

- Hentikan penggunaan komputer atau perangkat lunak jika terjadi gangguan/error.
- Laporkan ke teknisi atau asisten laboratorium.
- Tidak diperkenankan mencoba memperbaiki software atau hardware tanpa izin.

C. Penggunaan Peralatan Laboratorium

- Baca panduan penggunaan Hysys dan Matlab sebelum melakukan simulasi.

- Pastikan parameter input sistem kontrol (misal: *gain*, *delay*, *PID settings*) sesuai dengan skenario yang ditentukan.
- Jangan mengubah konfigurasi software tanpa sepengetahuan dosen/asisten.
- Simpan hasil kerja secara berkala di lokasi aman (cloud, flashdisk).
- Jangan meninggalkan komputer dalam kondisi menyala dan aktif tanpa pengawasan.
- Setelah selesai, tutup aplikasi sesuai prosedur dan matikan komputer jika diperintahkan.

Lampiran 2. Precautions



PRECAUTIONS

Your Safety is Our Priority
Selalu patuhi standar keselamatan berikut:



Make sure your hands are dry when touching electrical devices to prevent shock.



Do not operate the plant without training and permission from the practical assistant.



Do not touch cables or electrical panels without the assistant's permission.



Do not bring food and drinks when operating the plant.



Be careful because the object is flammable.



Make sure to wear safety shoes before starting the practicum.

STAY SAFE, ZERO ACCIDENT!



Lampiran 3. Job Safety Analysis

| INSTRUMENT AND CONTROL 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 |
| | | Instrumentation and Control Laboratorium | | Nama Laboran | Nama Dosen Pengampu MK |
| APD YANG DIBUTUHKAN : | | 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 <i>Sequence of Basic Job Steps</i> | Potensi Bahaya <i>Potential Hazard</i> | Risiko <i>Risk</i> | Rekomendasi Tindakan <i>Recommended Action</i> | Penasanggung Jawab <i>Person In Charge</i> |
| <i>Operation Procedure for Powering Up the Plant</i> | | | | | |
| 1 | Wear complete Personal Protective Equipment (PPE) before entering the lab (lab coat, safety shoes, safety glasses, etc.) | Neglecting to wear appropriate PPE | Injury in case of lab accidents or emergencies such as equipment malfunction or spillage | Ensure that all required PPE is worn properly before entering the lab; verify with lab assistant if unsure | |
| 2 | Power on the laboratory computer and launch HYSYS software | Faulty or loose electrical connections | Electrical shock or software/hardware damage | Check power connections and plugs carefully before switching on equipment | |
| 3 | Load the correct simulation project file for the water tank control system | Opening the wrong or corrupted file | Simulation will not execute or results will be invalid | Use the simulation file provided by the instructor or from the official module; avoid editing system files | |
| 4 | Configure process input parameters: stream composition, flow rate, pressure, and temperature | Incorrect input data or misconfiguration | Process model may fail or produce invalid dynamic behavior | Double check values against the lab manual; confirm with supervisor if unsure | |
| 5 | Set up open-loop test input on the Level Indicator Controller (LIC) | Applying excessive or abrupt changes to the manipulated variable | Unstable process response or data loss | Apply small incremental changes; monitor process variable closely using Strip Chart | |
| 6 | Monitor and record open-loop test data to determine system parameters (gain, time constant, dead time) | Inattention or distraction during test | Loss of important response data or inaccurate tuning | Focus during data collection; log timestamps and variable values properly in Excel | |
| 7 | Calculate PID tuning values based on Ziegler-Nichols method using FOPDT parameters | Misapplication of formula or incorrect parameter interpretation | Controller may cause poor regulation or oscillation | Use the correct PID tuning equations; consult reference materials or lab assistant for verification | |
| 8 | Apply PID settings to HYSYS controller block and analyze system response to setpoint change | Poorly configured PID parameters | Instability, large overshoot, or slow response | Start with conservative values and adjust gradually; use Strip Chart to assess behavior | |
| 9 | Save the simulation file and export data (e.g., Strip Chart results, Excel logs) | Forgetting to save work or overwriting previous files | Loss of data, requiring repetition of the entire procedure | Save progress regularly with proper versioning (e.g., V1, V2); back up to external drive/cloud | |
| 10 | Shut down all applications and power off equipment correctly | Improper shutdown or closing files without saving | Damage to software, or unsaved work lost | Follow shutdown procedure: close HYSYS properly, exit all software, then power down computer safely | |

Lampiran 4. Permit to Work

|  Doc: P1 | PERMIT TO WORK <i>INSTRUMENTATION AND CONTROL LABORATORY</i> |  Date: dd/mm/yy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--------------------|---|-----|----|---|--------------|--|--|---------------------|-----------------|--|--|-------------------------|--|------------------|--------------------|--|--|----------------|---|--|--|--|--|--|-----------------------------|--|--|--------------------------------------|--|--|---|--|--|--|--|--|
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Pemohon</td> <td colspan="3">Nama_NRP</td> </tr> <tr> <td>Lokasi</td> <td colspan="3">Laboratorium</td> </tr> <tr> <td>Deskripsi Pekerjaan</td> <td colspan="3">Judul Praktikum</td> </tr> <tr> <td>Masa Berlaku Izin Kerja</td> <td>Tanggal: hh - bb - tt</td> <td>Mulai: 00.00 WIB</td> <td>Selesai: 00.00 WIB</td> </tr> <tr> <td>Alat dan Bahan</td> <td> 1. 2. 3. </td> <td> 4. 5. 6. </td> <td> 7. 8. 9. </td> </tr> </table> | | | 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. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 50%;">Checklist terkait perizinan dan keselamatan kerja</th> <th style="width: 25%;">YES</th> <th style="width: 25%;">NO</th> </tr> <tr> <td>Apakah pelaksanaan pekerjaan ini telah disetujui oleh Dosen Pengampu Mata Kuliah?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Apakah pelaksanaan pekerjaan ini telah disetujui oleh Kepala Laboratorium?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Apakah telah disusun JSA (<i>Job Safety Analysis</i>)?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Apakah APD yang sesuai telah dipersiapkan?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <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> </div> </td> <td colspan="2"> <ul style="list-style-type: none"> Lainnya, sebutkan: </td> </tr> <tr> <td>Apakah area pekerjaan telah bebas dari bahan yang mudah terbakar?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Apakah area pekerjaan telah bebas dari bahan yang mudah meledak?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Apakah APAR telah tersedia?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Apakah peralatan P3K telah tersedia?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Apakah prosedur keadaan darurat telah dipahami?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Apakah semua peralatan/perlengkapan telah diperiksa?</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> | | | | 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? | | | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <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> </div> | <ul style="list-style-type: none"> 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? | | |
| 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? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <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> </div> | <ul style="list-style-type: none"> 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? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p><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></p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Catatan: | | Diajukan oleh | Disetujui oleh | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Nama Pemohon | Nama Laboran | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Lampiran 5. Minutes of Meeting (MOM)

| | | |
|-----------------------|----------|--|
| Subject | | |
| Vanue, Date & Time | | |
| Attendee: | Division | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| Summary of Discussion | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| Actions Points | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |



Lampiran 6. Format Laporan Praktikum

COVER

REVISION HISTORICAL SHEET

DAFTAR ISI

DASAR TEORI

- Berisi teori-teori yang relevan dengan topik praktikum.
- Setiap teori harus dijelaskan dengan bahasa ilmiah dan didukung oleh sumber referensi terpercaya.
- Penulisan kutipan atau referensi di dalam teks menggunakan **APA Style**.
- Paragraf rata kanan-kiri (**justify**), **spasi 1,15**, dan **font Times New Roman ukuran 12**.

2. METODE PERCOBAAN

- Jelaskan langkah-langkah praktikum secara sistematis dan urut.
- Sertakan informasi alat dan bahan yang digunakan.
- Format penulisan sama seperti poin sebelumnya (**justify**, **spasi 1,15**, **font TNR 12**).

3. HASIL PERCOBAAN

- Menyajikan data hasil pengamatan secara objektif.
- Gunakan tabel atau grafik jika diperlukan untuk memperjelas data.
- Setiap tabel/grafik diberi nomor dan judul.
- Penjelasan data ditulis di bawah tabel/grafik dengan format standar (**justify**, **spasi 1,15**, **font TNR 12**).

4. HASIL PERTANYAAN PRAKTIKUM

- Menuliskan jawaban dari pertanyaan praktikum yang diberikan oleh dosen atau asisten praktikum.
- Jawaban harus logis dan berdasarkan teori maupun hasil pengamatan.
- Gunakan format penulisan yang sama: **justify**, **spasi 1,15**, **font Times New Roman ukuran 12**.

5. ANALISA

- Uraikan hasil praktikum berdasarkan teori yang telah dijelaskan di bagian dasar teori.
- Sertakan analisis penyebab hasil yang diperoleh, serta kemungkinan kesalahan dan faktor lain yang memengaruhi.
- Tulis dengan paragraf rapi (**justify**), **spasi 1,15**, dan **font TNR 12**.

5. KESIMPULAN

- Tulis poin-poin penting dari hasil analisis secara ringkas dan jelas.
- Hindari memasukkan informasi baru yang belum dibahas sebelumnya.
- Format penulisan tetap sama (**justify**, **spasi 1,15**, **font TNR 12**).

DAFTAR PUSTAKA

- Memuat semua sumber yang dirujuk dalam laporan.
- Ditulis sesuai dengan **APA Style** (contoh: buku, jurnal, dan situs web ilmiah).
- Diurutkan secara alfabetis berdasarkan nama belakang penulis pertama.
- **Spasi 1,15**, **font Times New Roman 12**, paragraf **justify**.

Link Kebutuhan Praktikum: <https://its.id/m/KebutuhanPraktikumPSKP>