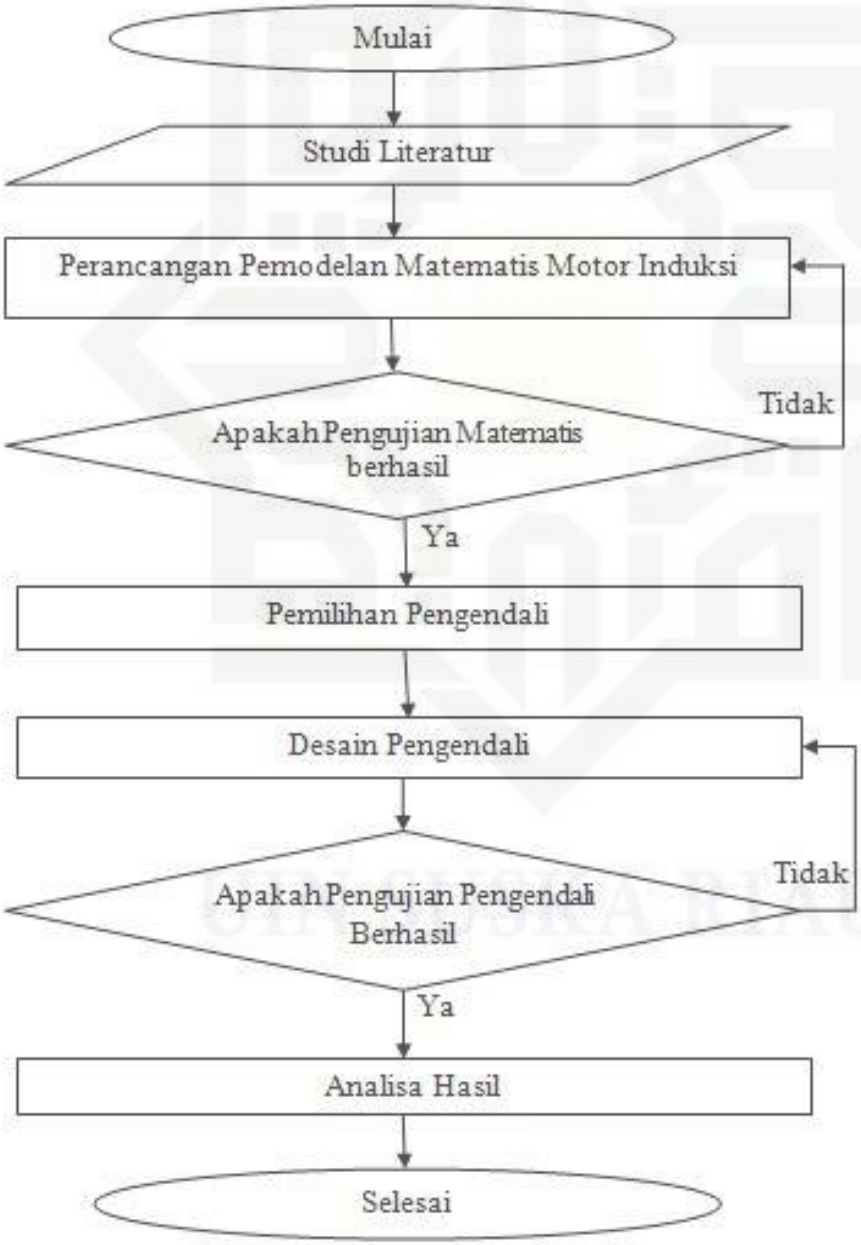
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan 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

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 *Flow Chart* Metode Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa tahapan yang penulis lakukan dalam meningkatkan performansi pengendali pada kecepatan motor Induksi dengan menggunakan pengendali SMC dan PID yang dilakukan menggunakan aplikasi Matlab R2013a. Adapun tahapan yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

Tahapan – tahapan kegiatan yang digambarkan dalam *flowchart* dimulai dengan studi literatur dan diakhiri dengan analisa dan kesimpulan, untuk penjelasannya sebagai berikut:

1. Study literatur

   Mencari dan memahami beberapa referensi terkait artikel penelitian yang telah dipublikasikan, maupun buku yang diterbitkan mengenai motor Induksi Tiga Fasa, dan metode pengendalian pada motor Induksi ataupun pengaturan kecepatan pada motor Induksi, serta pengendali *Sliding Mode* dan PID

2. Perancangan pemodelan matematis motor Induksi Tiga Fasa.

   Pada tahap ini untuk pemodelan matematis dilakukan dengan mengambilan sampel berupa kecepatan putar dalam bentuk *grafik* yang didapatkan dari hasil pengujian motor Induksi Tiga Fasa secara *open loop*. Setelah didapatkan sampel dalam bentuk grafik, selanjutnya akan diterapkan pada penda model *Harriot* berdasarkan jurnal international yang ditulis oleh Ing Pavel Jakoubek [4]. Yaitu metode *Harriot*.

3. Pengujian pada pemodelan matematis.

   Pada tahap pengujian dilakukan menggunakan *Simulink Matlab*. Pertama kali dilakukan pengujian secara *open loop* dari model matematis. perancangan dan Pengujian akan terus dilakukan sampai mendapatkan fungsi alih yang sesuai dengan ketentuan prilaku motor Induksi Tiga Fasa.

4. Pemilihan pengendali.

   Pada Tugas Akhir ini pengendali yang dipilih adalah pengendali dari kombinasi SMC dan PID. Diharapkan dapat saling melengkapi dan mengatasi permasalahan pada Motor Induksi sesuai dengan tujuan penelitian.

5. Desain pengendali

   Pada tahap ini dimulai dengan membuat desain pengendali SMC kemudian didesain pengendali PID.

6. Pengujian pengendali pada Motor Induksi Tiga Fasa.

   Pada tahap ini Pengendali yang telah didesain akan diuji untuk mengetahui performansi ataupun kinerja dari pengendali dalam mengatasi perubahan beban dan gangguan sinyal kendali yang diberikan.

7. Analisa hasil pengujian.

   Setelah didapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian. Selanjtnya dilakukan analisa pada hasil pengujian dan *mengklasifikasi* hasil dari simulasi terhadap tujuan

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
UIN SUSKA RIAU

yang ingin dicapai. Jika hasil pada penelitian ini belum mendapat hasil seperti tujuan penelitian, maka perlu dikaji sampai mendapatkan hasil yang sesuai.

8. Kesimpulan.

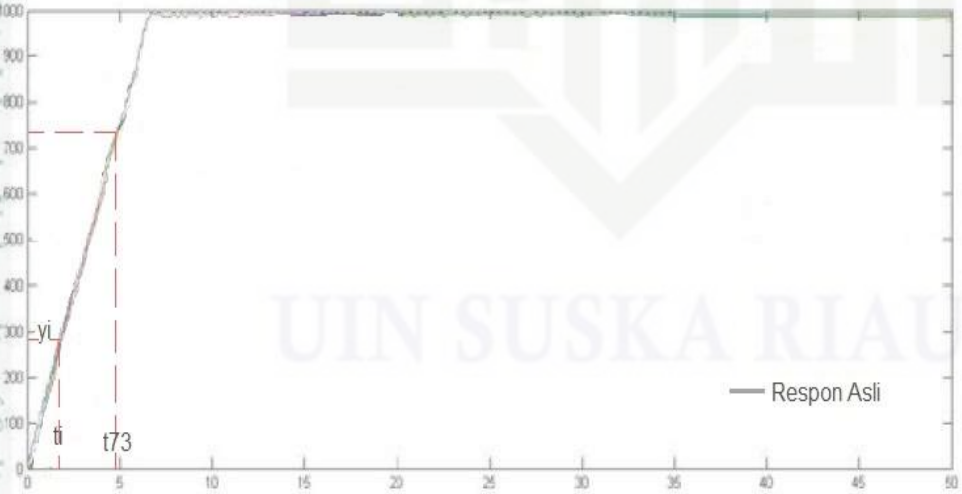
Setelah didapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan dari penelitian dengan melakukan *evaluasi* maka akan ditarik kesimpulan guna untuk mempertegas dan memperjelas bahwa gagasan yang diusulkan atau dikerjakan dalam bentuk penelitian telah selesai dan sesuai dengan tujuan penelitian.

3.2 Pemodelan Motor Induksi Tiga Fasa

Berdasarkan penelitian pada motor Induksi yang dilakukan Muhammad Ridho Utoro. Motor induksi diuji secara *open loop* dan kemudian hasil dari respon *plant* yang terbaca oleh *rotary encoder* ditampilkan pada computer melalui proses *akuisisi* data dengan PLC *Mitsubishi*[3]. Setelah itu salah satu sampel data diterapkan pada model *Harriot* berdasarkan *paper* penelitian internasional yang ditulis oleh Ing Pavel Jakoubek[4]. yang menulis *paper* untuk identifikasi sistem dengan pendekatan *experimental*. Adapun hasil identifikasi sebagai berikut:

1. Metode *Harriot*

Sampel asli dari *plant* motor Induksi Tiga Fasa pada saat t_i, dan t_{70} yang di tunjukkan pada Gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2 Step respon motor Induksi Tiga Fasa pada saat t_i ,dan t_{73}.

Berdasarkan gambar 3.2 Diketahui sinyal masukan *Xss* = 1000 rpm dan respon keluaran *Yss* = 999,366548 rpm.

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.
© Rektorat Politeknik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Sehingga didapatkan nilai *K* = *Yss/Xss* = 0,991366548 yang akan dimasukkan pada persamaan 2.1.

Bedasarkan Lampiran A didapatkan nilai $t_{73.}$ Dengan metode *trial and error* yaitu 4,8136998 detik.

Dicari nilai $\tau_{dH}, \tau_{H1} + \tau_{H2}$ pada persaman:

$$\tau_{H1} + \tau_{H2} = \frac{t73}{1.3}$$

$$\tau_{H1} + \tau_{H2} = \frac{4,8136998}{1.3} = 3,702846\ detik$$

Disubtitusi kedalam persamaan dan didapatkan:

$$ti = \frac{\tau_{H1} + \tau_{H2}}{2}$$

$$ti = \frac{3,702846s}{2} = 1,851423\ detik$$

Selanjutnya didapatkan nilai *yi* dari *ti* pada Grafik 3.2 menggunakan metode *trial and error* yaitu *yi* = 290 dan dapat ditentukan *yi/yss* = 0,292 selanjutnya dari Kurva *Harriot* didapatkan nilai dari persamaan $\frac{\tau_{H1}}{\tau_{H1}+\tau_{H2}}$ yaitu $0,7199999$. Dan disubtitusikan nilai $\frac{\tau_{H1}}{\tau_{H1}+\tau_{H2}}$ sehingga didapatkan nilai τ_{H1} dan τ_{H2} menjadi:

$$\tau_{H1} = \tau_{H1} + \tau_{H2}\ x\ 0,7199999$$

$$\tau_{H1} = 3,702846\ x\ 0,7199999 = 2.66604875\ detik$$

$$\tau_{H2} = (\tau_{H1} + \tau_{H2}) - \tau_{H1}$$

$$\tau_{H2} = 3,702846 - 2.66604875 = 1,03679725\ detik$$

$$G_H(S) = \frac{0.991366548}{(2.66604875s + 1) + (1,03679725s + 1)}$$

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
UIN SUSKA RIAU

Sehingga didapatkan fungsi alih dari motor Induksi Tiga Fasa:

$$G_H(S) = \frac{0.991366548}{2.76415201s^2 + 3{,}702846s + 1}$$

Fungsi alih ini adalah fungsi alih pendekatan orde kedua tanpa *delay*, yaitu dalam kondisi tanpa beban atau digunakan sebagai beban minimal. Selain itu diberikan beban nominal dan maksimal. Kondisi *plant* berbeban yaitu ketika motor Induksi diberi beban berupa pengereman magnetik. Yaitu ketika kumparan lilitan diberi tegangan listrik dari *autotransformator* maka akan terjadi gaya gerak listrik yang menimbulkan pembebanan pada motor Induksi[3]. Pada penelitian ini pemberian beban dilakukan berdasarkan penelitian Muhammad Ridho Utoro[3].

Dengan ketentuan:

Beban minimal : Tanpa beban

Beban nominal : Tegangan 100 *Volt*

Beban maksimal : Tegangan 200 *Volt*

Sehingga didapatkan fungsi penghantar dari masing-masing beban menggunakan metode *Harriot*, yang ditunjukkan pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Model plant dengan beban menggunakan metode *Harriot*[3].

Beban	Persamaan Model Plant
Minimal	$\frac{0.991367}{(2.76415201s^2 + 3{,}702846s + 1)}$
Nominal	$\frac{0.994656}{(3.2205175s^2 + 3.702846s + 1)}$
Maksimal	$\frac{0.974611}{(3.638083s^2 + 3.864538s + 1)}$

Untuk mencari beban minimal, nominal dan maksimal dicari menggunakan metode *Harriot* sama halnya dengan mencari fungsi alih tanpa beban[3].

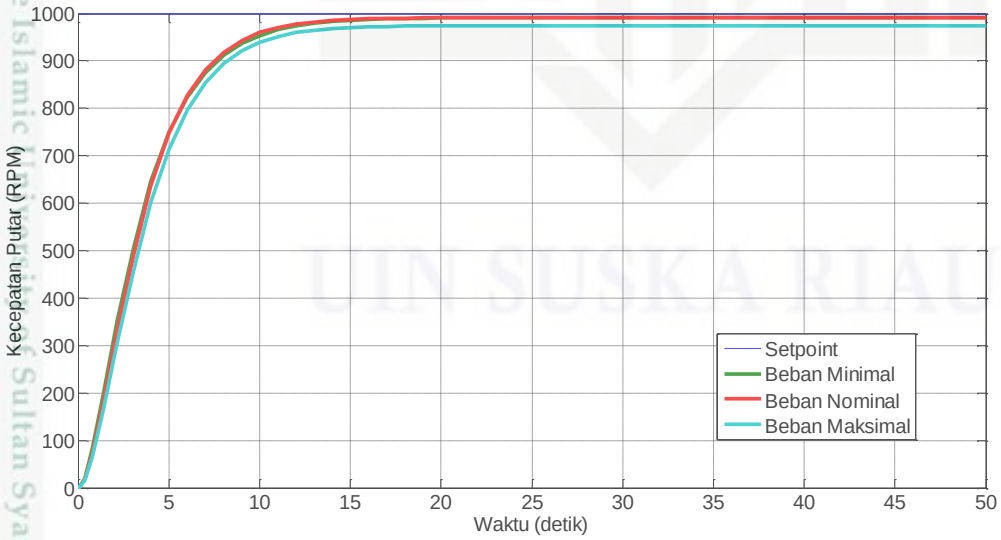
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan 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
UIN SUSKA RIAU

3.3 Pengujian *Plant* Motor Induksi Tiga Fasa

Pengujian *plant* motor Induksi Tiga Fasa dilakukan dengan menggunakan *Simulink Matlab* R2013a. Pada kasus ini blok diagram simulasi pengujian dilakukan secara *open loop* dengan respon berupa kecepatan putar. Adapun hasilnya digambarkan pada Gambar 3.3 dan 3.4 berikut:

Gambar 3.3. Blok *simulink* diagram blok *open loop* berbeban.

Pada Gambar 3.3 menunjukkan hasil pemodelan menggunakan metode *Harriot* dalam bentuk fungsih alih yang diterapkan pada *Simulink Matlab.* Adapun respon keluaran dari masing-masing beban ditunjukkan pada Gambar 3.4 berikut:



Gambar 3.4. Respon identifikasi pendekatan model dengan metode *Harriot*.

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
UIN SUSKA RIAU

Prilaku sistem motor Induksi Tiga Fasa pada keadaan *open loop* tanpa beban merupakan prilaku dengan respon yang stabil tanpa perlakuan. Namun respon ini akan berubah bila diberi beban berupa Rem *Elektromagnetik*[3].

maka dibutuhkan sebuah pengendali. Adapun pengendali yang dipilih dalam kasus ini yaitu pengendali *Hybrid* SMC dan PID.

Untuk perancangan pengendali dipilih beban penghantar yang paling mendekati prilaku plant dengan melihat nilai *Integral Sequare Error* (ISE) terkecil. yang di tunjukan pada Tabel 3.2 berikut:

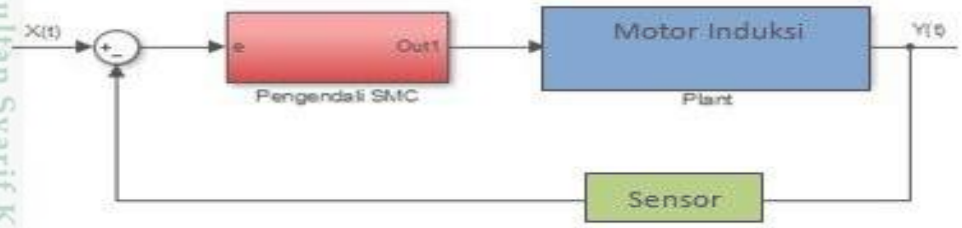
Tabel 3.2. Model palant dengan beban menggunakan metode *Harriot*[3].

Beban	Persamaan Model Plant	ISE
Minimal	$\frac{0.991367}{(2.764152s^2 + 3{,}702846s + 1)}$	2,253
Nominal	$\frac{0.994656}{(3.2205175s^2 + 3.702846s + 1)}$	2,314
Maksimal	$\frac{0.974611}{(3.638083s^2 + 3.864538s + 1)}$	2,431

Dari Tabel 3.2 akan dipilih satu beban untuk diterapkan pada pengendali SMC Karna pada beban minimal memiliki nilai ISE terkecil, maka dipilih beban mininal sebagai fungsi penghantar.

3.4 Desain Pengendali *Sliding Mode* (SMC)

Pada tugas akhir ini pengendali didesain untuk mempertahankan kecepatan motor Induksi Tiga Fasa pada saat penambahan beban.



Gambar 3.5. Diagram blok kerja pengendali *Sliding Mode* (SMC) pada *Plant*.

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
UIN SUSKA RIAU

Fungsi transfer pada beban minimal, akan dimisalkan menjadi variabel tetap agar lebih mudah dalam mendesain pengendali. Sehingga fungsi penghantar palant ditentukan dengan persamaan berikut:

$$G(S)\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K}{as^2 + \mathrm{bs} + 1} \qquad (3.1)$$

Dimana:

k=0.991367

a=2.644152

b=3.702846

c=1

Dari *transfer function* dapat dipresentasikan kedalam bentuk persamaan diferensial, dengan asumsi nilai awal adalah 0.

$a\ddot{y}+b\dot{y}+cy=Ku$

$a\ddot{y}=-b\dot{y}-cy+Ku$

Didifinisikan:

$$x_1 = y \;\rightarrow\; \dot{x}_1 = \dot{y} = x_2 \qquad (3.2)$$

$$x_2 = \dot{y} \;\rightarrow\; \ddot{y} = \dot{x}_2 \qquad (3.3)$$

Dan didapatkan:

$$\ddot{y} = -\frac{b}{a}\dot{y} - \frac{c}{a}y + \frac{k}{a}u \qquad (3.4)$$

$$\ddot{y} = -\frac{b}{a}x_2 - \frac{c}{a}x_1 + \frac{k}{a}u \qquad (3.5)$$

Lalu diambil sinyal *error* sebagai *variabel state*:

$$x_1 = e \;\rightarrow\; \dot{x}_1 = \dot{e} = x_2 \qquad (3.6)$$

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
UIN SUSKA RIAU

$$x_2 = \dot{x}_1 = \dot{e} \tag{3.7}$$

Persamaan pada sinyal *error* dinyatakan:

$$e = r - y \tag{3.8}$$

Dan didapatkan

$$x_1 = e = r - y \rightarrow y = r - x_1 \tag{3.9}$$

Karena sistem bersifat regulator maka didapat:

$$\dot{x}_1 = x_2 = \dot{r} - \dot{y} \rightarrow \dot{y} = \dot{x}_1 \tag{3.10}$$

$$\ddot{x}_1 = x_2 = \dot{r} - \dot{y} \rightarrow \dot{y} = \dot{x}_1 \tag{3.11}$$

Subtitusikan persamaan (3.9) dan (3.10) pada persamaan (3.4), sehingga didapatkan:

$$\dot{x}_2 = -\frac{b}{a}x_1 - \frac{c}{a}(r - x_1) + \frac{k}{a}u \tag{3.12}$$

$$\dot{x}_2 = -\frac{b}{a}x_2 - \frac{c}{a}x_1 + \frac{k}{a}u \tag{3.13}$$

Sehingga didapatkan persamaan *satate-space*:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c}{a} & -\frac{b}{a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{k}{a} \end{bmatrix} u \tag{3.14}$$

Didefinisikan suatu permukaan luncur:

$$\dot{\sigma}_s = 0$$

$$S\,(\dot{x}_1 + \dot{x}_2) = 0$$

Maka dapat dicari sinyal kendali *ekivalen* dengan asumsi *Un* = 0 :

$$x_2 + \left(-\frac{b}{a}x_2 - \frac{c}{a}x_1 + \frac{k}{a}U\right) = 0$$

$$-\frac{c}{a}x_1 + \left(1 - \frac{b}{a}\right) \quad x_2 - \frac{k}{a}U_{eq} = 0$$

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
UIN SUSKA RIAU

$$\frac{k}{a}U_{eq} = -\frac{c}{a}x_1 + \left(1 - \frac{b}{a}\right)x_2$$

$$U_{eq} = \left(-\frac{c}{a}x_1 + \left(1 - \frac{b}{a}\right)x_2\right)\frac{a}{k}$$

$$U_{eq} = \frac{-cx_1 + (a-b)x_2}{k} \tag{3.15}$$

Setelah ditemukan sinyal kendali ekivalen maka dapat dicari sinyal kendali natural:

$$\dot{\sigma}_s = x_2 + \left(-\frac{b}{a}x_2 - \frac{c}{a}x_1 + \frac{k}{a}U\right)$$

$$\dot{\sigma}_s = x_2 + \left(-\frac{b}{a}x_2 - \frac{c}{a}x_1 + \frac{k}{a}(U_{eq} + U_n)\right)$$

$$\dot{\sigma}_s = \left(-\frac{c}{a}x_1 + \left(1 - \frac{b}{a}\right)\ x_2\right) - \left(\frac{k}{a}\frac{-cx_1 + (a-b)x}{k}\right) - \frac{k}{a}U_n$$

$$\dot{\sigma}_s = \left(-\frac{c}{a}x_1 + \left(1 - \frac{b}{a}\right)\ x_2\right) - \left(-\frac{c}{a}x_1 + \left(1 - \frac{b}{a}\right)\ x_2\right) - \frac{k}{a}U_n$$

$$\dot{\sigma}_s = -\frac{k}{a}U_n \tag{3.16}$$

Berdasarkan pada syarat kestabilan lyapunov pada persamaan 3.16 maka dipilih :

$$\dot{\sigma}_s = -\frac{k}{a}U_n$$

$$-\eta.sign(\sigma)^{\cdot} = -\frac{k}{a}U_n$$

$$U_n = \frac{a}{k}\eta.sign(\sigma) \tag{3.17}$$

Dimana $\eta > 0$ (Kostanta positif).

Dengan demikian didapat sinyal kendali total U yaitu:

$$U = U_{eq} + U_n$$

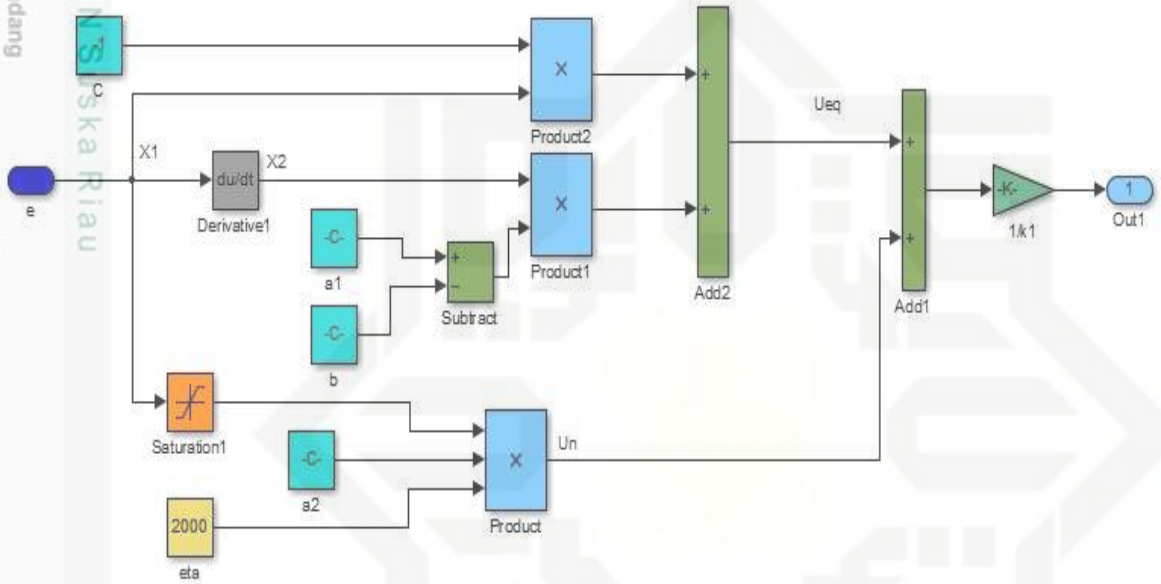
$$U = \frac{-cx_1 + (a-b)x_2}{k} + \frac{a}{k}\ \eta.sign(\sigma) \tag{3.18}$$

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
UIN SUSKA RIAU

$$U = \frac{1}{k}\left(-cx_1 + (a-b)x_2 + a.\eta.sign(\sigma)\right) \tag{3.19}$$

Pada *diskontinyu signum* diubah menjadi fungsi *kontinyu saturasi* dengan tujuan agar menghilangkan *chattering* pada pengendali *sliding mode.* Sehingga didapatkan persamaan:

$$U = \frac{1}{k}\left(-cx_1 + (a-b)x_2 + a.\eta.sat(\sigma)\right) \tag{3.20}$$



Gambar 3.6. Blok pengendali SMC.

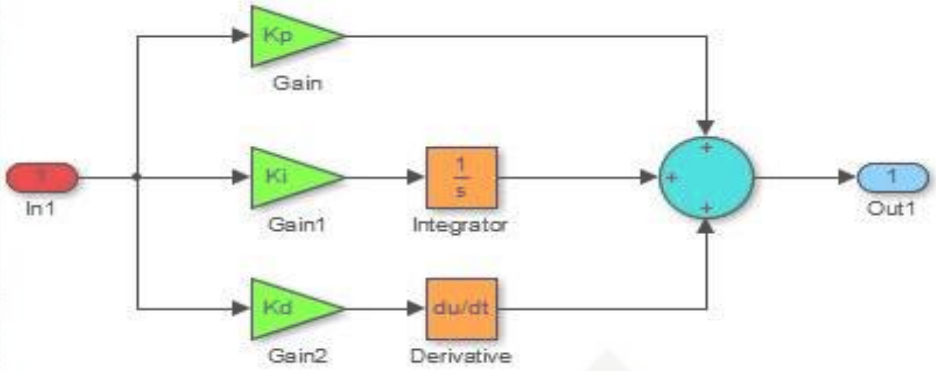
Pada Gambar 3.6 merupakan hasil desain pemodelan pada kendali SMC yaitu pada persamaan 3.20 yang dirubah menjadi blok-blok menggunakan *Simulink Matlab* R2013a. Blok pengendali ini ditanam dalam sub sistem kendali SMC yang akan digunakan dalam mengendalikan motor Induksi Tiga Fasa.

3.5 Desain Pengendali PID

Setelah didesain pengendali SMC, selanjutnya didesain pengendali PID yang nantinya akan digabungkan Berdasarkan bentuk umum pengendali PID pada persamaan (3.21) maka diagram blok pada pengendali PID ditunjukkan pada Gambar 3.7 berikut ini:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t)dt + K_d \frac{de}{dt} \tag{3.21}$$

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
UIN SUSKA RIAU



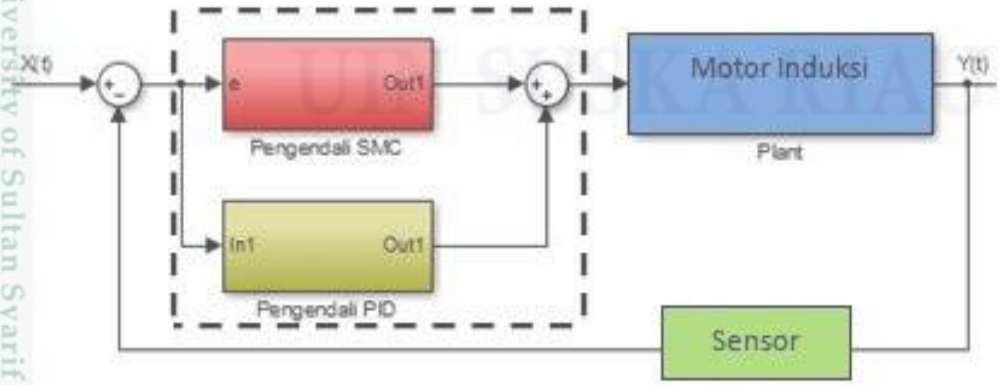
Gambar 3.7. Blok pengendali PID.

Pada Gambar 3.7 merupakan bentuk umum pemodelan pada kendali PID yaitu pada persamaan 3.21 yang dirubah menjadi blok-blok menggunakan *Simulink Matlab* R2013a. Blok pengendali ini ditanam dalam sub sistem kendali PID yang akan digunakan dalam mengendalikan motor Induksi Tiga Fasa.

3.6 Desain Pengendali *Hybrid* SMC Dan PID

Hybrid SMC dan PID adalah desain pada pengendali SMC ditambahkan dengan hasil desain pada pengendali PID. Dari hasil penggabungan antara SMC dan PID diharapkan mampu membuat performansi pada pengaturan kecepatan motor Induksi Tiga Fasa. Sehingga didapatkan keluaran yang lebih stabil yang dapat didesain dengan rumus sebagai berikut:

$$U = \frac{1}{k}(-cx_1 + (a-b)x_2 + a.\eta.sat(\sigma)) + K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t)dt + K_d \frac{de}{dt} \qquad (3.22)$$



Gambar 3.8. Diagram blok pengendali *hybrid* PID dan SMC.

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

Pada Gambar 3.8 Merupakan Diigram blok *hybrid* SMC dan PID yaitu hasil dari desain pengendali SMC ditambahkan hasil desain pengendali PID yang membetuk satu pengendali baru digunakan untuk pengendalian kecepatan motor Induksi Tiga Fasa.

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