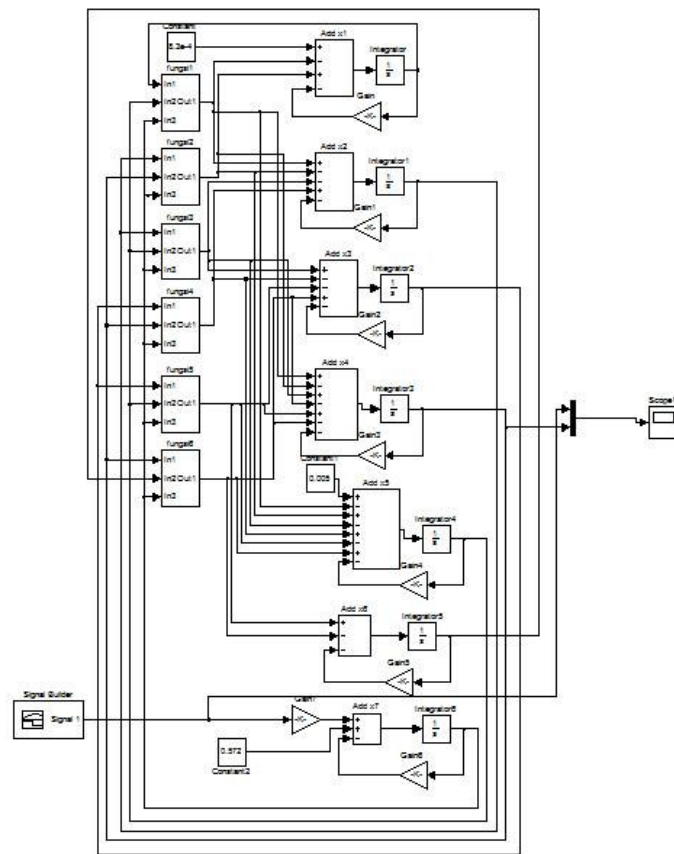


BAB 4 SIMULASI MODEL MATEMATIS CSTR BIODIESEL

Pada Bab ini akan dilakukan simulasi model matematis yang didapat di dari Bab sebelumnya. Simulasi akan dilakukan pada model CSTR yang lengkap dan model CSTR yang telah dilinierisasi. Dari simulasi ini akan dilakukan analisa untuk menentukan pengendali yang tepat untuk sistem ini. Simulasi dilakukan dengan MATLAB dan Simulink

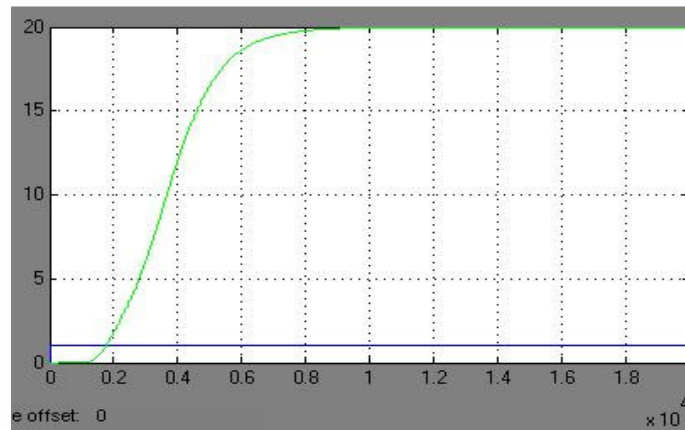
4.1. Simulasi Model Matematis Lengkap CSTR Biodiesel

Dalam simulasi ini akan dilakukan simulasi dengan Simulink, Gambar simulink dari pemodelan CSTR biodiesel ini adalah berikut ini



Gambar 17 Blok diagram simulasi model CSTR lengkap

Simulasi ini menggunakan masukan u berupa fungsi step dengan nilai awal nol dan nilai akhir 1, hasil dari simulasi adalah berikut ini,

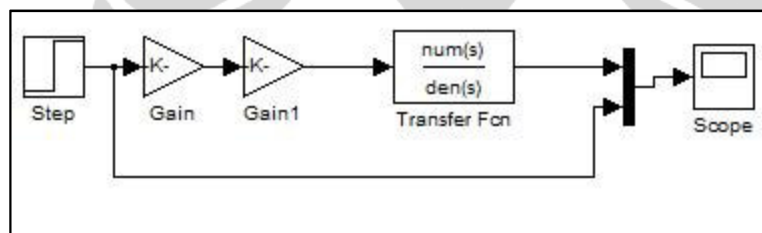


Gambar 18 Hasil simulasi model CSTR lengkap

Dari hasil simulasi di atas terlihat bahwa terdapat delay antara masukan dan keluaran sekitar 2326,927 detik atau sekitar 38,78 menit.

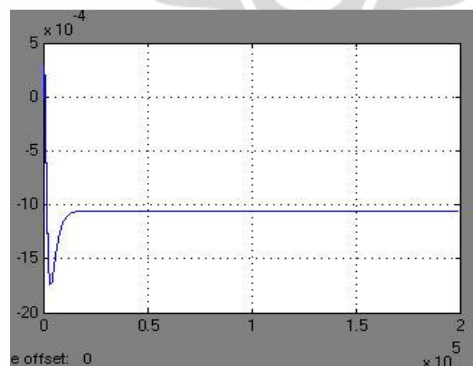
4.2. Simulasi model matematis CSTR Biodiesel linierisasi

Gambar blok diagram dari simulasi yang telah dilinierisasi adalah berikut ini



Gambar 19 Blok diagram model CSTR linierisasi

Hasil dari simulasi yang didapat adalah berikut ini



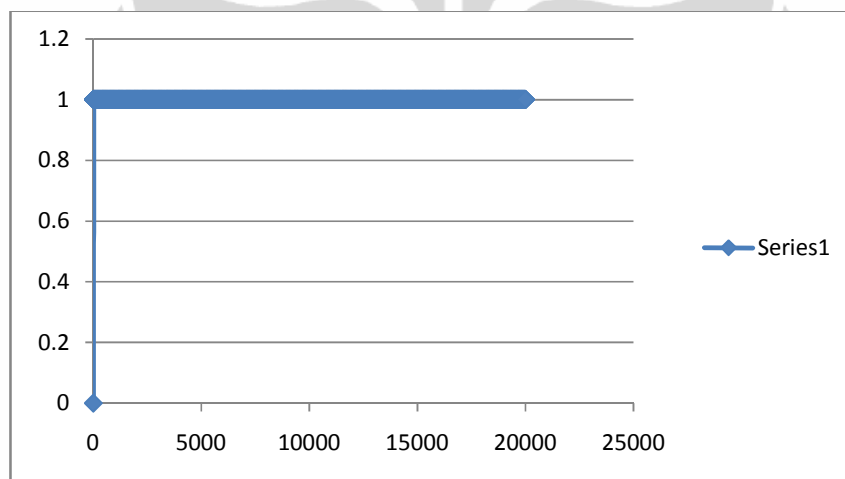
Gambar 20 Hasil simulasi model CSTR linierisasi

BAB 5 PERANCANGAN PENGENDALI CSTR BIODIESEL

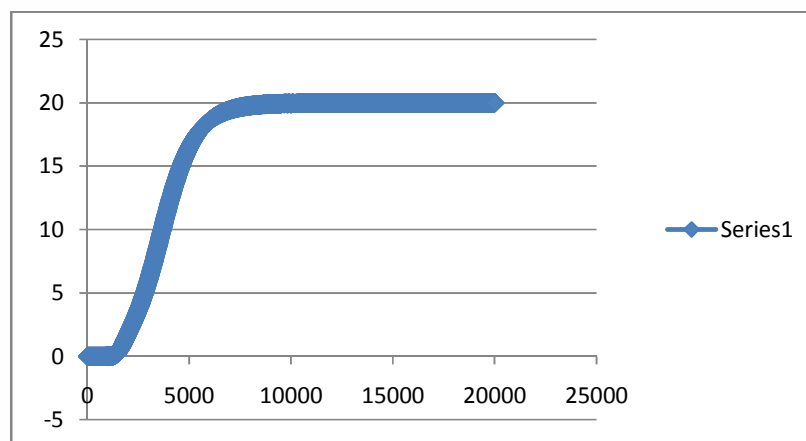
Pada Bab ini akan dilakukan perancangan pengendali CSTR biodiesel berdasarkan hasil simulasi yang telah didapatkan di Bab sebelumnya. Mula-mula akan dirancang pengendali PID pada model lengkap CSTR biodiesel dan model linierisasi CSTR biodiesel. Pengendali PID dirancang berdasarkan model Ciancone. Selanjutnya akan dirancang pengendali dengan metode metode lain pada kedua model. Dari hasil perancangan kedua pengendali ini akan dibandingkan dan dilakukan analisa untuk melihat pengendali yang lebih baik.

5.1. Perancangan pengendali model PID pada model lengkap CSTR biodiesel

Dari hasil simulasi, didapat data masukan dan keluaran terhadap waktu yang telah dibuat grafiknya di excel adalah berikut ini



Gambar 21 masukan fungsi step dalam excel



Gambar 22 Keluaran model CSTR lengkap dari excell

Dari hasil simulasi, terlihat bahwa grafik keluaran yang dihasilkan dengan grafik masukan mirip dengan fungsi alih orde 1. Dengan demikian, pada sistem ini dapat dilakukan pengendalian pendekatan orde 1 dengan model PID Ciancone. Dari data hasil simulasi beserta grafik yang dihasilkan, didapat parameter-parameter berikut ini:

$$K_p=19,99$$

$$\tau=1777,2$$

$$\theta=2326,927$$

dengan demikian sistem dapat didekati melalui pendekatan orde 1 dengan persamaan berikut ini

$$G(s) = \frac{19,99e^{-2326,927s}}{1777,2s + 1}$$

dari parameter-parameter di atas didapat

$$\theta + \tau=4104,127$$

$$\theta / (\theta + \tau)=0,567$$

dengan melihat ke grafik Ciancone didapat parameter-parameter berikut

$$K_c K_p=0,587$$

$$T_i / (\theta + \tau)=0,6315$$

$$T_d / (\theta + \tau)=0,1058$$

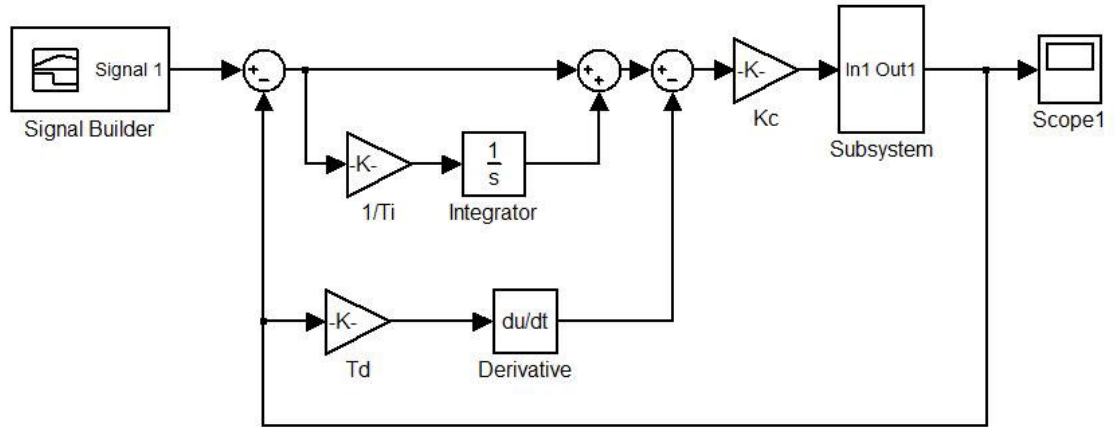
Dengan demikian didapat

$$T_d=433$$

$$T_i=2590$$

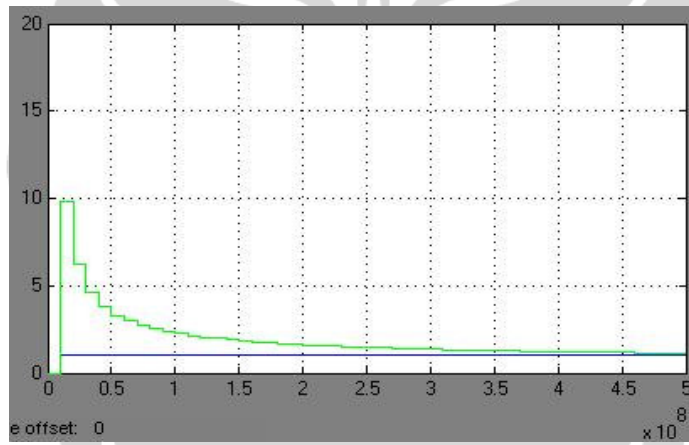
$$K_c=0.0293$$

Dengan memasukkan nilai-nilai parameter yang didapat ke blok diagram, didapat blok diagram baru dengan pengendali PID berikut ini:



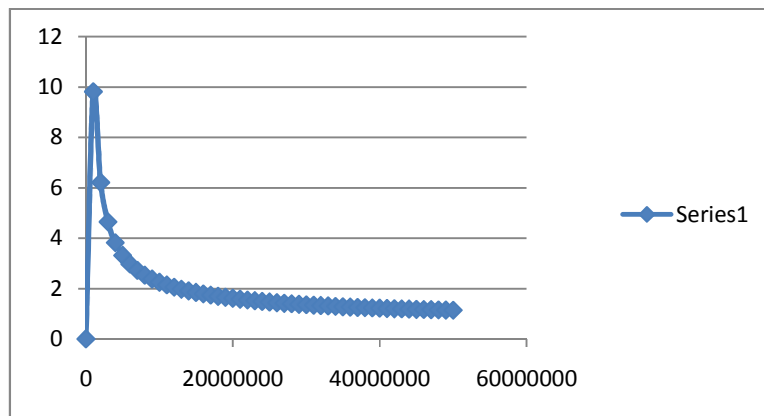
Gambar 23 Model kendali PID Ciancone CSTR lengkap

Dari hasil simulasi didapat grafik keluaran terhadap masukan berikut ini



Gambar 24 Hasil simulasi Kendali PID Ciancone CSTR lengkap

Sedangkan data hasil simulasi yang dibuat grafiknya di excel adalah berikut ini



Gambar 25 Hasil Simulasi PID Ciancone CSTR lengkap

Dari kedua grafik di atas terlihat bahwa sistem belum berhasil dikendalikan. Waktu tunda (θ) menjadi 16,564 menit, settling time (t_s) didapat sekitar 5×10^8 detik atau 5788 hari. Didapat nilai overshoot sekitar 981%.

Dari hasil simulasi di atas, Perlu dikembangkan hasil pengendalian sistem dengan cara mengubah nilai konstanta penguatan kendali (K_c), integral (T_i) dan derivative (T_d) untuk melihat perubahan parameter yang terjadi. Berikut ini adalah tabel hasil pengendalian dengan nilai K_c dan T_d tetap serta T_i berubah-ubah

Tabel 3 perubahan parameter T_d

No	T_d	T_i	K_c	T_s (menit)	Overshoot(%)
1	433	2590	0.0293	8333333.3	2000
2	433	100	0.0293	461666.67	2000
3	433	1	0.0293	4548.6667	1500
4	433	0.1	0.0293	354.96667	900
5	433	0.05	0.0293	338.78333	826
6	433	0.01	0.0293	350.03333	829

Dari tabel di atas terlihat bahwa penurunan T_i hingga 0,05 dapat menurunkan overshoot lalu naik lagi ketika $T_i=0,01$. Settling time tercepat di $T_i=0,05$. Dengan demikian ditetapkan $T_i=0,05$. Berikut ini adalah tabel hasil pengendalian dengan nilai $T_i=0,05$; K_c tetap dan T_d berubah ubah

Tabel 4 Perubahan parameter K_c

No	T_d	T_i	K_c	T_s (menit)	Overshoot(%)
1	433	0.05	0.0293	338.78333	826
2	1000	0.05	0.0293	354.98333	910
3	100	0.05	0.0293	354.95	910
4	10	0.05	0.0293	354.95	910
5	1500	0.05	0.0293	355.01667	910
6	2000	0.05	0.0293	355.03333	910

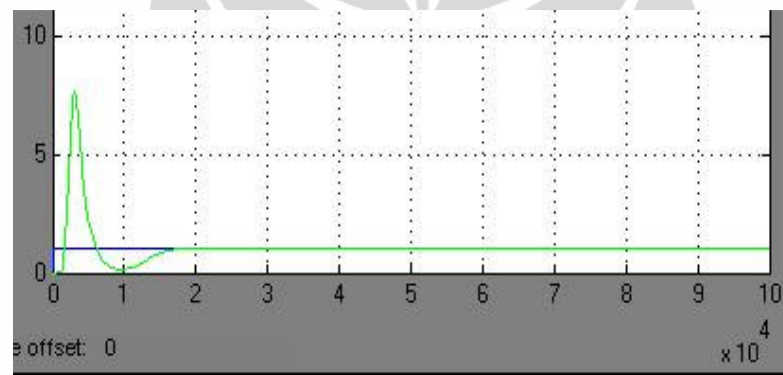
Dari tabel 4, terlihat bahwa perubahan nilai T_d tidak mengubah parameter kendali secara signifikan. Dengan demikian ditetapkan nilai optimal untuk $T_d=433$

Selanjutnya dicoba Selanjutnya dicoba untuk mengubah nilai K_c dengan $T_d=433$ dan $T_i=0,05$. Hasil dari simulasi untuk K_c berubah-ubah adalah berikut ini

Tabel 5 Hasil simulasi dengan Kc berubah-ubah

No	Td	Ti	Kc	Ts(menit)	Overshoot(%)
1	433	0.05	0.0293	338.78333	826
2	433	0.05	0.1	343.88333	775
3	433	0.05	0.05	268.23333	762
4	433	0.05	0.04	293.15	776
5	433	0.05	0.2	475.98333	890
6	433	0.05	0.03	334	803
7	433	0.05	0.01	395.06667	1000

Dari ketiga simulasi diatas, terlihat bahwa simulasi paling optimal terjadi ketika $T_d=433$; $T_i=0,05$; dan $K_c=0,05$. Grafik hasil simulasinya adalah berikut ini



Gambar 26 hasil keluaran PID dengan parameter berbeda

Dari hasil kendali PID ini, didapat $t_s=268$ menit dengan overshoot sekitar 762%.

5.2. Perancangan pengendali model PI pada model lengkap CSTR biodiesel

Berdasarkan grafik dan parameter yang sama dengan sub-bab 5.1, akan dirancang pengendali model PI Ciancone. Berdasar data-data yang diolah berikut ini

$$K_p=19,99$$

$$\tau=1777,2$$

$$\theta=2326,927$$

dengan demikian sistem dapat didekati melalui pendekatan orde 1 dengan persamaan berikut ini

$$G(s) = \frac{19,99e^{-2326,927s}}{1777,2s + 1}$$

dari parameter-parameter di atas didapat

$$\theta + \tau = 4104,127$$

$$\theta / (\theta + \tau) = 0,567$$

dengan melihat ke grafik Ciancone didapat parameter-parameter berikut

$$K_c K_p = 0,768$$

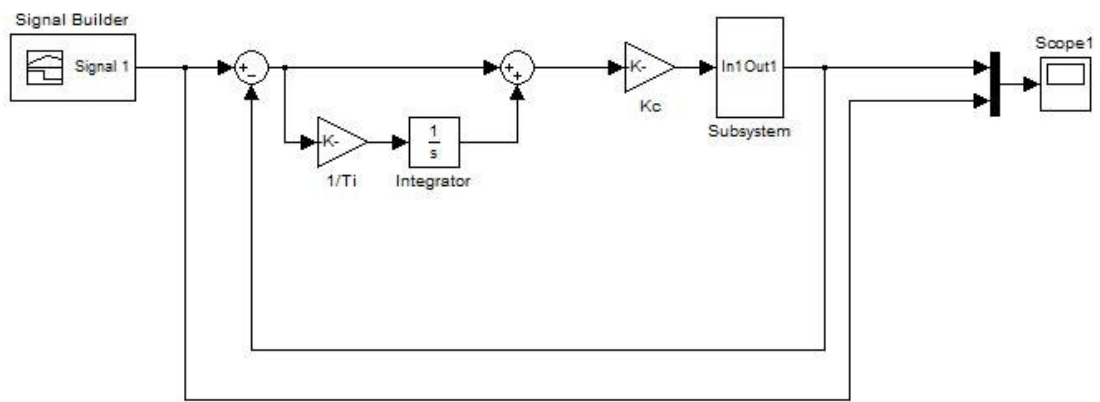
$$T_i / (\theta + \tau) = 0,6711$$

Dengan demikian didapat

$$T_i = 2920$$

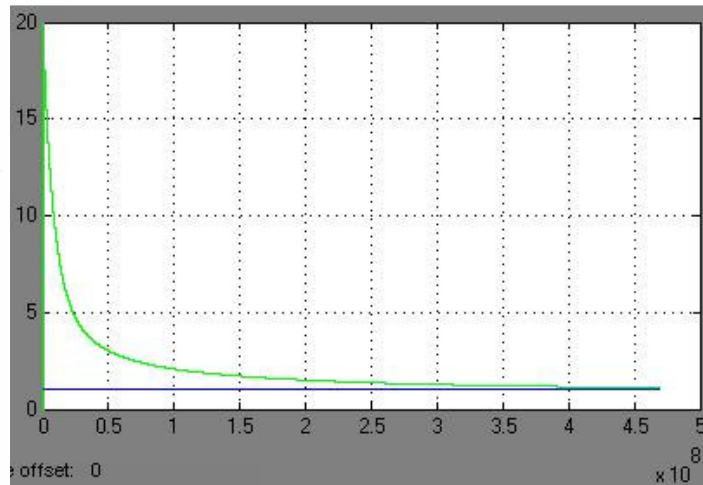
$$K_c = 0.0384$$

Dengan memasukkan nilai-nilai parameter yang didapat ke blok diagram, didapat blok diagram baru dengan pengendali PI berikut ini:



Gambar 27 Model kendali PI Ciancone CSTR lengkap

Dari hasil simulasi didapat data keluaran terhadap masukan berikut ini



Gambar 28 Hasil Simulasi PI Ciancone model CSTR lengkap

Dari grafik di atas terlihat bahwa sistem belum berhasil dikendalikan. Terdapat overshoot sekitar 2000% dan settling time sekitar 5788 hari. Dengan demikian, perlu dilakukan modifikasi dengan mengubah parameter T_i dan K_c . Berikut ini adalah tabel sistem dengan T_i yang diubah-ubah

Tabel 6 Perubahan parameter T_i pada PI

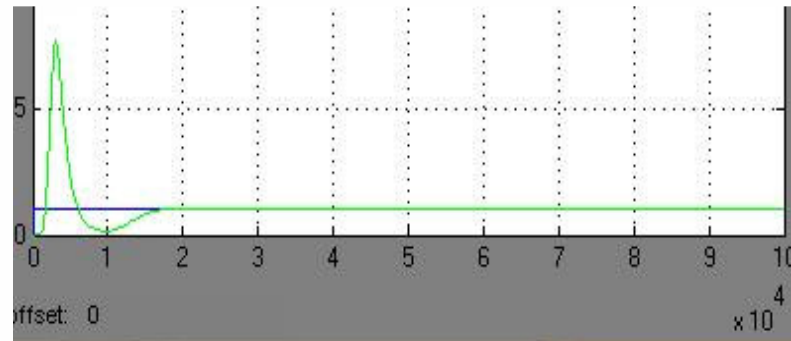
No	T_i	K_c	t_s	overshoot
1	2920	0.0384	8333333	2000
2	10	0.0384	35333.33	1800
3	1	0.0384	3465	1420
4	0.1	0.0384	386.8	850
5	0.05	0.0384	296.1833	780
6	0.01	0.0384	395.0833	880

Dari hasil percobaan di atas terlihat bahwa hasil simulasi optimal didapat dengan nilai $T_i=0,05$. Dengan demikian ditetapkan $T_i=0,05$. Selanjutnya akan disimulasi pengendali PI dengan K_c berubah-ubah. Tabel hasil percobaan adalah berikut ini:

Tabel 7 Perubahan parameter K_c pada PI

No	T_i	K_c	t_s	overshoot
1	0.05	0.0384	296.1833	780
2	0.05	0.05	588.65	950
3	0.05	0.04	473.0167	890
4	0.05	0.02	345.55	780
5	0.05	0.01	270.2	770

Dari hasil simulasi terlihat bahwa sistem akan optimal jika $T_i=0,05$ dan $K_c=0,01$. Hasil simulasinya adalah berikut ini



Gambar 29 hasil simulasi PI

5.3. Perancangan pengendali PID model Ziegler-Nichols

Berdasarkan grafik dan parameter yang sama dengan sub-bab 5.1, akan dirancang pengendali model PID Ziegler Nichols. Berdasar data-data yang diolah berikut ini

$$K_p=19,99$$

$$\tau=1777,2$$

$$\theta=2326,927$$

dengan demikian sistem dapat didekati melalui pendekatan orde 1 dengan persamaan berikut ini

$$G(s) = \frac{19,99e^{-2326,927s}}{1777,2s + 1}$$

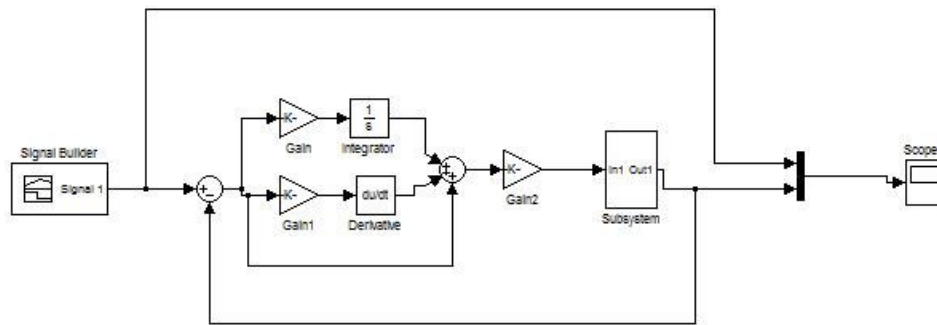
dari parameter-parameter di atas didapat:

$$K_c=1,2 \quad (\tau/\theta)=0,916$$

$$T_i=2 \quad \theta=4653,854$$

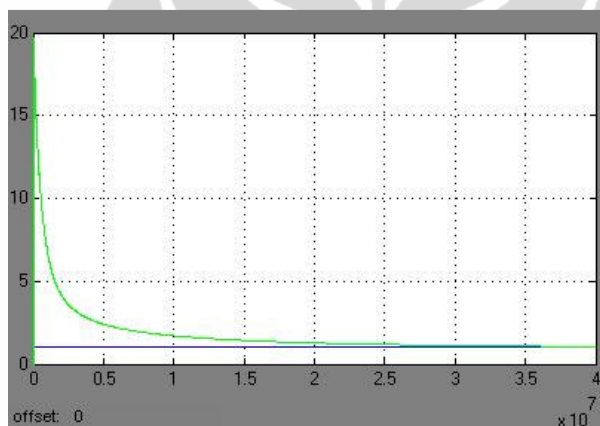
$$T_d=0,5 \quad \theta=1163,4635$$

Selanjutnya dilakukan simulasi. Blok diagram dari simulasi adalah berikut ini



Gambar 30 Blok Diagram Simulasi PID Ziegler Nichols

Dari hasil simulasi, didapat grafik berikut ini



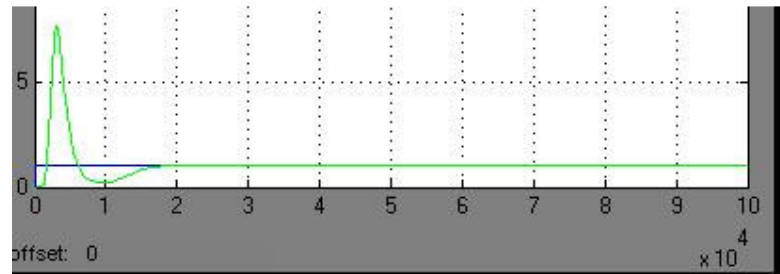
Gambar 31 Hasil Simulasi PID Ziegler Nichols

Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem belum berhasil dikendalikan. Masih terdapat overshoot yang besar sekitar 2000% serta settling time (t_s) yang sangat lama (666666,7 menit). Untuk itu perlu dilakukan modifikasi dengan perubahan parameter-parameter PID. Berikut ini adalah tabel perubahan parameter.

Tabel 8 hasil pengujian dengan parameter berubah

No	Td	Ti	Kc	t_s	overshoot
1	1163.464	4653.854	0.916	666666.7	2000
2	1163.464	10	0.916	1361.467	1200
3	1163.464	1	0.916	275.5833	760
4	1163.464	0.1	0.5	576.0667	950
5	1163.464	0.05	0.2	475.7333	890

Dari tabel terlihat bahwa hasil terbaik didapat dengan parameter $T_d=1163,464$; $T_i=1$, dan $K_c=0,916$. Hasil simulasinya adalah berikut ini



Gambar 32 Hasil simulasi PID Ziegler Nichols

Dari hasil simulasi terlihat bahwa settling time sekitar 275,583 menit dengan overshoot sekitar 760%.

5.4. Perancangan pengendali PI model Ziegler-Nichols

Berdasarkan grafik dan parameter yang sama dengan sub-bab 5.1, akan dirancang pengendali model PID Ziegler Nichols. Berdasar data-data yang diolah berikut ini

$$K_p=19,99$$

$$\tau=1777,2$$

$$\theta=2326,927$$

dengan demikian sistem dapat didekati melalui pendekatan orde 1 dengan persamaan berikut ini

$$G(s) = \frac{19,99e^{-2326,927s}}{1777,2s + 1}$$

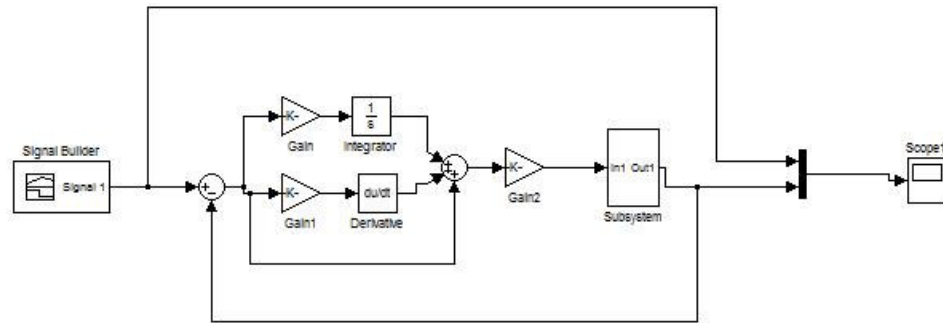
dari parameter-parameter di atas didapat:

$$K_p=0,9 \ (\tau/\theta)=0,687$$

$$T_i=0,3 \ \theta=698,078$$

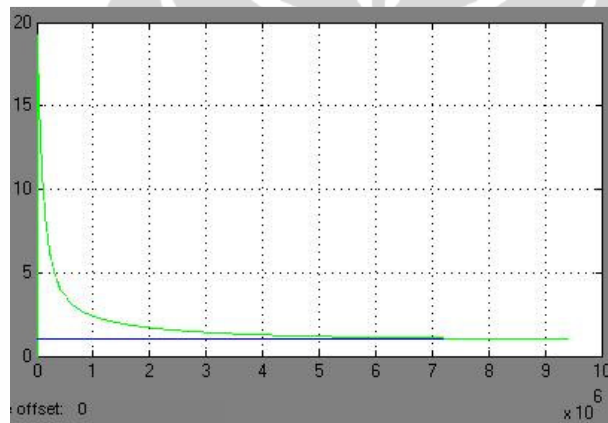
$$T_d=0$$

Selanjutnya dilakukan simulasi. Blok diagram dari simulasi adalah berikut ini



Gambar 33 Blok Diagram Simulasi PI Ziegler Nichols

Dari hasil simulasi, didapat grafik berikut ini



Gambar 34 Hasil Simulasi PI Ziegler Nichols

Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem belum berhasil dikendalikan. Masih terdapat overshoot yang besar sekitar 2000% serta settling time (t_s) yang sangat lama (50000 menit). Untuk itu perlu dilakukan modifikasi dengan perubahan parameter-parameter PID. Berikut ini adalah tabel perubahan parameter.

Tabel 9 hasil pengujian dengan T_i berubah

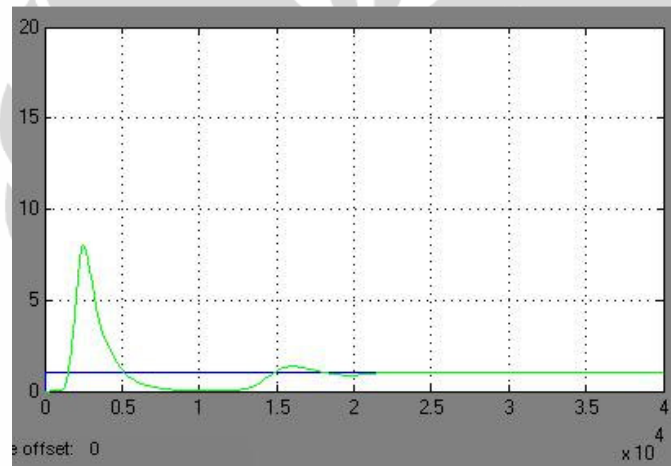
No	T_i	K_p	t_s	overshoot
1	698.078	0.687	50000	2000
2	1	0.687	310.8667	780
3	0.5	0.687	305.3167	750
4	0.4	0.687	300.7333	760
5	0.3	0.687	348.55	780

Dari tabel terlihat bahwa hasil terbaik didapat dengan parameter $T_i=0,4$. Selanjutnya dilakukan simulasi dengan $T_i=0,4$ dan K_p berubah-ubah. Berikut ini adalah tabel perubahan parameter:

Tabel 10 hasil pengujian dengan K_p berubah

No	T_i	K_p	t_s	overshoot
1	0.4	0.687	300.7333	760
2	0.4	0.1	386.3333	890
3	0.4	1	432.3167	850
4	0.4	0.75	298.7667	800
5	0.4	0.85	390.9	820

Dari tabel terlihat bahwa hasil terbaik didapat dengan parameter $T_i=0,4$ dan $K_p=0,75$. Hasil simulasinya adalah berikut ini



Gambar 35 Hasil simulasi PID Ziegler Nichols

Dari hasil simulasi terlihat bahwa settling time sekitar 298,767 menit dengan overshoot sekitar 800%.