

Simulasi Mesin Pencampur Kopi Otomatis dengan Metode Tuning PID pada LabVIEW

Automatic Coffee Mixer Simulator with Tuning PID Methode on LabVIEW

Ade Rustandi, Muhammad Fahmi Ibrahim

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Komputer Indonesia Jl. Dipati ukur No 112, Bandung
Email : ade.rustandi88@email.unikom.ac.id

Abstrak - Kopi adalah minuman yang banyak orang konsumsi sebagai hidangan penyemangat dan hidangan pada saat waktu bersantai. Aktivitas mengkonsumsi kopi bisa menghilangkan pikiran jenuh akibat kesibukan sehari-hari. Oleh karena itu, kopi sangat bermanfaat bagi masyarakat khususnya para penikmat kopi. Namun dalam penyajian takaran membuat minuman kopi di warung atau cafe masih menggunakan cara manual, sehingga takaran kopi tidak tepat. Apabila membuat minuman kopi dengan jumlah yang banyak mungkin ada beberapa minuman kopi memiliki rasa yang berbeda. Oleh karena itu dibuat alat pencampur kopi otomatis agar takaran minuman kopi yang dihasilkan memiliki rasa yang sama. Perancangan sistem pada alat pembuat minuman kopi otomatis dibantu menggunakan program aplikasi LabVIEW, dengan metode pengontrol PID untuk mengatur kadar kandungan dalam kopi yang ingin disajikan. Parameter kadar kandungan yang akan diatur adalah kopi, susu, dan gula dengan mengatur nilai $K_p=398,52$; nilai $K_i=3,06$; dan nilai $K_d=0,765$. Dengan mengatur set point maka nilai kadar yang sudah tercampur akan tetap stabil sesuai dengan keinginan.

Kata kunci : PID, Tuning PID, Simulasi Pencampur Kopi, LabVIEW, *Coffe Mixer Simulation*, *PID simulation*

Abstract - *Coffee is a drink that many people consume as an encouraging and casual meal. Coffee consumption can eliminate boredom due to daily activities. Therefore, coffee is very beneficial for people who enjoy coffee. But in serving doses of making coffee drinks in stalls or cafes still use manual methods, so the dose of coffee is not right. Every time you make a large amount of coffee drinks there may be several coffee drinks with different flavors. Therefore an automatic coffee maker is made so that the resulting coffee drink has the same taste. The system design for automatic coffee drink makers uses the LabVIEW application program, with the PID controller method to get the coffee content that you want to serve. The parameters of the content to be regulated are coffee, milk and sugar by setting the value of $K_p = 398.52$; $K_i = 3.06$; and $K_d = 0.765$. By setting a point, the value of the mixed content will remain stable as desired.*

Keyword : *PID, Tuning PID, Coffe Mixer Simulation, LabVIEW, PID simulation, Coffe Mixer PID*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi menyebabkan peningkatan kuantitas Kopi merupakan tanaman perkebunan strategis yang biasa dikonsumsi dalam bentuk minuman yang bersifat menyegarkan[1]. Pada awal perkembangannya kopi hanya terbatas diproduksi dan dikonsumsi di negara - negara Timur Tengah seperti Arab Saudi, tetapi sekarang meluas ke seluruh dunia dan banyak dikonsumsi di Eropa dan Amerika. Perkembangan kopi yang pesat membuat minuman ini sudah menjadi bagian dari kebiasaan dan budaya masyarakat pedesaan maupun

perkotaan. Konsumsi kopi berbeda dengan konsumsi minuman lainnya, karena faktor ketenangan dan kefokusannya yang diperoleh tanpa efek samping seperti minuman beralkohol. Minuman kopi diminati oleh hampir semua golongan masyarakat[2]. Seiring tingginya kesibukan masyarakat, segala sesuatu dituntut serba instan dan efisien. Mesin pembuat kopi berbasis LabVIEW ini dirancang untuk mengatasi kebutuhan masyarakat akan kopi dengan proses penyajian yang efisien. Input pada alat ini adalah berupa kopi cair, susu cair dan gula cair dimana bahan-bahan ini dapat diolah menjadi beberapa

jenis minuman yang dapat dipilih dengan bahan dasar kopi. Mesin ini ditujukan untuk penggunaan pada perkantoran, tempat praktek dokter, coffee shop, mini market dan pasar swalayan. Mesin pencampur kopi otomatis ini akan melakukan pencampuran bahan – bahan campuran kopi seperti gula dan susu dengan takaran yang dapat diatur sesuai keinginan. Dengan mengatur set point pada simulasi maka, nilai kadar kandungan yang diatur akan selalu sesuai dengan set point dan waktu pencapaian set point akan lebih cepat. Hal itu disebabkan karena adanya penerapan PID dengan melakukan tuning PID dengan nilai $K_p = 398,52$; $K_i = 3,06$; dan nilai $K_d = 0,765$. Oleh karena itu penerapan metode PID menjadikan mesin pencampuran kopi otomatis ini lebih efisien dan lebih cepat dalam penyajianannya.

A. Latar Belakang

Saat ini teknologi sistem kontrol otomatis semakin berkembang seiring meningkatnya kebutuhan akan otomatisasi pada berbagai peralatan baik untuk keperluan industri, keperluan rumah tangga ataupun untuk keperluan yang lainnya. Misalnya pada pabrik-pabrik besar saat ini hampir sebagian besar peralatan yang ada bekerja secara otomatis, dengan dikontrol menggunakan suatu sistem kontrol yang dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan.

Pada industri kecil dan industri rumah tangga masih banyak yang menggunakan peralatan-peralatan konvensional yang dioperasikan secara manual baik menggunakan tenaga manusia, ataupun hewan. Jadi selain proses produksi juga bisa bertambah lama juga sangat bergantung pada keterbatasan tenaga manusia. Dengan menggunakan peralatan-peralatan yang bekerja secara otomatis diharapkan mampu mengurangi ketergantungan proses produksi pada keterbatasan tenaga manusia dan dapat meningkatkan proses produksi dengan biaya yang lebih murah.

Pada industri yang berskala kecil juga sudah mulai menggantikan peralatan-peralatan konvensional yang sangat tergantung pada tenaga manusia dengan peralatan-peralatan yang lebih baru yang sudah mampu mengurangi keterbatasan pada tenaga manusia. Penggunaan mesin - mesin baru yang bekerja dengan sistem kontrol otomatis sudah cukup mampu mengurangi ketergantungan terhadap tenaga manusia tersebut. Tetapi masih ada kendala dalam penerapan peralatan-peralatan modern pada industri-industri kecil ataupun rumah tangga, yaitu pengadaan peralatan-peralatan modern tersebut memerlukan biaya yang

cukup besar. Sehingga untuk industri-industri kecil ataupun rumah tangga saat ini masih banyak yang menggunakan peralatan-peralatan lama yang masih dianggap cukup efektif yang tentu saja masih tergantung pada tenaga manusia dan hasilnya juga kurang maksimal.

B. Tinjauan *State of Art*

Salah satu penelitian yang dilakukan untuk membuat mesin pencampur kopi otomatis yaitu mengontrol nilai suhu yang dapat diatur sesuai dengan pengaturan set point yang diberikan. Pada penelitian tersebut menggunakan metode fuzzy yang diatur untuk mengontrol panas air yang akan digunakan untuk proses membuat kopi. Kelebihan pada penelitian tersebut dikatakan bahwa sistem dapat mengontrol suhu sesuai dengan keinginan dan didapatkan setpoint terbaik yaitu pada saat 80°C . Dengan respon sistem ini memiliki waktu naik 238 detik, waktu puncak 267,2 detik dan settling time sebesar 514 detik. Penelitian ini dilakukan untuk melihat perbandingan pada sistem on-off dengan fuzzy. Dapat disimpulkan bahwa penelitian tersebut hanya mengontrol suhu saja. Sedangkan penelitian simulasi pencampur kopi otomatis dengan menggunakan PID akan mengontrol kadar kandungan setiap komposisi yang ada di dalam kopi tersebut. Kedua sistem ini dapat melengkapi satu sama lain, di lain sisi pengontrol suhu sangat diperlukan dan pengontrol kadar kandungan pun diperlukan untuk pembuatan kopi secara otomatis. Selain menggunakan metode fuzzy adapun yang menggunakan mikrokontroler untuk merancang alat pembuat kopi susu otomatis. Penelitian ini merupakan pembuatan sebuah rancang bangun alat untuk membuat kopi susu secara otomatis dengan menggunakan mikrokontroler ATmega 8535. Dari penelitian tersebut rancang bangun akan dikontrol secara otomatis dengan melakukan pemrograman pada mikrokontroler ATmega 8535. Yang dimana campuran kopi, gula, dan air akan diatur jumlahnya sesuai set point yang diinginkan. Kemudian pada saluran akhir semua bahan akan tercampur sesuai nilai kandungannya yaitu dalam bentuk berat dalam satuan gram [3]. Pada penelitian ini nilai error yang masih tinggi dikarenakan hanya menggunakan sistem on-off saja. Kemudian sistem otomasi mesin pencampur kopi yang memiliki cara kerja sebagai vender machine. Sistem otomasi mesin pencampur kopi ini menggunakan PLC untuk melakukan logic mencampurkan kopi. Alat ini merupakan mesin pencampur kopi otomatis yang sangat unik dengan melakukan pencampuran 4 jenis input

yaitu kopi hitam, gula cair, kreamer, dan susu. Dengan pilihan 4 jenis menu yang berbeda. Dengan memilih salah satu menu maka mesin akan secara otomatis mengeluarkan masing masing bahannya kedalam pengaduk dan kemudian akan dilakukan pencampuran selama 15 detik. Setelah selesai pengadukan kopi kemudian katup pengaduk akan terbuka dan mengalirkannya kedalam gelas kopi, tangki pengaduk akan terbuka selama 13 detik [4]. Sistem pada penelitian ini menggunakan sistem on off karena menggunakan PLC. Sedangkan untuk sistem kendali PID sendiri dalam kategori mesin pencampur kopi otomatis masih belum diteliti. Salah satu penelitian menggunakan metode tuning kendali PID adalah implementasi sistem navigasi wall following masukan sensor ultrasonik. Penelitian ini mengimplementasikan algoritma wall following pada robot wall follower menggunakan metode tuning kendali PID sebagai sistem kendali robot. Navigasi wall following merupakan salah satu sistem navigasi yang memudahkan robot dalam melakukan navigasi dengan cara mengikuti dinding pembatas robot. Tugas robot ini adalah mampu bernavigasi dengan cara menyusuri dinding kiri dan kanan dengan tetap mempertahankan jarak robot dengan dinding agar tetap aman (tidak menyentuh dinding). Robot yang dibuat terdiri dari beberapa komponen utama yang dibedakan berdasarkan fungsinya. Untuk mendukung robot ketika melakukan navigasi telusur kiri dan kanan, digunakan tiga sensor ultrasonik yang ditempatkan di kiri, kanan dan depan robot.

C. Tujuan

Membuat sebuah sistem pencampur kopi otomatis dengan menggunakan LabVIEW dan menerapkan Metode PID guna mempermudah sistem pencampuran kopi menggunakan mesin dengan tingkat ketelitian yang tinggi.

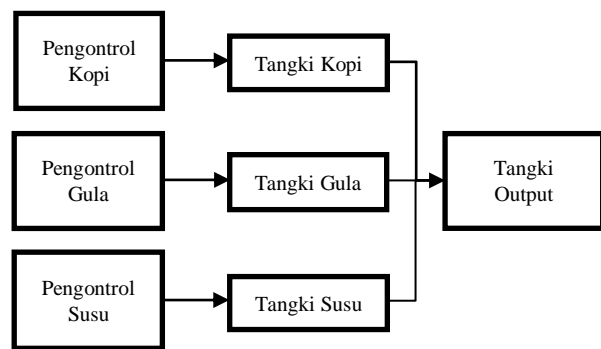
D. Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan pada penulisan ini akan dilakukan beberapa tahapan yang akan saling berhubungan. Penelitian ini diorganisasikan sebagai berikut. Bagian 2 akan menjelaskan mengenai perancangan simulasi pencampur kopi otomatis menggunakan metode PID serta perhitungan yang digunakan untuk sistem tersebut. Bagian 3 akan menyajikan hasil pengujian dan asanalisa. Adapun kesimpulan akan disajikan pada Bagian 4.

II. METODOLOGI

Dalam penelitian ini simulasi mesin pencampur kopi otomatis akan memiliki 3 tangki input dan 1 tangki output yang pada setiap tangka input akan diterapkan metode pengontrol PID untuk mengatur keluaran campuran yang diinginkan. Jumlah keluaran tangka input yaitu kopi, susu, dan gula akan tercampur ke dalam tangka output yang kemudian kadar yang terkandung pada tangka output akan sesuai dengan nilai set point yang telah di atur. Nilai kadar kandungan akan diketahui pada indikator. Kadar setiap komponen dapat diatur melalui set point PID sesuai dengan keinginan, sehingga penyajian kopi dapat diatur sesuai selera.

A. Blok Diagram Sistem



Gambar 5. Blok diagram sistem

Pada sistem yang kami buat ini merupakan pencampuran kopi secara sederhana dengan menambahkan sistem pengontrol PID. Sistem tanki ganda dengan 3 buah tangki input dan 1 tangki output seperti yang terlihat pada **Gambar 5**. Sistem pengontrol PID akan mengatur jumlah keluaran yang diinginkan pada setiap tangkinya. Ketika tangki kopi, gula, dan susu terisi penuh, maka sistem akan mencampurkan ketiga jenis cairan tersebut kedalam tangki output dengan nilai kadar yang sudah diatur. Dengan pengontrol PID kadar yang didapat pada tangki output akan didapatkan sesuai dengan kadar yang diinginkan dengan nilai error yang kecil.

B. Sistem Tanki Ganda

Sistem tangki ganda pada simulasi pencampur kopi ini merupakan penerapan dari sistem fluida yang dimana tangki akan menampung cairan yang mengalir secara kontinyu, kemudian cairan yang terkumpul pada tangki sebelumnya akan menjadi keluaran untuk tangki selanjutnya hingga penuh. Seperti yang terlihat pada **Gambar 6** terlihat bahwa tangki kopi, susu, dan gula merupakan tangki input untuk menampung dan mengalirkan

fluida. Keluaran fluida akan diatur jumlahnya sesuai dengan keinginan melalui panel “control” yang berada di sebelah tangki input tersebut. Panel control tersebut akan menentukan besarnya keluaran fluida yang diinginkan, semakin tinggi angkanya maka akan semakin cepat fluida mengalir dan juga berlaku sebaliknya. Tangki kopi gula dan susu akan terisi penuh dan kemudian akan masuk ke tangki output untuk dicampurkan dan mendapatkan komposisi kopi

C. Sistem Pengontrol

Sistem pengontrol yang diterapkan disini yaitu pengontrol PID yang di dalamnya terdapat 3 nilai yang harus diketahui dengan cara melakukan tuning parameter pengontrol PID. Salah satunya yaitu dengan metode osilasi.

Pada **Gambar 7** terdapat 3 jenis pengontrol set point yang berfungsi untuk mengatur jumlah kadar yang diinginkan. Terdapat pengontrol set point kopi, gula, dan susu, ketiga set point tersebut harus memiliki jumlah 100 untuk mendapatkan output yang stabil. Karena set point tersebut diasumsikan sebagai kandungan jenis cairan yang diinginkan. Tentunya dengan mengisi nilai Kp, Ki, dan Kd hasil dari tuning.

D. Parameter Perhitungan

Dalam simulasi ini digunakan beberapa rumus perhitungan input dan output dari tangki, perhitungan yang digunakan menggunakan persamaan berikut.

- Untuk Menghitung besar debit output pada tangki gula, kopi, dan susu pada persamaan 1-3. Pada persamaan 1 diperlukan untuk menghitung debit output atau Qout dari kopi, sedangkan pada persamaan 2 digunakan untuk menghitung debit output atau Qout dari gula, dan persamaan 3 digunakan untuk menghitung debit output dan Qout dari susu.

$$Q_{out\ K}(t) = LP\ K \times \sqrt{2gh\ K(t-1)} \tag{1}$$

$$Q_{out\ G}(t) = LP\ G \times \sqrt{2gh\ G(t-1)} \tag{2}$$

$$Q_{out\ S}(t) = LP\ S \times \sqrt{2gh\ S(t-1)} \tag{3}$$

Keterangan:

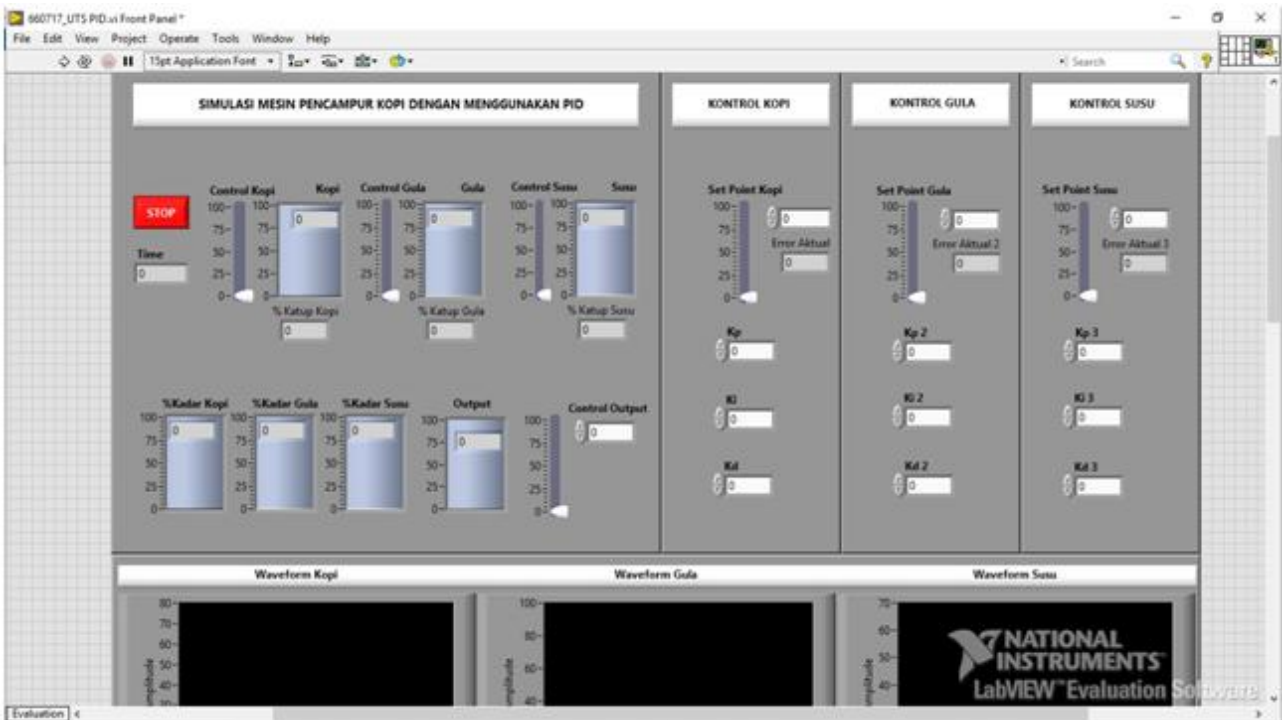
K= Kopi; G= Gula; S= Susu; LP= Luas Pipa

- Level air pada tangki kopi, gula dan susu berubah menurut persamaan 3-6. Pada persamaan 3 hingga 6 digunakan untuk menghitung ketinggian level air pada tangki kopi, gula, dan susu.

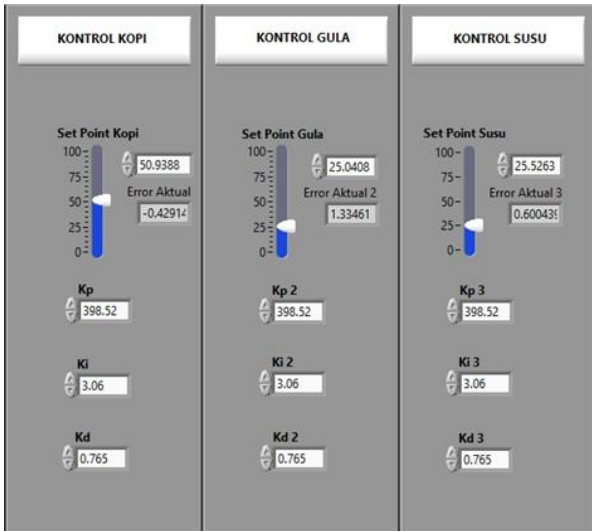
$$h\ K(t) = + \frac{Q_{in} - Q_{out\ K}}{\text{Luas alas tangki}} \tag{4}$$

$$h\ G(t) = + \frac{Q_{in} - Q_{out\ G}}{\text{Luas alas tangki}} \tag{5}$$

$$h\ S(t) = + \frac{Q_{in} - Q_{out\ S}}{\text{Luas alas tangki}} \tag{6}$$



Gambar 6. Tangki Pencampuran



Gambar 7. Panel Set Point

- Besar debit output pada tangki proses output berubah menurut persamaan 7. Pada persamaan 7 ini digunakan untuk menghitung debit output yang terus masuk pada tangki output.

$$Q_{out}(t) = LP \times \sqrt{2ghK(t-1)} \quad (7)$$

- Level air pada tangki proses output berubah menurut persamaan 8.

$$h_{output}(t) = h(t-1) + \frac{Q_{out\ K\ G\ S} - Q_{out\ output}}{Luas\ alas\ tangki} \quad (8)$$

- Perhitungan perbandingan untuk mengetahui kandungan yang ada di dalam tangki output pada persamaan 9-15. Pada persamaan 9 akan dilakukan perhitungan Qout total pada keseluruhan tangki yaitu tangki kopi, gula, dan susu. Sedangkan untuk menghitung kadar atau kandungan kopi, gula, dan susu pada setiap tangki menggunakan persamaan 10 - 12.

$$Q_{out\ Total} = (Q_{out\ K} + Q_{out\ G} + Q_{out\ S}) \quad (9)$$

$$Kadar\ K = Q_{out\ total} - (Q_{out\ G} + Q_{out\ S}) \quad (10)$$

$$Kadar\ G = Q_{out\ total} - (Q_{out\ K} + Q_{out\ S}) \quad (11)$$

$$Kadar\ S = Q_{out\ total} - (Q_{out\ G} + Q_{out\ K}) \quad (12)$$

$$\%Kadar\ K = \frac{Q_{out\ K}}{Q_{out\ K} + Q_{out\ G} + Q_{out\ S}} \times 100 \quad (13)$$

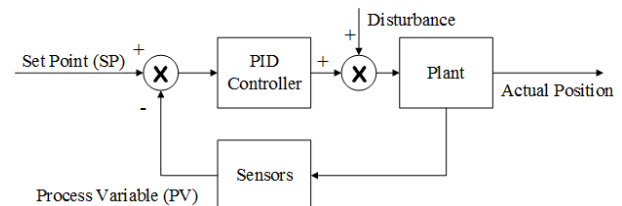
$$\%Kadar\ G = \frac{Q_{out\ G}}{Q_{out\ K} + Q_{out\ G} + Q_{out\ S}} \times 100 \quad (14)$$

$$\%Kadar\ S = \frac{Q_{out\ S}}{Q_{out\ K} + Q_{out\ G} + Q_{out\ S}} \times 100 \quad (15)$$

Kemudian untuk mengetahui persentasi kadar dari setiap kandungan akan dilakukan perhitungan menurut persamaan 13-15. Yang semua persamaan ini akan diimplementasikan kedalam sistem yang dibuat pada LabVIEW.

E. Perancangan Simulasi

Metode yang digunakan dalam perancangan simulasi ini yaitu mengatur setiap keluaran tangki dengan menggunakan kontrol PID pada pengontrol keluaran kopi, gula dan susu secara terpisah. Sehingga nilai dari setiap parameter dapat diatur sesuai keinginan. Simulasi menggunakan software LabVIEW 2016. Adapun blok diagramnya pada Gambar 11.

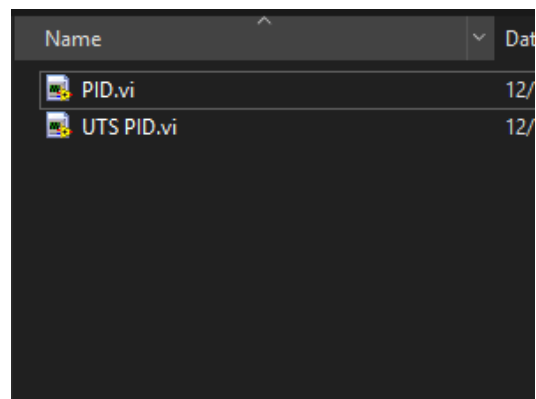


Gambar 11. Blok Diagram Perancangan Alat

F. Cara Pengoperasian Simulasi

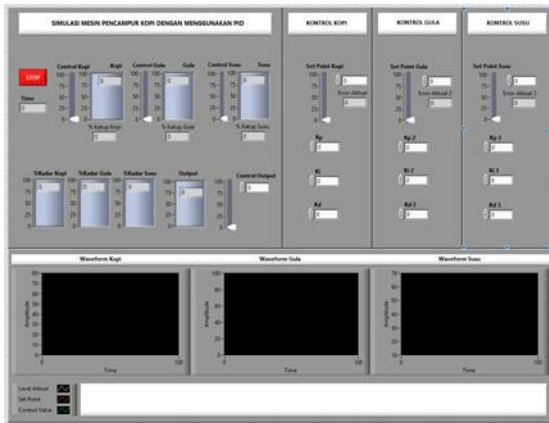
Untuk melakukan pengoperasian simulasi mesin pencampur kopi ini sebagai berikut.

- Pertama, file simulasi dapat di download pada alamat berikut: <https://bit.ly/2JmWwqp>
- Terdapat 2 file yaitu PID dan UTS PID seperti Gambar 12.



Gambar 12. File Simulasi

- Buka file yang bernama UTS PID dan kemudian akan terlihat seperti **Gambar 13**. Terdapat 3 bagian, yang pertama yaitu tangki input dan tangki output, yang kedua adalah pengontrol kopi, gula dan susu yang sudah digabungkan dengan sistem pengontrol PID. Kemudian bagian yang ketiga yaitu waveform chart. Sebelum menjalankan program isi terlebih dahulu nilai – nilai pada bagian pengontrolnya.



Gambar 13. Interface Simulasi

- Kemudian isi semua nilai Kp, Ki, dan Kd sesuai dengan hasil dari Tuning PID seperti yang terlihat pada **Gambar 4**.
- Tentukan nilai Set Point Kopi, Gula, dan Susu hingga jumlah dari ketiganya mencapai 100. Misalkan nilai set point kopi 50, dan set point gula 25, lalu nilai set point susu harus 25.
- Jalankan program dan tunggu hingga tangki terisi penuh.
- Kemudian buka katup control output sebesar 50 untuk memberikan gangguan.
- Dan pada tahap terakhir tunggu hingga nilai %kadar kopi, gula, dan susu stabil. Maka itulah hasil dari kadar output yang didapatkan seperti **Gambar 12**. Untuk cara pengoperasian yang lebih jelas dapat diakses videonya melalui alamat berikut ini. <https://bit.ly/2HELtHi>

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini penulis akan memaparkan hasil ujicoba dari simulasi pencampur kopi dengan menggunakan PID ini pada LabVIEW.

A. Tuning PID

Langkah awal untuk pengujian pada simulasi ini yaitu melakukan tuning PID terlebih dahulu, mencari nilai Kcr dan Pcr untuk mendapatkan nilai Kp, Ki, dan Kd dengan menggunakan

metode osilasi. Hasil yang di dapatkan dari tuning yaitu:

$$K_{cr} = 677,5$$

$$P_{cr} = 6,125$$

Untuk mengetahui nilai Kp, Ki, dan Kd pada pengontrol PID maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$K_p = K_{cr}/1,7$$

$$= 677,5/1,7$$

$$= 398,52$$

$$K_i = P_{cr}/2$$

$$= 6,125/2$$

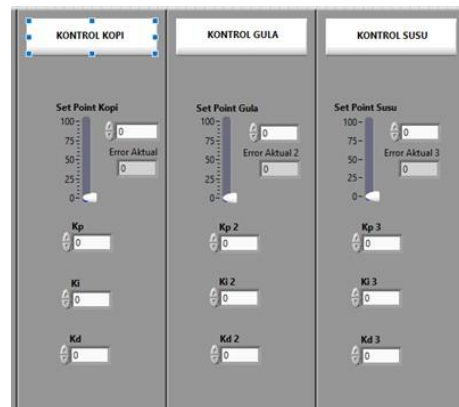
$$= 3,06$$

$$K_d = P_{cr}/8$$

$$= 6,125/8$$

$$= 0,765$$

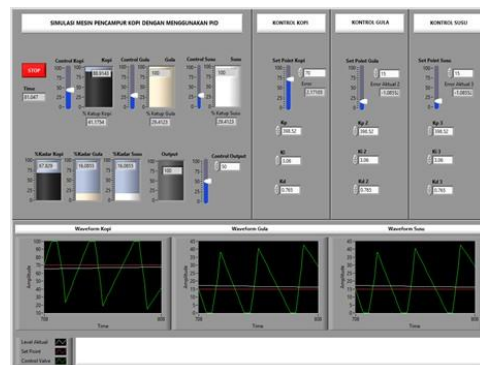
Nilai nilai tersebut akan dimasukkan ke dalam nilai pengontrol setiap parameter pada **Gambar 14**.



Gambar 14. Bagian Pengontrol Simulasi

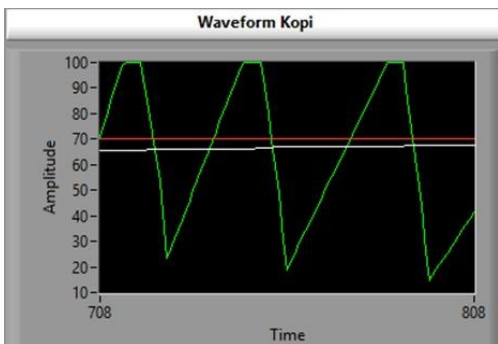
B. Pengujian

Setelah nilai seluruh Kp, Ki, dan Kd dimasukkan sesuai dengan perhitungan yang telah di lakukan maka pengontrol akan berkerja secara otomatis dan nilai kadar yang terkandung dalam kopi akan diatur sedemikian rupa agar mencapai nilai set point yang diinginkan. Hasil simulasi terlihat pada **Gambar 15**.



Gambar 15. Pengujian Simulasi

Simulasi dilakukan dengan melakukan perubahan terhadap control output sebagai gangguan, untuk melihat seberapa besar nilai kesalahan yang terjadi apabila output diberi gangguan. Hal yang terjadi adalah semua katup akan bergerak mengatur keluaran secara otomatis untuk mencapai nilai setpoint yang ditentukan hingga mendekati nilai set point. Pada **Gambar 16** terlihat bahwa parameter warna hijau pada grafik terus mengalami osilasi, hal ini bertujuan untuk mengatur katup output dari setiap tangkinya. Sedangkan parameter warna merah merupakan set point yang harus di capai oleh level aktual (warna putih).

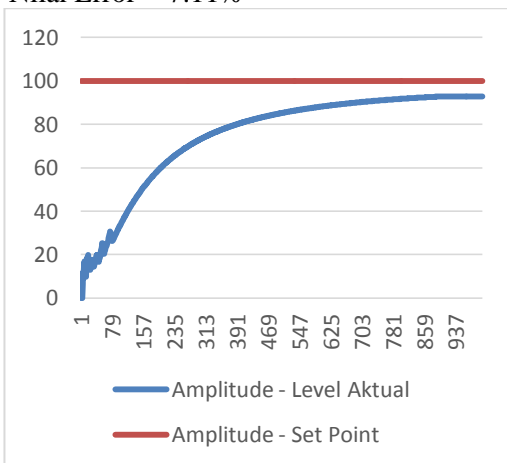


Gambar 16. Waveform Pengujian

1) Pengujian Set Point Kopi

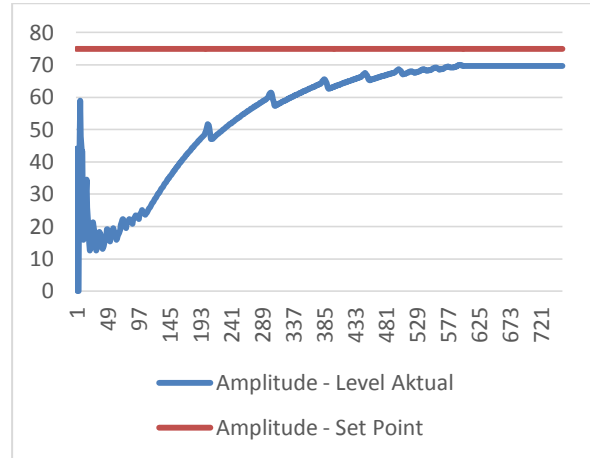
Untuk pengujian tangki kopi seperti **Gambar 17** ketika nilai set point diatur menjadi 100, maka katup yang akan terbuka menuju output hanya dari tangki kopi saja. Ketika tangki output masih terisi dengan campuran yang sebelumnya, aturlah control outputnya hingga 50. Dengan pengontrol PID nilai Kp, Ki, dan Kd di isi terlebih dahulu. Berikut ini hasil percobaan dengan beberapa perubahan pada set point dari 100, 75, 50, dan 25.

- Nilai Set Point 100
Nilai Error = 7.11%



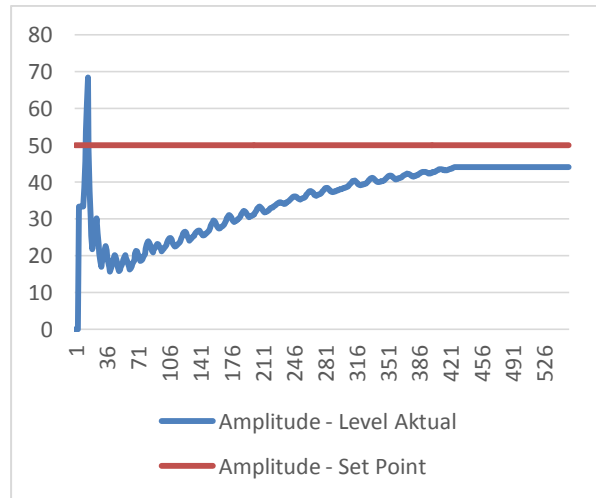
Gambar 17. Pengujian Dengan Set Point 100

- Nilai Set Point 75
Nilai Error = 5.2%



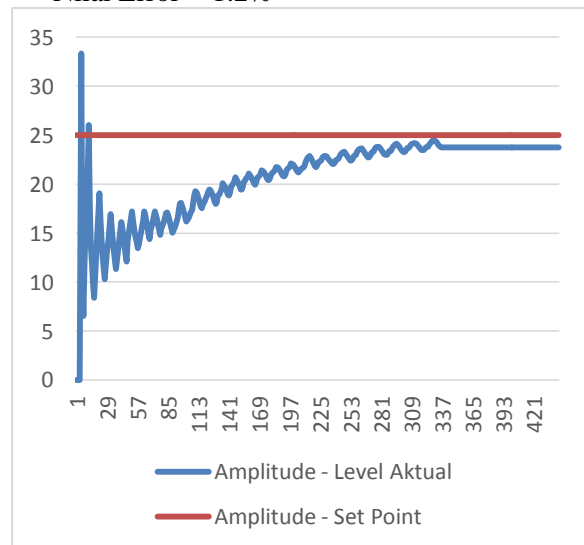
Gambar 18. Pengujian Dengan Set Point 75

- Nilai Set Point 50
Nilai Error = 6.3%



Gambar 19. Pengujian Dengan Set Point 50

- Nilai Set Point 25
Nilai Error = 1.2%



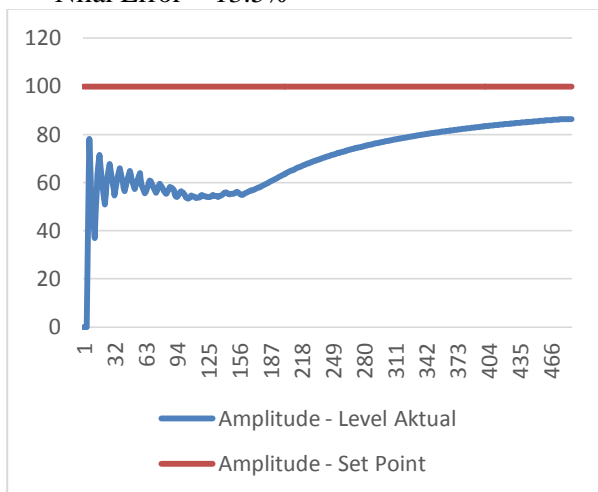
Gambar 20. Pengujian Dengan Set Point 25

Dari percobaan pengujian pada gambar 17 – gambar 20 dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai set point kopi maka waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai output 100 atau hingga penuh yaitu 171.5 detik. Sedangkan untuk nilai yang lebih rendah waktu yang diperlukan semakin singkat.

2) *Pengujian Set Point Gula*

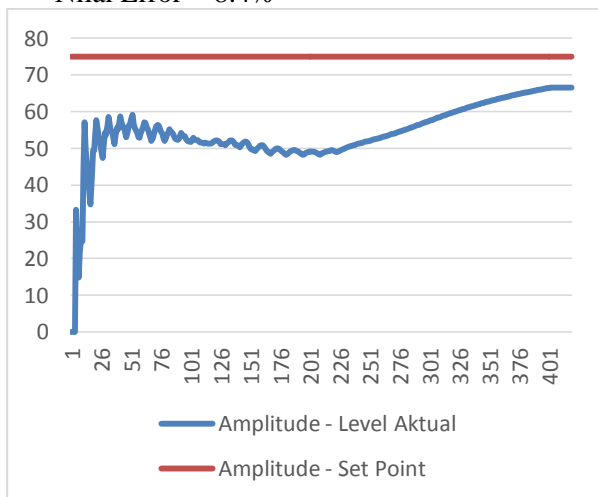
Pengujian kedua yaitu mengatur set point gula dari 100, 75, 50, dan 25. Dengan nilai K_p , K_i , dan K_d yang sama seperti pengontrol kopi. Dapat diperhatikan pada **Gambar 21 – Gambar 24** waktu yang diperlukan untuk mencapai set point akan semakin lama ketika set point gula tinggi untuk mencapai output 100. Sama halnya dengan pengujian pada kopi sebelumnya dengan mengatur nilai control output hingga 50.

- Nilai Set Point 100
Nilai Error = 13.5%



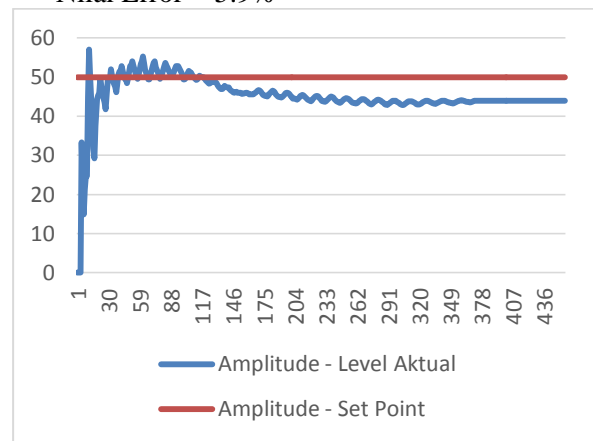
Gambar 21. Pengujian Dengan Set Point 100

- Nilai Set Point 75
Nilai Error = 8.4%



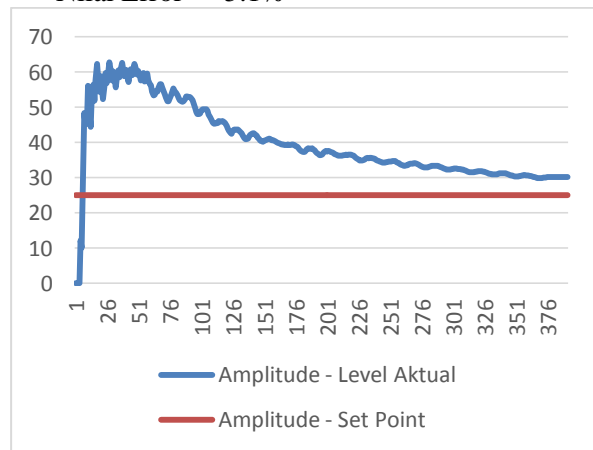
Gambar 22. Pengujian Dengan Set Point 75

- Nilai Set Point 50
Nilai Error = 5.9%



Gambar 23. Pengujian Dengan Set Point 50

- Nilai Set Point 25
Nilai Error = -5.1%

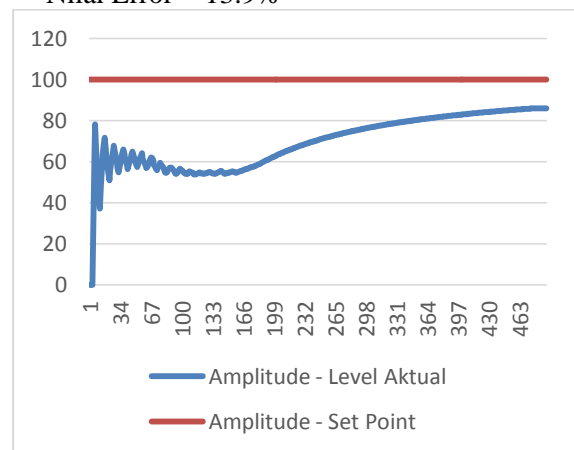


Gambar 24. Pengujian Dengan Set Point 25

3) *Pengujian Set Point Susu*

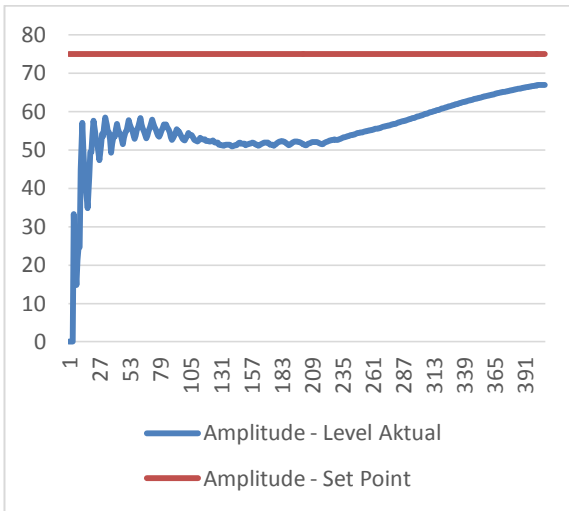
Selanjutnya yaitu pengujian pada kontrol susu dengan nilai set point 100, 75, 50, dan 25.

- Nilai Set Point 100
Nilai Error = 13.9%



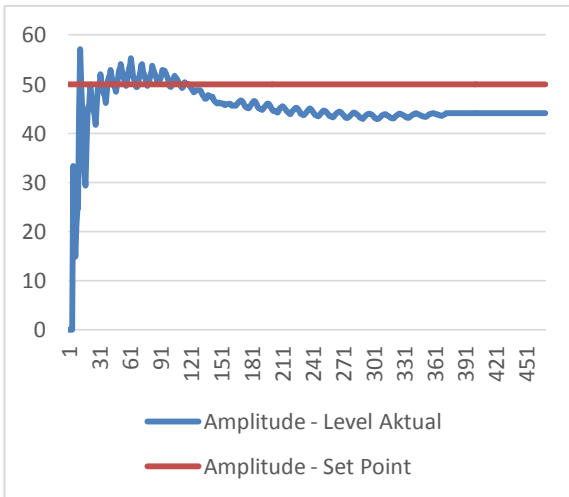
Gambar 25. Pengujian Dengan Set Point 100

- Nilai Set Point 75
Nilai Error = 8%



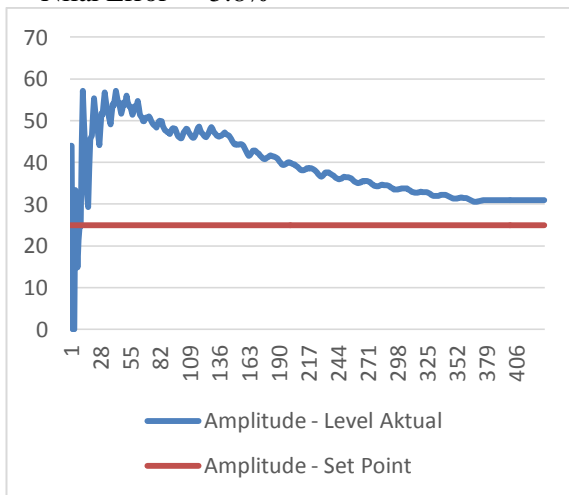
Gambar 26. Pengujian Dengan Set Point 25

- Nilai Set Point 50
Nilai Error = 5.9%



Gambar 27. Pengujian Dengan Set Point 50

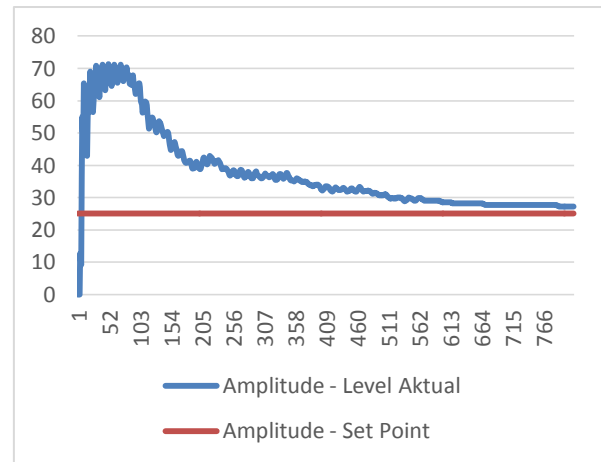
- Nilai Set Point 25
Nilai Error = -5.8%



Gambar 28. Pengujian Dengan Set Point 25

Dapat diperhatikan **Gambar 25 – Gambar 28** pengujian pengontrol susu ini, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai set point yaitu 39 – 100 detik. Lebih cepat dari pengontrol lainnya, akan tetapi error yang didapatkan sangat tinggi sehingga ketika tangki output sudah penuh. Kadar susu yang terkandung masih kurang dari set point yang diinginkan.

Ketika sistem diberikan gangguan dengan memberikan nilai control output sebesar 50 maka hasilnya akan seperti **Gambar 29**.



Gambar 29. Pengujian Dengan Gangguan

Dengan memberikan nilai gangguan sebesar 50 pada control output. Maka sistem akan mencapai set point lebih lama, akan tetapi nilai error yang didapatkan lebih kecil yaitu -2.2%. **Gambar 29** merupakan pengujian dengan nilai yang sama seperti **Gambar 28**. Jika dibandingkan dengan sistem otomasi mesin pencampur kopi yang menggunakan PLC dengan metode on off, hanya mencampurkan kopi, gula dan susu dengan tidak menggunakan takaran kadar kandungan komponen yang diinginkan [4]. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan metode PID, sehingga kita bisa sesuka hati menentukan takaran kopi yang diinginkan.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode tuning PID kita dapat membuat sebuah sistem otomatisasi sebuah mesin pencampur kopi otomatis dalam jumlah besar, sehingga komposisi kopi yang diinginkan akan selalu sama sesuai pengaturan. Walaupun diberikan sebuah gangguan seperti yang dilakukan pada pengujian simulasi dengan membuka katup output pada keluaran, nilai kadar yang terkandung akan selalu sama. Kemudian dengan men-tuning nilai kontrol Kp, Ki dan Kd dengan metode osilasi sehingga mendapatkan nilai yang tepat maka

akan memperkecil nilai error yang terjadi. Nilai yang didapatkan pada beberapa pengujian masih memiliki error yang cukup rendah sebesar -5.8-13.9% dalam keadaan tidak mendapatkan gangguan. Sedangkan ketika diberikan gangguan control output sebesar 50, nilai error akan lebih kecil. Penulis memiliki saran untuk menggunakan metode PID pada penelitian pencampur kopi otomatis ini harus mendapatkan nilai K_p , K_i dan K_d yang tepat untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Kemudian bagian pengontrol pada penelitian ini masih memiliki perubahan osilasi yang sangat tinggi, sehingga dikhawatirkan jika diimplementasikan kepada alat secara langsung kemungkinan besar bagian pengontrol akan cepat rusak. Penulis berharap kelemahan tersebut dapat ditutupi pada pengembangan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K.R.Abdillah,R.Mochammad,P.Eru,“Mesin Pembuat Kopi Berbasis Mikrokontroler” *Politeknik Elektronika Negeri Surabaya*. 2013.
- [2] Bitter, Rick, T.Mohiuddin, M.Nawrocki. “*LabVIEW: Advanced programming techniques*” *Crc Press*, 2006.
- [3] Zuhri,Muhamad,I.M.Suksmadana,L.A.Syamsul,I.Akbar. “Rancang Bangun Alat Pembuat Kopi Susu Otomatis Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega 8535” *Universitas Mataram*, 2013.
- [4] K. P.Cahayani, T.Damayanti, D.Erlangga. “Sistem Optimasi Mesin Pencampur Kopi (*Coffee Vender Machine*)” *Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta*, 2015.
- [5] Yenni, Helda, Muhammad Ridwan. “Implementasi Kendali Mikrokontroler ATmega 8535 pada Alat Pembuat Kopi Otomatis” *STMIK Amik Riau*, 2015.
- [6] Setiawan, Dedi. “Rancang Bangun Otomatisasi Proses Mixing Pada Sistem Otomatisasi Penyajian Kopi Susu Berbasis Mikrokontroler At89s51”. *Diss. Department of Physics, Diponegoro University*, 2008.
- [7] Wijaya, A.Setya. “Rancang Bangun Otomatisasi Pengisian Kopi Susu Pada Gelas Berbasis Mikrokontroler”. *Diss. Department of Physics, Diponegoro University*, 2008.