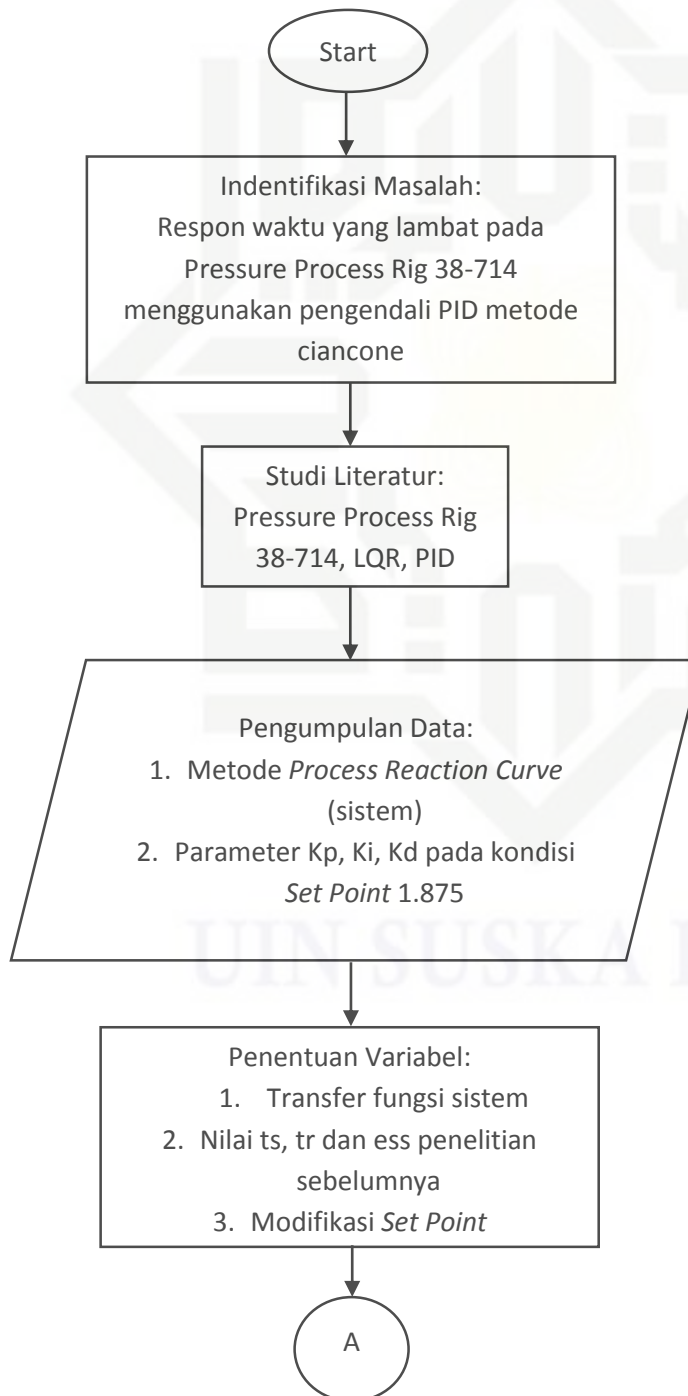


### BAB III

## METODOLOGI DAN PENELITIAN

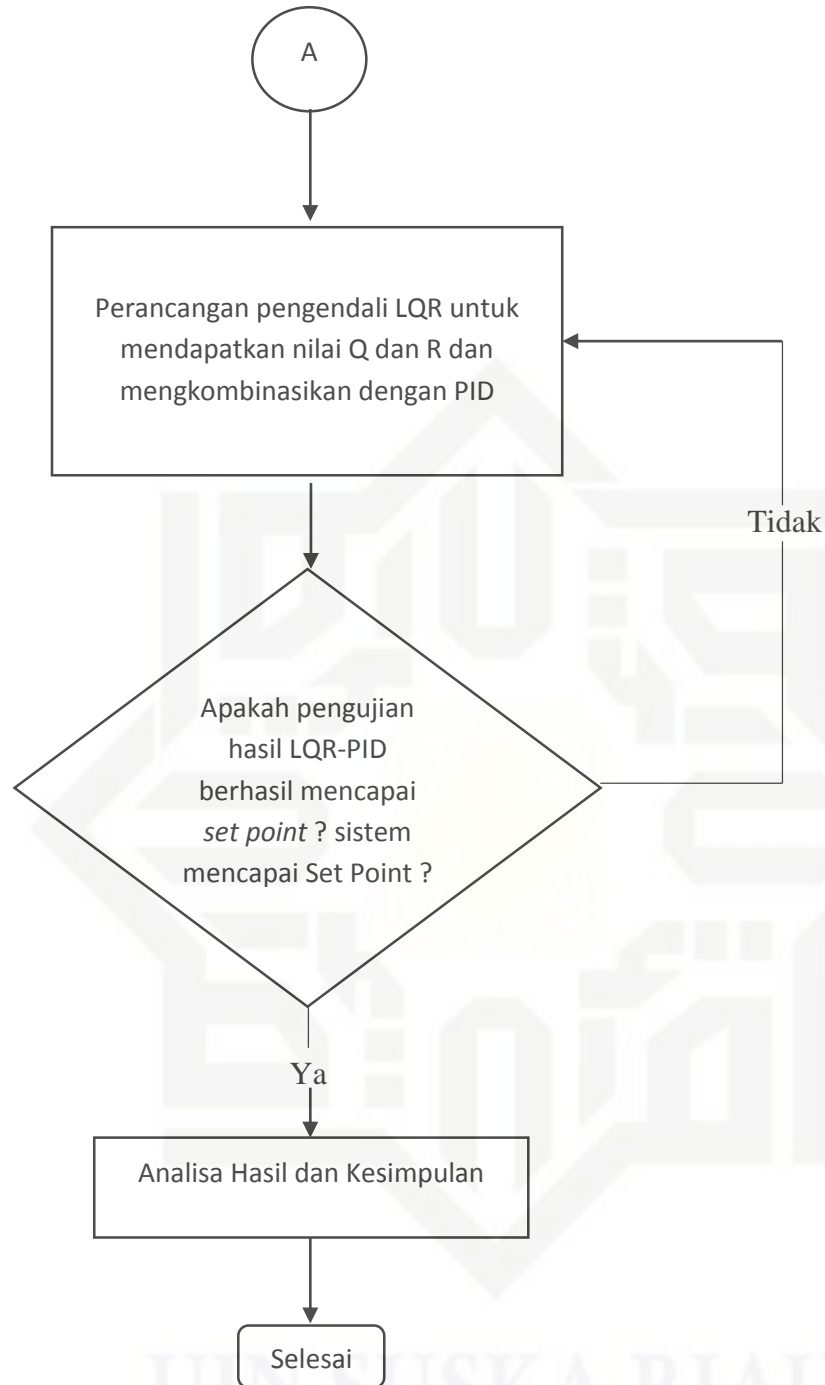
### 1.1 Proses Alur Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa tahapan yang dilakukan peneliti mulai dari proses mendapatkan pemodelan matematis sistem, perancangan pengendali di sistem sampai analisa akhir pada penelitian pada tugas. Adapun tahapan yang dilakukan sebagai berikut :



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1. Flow Chart Penelitian

Agar dapat mencapai tujuan yang diharapkan yang akan dilakukan pada penelitian ini meliputi perumusan masalah, penentuan judul, sampai dengan tujuan yang diinginkan dari suatu penelitian yang dilakukan. Oleh karena itu, terdapat beberapa tahap perencanaan yang harus dilakukan yaitu:

## 1. Studi Literatur

Mencari dan mempelajari referensi yang terkait dengan tema yang dibahas pada penelitian Tugas Akhir ini, baik dari artikel penelitian yang telah dipublikasikan di internet mengenai permodelan matematis *Pressure Process Rig 38-714* dan pengendali LQR - PID.

## 2. Perencanaan Simulasi *Pressure Process Rig 38-714*

Pemodelan yang telah diperoleh perlu diuji dengan respon pada sistem sebelum didesain menggunakan suatu pengendali. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah pemodelan sesuai dengan referensi atau tidak.

## 3. Perancangan Pengendali

Perancang pengendali dimulai dengan merancang pengendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR), kemudian merancang pengendali *Propotional Integral Derivatif* (PID). Lalu melakukan kombinasi pengendali LQR dan PID.

## 4. Simulasi Sistem

Membuat program simulasi dengan menggunakan matlab R2011b untuk pengujian pengendali LQR - PID yang didesain. Dilakukannya simulasi ini bertujuan untuk mengetahui indeks performansi sistem.

## 5. Analisa hasil pengujian berdasarkan respon keluaran sistem

Melakukan analisa hasil pengujian dan mengklarifikasi hasil tersebut terhadap tujuan yang telah ditetapkan. Apabila telah memenuhi tujuan berarti penelitian telah berhasil, dan apabila belum memenuhi tujuan, maka perlu dilakukan pemeriksaan kembali pada perancangan pengendalinya.

## 6. Kesimpulan

Setelah analisa hasil sudah sesuai dengan tujuan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa tema yang di usulkan dapat dijadikan sebagai judul penelitian pada Tugas Akhir ini dan dapat juga sebagai referensi kedepannya bagi yang meneliti tema tentang *Pressure Process Rig 38-714*.

### 3.2 Penentuan Variabel

Langkah pemodelan matematis adalah sebagai berikut:

1. Mencari respon *real plant* secara *open loop* yang belum menggunakan pengendali
2. Menghitung parameter  $K$ ,  $\theta$  (*dead time*) dan  $\tau$  (*time constant*)
3. Memodelkan sistem  $G(s)$  sebagai model orde satu dengan *dead time*

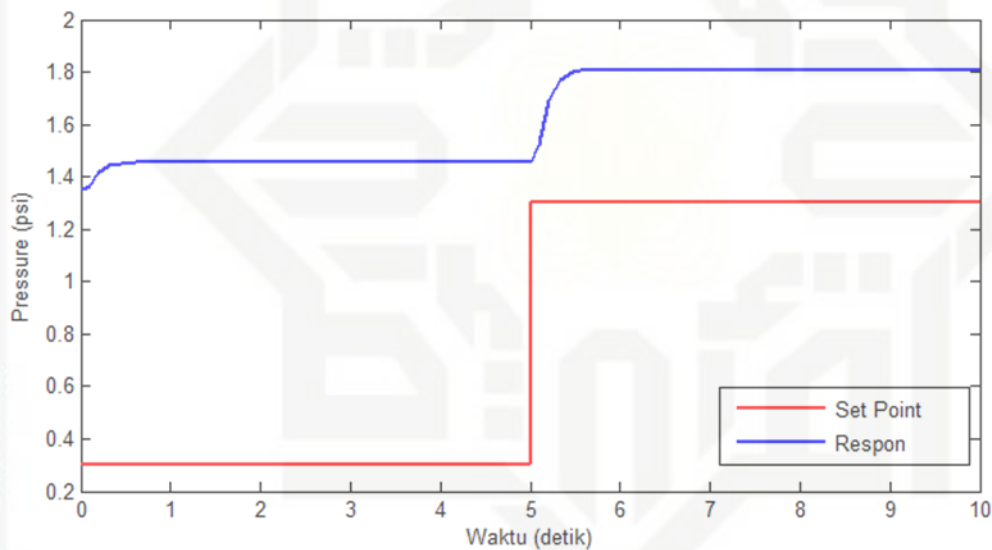
Parameter model dihitung berdasarkan respon keluaran sistem saat diberikan *input* fungsi step. Model yang akan dibuat adalah model orde satu dengan *dead time*

$$G(s) = \frac{K_p}{\tau s + 1} e^{-\theta s} \quad (3.1)$$

Pada tahap penentuan variabel ini ditentukan dari nilai  $\tau$  dan nilai  $K_p$  pada pengumpulan data dan dimasukkan kedalam persamaan 2.16 sebagai berikut :

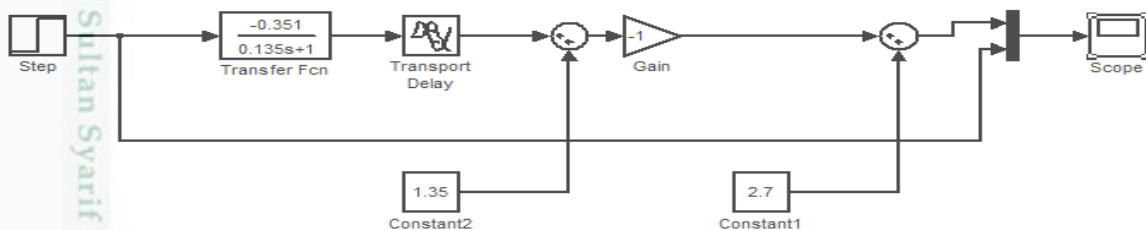
$$G(s) = \frac{0.351}{0.135s + 1} e^{-0.076s} \quad (3.2)$$

Setelah mendapatkan fungsi alih plant, kemudian dimasukan ke dalam blok diagram transfer fungsi plant pada *simulink* matlab dilakukan secara *open loop* dengan respon berupa tekanan.

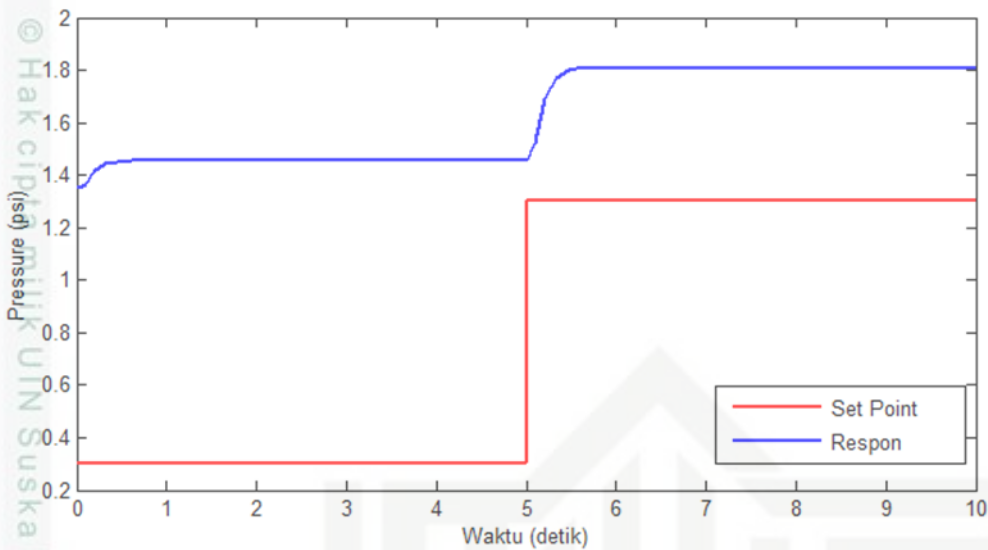


Gambar 3.2 Respon *Plant* Proses Tekanan Pada *Pressure Process* Rig 38-714[6]

Pada Gambar 3.2 menunjukkan hasil keluaran dari sistem *Pressure Process* Rig 38-714 dalam bentuk fungsi alih yang diterapkan pada *Simulink* Matlab.



Gambar 3.3 Blok Diagram Open Loop Sistem *Pressure Process* Rig 38-714 Dengan Metode PRC Orde Satu



Gambar 3.4 Respon Identifikasi Model Dengan Metode PRC Orde Satu

Pada gambar 3.4 merupakan hasil identifikasi dengan penerapan model PRC Orde Satu dengan respon berupa tekanan yang di gambarkan dalam bentuk grafik. Berdasarkan hasil identifikasi respon asli dengan menggunakan metode menunjukkan respon yang sama. Respon *open loop* pada proses tekanan tanda pengendali merupakan sistem yang tidak stabil karena dari *open loop* tidak mengikuti harga *setpoint* yang diinginkan. Secara analitik dapat dibuktikan dengan mengidentifikasi sistem sebagai berikut:

- a) Konstanta Waktu ( $\tau$ )

$$\begin{aligned} \tau &= \text{set point} \times 63,2 \% \\ &= 1.3 \times 0,632 \\ &= 0.8216 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai  $\tau = 0.8216$  maka selanjutnya menentukan nilai dari konstanta waktu ( $\tau$ ) yaitu 1.3650 detik

- b) *Settling Time* ( $t_s$ )

$$\begin{aligned} t_s (5\%) &= 3\tau \\ &= 3 \times 0.8216 \\ &= 2.4648 \end{aligned}$$

Nilai dari  $t_s(5\%)$  yaitu 1.4553 detik

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

c) *Rise Time* ( $t_r$ )

$$t_r(5\% - 95\%) = t_r(5\%) = 5\% \times \text{set point}$$

$$= 0.05 \times 1.3$$

$$= 0.065$$

$$t_r(5\%) = 1.35 \text{ detik}$$

$$t_r(95\%) = 95\% \times \text{set point}$$

$$= 0.95 \times 1.3$$

$$= 1.235$$

$$t_r(95\%) = 1.4554 \text{ detik}$$

$$t_r = t_r(95\%) - t_r(5\%)$$

$$= 1.4554 - 1.35$$

$$= 0.1054 \text{ detik}$$

Nilai  $t_r(5\% - 95\%)$  yaitu 0.1054 detik

d) *Delay Time* ( $t_d$ )

$$t_d = 50\% \times \text{set point}$$

$$= 0.5 \times 1.3$$

$$= 0.65$$

Nilai  $t_d$  yaitu 1.4558 s

e) *Error Steady State* ( $e_{ss}$ )

$$e_{ss} = \text{set point} - \text{output}$$

$$= 1.3 - 0.8761$$

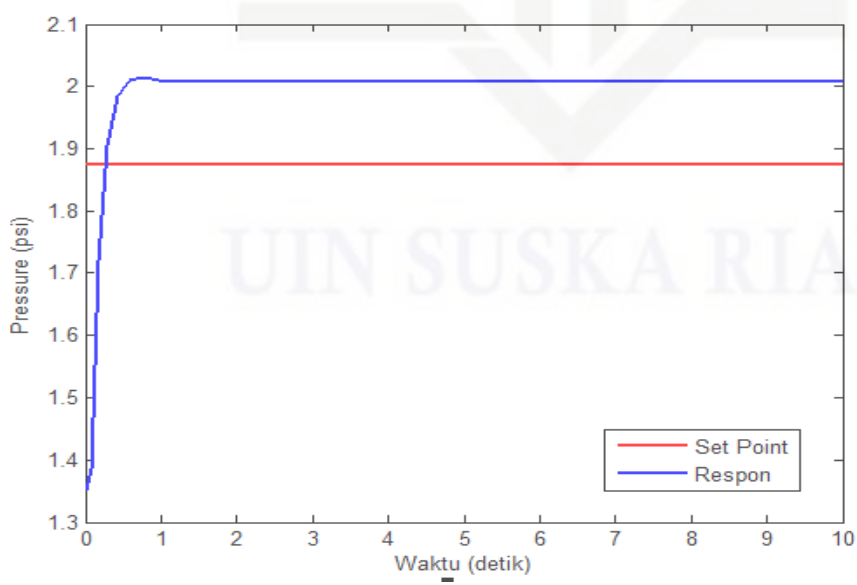
$$= 0.4239 \text{ psi}$$

Berdasarkan identifikasi *open loop* sistem secara analitik menunjukkan respon waktu, dapat dilihat pada tabel 3.1.

Analisa Respon	Tekanan
$\tau$	0.8216 detik
$t_s$	2.4648 detik
$t_r(5\% - 95\%)$	0.1054 detik
$t_d$	1.4558 detik
$e_{ss}$	0.4239 Psi

Tabel 3.1 Hasil Respon Waktu

Namun, hasil modifikasi sistem menghasilkan grafik keluaran yang belum mampu berimpit dengan *setpoint*. *Setpoint* untuk modul *training Pressure Process rig 38-714* adalah 0.3 dan 1.350, sedangkan grafik keluarannya menghasilkan 1.456 dan 1.807 terlihat respon sistem tidak berimpit dengan *setpoint*. Sistem dapat dikatakan baik apabila sistem tersebut dapat mengikuti *setpoint* yang ditandai respon yang berimpit dengan *setpoint*. Untuk mempermudah analisa maka dimodifikasi dengan memotong grafik keluaran menjadi satu *setpoint*. [11]



Gambar 3.5 Grafik Keluaran *Open Loop* Satu *Set Point*

Hak cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak cipta milik UIN Suska Riau  
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Setelah melakukan memodifikasi grafik keluaran dengan memotong grafik menjadi 1 *setpoint*, maka dapat dilakukan analisa berdasarkan grafik diatas untuk menentukan nilai respon waktu mulai dari konstanta waktu ( $\tau$ ), waktu tunak ( $t_s$ ), waktu naik ( $t_r$ ), waktu tunda ( $t_d$ ), *error steady state* ( $e_{ss}$ ) dengan cara sebagai berikut sebagai berikut.

a) Konstanta Waktu ( $\tau$ )

$$\begin{aligned} \tau &= \text{set point} \times 63,2 \% \\ &= 1.875 \times 0,632 \\ &= 1.185 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai  $\tau = 1.185$  maka selanjutnya menentukan nilai dari konstanta waktu ( $\tau$ ) yaitu 2.0102 detik

b) *Settling Time* ( $t_s$ )

$$\begin{aligned} t_s (5\%) &= 3\tau \\ &= 3 \times 1.185 \\ &= 3.555 \end{aligned}$$

Nilai dari  $t_s(5\%)$  yaitu 2.0081 detik

c) *Rise Time* ( $t_r$ )

$$\begin{aligned} t_r (5\% - 95\%) &= t_r (5\%) = 5\% \times \text{set point} \\ &= 0.05 \times 1.875 \\ &= 0.09375 \\ t_r (5\%) &= 2.0138 \text{ s} \\ \\ t_r (95\%) &= 95\% \times \text{set point} \\ &= 0.95 \times 1.875 \\ &= 1.78125 \\ t_r (95\%) &= 2.0082 \text{ detik} \end{aligned}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



$$\begin{aligned}
 t_r &= t_r(95\%) - t_r(5\%) \\
 &= 2.0082 - 2.0138 \\
 &= -0.0056 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Nilai  $t_r$  (5% - 95%) yaitu -0.0056 detik

d) *Delay Time* ( $t_d$ )

$$\begin{aligned}
 t_d &= 50\% \times \text{set point} \\
 &= 0.5 \times 1.875 \\
 &= 0.9375
 \end{aligned}$$

Nilai  $t_d$  yaitu 2.0102 detik

e) *Error Steady State* ( $e_{ss}$ )

$$\begin{aligned}
 e_{ss} &= \text{set point} - \text{output} \\
 &= 1.875 - 2.0081 \\
 &= -0.1331 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan identifikasi *open loop* sistem secara analitik menunjukkan respon waktu, dapat dilihat pada tabel 3.1.

Analisa Respon	Tekanan
$\tau$	2.0102 detik
$t_s$	2.0081 detik
$t_r(5\% - 95\%)$	-0.0056 detik
$t_d$	2.0102 detik
$e_{ss}$	-0.1331 psi

Tabel 3.2 Hasil Respon Waktu

### 3.3 Perancangan Pengendali

#### 3.3.1 Perancangan Pengendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR)

Pada sistem pengendali LQR dibutuhkan pemodelan dalam bentuk *state space*, maka dari itu persamaan fungsi alih dari *transfer function* 3.1 diubah kedalam bentuk *state space* seperti berikut :

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{0.351}{0.135s + 1}$$

$$0.351U(s) = 0.135sY(s) + Y(s)$$

Dari turunan fungsi alih pada persamaan 3.1 tersebut kemudian diturunkan dengan menggunakan metode *inverse transformasi laplace* balik sehingga diperoleh persamaan diferensi orde satu:

$$0.351U = 0.135 \frac{dy}{dt} + Y$$

$$0.351U = 0.135\dot{y} + y$$

$$\dot{y} = \frac{-y + 0.351}{0.135}$$

$$\dot{y} = -7.4074y + 2.6$$

Di definisikan :

$$x_1 = y \longrightarrow \dot{x}_1 = \dot{y}$$

$$\dot{x}_1 = \dot{y}$$

$$\dot{y} = -7.4074x_2 + 2.6$$

$$[\dot{x}_1] = [-7.4074][x_1] + [2.6]X$$

$$[y] = [1] [x_1]$$

Didapat solusi persamaan keadaan:

$$[\dot{x}_1] = [-7.4074][x_1] + [2.6]X \tag{3.3}$$

Dengan persamaan keluaran:

$$y = cx$$

$$[y] = [1][x_1] \tag{3.4}$$

Jadi dari persamaan keadaan (3.3) dan persamaan keluaran (3.4), dapat ditentukan matriks *state space* A, B, C, dan D seperti berikut:

$$A = [-7.4074] \tag{3.5}$$

$$B = [2.6] \tag{3.6}$$

$$C = [1] \tag{3.7}$$

$$D = [0] \tag{3.8}$$

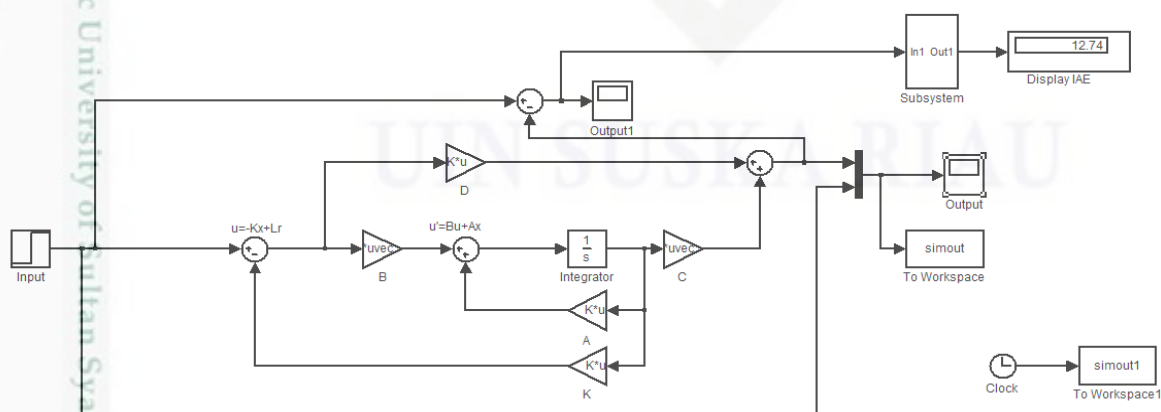
Masukan step berupa tekanan yang hasil performansi sistem akan di analisis dengan respon transien dan kriteria integral menggunakan IAE (*Integral of Absolute Error*) sekecil mungkin. Hal yang dilakukan untuk melakukan perancangan adalah mencari umpan balik optimal K, yang akan meminimumkan indeks performansi sistem sesuai dengan persamaan (2.44). Dengan menggunakan *Software* Matlab nilai konstanta umpan balik K akan di dapatkan dengan memasukkan program ke dalam M-File seperti berikut::

$$[K, S, e] = lqr(sys, Q, R, N) \tag{3.9}$$

Dimana, penentuan matriks pembobot Q dan R berpedoman pada :

- a. Semakin besar harga matriks Q, maka akan memperbesar harga elemen matriks gain kendali dan mempercepat sistem mencapai *steady state*.
- b. Semakin besar harga matriks R, maka akan memperkecil harga elemen matriks gain kendali dan memperlambat sistem mencapai *steady state*.

Perhitungan yang dilakukan pengendali LQR dilakukan dengan memasukan persamaan *state space* yang telah didapat kedalam software matlab hingga mendapatkan nilai Q dan R yang optimal.

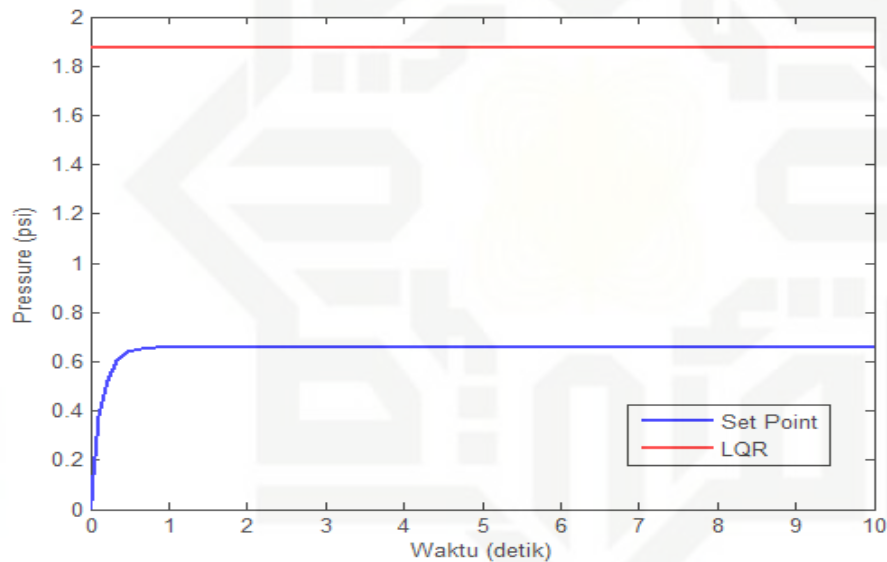


Gambar 3.6 Blok Sistem Pressure Process Rig 38-714 Menggunakan Kendali Optimal LQR

```

Editor - C:\Users\Hanafi\Documents...
File Edit Text Go Cell Tools Debug
1 - A=[-7.4074];
2 - B=[2.6000];
3 - C=[1];
4 - D=[0];
5 - R=[1];
6 - Q=[0.01];
7 - N=[0];
8 - sys=ss(A,B,C,D)
9 - [K,S,e]=lqr(sys,Q,R,N)
    
```

Gambar 3.7 Tampilan Program M-File Sistem *Pressure Process* Rig 38-718 Menggunakan Kendali Optimal LQR

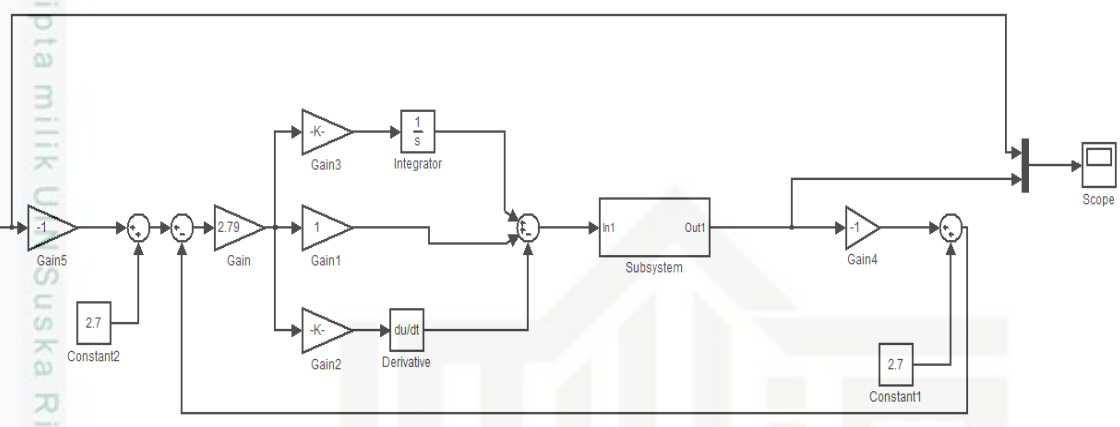


Gambar 3.8 Grafik Keluaran Sistem *Pressure Process* Rig 38-714 Menggunakan Pengendali LQR

### 3.3.2 Perancangan Pengendali *Proportional Integral Derivatif* (PID)

Berdasarkan studi literatur yang telah ditentukan maka desain pengendali PID dapat dibuat dengan bentuk *simulink* yang terdapat pada gambar 3.9 dengan memasukkan nilai *transfer function* yang diperoleh dari sistem *Pressure Process* RIG 38-714 dengan kondisi *setpoint* 1,875 yang telah dimasukkan kedalam blok desain pengendali PID. Penentuan nilai konstanta  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  diperoleh dengan menggunakan metode *ciancone*. Rancangan metode *ciancone* ini diperoleh dengan perubahan parameter yang disesuaikan dengan cara kerja dari sistem yang akan dikendalikan.

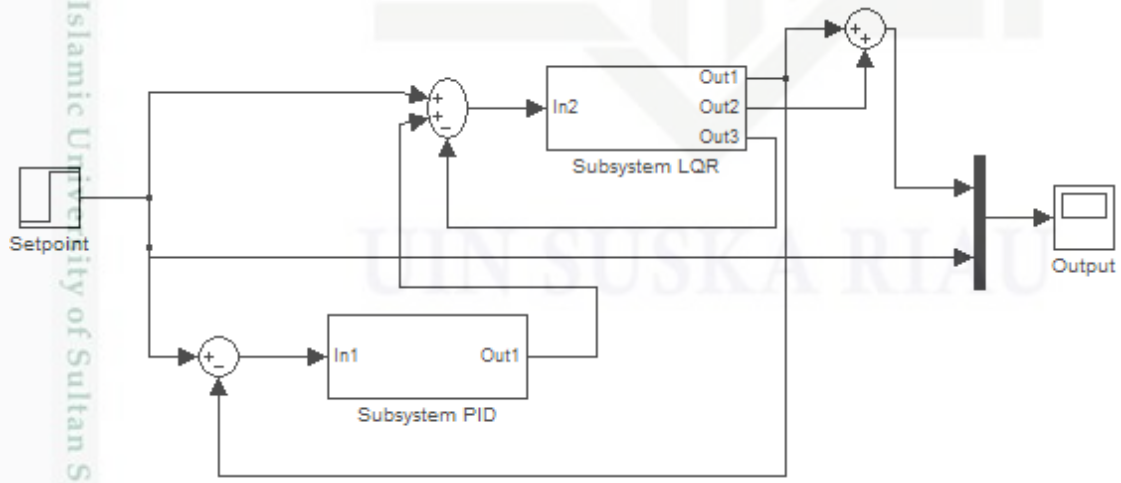
Penalaan parameter pengendali dimulai dengan hanya menggunakan pengendali P, kemudian ditambahkan dengan pengendali I dan ditambahkan dengan pengendali D.



Gambar 3.8 Blok Sistem *Pressure Process* Rig 38-714 Menggunakan Kendali PID

### 3.3.3 Perancangan Pengendali *Hybrid LQR – PID*

Setelah mendapatkan dan mempelajari desain pengendali LQR dan desain pengendali PID maka penulis akan mengkombinasikan pengendali optimal LQR dan pengendali PID agar kinerja dari pengendali LQR menjadi lebih baik dan optimal. Optimal difokuskan pada respon waktu yang cepat dengan error minimum. Kemudian didapatkanlah blok diagram desain pengendali LQR – PID pada gambar (3.9).

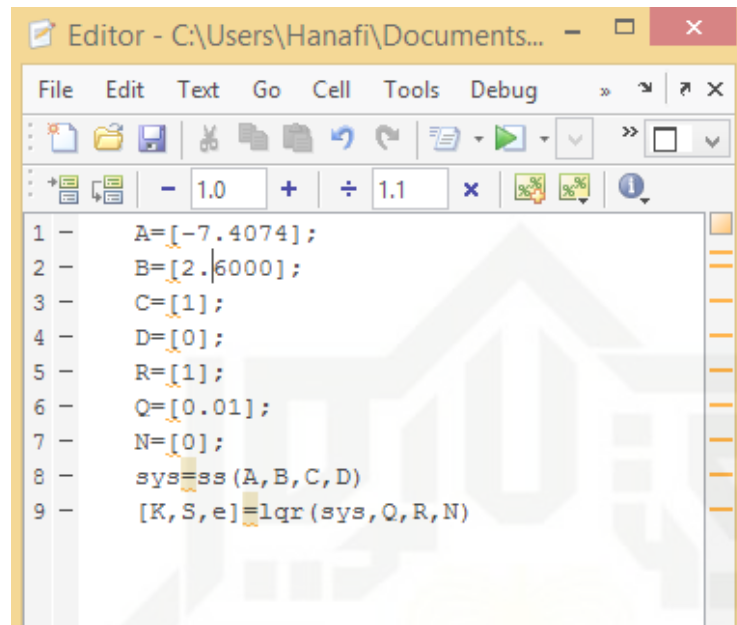


Gambar 3.9 Desain Pengendali LQR-PID Pada Blok *Simulink*

Hak cipta Dilindungi Undang-Undang-1980/1999  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau  
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Adapun nilai program yang dimasukkan dalam M – file adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar (3.10) dibawah ini;



```

1 - A=[-7.4074];
2 - B=[2.6000];
3 - C=[1];
4 - D=[0];
5 - R=[1];
6 - Q=[0.01];
7 - N=[0];
8 - sys=ss(A,B,C,D)
9 - [K,S,e]=lqr(sys,Q,R,N)
  
```

Gambar 3.10 Tampilan Program M-File Sistem *Pressure Process* Rig 38-718 Menggunakan Kendali Optimal LQR

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.