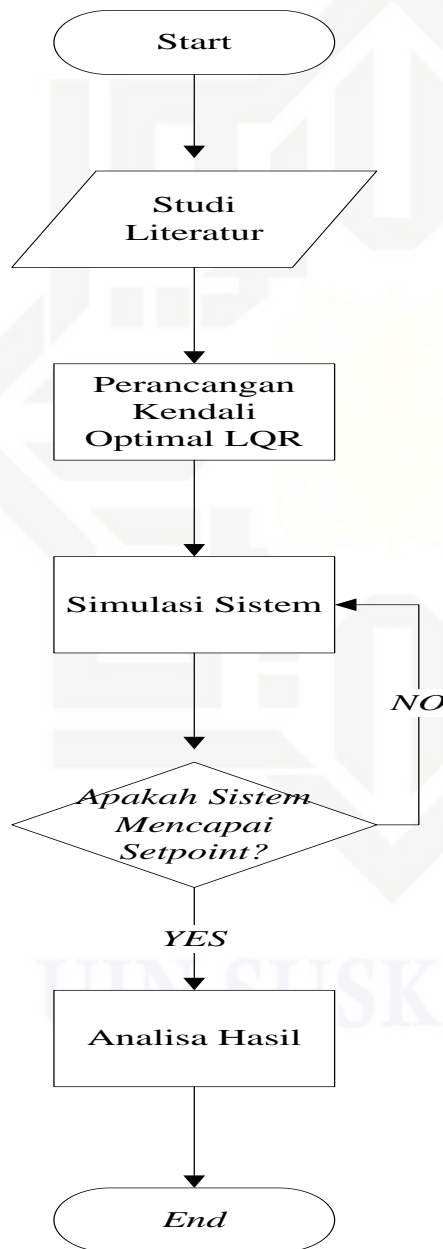


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Proses Alur Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa tahap atau langkah - langkah yang peneliti lakukan mulai dari proses permodelan matematis sistem, perancangan pengendali hingga hasil analisa akhir pada penelitian tugas akhir ini. Adapun tahapan yang dilakukan sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram *Flow Chart*

- Hak Cipta Didukung oleh Lembaga Pendidikan
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.



3.2. Tahap penelitian

Agar dapat mencapai tujuan yang diharapkan, maka tahapan 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

Melakukan *review*/telaah beberapa pustaka dan penelitian terkait, baik dari artikel penelitian yang telah dipublikasikan maupun buku yang diterbitkan ataupun dari internet mengenai permodelan matematis *magnetic levitation* dan pengendali LQR.

2. Pengujian *Plant magnetic levitation*

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

3. Perancangan pengendali LQR

Perancangan pengendali optimal LQR dilakukan dengan mendapatkan bentuk *State-Space* dari *plant magnetic levitation ball* terlebih dahulu sehingga di dapatkan matriks A, B, C dan D yang dihasilkan dari *Plant* tersebut. Kemudian, menentukan matriks pembobot “Q” dan “R” dengan menggunakan persamaan *riccati* serta menentukan konstanta umpan balik “K” pada M-file yang selanjutnya di aplikasikan kedalam blog *Simulink* diagram yang digunakan untuk menentukan indeks performansi sistem tersebut.

4. Simulasi sistem

Membuat program simulasi dengan menggunakan matlab R2009a untuk pengujian pengendali LQR yang didesain. Dilakukannya simulasi ini bertujuan untuk mengetahui indeks performansi sistem.

5. Analisa hasil pengujian

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 diawal 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 *magnetic levitation ball*.

3.3 Perancangan Kendali Optimal *Linear Quadratic Regulator* (LQR)

Untuk perancangan kendali optimal LQR, persamaan yang digunakan adalah persamaan *state space* seperti di bawah ini :

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ \frac{19.62}{(0.00826 - x_{1ss})} & -2.381 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{0.53206}{(0.00826 - x_{1ss})} \end{bmatrix} U_D$$

$$y = [159.49206 \quad 0] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

Untuk mendapatkan nilai x_{1ss} diatas dapat dicari dengan:

$$[0 - (0.019 - ball \ diameter)] = [0 - 0.0063]m .$$

$$\text{Sehingga } x_{1ss} = \frac{[0-0.0063]}{2} = 0.00315m$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ \frac{19.62}{(0.00826 - 0.00315)} & -2.381 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{0.53206}{(0.00826 - 0.00315)} \end{bmatrix} u$$

$$y = [159.49206 \quad 0] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 3839.53 & -2.381 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 104.12 \end{bmatrix} u$$

$$y = [159.49206 \quad 0] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

Sehingga dari persamaan *state space* di atas diketahui matriks A, B, C, D sebagai berikut:

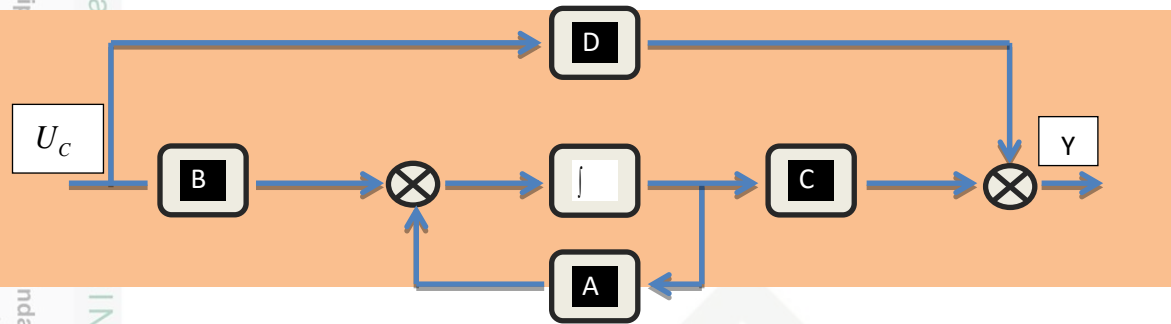
$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 3839.53 & -2.381 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 104.12 \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

$$C = [159.49206 \quad 0] \quad (3.6)$$

$$D = [0] \quad (3.7)$$

Gambar di bawah ini menunjukkan diagram blok dari *plant magnetic levitation ball*. Yang mana matriks tersebut menyatakan parameter dari sistem.



Gambar 3.2 Diagram blok kendali posisi pada *magnetic levitation ball* [11]

Masukan step berupa posisi 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::

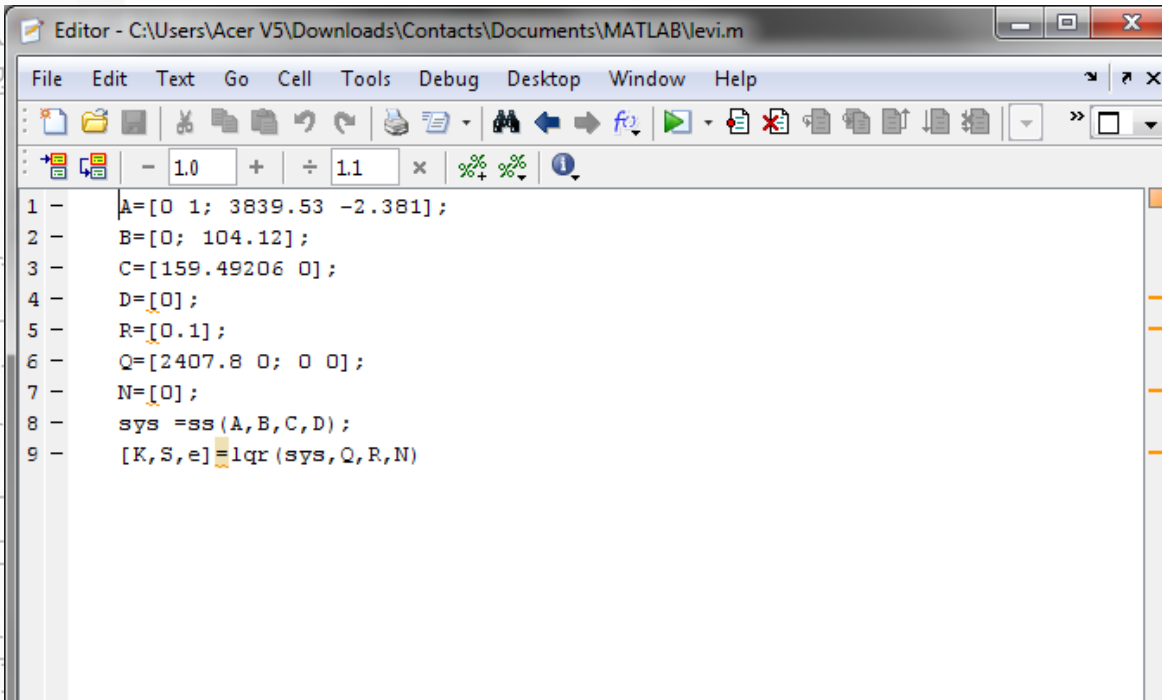
$$[K, S, e] = lqr(sys, Q, R, N) \quad (3.7)$$

Dimana, penentuan matriks pembobot Q dan R berpedoman pada :

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

Untuk melakukan perhitungan kendali optimal *Linear Quadratic Regulator* (LQR) dapat dilakukan dengan memasukan persamaan *state space* pada *Software Matlab* hingga mendapatkan matriks Q dan R yang optimal dengan cara *trian and error* seperti gambar 3.3 berikut:

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.



```

Editor - C:\Users\Acer V5\Downloads\Contacts\Documents\MATLAB\levi.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
- 1.0 + ÷ 1.1 x % %
1 - A=[0 1; 3839.53 -2.381];
2 - B=[0; 104.12];
3 - C=[159.49206 0];
4 - D=[0];
5 - R=[0.1];
6 - Q=[2407.8 0; 0 0];
7 - N=[0];
8 - sys =ss(A,B,C,D);
9 - [K,S,e]=lqr(sys,Q,R,N)
  
```

Gambar 3.3 Tampilan Sistem *magnetic Levitation Ball* Menggunakan Kendali Optimal LQR pada M-File