

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

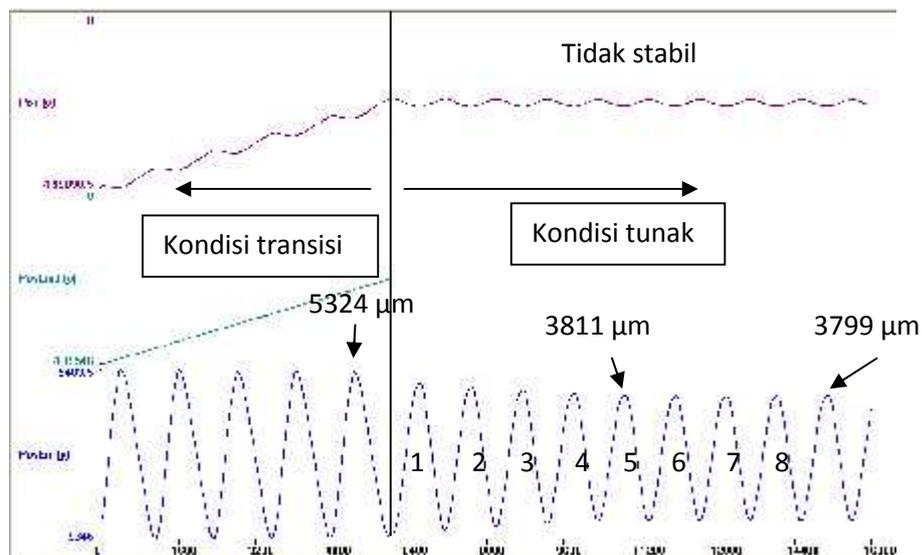
4.1. Hasil

Data hasil dari percobaan ini terdiri dari empat bagian, yaitu, data hasil percobaan variabel K_{pos} , data hasil percobaan Variabel K_i , data hasil percobaan variabel K_p , dan data hasil optimasi sistem kontrol.

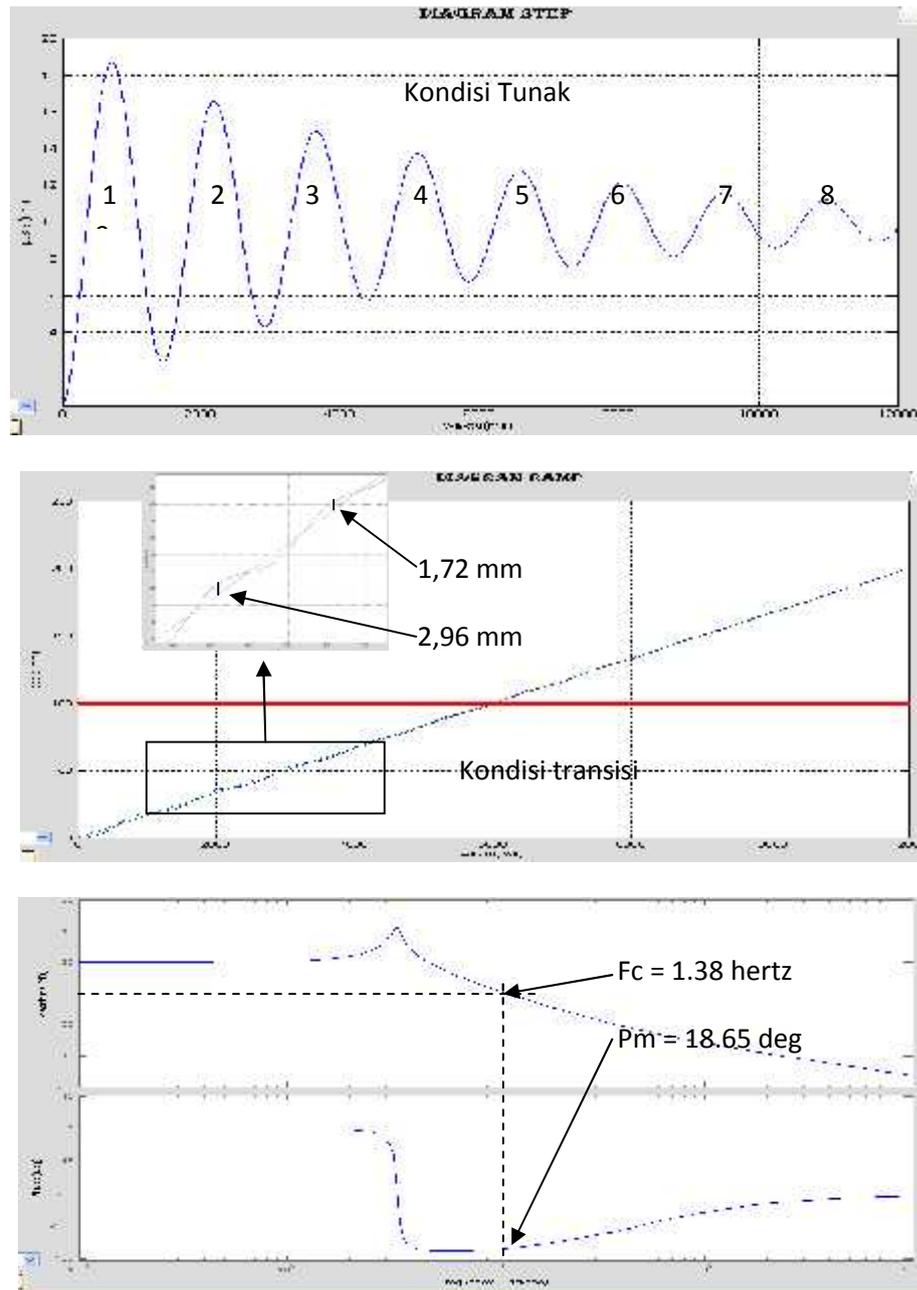
4.1.2. Data Hasil Percobaan variabel K_{pos}

Untuk Mengetahui pengaruh nilai K_{pos} dilakukan percobaan dengan mengubah gain K_{pos} pada kondisi Nilai $K_i=52$ dan $K_p=31000$ dibuat konstan. Percobaan dilakukan dengan variasi nilai parameter K_{pos} sebesar (28,5), (38,5) dan 48,5 menuju posisi 100 mm dengan kecepatan 1000 mm/min.

Hasil percobaan eksperimen dengan nilai $K_{pos} = 28.5$ ditunjukkan pada Gambar 4.1. Sedangkan hasil percobaan simulasi numerik ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.1: Hasil Eksperimen penguatan gain $K_{pos} = 28.5$

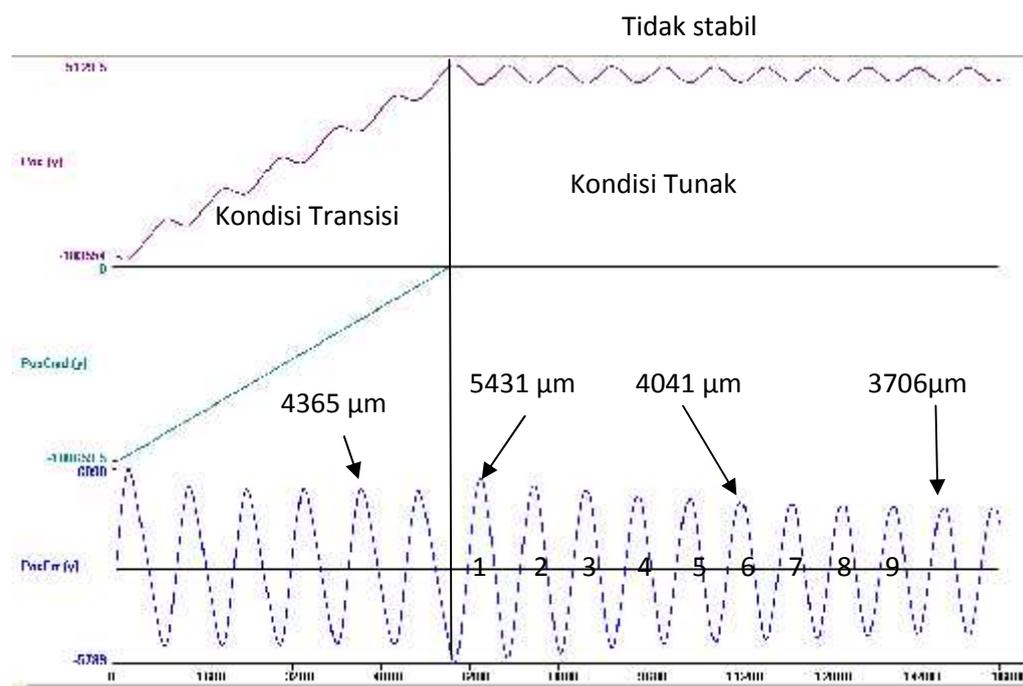


Gambar 4.2: Hasil Simulasi Numerik Penguatan Gain $K_{pos} = 28.5$

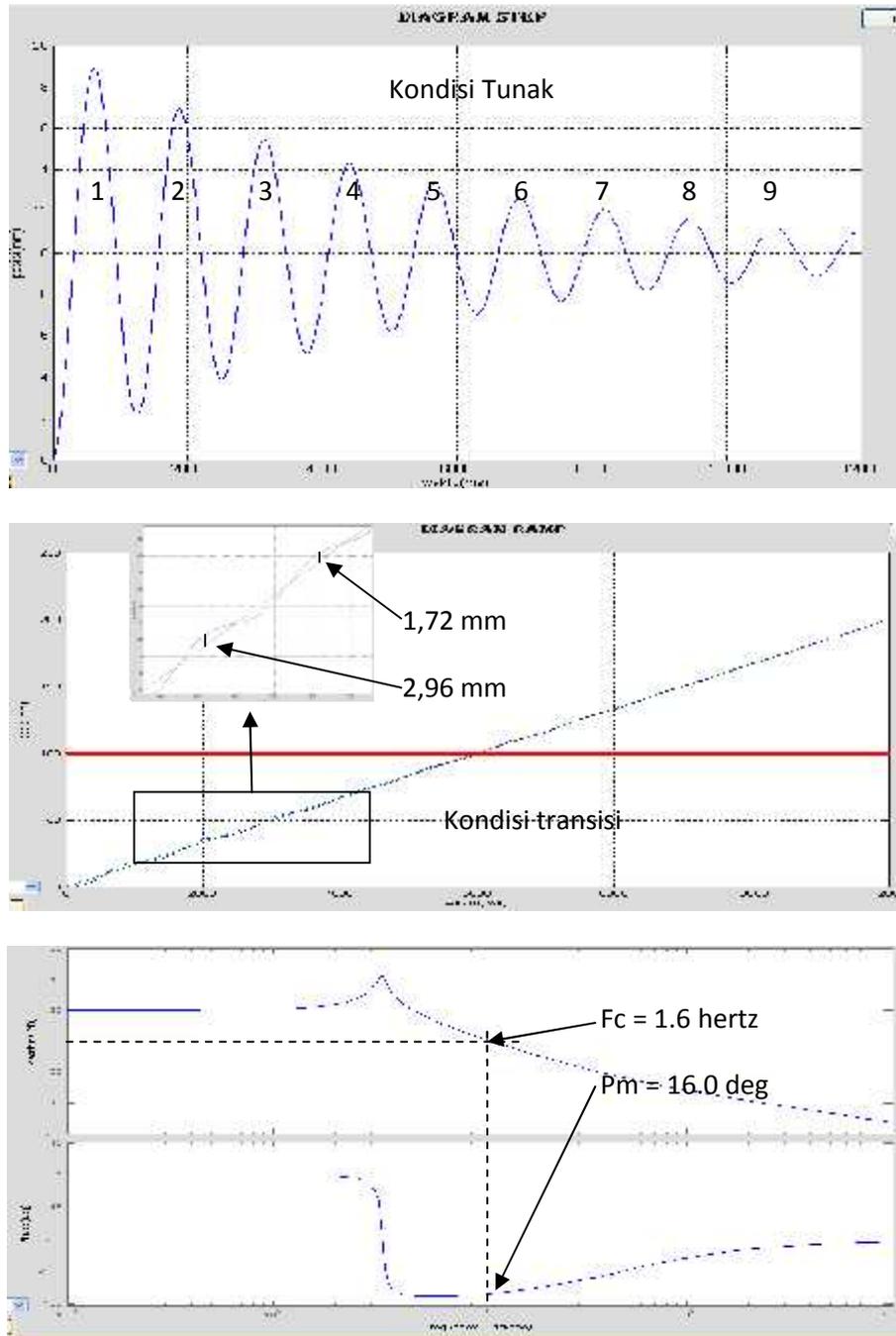
Dari gambar 4.1 terlihat sistem tidak stabil. Kesalahan posisi yang dialami sistem juga sangat besar yaitu 3799 μm pada 15000 ms. Selain itu dapat dilihat osilasi posisi menyebabkan torak mengalami maju mundur pada kisaran 3.5 mm lebih. Hal ini menyebabkan sistem kerja mesin *semi-solid* tidak sempurna dan

produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan keinginan (gambar kerja). Sedangkan Gambar 4.2 memperlihatkan hasil simulasi dimana nilai kesalahan transisinya 2.96 mm dan 1.72 mm. Sebanyak 8 gelombang terjadi di posisi tunaknya dan nilai *frekuensi Crossover* (F_c) = 1,38 Hertz dengan nilai P_m (phase Margin) = 18,65 deg.

Hasil percobaan eksperimen dengan nilai $K_{pos} = 38.5$ ditunjukkan pada Gambar 4.3. Kondisi dari *plant* pada $K_{pos} 38.5$ sama dengan kondisi $K_{pos} 28.5$, dimana ketidak stabilan terjadi pada keduanya. Kesalahan posisi pada $K_{pos} 38.5$ adalah 5431 μm pada 6800 ms, 4041 μm pada 11800 ms dan 3706 μm pada 15000 ms.



Gambar 4.3: Hasil Eksperimen Penguatan gain $K_{pos} = 38.5$

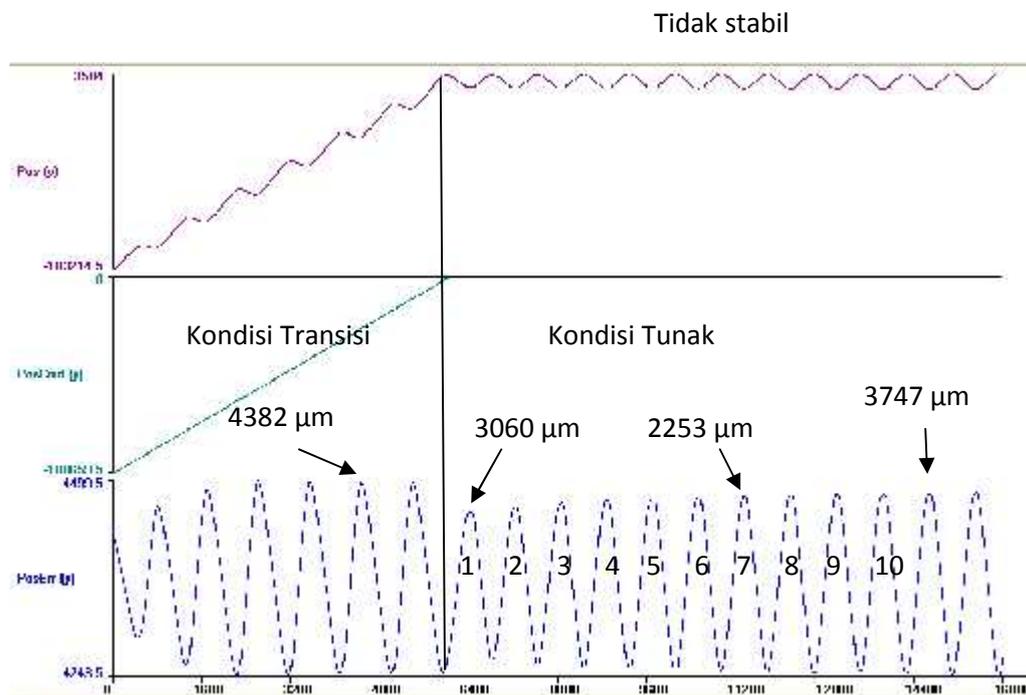


Gambar 4.3: Hasil Simulasi Numerik Penguatan Gain $K_{pos} = 38.5$

Hasil simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 terlihat kesalahan pada kondisi transisi adalah 1,72 mm dan 2,96 mm. keadaan sistem tidak stabil karena

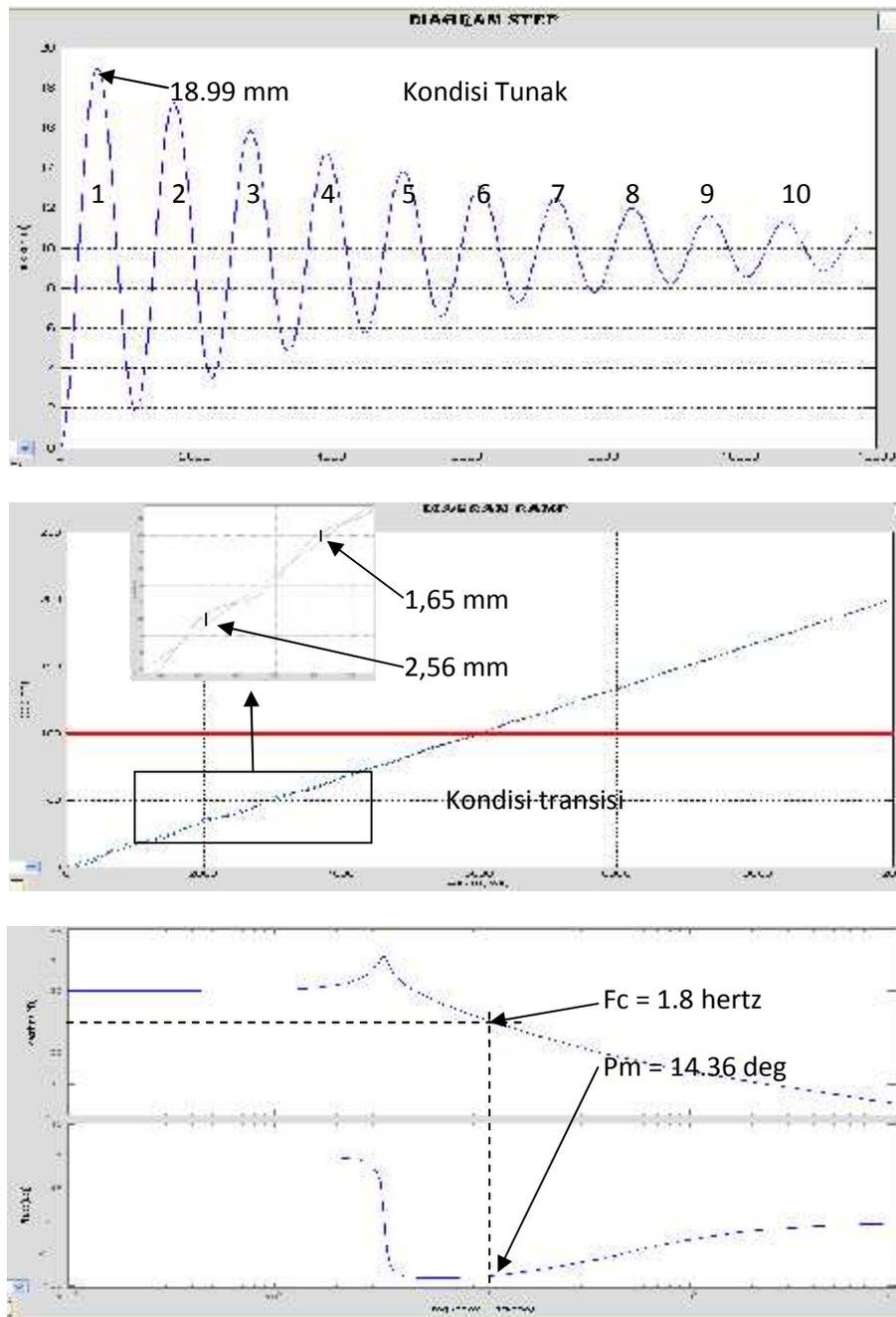
nilai phase margin (P_m) yang lebih kecil dari 30 deg yaitu 16.0 deg. Banyaknya gelombang yang terjadi pada kondisi tunaknya adalah 9 gelombang.

Kondisi kesetabilan pada K_{pos} 48.5 juga tidak berbeda dengan K_{pos} 28.5 dan 38.5. Gambar 4.5 memperlihatkan hasil eksperimen pada kondisi $K_{pos} = 48.5$. Dimana tampak bahwa kondisi tidak stabil dengan kesalahan tunak pada 11400 ms sebesar $2253 \mu m$ dan $3747 \mu m$ pada 14800 ms.



Gambar 4.5: Hasil Eksperimen Penguatan Gain $K_{pos} = 48.5$

Pada Gambar 4.6 ditampilkan hasil simulasi numerik pada penguatan gain K_{pos} sebesar 48.5. Terlihat sistem tidak stabil dengan nilai P_m lebih kecil dari 30 deg yaitu 14.36 deg dengan $F_c = 1.8$ hertz dan banyaknya gelombang pada keadaan tunak 10 gelombang. Dan kesalahan keadaan tunaknya 1.65 mm dan 2.56 mm.

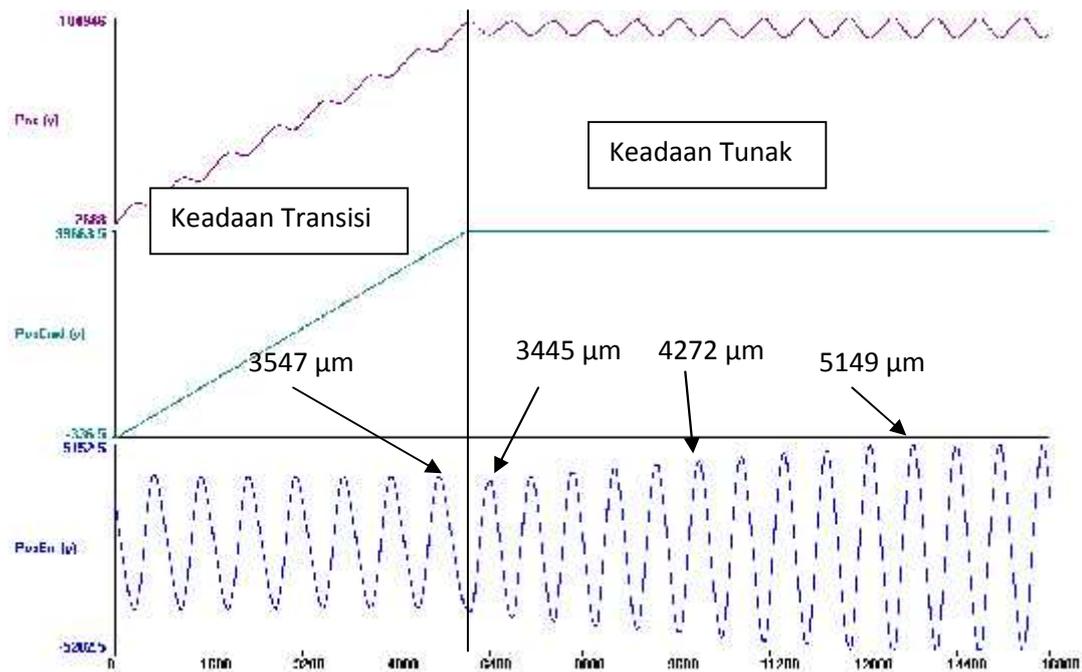


Gambar 4.6: Hasil Simulasi Numerik Penguatan Gain $K_{pos} = 48.5$

4.1.2. Data Hasil Percobaan variabel K_i

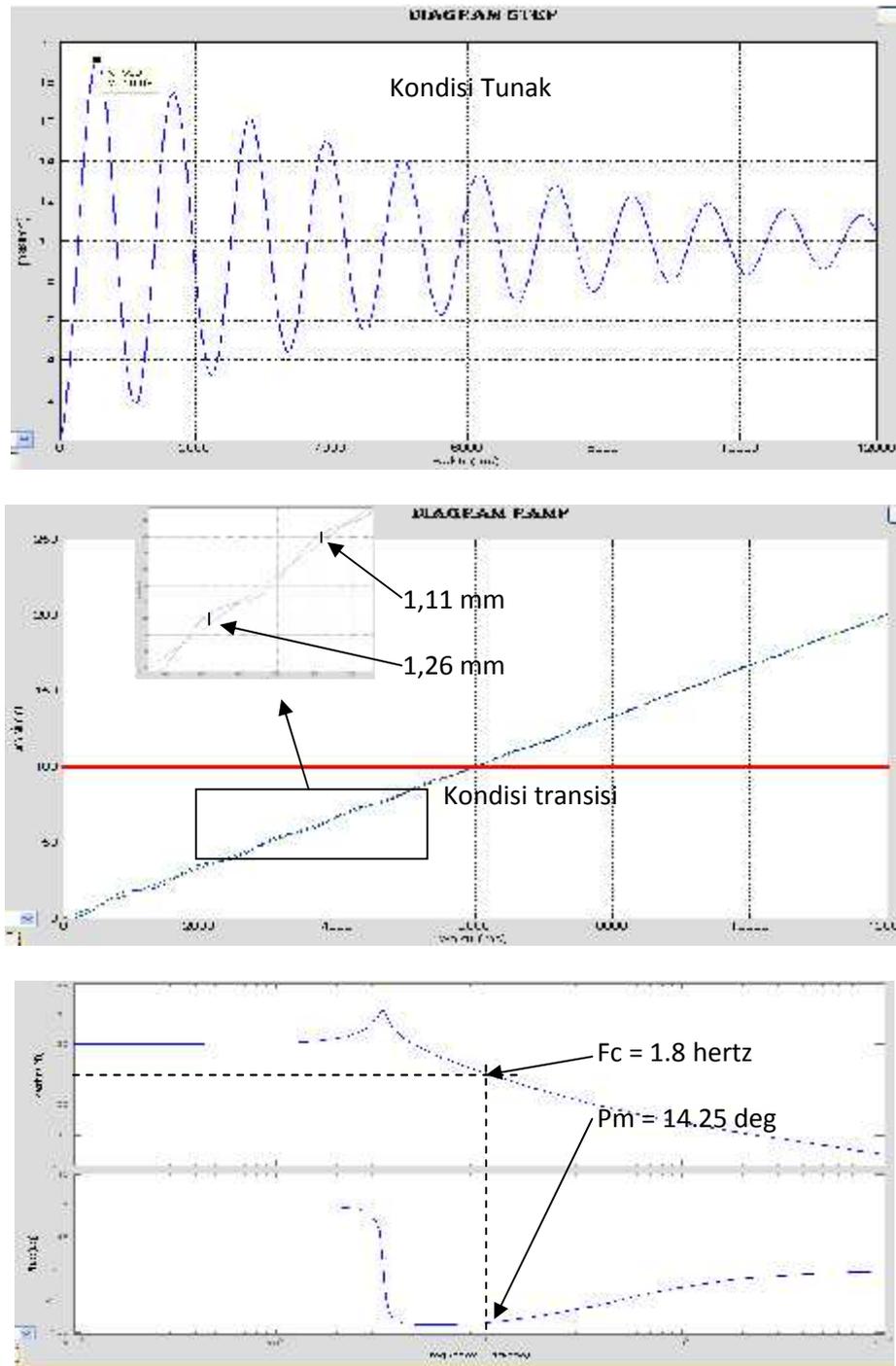
Untuk Mengetahui pengaruh nilai K_i dilakukan percobaan dengan mengubah gain K_i pada $K_{pos}=48.5$ dan $K_p=31000$ dalam kondisi konstan. Percobaan dilakukan dengan variasi parameter K_i sebesar 52, 750 dan 7455.

Percobaan kondisi Ki 52 sama dengan percobaan yang dilakukan pada kondisi Kpos 48.5 yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 dan 4.6. Pada Gambar 4.7 memperlihatkan hasil pengujian eksperimen Ki 750 dan gambar 4.8 memperlihatkan hasil pengujian simulasi numerik yang digunakan sebagai pembandingan.



Gambar 4.7: Hasil Eksperimen Penguatan Gain Ki 750

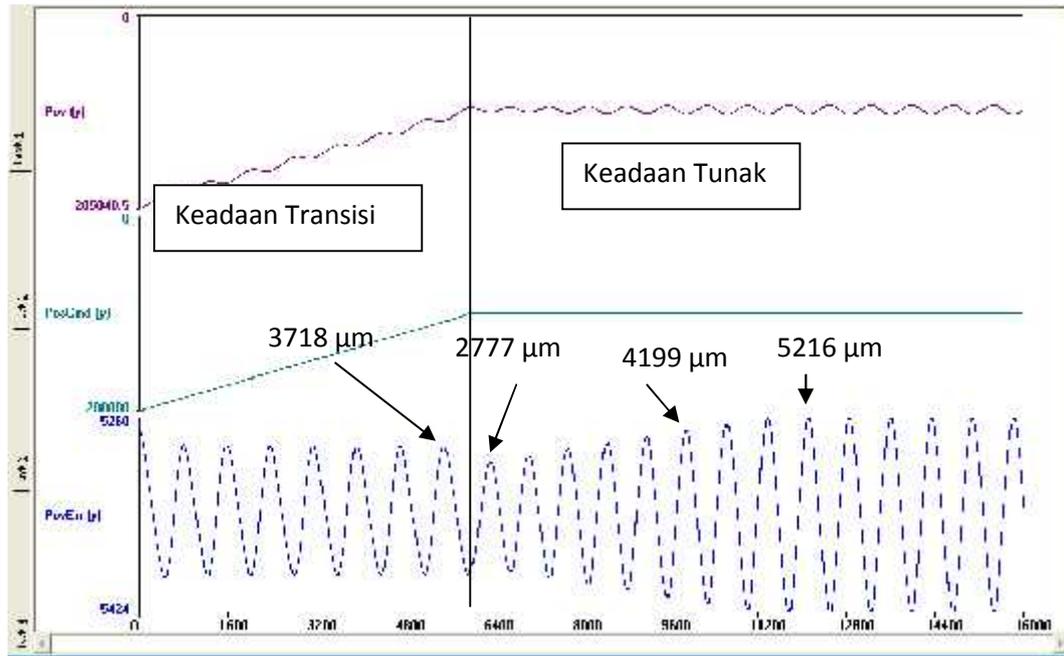
Pada Gambar 4.7 terlihat kondisi sistem tidak stabil. Pada keadaan tunak terjadi peningkatan kesalahan yaitu dari 3445 μm (*overshoot*) bertambah menjadi 4273 μm lalu bernilai 5149 μm . Nilai kesalahan keadaan transisinya adalah 3547 μm . Sedangkan pada Gambar 4.8 menunjukkan hasil simulasi numerik dari penguatan Ki 750.



Gambar 4.8: Hasil Simulasi Numerik Penguatan Gain $K_i = 750$

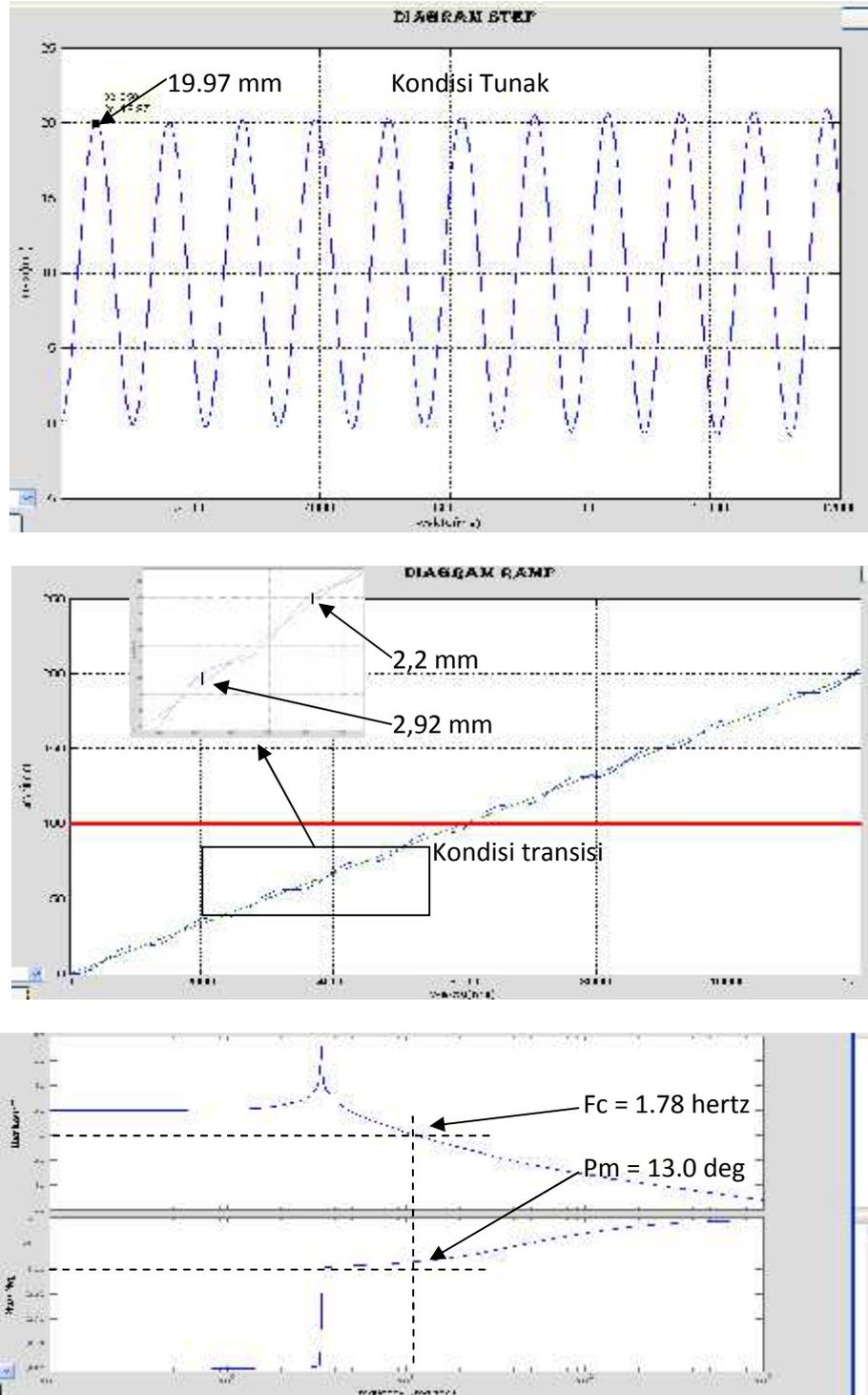
Pada Gambar 4.8 memperlihatkan nilai *overshoot* sistem sebesar 19 mm di diagram stepnya. Kesalahan transisi yang terjadi sebesar 1,26 mm lalu berkurang menjadi 1,1 mm dimana nilai $Pm=14.25$ deg pada $F_c = 1.8$ hertz.

Untuk nilai $K_i = 7455$ hasil percobaan eksperimen dapat dilihat pada Gambar 4.9. Dimana kondisi yang terlihat adalah sistem tidak stabil, kesalahan keadaan transisi sebelum mencapai tunak sebesar $3718 \mu\text{m}$, untuk keadaan tunaknya kesalahan pada 6400 ms adalah $2777 \mu\text{m}$ (*overshoot*) kemudian bertambah menjadi $4199 \mu\text{m}$ dan meningkat lagi menjadi $5216 \mu\text{m}$.



Gambar 4.9: Hasil Eksperimen Penguatan Gain K_i 7455

Pada kondisi parameter yang sama dilakukan pula percobaan simulasi numerik K_i 7455 yang dapat dilihat pada Gambar 4.10. *Overshoot* bernilai 19.97 mm dimana terlihat kesalahan keadaan tunak semakin lama semakin meningkat. Kesalahan posisi pada daerah transisi sebelum mencapai kondisi tunak adalah 2.92 mm kemudian meningkat menjadi 2.2 mm. Nilai P_m sistem adalah 13 deg pada $F_c = 1.78$ hertz, hal ini menandakan sistem semakin tidak stabil. Karena nilai *phase margin*nya dibawah 30 deg.

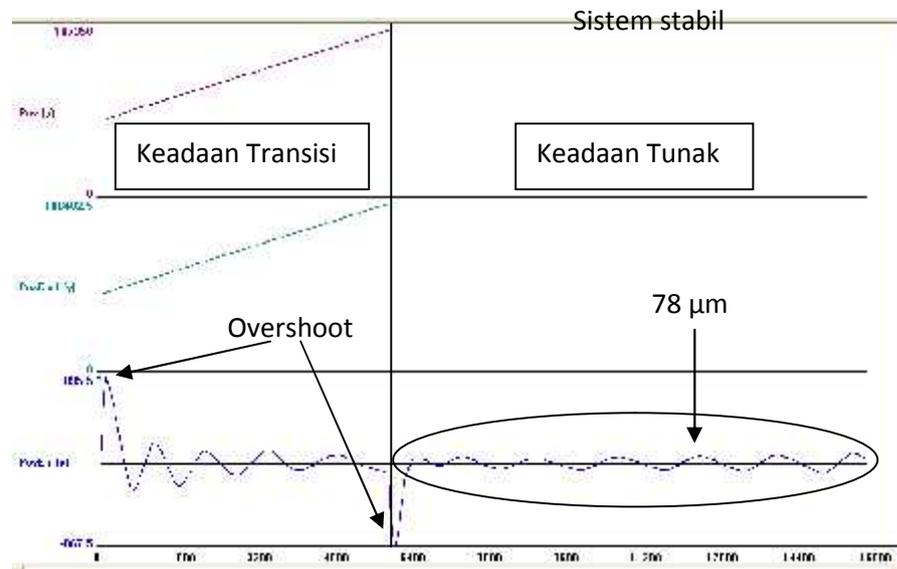


Gambar 4.10: Hasil Simulasi Numerik Penguatan Gain $K_i = 7455$

4.1.4. Data Hasil Percobaan variabel K_p

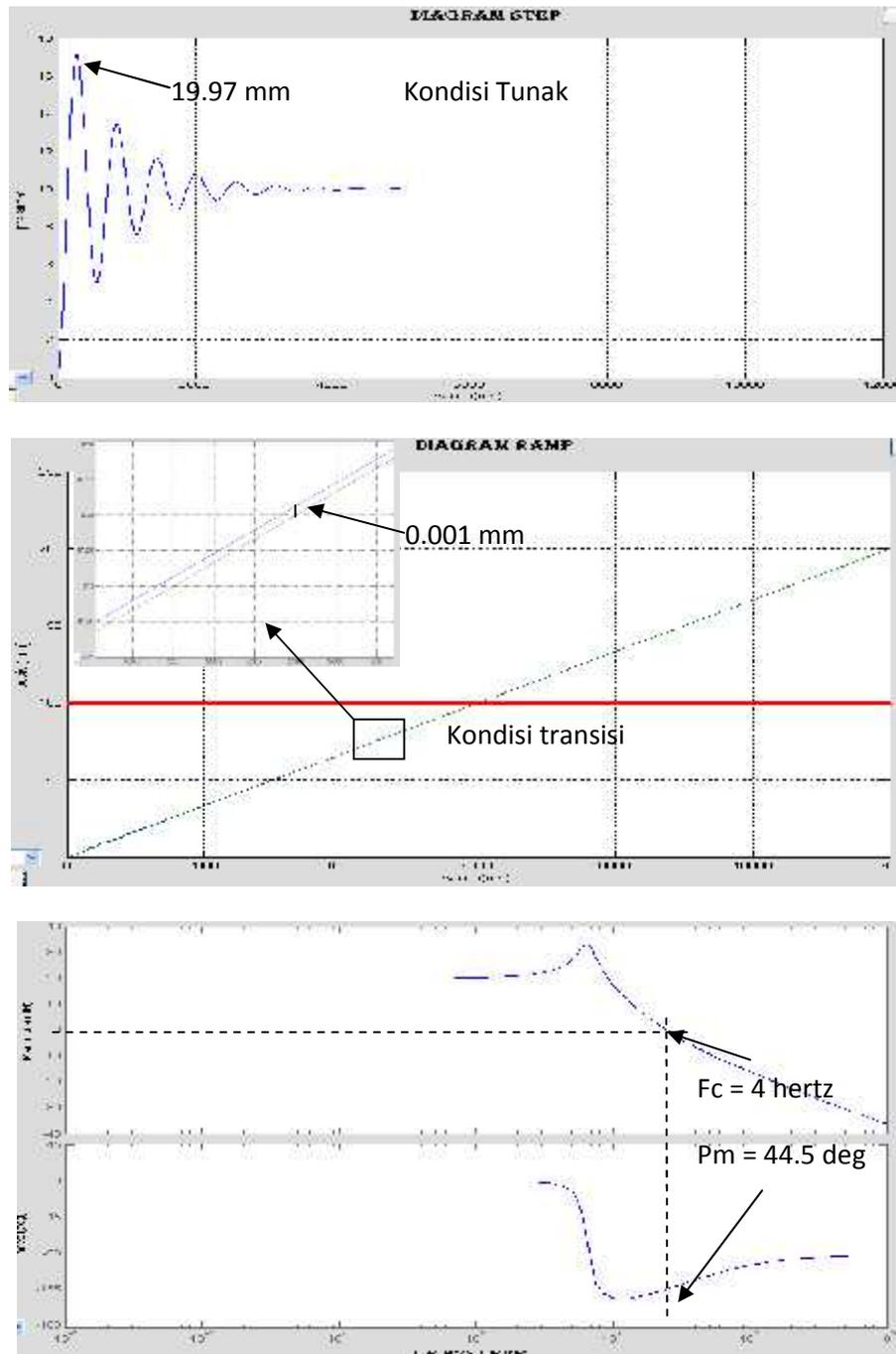
Untuk Mengetahui pengaruh nilai K_p dilakukan percobaan dengan mengubah gain K_p pada kondisi nilai $K_i=142$ dan $K_{pos}=28$ dibuat konstan. Percobaan dilakukan dengan variasi nilai parameter K_{pos} sebesar 200×10^3 dan 20×10^6 menuju posisi 100 mm dengan kecepatan 1000 mm/min.

Yang diperlihatkan oleh Gambar 4.11 adalah hasil eksperimen penguatan K_p sebesar 200×10^3 . Kondisi sistem terlihat stabil, dengan kesalahan posisi pada keadaan tunak sebesar $78 \mu\text{m}$. *Overshoot* yang terjadi adalah $895.5 \mu\text{m}$



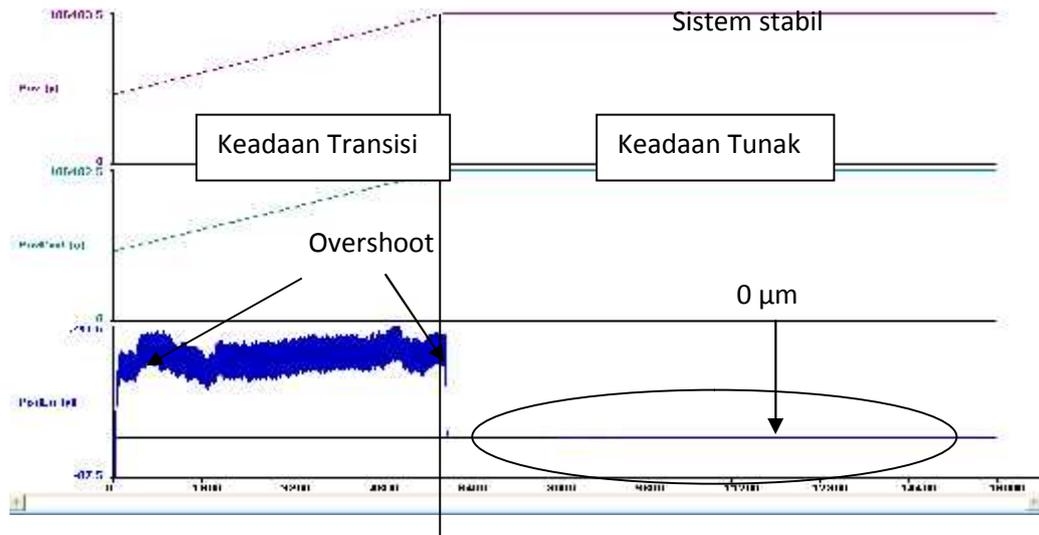
Gambar 4.11: Hasil Eksperimen Penguatan $K_p = 200 \times 10^3$

Sedangkan hasil simulasi numerik kondisi $K_p = 200 \times 10^3$ terlihat pada Gambar 4.12. Dimana overshoot bernilai 19.9 mm, kondisi stabil dengan nilai P_m yang diatas 30 deg yaitu 44.5 deg pada $F_c = 4$ hertz. Kesalahan posisi pada bagian transisinya adalah 0.001 mm.



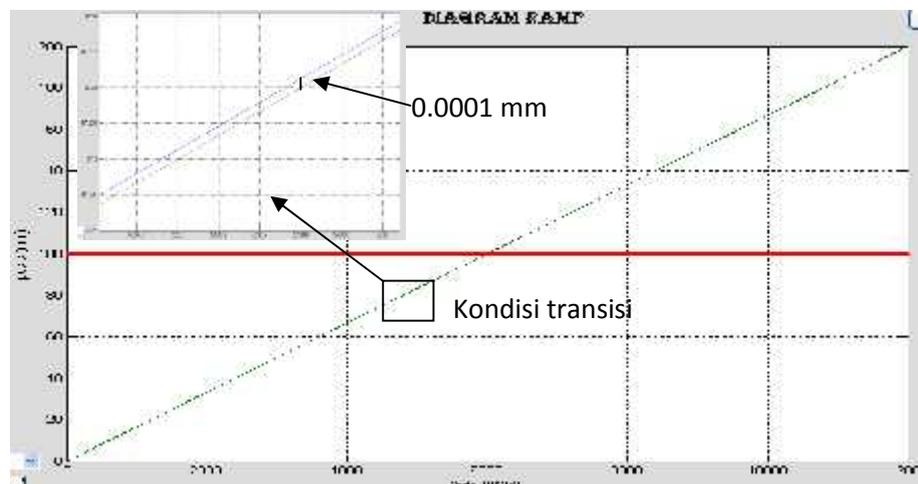
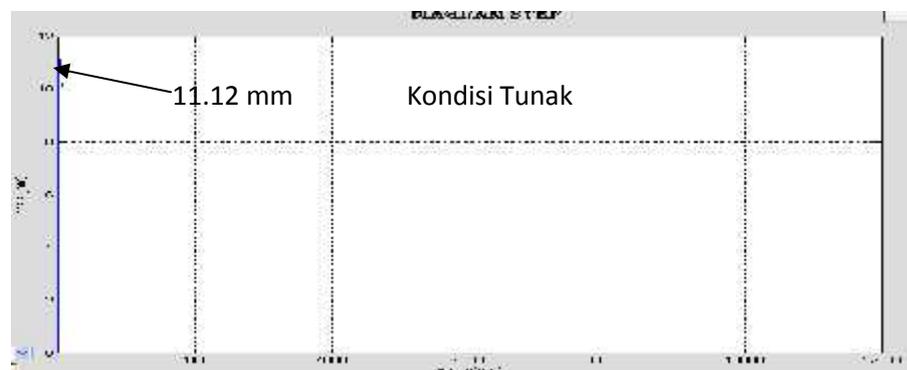
Gambar 4.12: Hasil Simulasi Numerik Penguatan Gain $K_p = 200 \times 10^3$

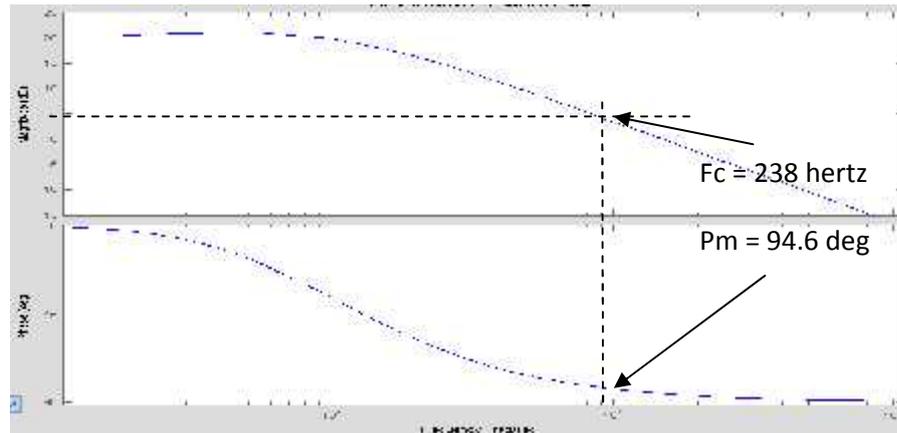
Pada Gambar 4.13 menunjukkan hasil eksperimen dari penguatan K_p sebesar 20×10^6 . Dimana kesalahan kondisi keadaan tunak hilang. *Overshoot* yang terjadi berkisar $200 \mu\text{m}$.



Gambar 4.13: Hasil Eksperimen Perubahan Nilai $K_p 200 \times 10^6$.

Pada Gambar 4.14 memperlihatkan hasil simulasi numerik. Dimana overshoot yang terjadi berkisar 11.12 mm. kondisi stabil dengan $P_m = 94.6$ deg pada $F_c = 238$ hertz. Kesalahan keadaan tunaknya adalah 0.0001 mm



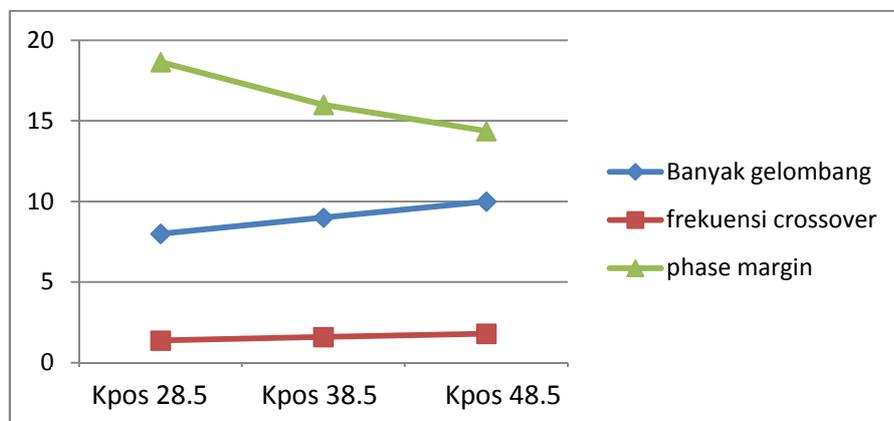


Gambar 4.14: Hasil Simulasi Numerik Penguatan Gain $K_p = 200 \times 10^6$

4.2. Pembahasan

Setelah didapat data dari setiap perubahan parameter kontrol maka akan dilakukan pembahasan untuk melihat pengaruh tiap parameter dengan sistem *servo hidrolik*. Dimana dengan pengaruh ini nantinya akan diketahui langkah yang tepat untuk memperbaiki performa dari pergerakan *servo hidrolik*.

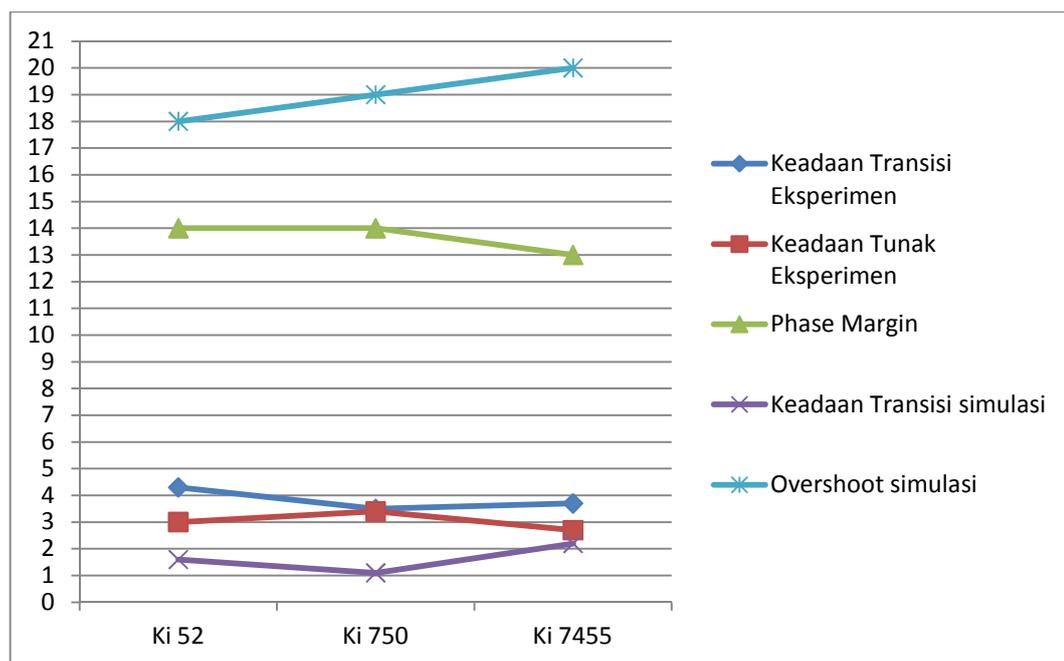
Pada variasi K_{pos} kesalahan keadaan tunak tidak begitu berpengaruh yaitu bernilai $3700 \mu\text{m}$. Perbedaan yang dapat dipengaruhi oleh K_{pos} adalah nilai frekuensi yang dialami oleh sistem dimana perbedaan tersebut dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15: Grafik Perubahan Sistem Akibat K_{pos}

Dari Gambar 4.15 terlihat bahwa semakin besar nilai Kpos maka nilai phase margin (PM) semakin menurun, hal ini akan berpengaruh pada tingkat kestabilan sistem. Selain itu frekuensi crossover (F_c) juga mengalami peningkatan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Kpos dapat mempengaruhi kestabilan sistem walaupun tidak begitu signifikan.

Pada variasi K_i ini nilai F_c tidak terlalu berakibat pada sistem dimana pada kondisi ini F_c bernilai konstan yaitu 1.8 hertz. Namun perubahan terjadi pada nilai P_m , dimana P_m merupakan indikator yang mempengaruhi peningkatan nilai kesalahan baik tunak maupun transisi. Hubungan P_m dengan kondisi keadaan tunak dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15: Grafik Hubungan Nilai PM dengan kesalahan tunak dan transisi pada perubahan variabel K_i .

Dari Gambar 4.15 terlihat bahwa nilai P_m berpengaruh pada nilai kesalahan tunak dan transisi. Dimana pada kondisi P_m yang sama, semakin tinggi

nilai K_i yang diberikan maka semakin kecil kesalahan transisi dan semakin besar kesalahan tunaknya. Namun jika harga K_i ditingkatkan dan didapat harga P_m berubah menjadi kecil, maka nilai kesalahan transisi akan meningkat dan kesalahan tunak akan menurun.

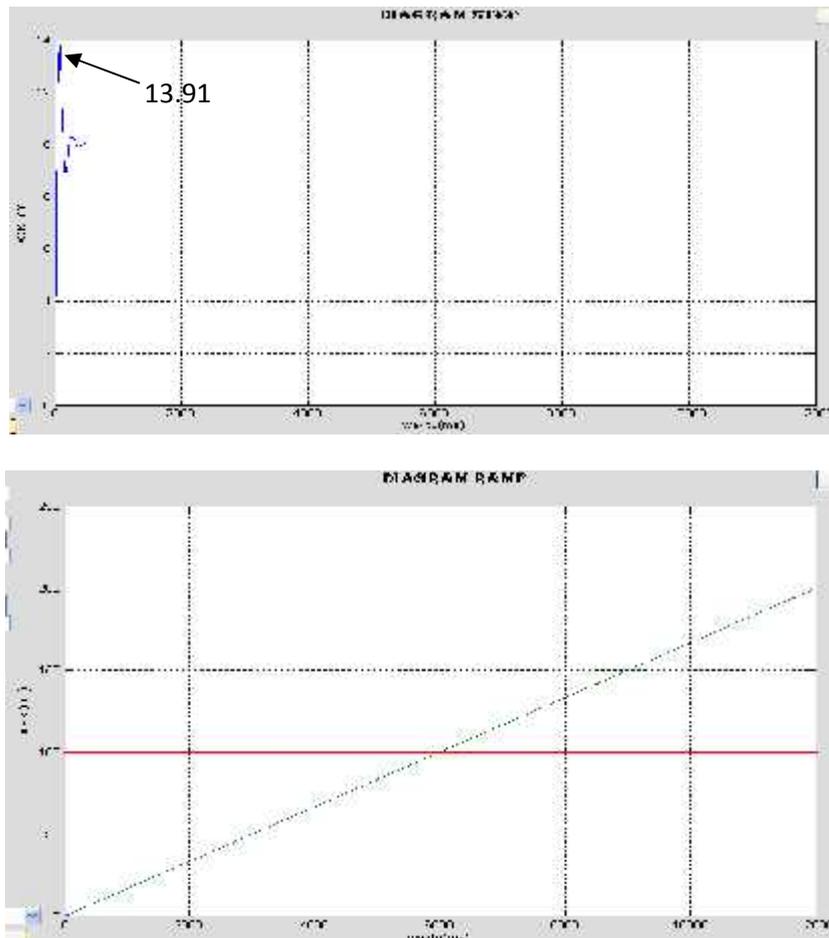
Dengan percobaan variasi K_p kesalahan tunak pada system dapat dihilangkan. Namun berakibat pada F_c yang mengalami peningkatan yang berakibat pada besarnya nilai osilasi sistem dalam posisi kondisi transisi meningkat dan kondisi tunaknya menurun atau bahkan tidak ada.

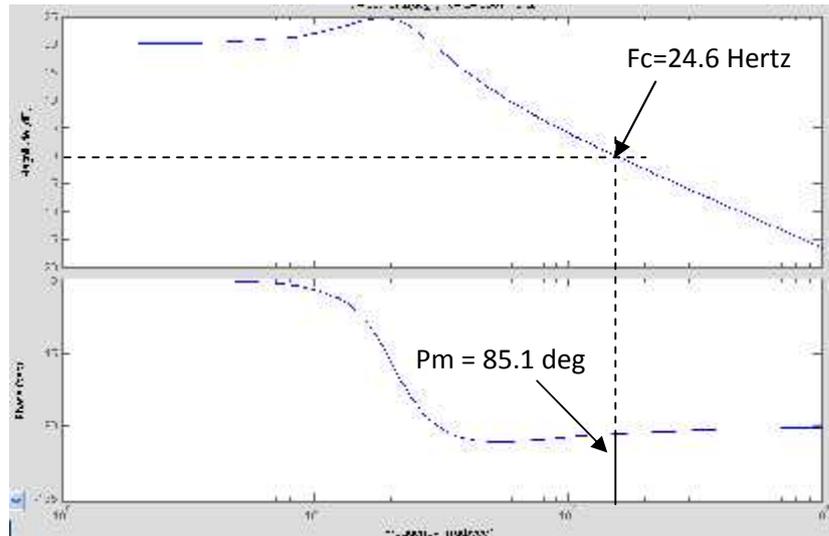
Dari pembahasan yang telah disampaikan, dapat disimpulkan bahwa program simulasi dapat digunakan untuk memprediksi tingkah laku respon sistem terhadap parameter kontrol. Namun tidak bisa memprediksi nilai pasti dari sistem. Hal ini dikarenakan masih sederhananya pemodelan matematika yang terdapat pada simulasi numerik. Dimana tidak disertakannya pemodelan motor penggerak *servovalve* dan properti *liquid* seperti *bulkmodulus* dan faktor kebocoran *valve* yang sangat berakibat pada nilai pergerakan sistem.

4.3. Optimasi Perpindahan Posisi *Plant*.

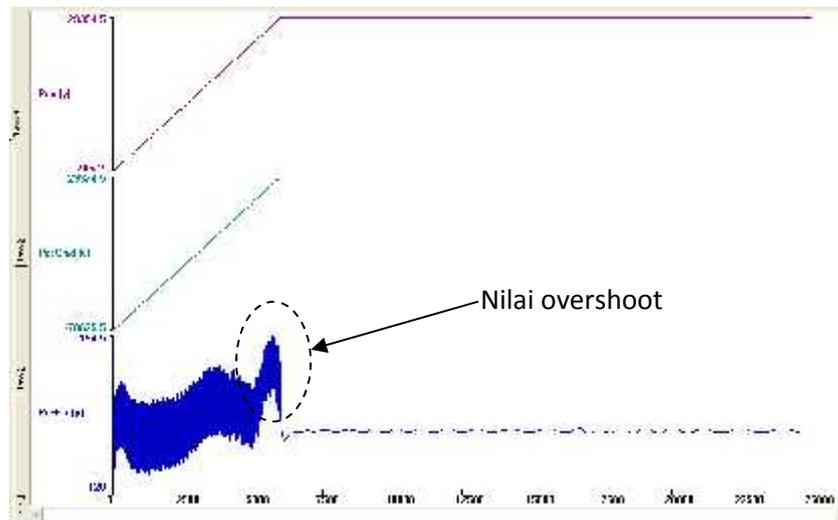
Optimasi dilakukan dengan cara *try and Error* yang beracuan dengan sifat masing-masing parameter control seperti K_p , K_i dan K_{pos} untuk mendapatkan hasil pemosisian yang memuaskan. Diawali dengan menggunakan nilai $K_p=200 \times 10^3$, $K_i= 142$ dan $K_{pos}=28.5$ yang hasilnya terlihat pada Gambar 4.13. Hasilnya belum memuaskan untuk keadaan transisi sistem penggerak mesin *semi-solid metal forging*. Untuk ini sistem perlu diperbaiki dengan melakukan percobaan simulasi, sehingga diperoleh pendekatan hasil yang memuaskan. Hasil

simulasi menunjukkan nilai yang memuaskan untuk nilai K_p yang dinaikkan sebesar 10 kali dan K_i diubah sebesar 1470. Gambar 4.14 menunjukkan hasil simulasi dari perubahan K_p dan K_i , diagram step terlihat sistem mencapai kestabilan pada waktu 1 detik. Keadaan tunak tidak mengalami kesalahan. Begitu juga dengan Ramp. Untuk nilai PM yang ditunjukkan oleh diagram bode bernilai 85 deg dengan $F_c = 24.6$ hertz. Dari hasil eksperimen yang dapat dilihat pada Gambar 4.16 menunjukkan hasil yang memuaskan dengan kesalahan tunak bernilai $2 \mu\text{m}$, Namun keadaan transisinya yang bernilai $194 \mu\text{m}$ masih besar untuk diterapkan pada mesin *semi-solid metal forging*.



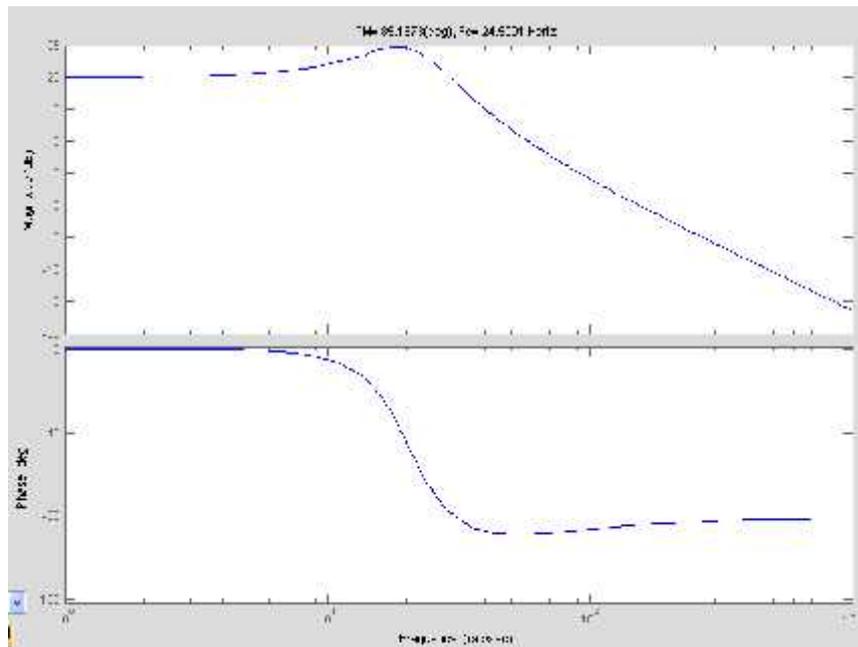


Gambar 4.16: Hasil Simulasi Optimasi.



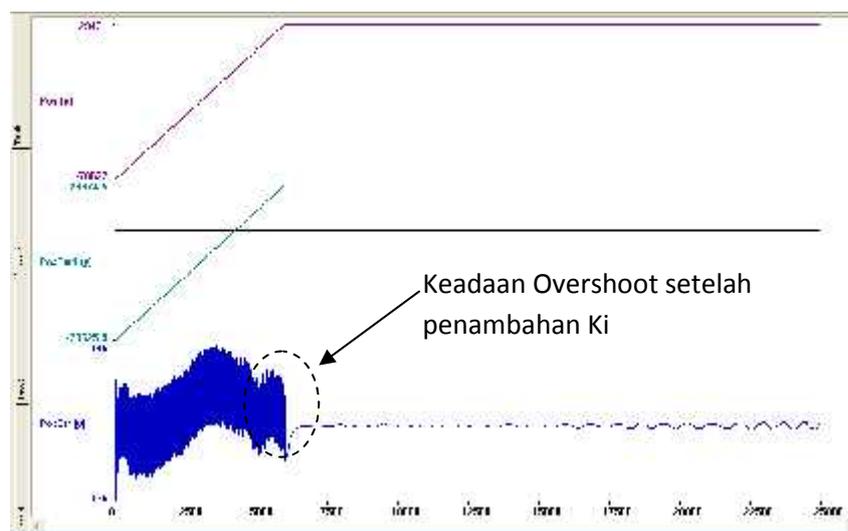
Gambar 4.17: Hasil Eksperimen $K_p 2 \times 10^6$, $K_i 1470$, $K_{pos} 28,5$

Pada Gambar 4.17. Terlihat nilai overshoot yang dapat mengganggu sistem. Untuk menghilangkan pengaruh overshoot tersebut, parameter K_i harus ditambahkan, pada simulasi nilai K_i ditingkatkan sebesar 1970. Hasil simulasi yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.18 dimana overshoot transisi berkurang. Hal ini dibuktikan dengan nilai PM yang sama pada kondisi $K_i 1470$ yaitu 85.1 deg.



Gambar 4.18 Simulasi Optimasi Perubahan Ki

Gambar 4.19 Menunjukkan hasil eksperimen yang menambahkan nilai parameter Ki dari hasil pendekatan dengan simulasi.



Gambar 4.19: Hasil Eksperimen Penambahan Nilai Ki 1970.

Dari penambahan K_i sebesar 1970 ini didapatkan kesalahan transiennya sebesar $66 \mu\text{m}$ dan kesalahan tunak sebesar $3 \mu\text{m}$. Penambahan kesalahan tunak ini tidak berpengaruh pada sistem *Plant*. Dari kriteria kesalahan pada parameter ini dapat digunakan pada sistem mesin *semi-solid metal forging*. Pada keadaan tunak kondisi *plant* juga tidak mengalami getaran, sehingga aman digunakan untuk sistem yang berdekatan dengan sistem *plan* hidrolik seperti sistem kontrol *thermal*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari percobaan yang dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai gain posisi KPos mempengaruhi nilai kesalahan tunak, waktu penetapan dan *frekuensi crossover* (F_c).
2. Nilai gain kecepatan Ki mempengaruhi nilai kesalahan tunak dan transisinya, dimana perubahan nilai kesalahan tunaknya akan berbanding terbalik dengan kesalahan transisinya.
3. Nilai gain kecepatan KP menghilangkan kesalahan tunak.
4. Dari Optimasi sistem *Plant* hidrolis dengan pendekatan simulasi terlebih dahulu. Didapatkan nilai parameter $K_{pos} = 28.5$, $K_p = 2 \times 10^6$, dan $K_i = 1970$ dengan kesalahan keadaan transisi $66 \mu m$ dan tunak $3 \mu m$. Pada *phase margine* (PM) = 85.1 deg dengan $F_c = 24.6$ hertz.

5.2. Saran.

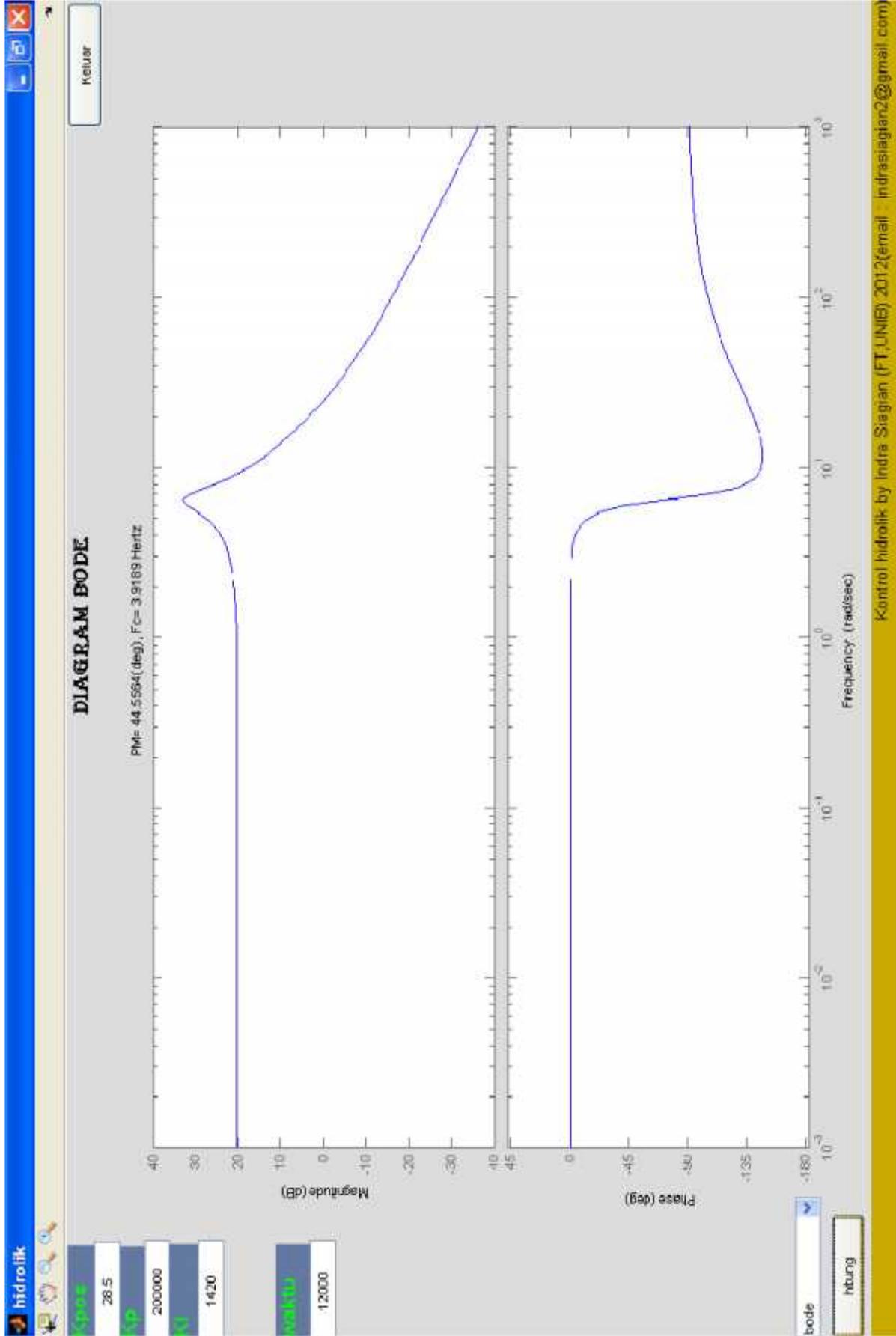
Adapun saran yang akan disampaikan untuk penelitian selanjutnya adalah;

1. Penggabungan program simulasi menggunakan *realtime* komputasi dengan data aerotech.
 2. Mengganti Pembebanan massa dengan pegas untuk melihat pengaruh perubahan tekanan dengan parameter kontrol.
 3. Memvariasikan diameter torak untuk mendapatkan pengaruh penentuan parameter kontrol.
-

DAFTAR PUSTAKA

- Aerotech, (2000), *A3200 Motion Controller and Windows Software*, Pittsburgh, USA.
- Bishop, Robert, (1993), *Moderen Control System Analysis and Design Using MATLAB*, Addyson-Wesly, USA.
- BPPT-MEPPPO,(2012), *Analisis Kinerja Pengaturan Posisi Pada Sistem Servo Hidrolik*, MEPPPO, Jakarta.
- Bralla, James, (2006), *Handbook Of Manufacturing Processes*, Industrial Press inc, New York.
- Hartanto, Thomas W. D., Wahyu A. Prasetyo, (2004), *Analisis Dan Desain Sistem Kontrol Dengan Matlab*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Nasril, Ir. (2003), *Penerapan Metode MTH Dalam Diagnosis. Tesis*. ITB, Bandung.
- Ogata.K, (1997), *Modern Control Engineering*, Prentice Hall, New Jersey.
- Thlusty, J,(2000), *Manufacturing Process and Equipment*, Prentice Hall, New Jersey.

LAMPIRAN



BIODATA PENULIS



Nama : Indra Sumarwijaya Siagian
Jenis kelamin : Laki-laki
Tanggal lahir : 5 Juli 1990
Tempat lahir : Medan
Anak ke : 1 dari 2 bersaudara
Agama : Kristen Protestan
Kewarganegaraan : Indonesia
Orang tua
Ayah : J.B. Siagian
Ibu : Elsih Setiati
Alamat : Lingkar Barat Bengkulu
Telp : +6285273610516
E-mail : indrasiagian2@gmail.com

PENDIDIKAN FORMAL

1996 – 2002 : Sekolah Dasar Negeri 99 Bengkulu
2002 – 2005 : Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama Negeri 4 Kota Bengkulu
2005 – 2008 : Sekolah Menengah Atas Negeri 5 Kota Bengkulu
2008 – 2014 : Teknik Mesin Universitas Bengkulu

PENGALAMAN ORGANISASI

- Ketua panitia Natal Fakultas Teknik : 2009
- Ketua panitia Natal Universitas Bengkulu : 2010
- Kepala Bidang Infokom BEM Teknik Unib : 2010-2011
- Wakil Ketua Umum Pemuda Gereja HKBP Bengkulu : 2009-2010
- Ketua Panitia Natal Pemuda Gereja HKBP Bengkulu : 2011

PENGALAMAN KERJA DAN AKADEMIK

- Praktek Kerja Lapangan di Sinar Harapan Teknik
- Kerja Praktek di Bengkel Bubut Sinar Jaya Teknik
- Peserta Lomba KRCI Tingkat Regional Sumatra Tahun 2010
- Asisten Praktikum Menggambar Teknik
- Asisten Praktikum Proses Produksi 1 & 2
- Asisten Praktikum Mekatronika
- Asisten Praktikum Metrologi Industri