

# PENGENDALIAN TEKANAN DENGAN KENDALI PID PADA SISTEM PEMBUAT VCO YANG TERAUTOMATISASI BERBASIS ATMEGA 8535

Lutfi Nur Rachmad<sup>\*)</sup>, Sumardi, and Budi Setiyono

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang  
Jalan Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail : [lutfinur1607@gmail.com](mailto:lutfinur1607@gmail.com)

## Abstrak

Kelapa merupakan buah yang memiliki nilai produk ekonomi. Setiap bagian dari kelapa dapat dimanfaatkan sebagai barang yang bernilai, salah satunya adalah daging kelapa dimana dapat diolah menjadi minyak dengan kualitas tinggi yang disebut VCO. Memproduksi VCO ada berbagai metode, penelitian terbaru VCO dapat diperoleh dengan cara pemecahan emulsi menggunakan tekanan. Pemecahan santan dilakukan dengan cara memberikan tekanan pada santan yang dilewatkan melalui nozzle sehingga santan dapat teremulsi. Penelitian ini, dibuat prototipe sistem pembuat VCO dengan metode sirkulasi pemompaan beserta pengontrolannya. Metode kontrol yang digunakan adalah kendali PID yang mana tekanan terukur diperoleh dari sensor tekanan berupa MPX5500DP dan perhitungan kontrol dilakukan oleh mikrokontroler Atmega 8535 dengan aktuator berupa manipulasi bukaan valve. Selanjutnya sistem digunakan untuk pembuatan VCO dengan tekanan sebesar 2.2 Bar dalam waktu 30 menit. Dari hasil terlihat bahwa sistem dapat berjalan. Hasil untuk proses pembuatan VCO juga dapat diperoleh dengan mesin sirkulasi pemompaan tersebut, dari 2 butir kelapa, diperoleh VCO sebanyak  $\pm 75$  ml menggunakan tekanan 2.2 Bar serta lama waktu 30 menit. Pada proses pengendalian tekanan, dengan menggunakan penalaan PID secara trial and error, diperoleh penalaan terbaik dengan  $K_p = 7$ ,  $T_i = 0$ , dan  $T_d = 4$  pengujian tersebut didapatkan respon sistem terbaik dengan overshoot yang cenderung mendekati 0.

*Kata kunci : VCO, nozzle, emulsi, PID*

## Abstract

Coconut is a fruit that has high economic value. Coconut can be processed become VCO. To produce, there are a lot of methods. One of methods is pumping circulation. This method is obtained by breaking emulsion using pressure. Breaking the coconut milk is carried out by applying pressure in to coconut milk, which is passed by the nozzle so that coconut milk, can be emulsified. In this final project, a prototype system for making VCO using pumping-circulation method was proposed. Pressure were controlled by PID and it was measured by MPX5500DP and signal control was generated by ATmega 8535. Final control element on this project was valve which was coupled by servo mg995. This system was used for making VCO with pressure 2.2 Bar and 30 minutes time of circulation. The results showed that system can works properly. From making VCO was obtained by pumping circulation. With 2 coconuts, were produced  $\pm 75$  ml of VCO which pressure 2.2 Bar and 30 minutes of circulation. At the pressure control, tuning PID has obtained which  $K_p = 7$ ,  $T_i = 0$ , and  $T_d = 4$  by trial and error which set point was 2.2 Bar. The result, respon system was obtained where overshoot closed to zero.

*Keywords: VCO, nozzle, emulsi, PID*

## 1. Pendahuluan

Kelapa merupakan buah yang memiliki nilai produk ekonomi tinggi. Setiap bagian dari kelapa dapat dimanfaatkan sebagai barang yang bernilai ekonomi, salah satunya adalah daging kelapa dimana dapat diolah menjadi minyak dengan kualitas tinggi yang disebut VCO

(Virgin Coconut Oil). Cara pembuatan VCO yang beragam dapat dijumpai di masyarakat seperti cara tradisional enzimatis (fermentasi), cara pancingan, dan cara pemanasan. Beberapa metode ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Pada metode enzimatis, jika terdapat kontaminan saat fermentasi maka kualitas VCO akan berkurang<sup>[3]</sup>. Cara pemanasan menyebabkan bau tengik karena proses oksidasi serta dapat menguapkan

asam kaprat dan asam kaproat, sedangkan cara pancingan sering tidak memuaskan karena hasilnya sedikit. Pada metode pendinginan dan fermentasi juga dibutuhkan waktu lumayan lama<sup>[4]</sup>.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan pembuatan VCO dengan cara memecah emulsi dengan proses sirkulasi pemompaan dengan variable tekanan serta melewatkannya ke nozzle. Dengan tekanan 2 atm dan 20 menit didapatkan yield optimum sebesar 97%. Kelebihan metode tersebut adalah selain biaya investasi yang murah, juga tidak membutuhkan waktu lama<sup>[3]</sup>. Pada penelitian tersebut telah dipelajari variable tekanan dan waktu sirkulasi pemompaan terhadap yield VCO, kadar asam bebas kadar air, dan angka peroksida dalam VCO.

Dalam penelitian ini akan mengembangkan penelitian sebelumnya, dimana dalam penelitian sebelumnya pengontrolan tekanan dilakukan secara manual sedangkan pada penelitian ini adalah membuat pengontrolan tersebut secara otomatis. Pada penelitian ini dirancang sistem pengontrolan tekanan pada plant dengan menggunakan mikrokontroler atmega 8535. *Prototype* alat pembuat VCO ini menggunakan metode sirkulasi pemompaan yang dikendalikan dengan menggunakan mikrokontroler. Pengendalian yang dilakukan adalah dengan mengendalikan kerja pompa, pengontrolan tekanan dengan menggunakan metode kontrol PID. Dari sistem yang dikendalikan dapat menghasilkan minyak murni yang terdapat pada kelapa atau bisa disebut dengan VCO (*Virgin Coconut Oil*), sedangkan untuk plant itu sendiri ada beberapa instrument yang perlu di kontrol yaitu pengontrolan terhadap motor (pompa air), dua buah valve VCO, serta sebuah sensor yang digunakan yaitu berupa sensor tekanan berupa MPX5500DP.

Tujuan dari tugas akhir ini adalah membuat *prototype* sistem pembuatan VCO dengan pengendalian tekanan fluida dengan cara memanipulasi bukaan *valve* dengan kendali PID berbasis atmega 8535 pada sistem pembuat VCO dari santan kelapa dengan metode sentrifugasi pemompaan.

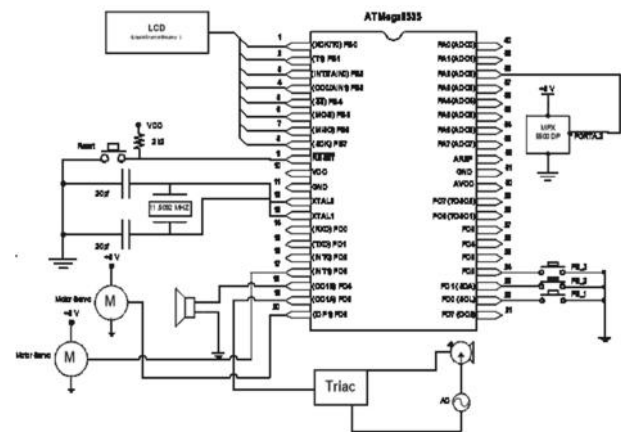
## 2 Metode

### 2.1 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras sistem pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 1. Penjelasan dari masing-masing blok sistem pengendali tekanan fluida pada Gambar 1 adalah sebagai berikut :

1. *Push button* berfungsi sebagai media masukkan dalam system.
2. Sensor tekanan pada tugas akhir ini digunakan sensor dengan jenis piezoelektrik yang dibuat oleh freescale dengan output berupa tegangan yang sebanding dengan tekanan yang sedang terukur.

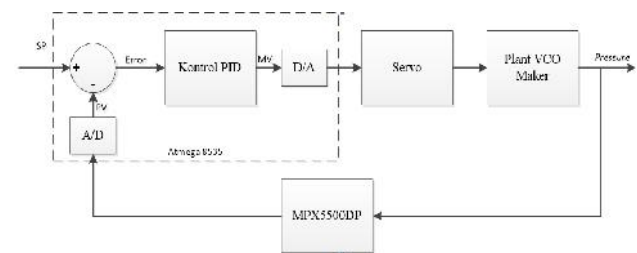
3. Catu daya 5 V disini berfungsi untuk memberikan daya ke dalam perangkat-perangkat elektronika.
4. Catu daya 220V berfungsi untuk memberikan daya ke beban yang berupa pompa dalam penelitian ini.
5. Motor Servo merupakan actuator dalam system ini yang dihubungkan dengan valve, sehingga valve dalam sistem ini dapat dikendalikan.
6. *Buzzer* merupakan actuator yang dalam system ini berfungsi sebagai peringatan kepada *user* bahwa proses sirkulasi pompa sudah selesai.
7. *LCD* dan *driver LCD* berfungsi untuk menampilkan selama proses berlangsung.



Gambar 1 Skematik perancangan perangkat keras.

### 2.2 Perancangan Kontroler PID

Kontrol PID diaplikasikan untuk mengontrol tekanan fluida sistem sehingga diperoleh tekanan sesuai dengan tekanan yang diinginkan (*sp* tekanan). Gambar 2 menunjukkan diagram blok kendali sistem.



Gambar 2 Diagram blok kendali sistem

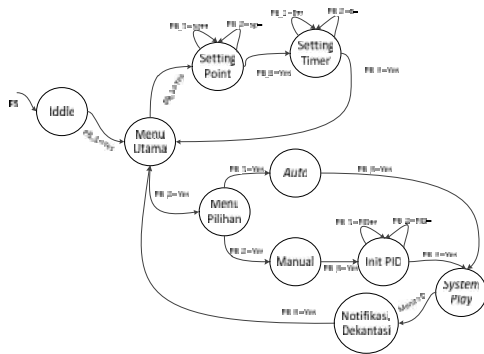
Masukan sistem berupa nilai putaran yang diinginkan (*sp*), data putaran yang dilakukan akan diumpan balikkan oleh sensor (*pv*). *error* yang didapat adalah  $sp - pv$ . Nilai kontroler PID digunakan untuk memperbaiki sinyal keluaran sistem (*mv*).

Pada sistem yang akan dibuat ini, rancangan kontroler PID akan dibuat dalam bentuk PID digital dan ditanamkan dalam mikrokontroler dengan menggunakan

bahasa C. Dasar perhitungan dan fungsi alih persamaan kontroler didapatkan berdasarkan persamaan kontroler digitalnya tertera pada persamaan 2 – 5 pada dasar teori. Pada aktualisasinya, perhitungan nilai-nilai kontroler ini akan dibuat dalam bentuk fungsi di dalam bahasa C yang akan ditanamkan dalam mikrokontroler. Variasi nilai yang dapat diubah-ubah adalah konstanta dari tiap *gain* yaitu *kp*, *ki*, dan *kd*.

### 2.3 Perancangan Perangkat Lunak

Pemrograman mikrokontroler ATmega 8535 dapat dilakukan dengan bahasa C. Perancangan *software* pada tugas akhir ini juga menggunakan bahasa C dengan kompiler Code Vision AVR versi 2.04.4a. Diagram alir jalannya program utama atau *statechart* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Statechart program utama

Secara umum pada perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler ATmega8535 ini terdiri atas :

- Perancangan program utama.
- Program inisialisasi I/O dan variabel.
- Program Input
- Program kendali PID
- Program tampilan LCD 16x2
- Program kendali *servo*
- Program Sensor MPX5500DP
- Program sub rutin timer 0, timer 1
- Program Serial Data

## 3. Hasil dan Analisa

### 3.1 Pengujian Mode Manual

Pengujian sensor ini dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor MPX5500DP dengan Manometer.

Tabel 1. Data pengujian perbandingan MPX5500DP

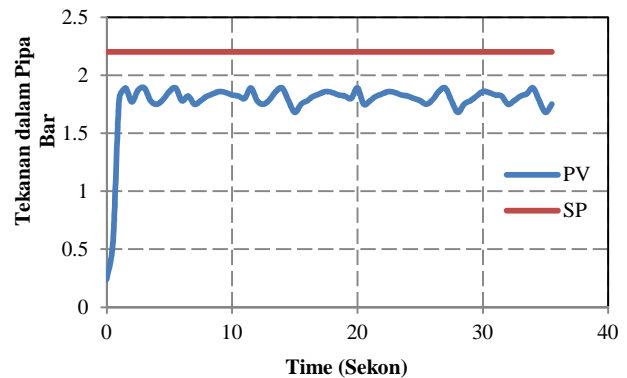
No	MPX 5500 DP		Mano (Bar)	error
	kPa	Bar		
1	220	2.2	2.2	0
2	209	2.09	2.1	0.01
3	186	1.86	1.8	-0.06
4	173.91	1.7391	1.7	-0.0391
5	165.7	1.657	1.6	-0.057
6	142.3	1.423	1.45	0.027
7	122.2	1.222	1.25	0.028
8	114.7	1.147	1.1	-0.047
9	98.8	0.988	0.95	-0.038
Error Rata-Rata				-0.02231

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa pembacaan sensor MPX5500DP memiliki rata-rata *errortotal* sebesar - 0.02231 Bar.

### 3.2 Respon Sistem P=1

Pada pengujian berikut ini memberikan *gain* PID secara acak dengan maksud agar diperoleh hasil respon sistem terbaik, yang nantinya akan diaplikasikan dalam sistem mesin pembuat VCO.

Pada pengujian sistem ini, digunakan kontroler P = 1 atau yang memberikan sinyal *co* merupakan *error* yang terjadi antara *pv* dengan *set point*. Gambar 4 merupakan hasil dari respon sistemnya.



Gambar 4 Respon Sistem P=1

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa sistem dapat dikatakan masih buruk. Karena dari respon sistem tersebut nilai aktual / *pv* masih dibawah dari *set point* yang diberikan. Dengan demikian, dibutuhkan penalaan *gain* PID untuk memperbaiki respon sistem dari Gambar 4.

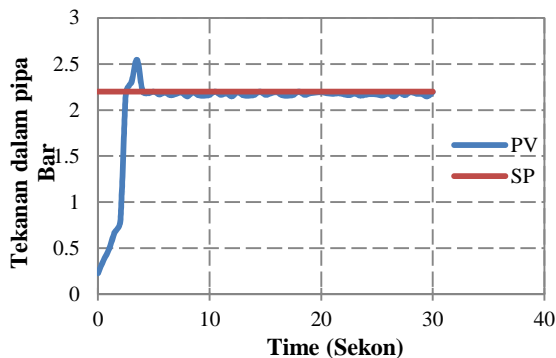
### 3.3 Pengujian Penalaan P, I dan D

Pengujian sistem dengan menggunakan controller PID ini dilakukan dengan memberikan parameter PID dalam hal ini  $K_p$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  kedalam sistem sehingga dari pemberian parameter *gain* tersebut diharapkan respon sistem dapat lebih baik lagi. Pada pengujian ini dilakukan penalaan PID secara *trial and error* yaitu dengan memberikan parameter *gain* controller secara acak, sehingga dari pemberian *gain* tersebut dapat menghasilkan hasil respon sistem yang kiranya terbaik, dengan parameter penentuan berdasarkan *overshoot* respon sistem. Pengujian ini dilakukan secara kontinyu dengan variasi data sebanyak 5 data parameter.

Tabel 2. Penalaan parameter P, I dan D

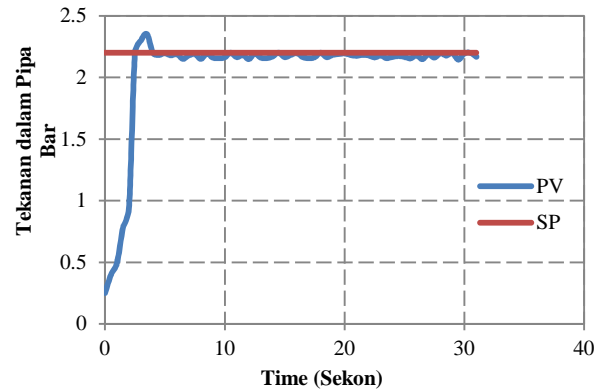
No	$K_p$	$T_i$	$T_d$
1	10	0	0
2	7	0	0
3	7	2	0
4	7	2	4
5	7	0	4

Dengan mengacu dari table 2 maka grafik respon sistem dapat dilihat pada gambar 5 – 9 berikut ini.

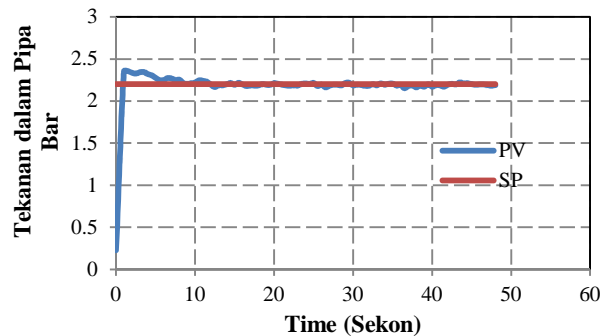


Gambar 5 Respon Sistem P=10

Dari gambar 4 terlihat respon sistem ketika diberikan gain P sebesar 10 dengan  $T_i$  dan  $T_d$  adalah 0. Pada respon tersebut terlihat bahwa ripple masih terjadi ketika respon sudah terdapat pada setting point, kemudian *overshoot* respon masih dirasa tinggi hingga mencapai lebih dari 5 % sehingga dibutuhkan penalaan untuk gain P, I dan D lebih lanjut.

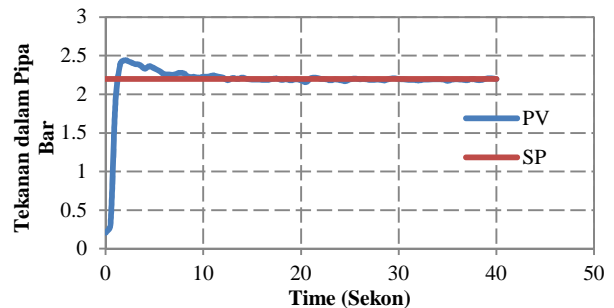


Gambar 6 Respon Sistem P=7



Gambar 7 Respon Sistem P=7 Ti=2

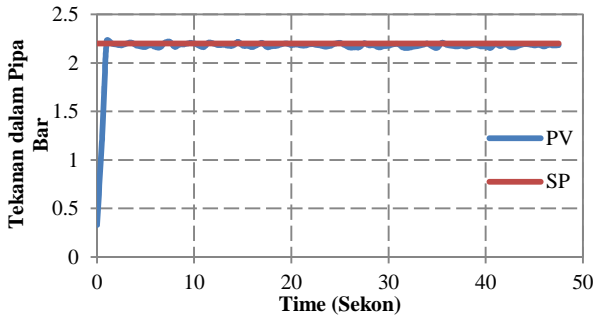
Ketika diberikan dengan menggunakan  $K_p = 7$  dan  $T_i = 2$ , respon sistem 6 diperoleh. Hal ini bisa dianalisis dengan melihat dari *overshoot* serta *ripple* yang terjadi pada sistem. Dari penambahan *gain* integratif tersebut terlihat *settling time* yang lama masih terjadi dengan respon sistem yang ditunjukkan pada gambar 6. Oleh karena itu, perlu percobaan penambahan *gain* D. Ketika diberikan gain D diperoleh seperti pada gambar 7.



Gambar 8 Respon Sistem P = 7,  $T_i = 2$ , dan  $T_d = 4$

Dari gambar 7 terlihat respon sistem yang semakin baik, dimana nilai *ripple* dari respon hampir tidak ada, namun pada gambar 7 terlihat *overshoot* sistem yang dirasa

masih tinggi diatas 5%. Oleh karena itu, butuh pengurangan gain I pada system, dengan harapan overshoot dapat berkurang.



Gambar 9 Respon Sistem  $P = 7$   $T_d = 4$

Dari respon tanggapan yang telah diperoleh dari gambar 5-9, dapat kita ketahui nilai *Rise Time* ( $t_r$ ), *Settling Time* ( $t_s$ ), dan Waktu puncak ( $t_p$ ) untuk penentuan respon yang terbaik. Waktu naik adalah ukuran waktu yang di ukur mulai dari respon  $t = 0$  sampai dengan respon memotong sumbu *steady state* yang pertama. Waktu puncak adalah waktu yang diperlukan respon mulai dari  $t=0$  hingga mencapai puncak pertama *overshoot*. Waktu tunak adalah ukuran waktu yang menyatakan respon telah masuk  $\pm 5\%$ , atau  $\pm 2\%$ , atau  $\pm 0.5\%$  dari keadaan *steady state*. Hasil dari respon sistem dapat dianalisa dengan hasil  $t_r$ ,  $t_s$ , dan  $t_p$ . Tabel 3 menunjukkan hasil dari respon sistem.

Tabel 3. Hasil Respon Sistem

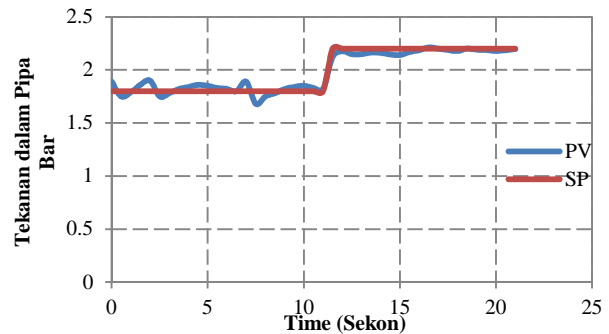
No	Kp	Ti	Td	Ts (ms)	Tp (ms)	Tr (ms)	Keterangan
1	10	0	0	450	650	500	Overshoot Besar, Error Steady State
2	7	0	0	450	650	500	Overshoot, Ripple
3	7	2	0	450	650	500	Overshoot Besar
4	7	2	4	450	650	500	Overshoot Besar
5	7	0	4	450	550	550	Overshoot Kecil, Stabil

Berdasarkan hasil respon yang telah ditampilkan dalam tabel3. Diperoleh kesimpulan hasil terbaik ada pada gain PID dengan parameter  $K_p = 7$ ,  $T_i = 0$ , dan  $T_d = 4$ . Respon yang diperoleh adalah sistem respon tanpa overshoot dan tanpa error steady state serta ripple yang sedikit, sistem dapat berjalan lebih stabil.

### 3.4 Pengujian Sistem Referensi Naik

Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan referensi awal sebesar 1.8 Bar, kemudian ketika sudah mencapai tekanan 1.8 Bar secara seketika setting point dinaikkan menjadi 2.2. Dengan menggunakan parameter PID dimana  $K_p = 7$ ,  $T_i = 0$  dan  $T_d = 4$ , akan

menghasilkan respon sistem seperti yang telah ditampilkan pada gambar 10.

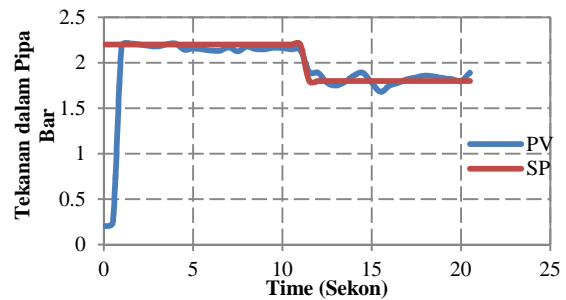


Gambar 10 Referensi Naik

Pada respon gambar 10 dapat dianalisis respon tersebut dengan menggunakan kaidah *rise time* dan *settling time* dari respon. Dari gambar 10 kita dapat lihat ketika diberikan *setting point* dengan referensi naik, sistem akan dapat dengan cepat mengendalikan dari *setting point* awal ke *setting point* baru dengan *rise time* < 5 milisecond.

### 3.5 Pengujian Referensi Turun

Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan referensi awal sebesar 2.2 Bar, kemudian ketika sudah mencapai tekanan 2.2 Bar secara seketika setting point diturunkan menjadi 1.8 Bar. Dengan menggunakan parameter PID dimana  $K_p=7$ ,  $T_i=0$  dan  $T_d= 4$ , akan menghasilkan respon sistem seperti yang telah ditampilkan pada gambar 11.



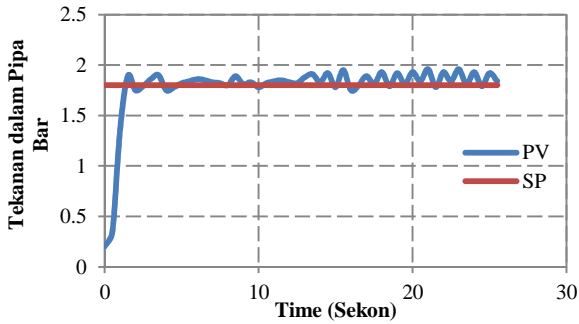
Gambar 11 Referensi Turun

Pada respon gambar 11 dapat dianalisis respon tersebut dapat terlihat bahwa sistem dengan kendali PID dapat menjaga setting point ketika diturunkan tanpa mengalami overshoot pada sistem. Dapat dikatakan sistem dengan kendali PID sudah bekerja dengan baik.

### 3.6 Pengujian Terhadap Gangguan

Pada pengujian tahap ini plant diberikan gangguan, hal ini digunakan untuk mengetahui apakah sistem masih dapat

mempertahankan setting point ketika ada disturbance. *Disturbance* yang dimaksudkan pada pengujian ini adalah dengan menutup *valve* setengah sehingga aliran *inlet* menuju pompa akan berkurang yang berdampak pada berkurangnya tekanan kerja sistem. Dengan diberikan controller terbaik dimana  $K_p = 7$ ,  $T_i = 0$  dan  $T_d = 4$ . Maka diperoleh hasil data seperti pada Gambar 12.



Gambar 12 Respon Sistem Terhadap Gangguan

Pada pengujian ini sistem setelah stabil di setting point yang telah ditentukan, seketika diberi gangguan dengan cara menutup setengah *valve inlet* sehingga aliran berkurang yang berimbas pada kurangnya tekanan. Dari respon grafik Gambar 12 dapat terlihat bahwa dengan kontroler PID dimana  $K_p = 7$ ,  $T_i = 0$  dan  $T_d = 4$ , *plant* dapat mempertahankan *setting point* yang telah ditentukan seperti terlihat *ripple* yang terjadi pada Gambar 12, dimana *ripple* diakibatkan pada pertahanan kontroler terhadap gangguan untuk mempertahankan *setting point*.

### 3.7 Pengujian Pembuatan VCO

Langkah pembuatan VCO yang dilakukan antara lain :

1. Memilih kelapa tua.
2. Proses pemerasan santan kelapa
3. Pendiaman santan pada kulkas selama 3 jam hingga terbentuk *cream* santan.
4. Proses penyirkulasian dengan tekanan set point adalah 2.2 Bar selama 30 menit.
5. Pendiaman hasil proses penyirkulasian selama 18-72 jam dan minyak VCO dapat dikonsumsi.

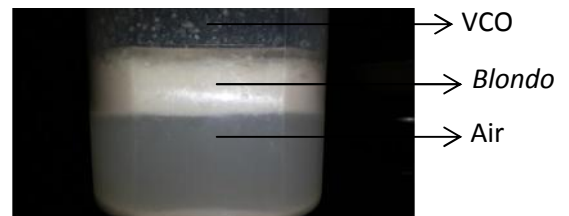
### 3.8 Pembuatan VCO Tanpa Pengontrolan

Pada pengujian pembuatan VCO ini dilakukan tanpa menggunakan pengontrolan. Dimaksudkan untuk pembandingan terhadap dengan pengontrolan. Pada proses ini perlakuan pembukaan valve dilakukan secara manual dengan menggunakan tangan dimana tekanan dapat dilihat dengan manometer. Dengan tekanan 2.2 Bar dan waktu sirkulasi 30 menit diperoleh hasil seperti Gambar 13 dan 14.



Gambar 13 Setelah Proses Penyirkulasian

Setelah proses penyirkulasian, dilakukan fermentasi dengan menaruh hasil proses sirkulasi ke dalam wadah tertutup seperti yang ditunjukkan pada gambar 16. Pada pengujian yang telah dilakukan pembuatan VCO tanpa pengontrolan tampak setelah 1.5 hari didekantasi, dengan jumlah  $\pm 75$  mL. Hasil tersebut seperti pada gambar 14.



Gambar 14 Setelah Didekantasi 1.5 Hari

### 3.9 Pembuatan VCO dengan Pengontrolan

Pada pengujian ini dilakukan dengan cara mensirkulasikan kanil santan dengan tekanan 2.2 Bar selama 30 menit dengan menggunakan kontroler dimana  $K_p=7, T_i=0$  dan  $T_d=4$ . Setelah selesai penyirkulasian dilakukan pengaliran ke dalam wadah dekanter. Wadah dekanter ditutup dan di fermentasi selama 20 Jam sehingga diperoleh hasil  $\pm 75$  mL seperti yang tertampil pada gambar 15 dan 16



Gambar 16 Setelah Sirkulasi



Gambar 17 Setelah Didekantasi

#### 4. Kesimpulan

Dari penelitian tugas akhir ini, pembuatan VCO dengan metode sirkulasi pemompaan berbasis kontrol PID atmega 8535 dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya Sensor MPX5500DP pada sistem ini berjalan dengan baik, dimana error rata – rata sebesar  $-0.02331$ , jika dibandingkan dengan datasheet tertulis toleransi error sebesar  $\pm 2.5\%$ . Pada saat pengujian sistem hanya dengan menggunakan controller  $P = 1$ , diperoleh hasil bahwa respon sistem masih belum bisa mengikuti *set point*, serta terlihat *error steady state* yang masih besar. Pada penalaan controller PID dengan metode *trial and error* diperoleh *gain* terbaik dengan *gain* tersebut adalah  $K_p = 7$   $T_i = 0$   $T_d = 4$ , respon tersebut dapat terlihat pada gambar 13 dengan *rise time* 500 mili *second* dan *error overshoot* mendekati 0%. Pada percobaan diperoleh hasil bahwa nilai  $T_d$  sangat berpengaruh terhadap sistem, hal ini terlihat ketika diberi nilai  $T_d$  maka *overshoot* dari respon sistem dapat teredam, seperti pada kasus saat diberikan nilai  $K_p = 7$ ,  $T_i = 0$ , dan  $T_d = 4$ , respon menunjukkan nilai *overshoot* sudah mendekati 0%. Pada pengujian sebelum diberikan controller dan sesudah diberi controller pada proses pembuatan VCO, VCO dapat muncul dengan waktu dekantasi lebih cepat dibandingkan dengan sebelum diberi controller, setelah ditambahkan VCO dapat terlihat dalam waktu 20 Jam, sebelum ditambahkan controller VCO tampak pada hari ke 1.5 setelah penyirkulasian.

#### Referensi

- [1] Allorerung D, Zainal M, Prastowo B, *Peluang Kelapa untuk Pengembangan Produk Kesehatan*. Pengembangan Inovasi Pertanian. Bogor. 2008.
- [2] Nur Alam, Syah, Andi. *Virgin Coconut Oil : Minyak Penakluk Aneka Penyakit*. AgroMedia Pustaka. 2005.
- [3] Mulyono, J., M. Maulana. A. N. 2011. “*Pengaruh Tekanan Pada Pembuatan VCO Dengan Proses Sirkulasi Pemompaan*” *Skripsi Sarjana SI*. Fakultas Teknik UNDIP, Semarang, Indonesia.
- [4] Hanik AN, Sheisarani E. 2003. “*Pemecahan Emulsi pada pembuatan VCO dengan Proses Sirkulasi Pemompaan*” *Skripsi Sarjana SI*. Teknik Kimia UNDIP, Semarang, Indonesia.
- [5] Setiawan, Iwan, *Kontrol PID Untuk Proses Industri*, Elex Media Komputindo, Jakarta, 2008.