

Sistem Implementasi Sistem Kontrol Penakar Bubuk Jamu Menggunakan Logika *Fuzzy* di Lini Proses Pegemasan

Iqbal Sholehudin Ghofur, Slamet Budiprayitno, dan Lucky Putri Rahayu
Departemen Teknik Elektro Otomasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: slamet@elect-eng.its.ac.id

Abstrak—Proses penakaran dengan menggunakan cara manual dan menggunakan timbangan analog dengan kapasitas maksimal lebih besar dari produk yang ditimbang tentunya akan sulit untuk menyeragamkannya. Tentunya disetiap penakarannya akan berlebih maupun kurang. Jika dalam penakaran selalu berlebih maka akan berdampak kerugian bagi pengusaha. Maka dibutuhkan suatu sistem kontrol penakaran yang memiliki skala kecil dan dapat mengurangi kelebihan dalam penakaran. Salah satu kontrol yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan kontrol logika *fuzzy*. Pemilihan logika *fuzzy* sebagai kontrol pada sistem penakar ini adalah kesederhanaan metodenya dan mudah diterapkan pada banyak hal. Dalam logika *fuzzy* terdapat tiga tahapan, yaitu *fuzzyfikasi*, *inferensi*, dan *defuzzyfikasi*. Dari hasil *defuzzyfikasi* nantinya akan digunakan untuk mengendalikan kecepatan *screw conveyor* sehingga hasil penakaran tidak melebihi dari target. Pengujian dilakukan dengan dua variasi penimbangan yaitu 50 gram dan 100 gram. Hasil penakaran dengan menggunakan logika *fuzzy* dengan target *netto* 50 gram menghasilkan penakaran dengan kesalahan rata-rata sebesar 1,17 gram dengan rata-rata waktu proses penakaran 6,3 detik. Sedangkan dengan target *netto* 100 gram menghasilkan penakaran dengan rata-rata kesalahan sebesar 1,78 gram dengan rata-rata waktu penakaran 7,02 detik.

Kata Kunci—Kontrol, Logika *Fuzzy*, *Netto* Produk, Penakaran.

I. PENDAHULUAN

PENCANTUMAN label suatu produk merupakan suatu keharusan bagi pelaku usaha, dengan tujuan agar konsumen mendapatkan hak atas informasi yang benar, jelas dan jujur mengenai kondisi suatu produk. Sehingga tidak menimbulkan keraguan bagi konsumen untuk membeli, dan mengonsumsinya. Selain itu, aturan tersebut memiliki maksud untuk mengupayakan agar barang dan/atau jasa yang beredar di masyarakat merupakan produk yang layak edar berupa asal usul, kualitas sesuai dengan informasi dari pengusaha baik melalui label, etiket, iklan, dan lain sebagainya.

Salah satu hal yang penting setelah produk olahan dibuat adalah memasarkannya. Dalam rangka pemasaran produk perlu dilakukan pengemasan. Dengan cara dikemas, produk dapat terlindungi dan pengemasan akan meningkatkan harga jual dari suatu produk. Dalam pengemasan suatu produk, penakaran merupakan suatu proses yang wajib dilakukan untuk menjamin keseragaman antara isi kemasan satu dengan lainnya.

Proses penakaran dengan cara manual, yaitu memasukkan produk ke dalam kemasan lalu ditimbang. Jika berat kurang dari berat bersih produk, maka akan ditambahkan. Sedangkan jika berat melebihi berat bersih, maka produk akan dikurangi, sehingga akan menambah waktu dalam proses

pengemasannya. Timbangan yang digunakan adalah timbangan analog (jarum) dengan kapasitas maksimal timbangan 10 kg. Sedangkan produk yang ditimbang sekitar 100 gram. Dengan melihat perbandingan antara kapasitas maksimal timbangan dengan produk yang ditimbang, skala yang digunakan terlalu besar, sehingga berat produk sulit untuk diseragamkan.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di lapangan, dari 15 sampel terdapat kelebihan berat bersih (*netto*) dari yang ditentukan. Rata-rata berat bersih yang terukur melebihi berat bersih dari label yang ada yaitu 122 gram. Jika semua hasil penakaran tersebut melebihi dari berat bersih yang ditentukan, hal tersebut tentunya membuat pengusaha tidak akan memperoleh keuntungan, bahkan cenderung rugi.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rahmat Alvian pada tahun 2014, dengan judul Prototipe Penimbang Gula Otomatis Menggunakan Sensor Berat Berbasis Atmega16. Pada penelitian tersebut berhasil membuat sebuah alat yang dapat menakar sesuai dengan berat yang dipilih. Pada alat tersebut juga terdapat sebuah mekanisme katup yang terhubung dengan motor DC. Katup tersebut memiliki fungsi mengatur banyaknya gula yang keluar menuju penimbangan [1]. Meskipun sudah terdapat fasilitas pemilihan berat takaran, tetapi pengguna tidak dapat menentukan dengan bebas berat takaran. Pada penelitian tersebut juga belum diterapkannya metode kendali pada prototipe tersebut. Sehingga perlu adanya penerapan kendali dalam sistem penakar yang dibuat.

Oleh karena itu perlu adanya perancangan sebuah *prototype* alat takar yang dapat mempermudah dan mempersingkat waktu serta meningkatkan keakuratan penakaran produk khususnya pada produk skala rumahan atau UMKM.

II. URAIAN PENELITIAN

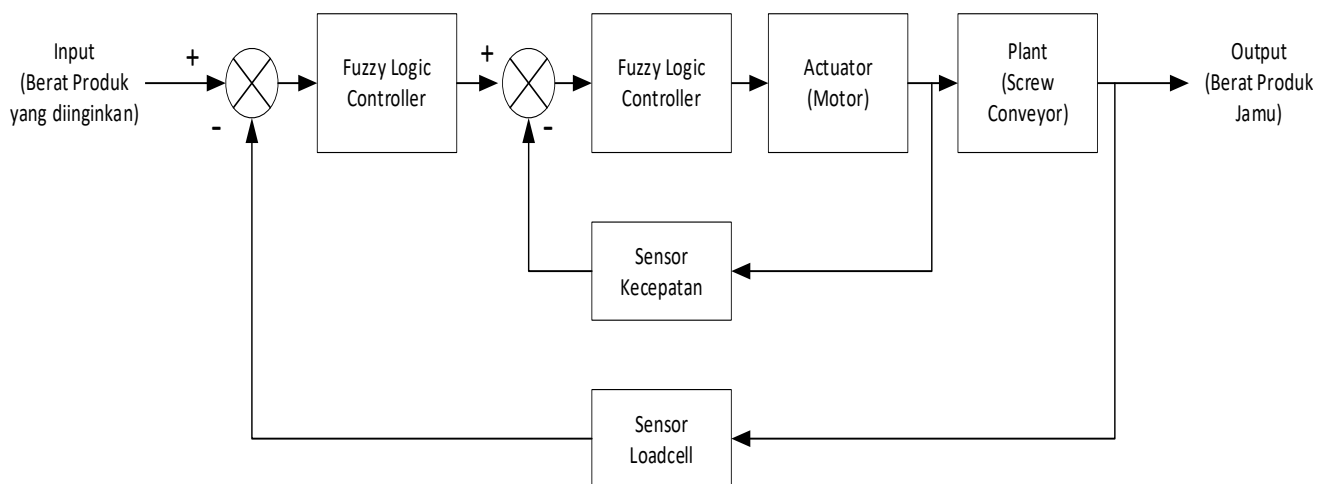
A. Tahap Perancangan Sistem

Pada tahap ini merupakan gambaran garis besar pada sistem alat yang akan dibuat. Maka dari itu gambaran ini diharapkan dapat menjelaskan garis besar sistem alat yang dirancang. Perancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 1.

Sistem yang dirancang memiliki 2 masukan yaitu hasil pembacaan sensor *loadcell* dan hasil pembacaan sensor kecepatan.

B. Tahap Perancangan Logika *Fuzzy*

Pada penelitian ini menggunakan logika *fuzzy* dengan metode mamdani. Logika *fuzzy* dipilih dikarenakan kemudahan dalam memahami algoritmanya, fleksibel dan



Gambar 1. Diagram blok sistem penakar.

dapat bekerja sama dengan teknik kendali konvensional. Selain itu logika *fuzzy* masukkannya berupa numerik dan keluarannya juga numerik [2]. Dalam logika *fuzzy* terdapat beberapa proses yaitu penentuan himpunan *fuzzy*, penerapan aturan *IF-THEN* dan proses inferensi *fuzzy* [3].

Logika *fuzzy* berfungsi sebagai pengendali pada mikrokontrol dan untuk mengatur banyaknya jamu yang ditakar. Kontrol kecepatan *screw conveyor* digunakan agar takaran tidak melebihi dari target yang ditentukan. Masukan untuk kontrol logika *fuzzy* berasal dari perbedaan pembacaan sensor berat dengan target dari berat yang diinginkan dan kecepatan *screw conveyor*. Keluaran logika *fuzzy* adalah nilai PWM yang digunakan untuk mengatur kecepatan dari *screw conveyor*. Pembagian keanggotaan selisih dapat dilihat pada Gambar 2.

Pada Gambar 2 fungsi keanggotaan untuk variabel selisih dibagi menjadi tiga pengamatan linguistik, yaitu kecil, menengah, dan besar. Untuk keanggotaan kecil memiliki rentang dari 0 sampai dengan 70. Keanggotaan menengah memiliki rentang dari 10 sampai 70, dan untuk keanggotaan besar memiliki rentang 70 sampai 250.

Pembagian keanggotaan kecepatan dapat dilihat pada Gambar 3. Pada Gambar 3 fungsi keanggotaan untuk variabel selisih dibagi menjadi tiga pengamatan linguistik, yaitu *slow*, *medium*, dan *fast*. Untuk keanggotaan *slow* memiliki rentang dari 0 sampai dengan 300. Keanggotaan *medium* memiliki rentang dari 100 sampai 500, dan untuk keanggotaan *fast* memiliki rentang 300 sampai 600. Sedangkan untuk pembagian keanggotaan PWM dapat dilihat pada Gambar 4.

Untuk keluaran dari sistem berupa nilai PWM yang dibagi menjadi tiga keanggotaan. Keanggotaan PWM meliputi lambat, sedang, dan cepat. Untuk keanggotaan lambat memiliki rentang dari 0 sampai dengan 90. Keanggotaan sedang memiliki rentang dari 30 sampai 170, dan untuk keanggotaan cepat memiliki rentang 125 sampai 255.

Dari hasil perancangan fungsi keanggotaan, maka dihasilkan 9 aturan. Aturan-aturan yang dibuat meliputi beberapa kondisi yang diinginkan dari sistem. Berikut beberapa aturan yang dijalankan pada sistem dapat dilihat pada Tabel 1.

C. Perancangan Program

Perancangan program kendali *fuzzy* dapat dilihat pada Gambar 5. Gambar 5 merupakan diagram alir sistem dengan

menggunakan logika *fuzzy*. Diagram ini merupakan kondisi kedua pengujian. Nilai PWM akan berubah dengan seiringnya perubahan berat yang terbaca oleh *load cell*. Sistem penakaran dimulai dengan memilih jamu dan memasukkan atau menentukan netto produk. Kemudian sensor *proximity* mendeteksi objek, jika terdeteksi objek maka akan memulai membaca berat produk dan melakukan pembentukan himpunan *fuzzy* dari masukan sensor. Setelah itu dilakukan pengolahan masukan yang ada sesuai dengan aturan yang dibuat. Setelah didapatkan hasil selanjutnya penegasan atau *defuzzyfikasi* pembentukan nilai tegas sebagai keluarannya berupa nilai PWM untuk mengendalikan motor.

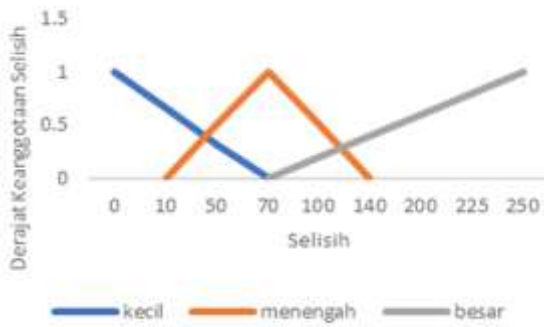
D. Perancangan Perangkat Keras Elektrik

Berdasarkan Gambar 6, *load cell* digunakan sebagai masukan pendeteksi berat produk yang akan diukur. Kemudian sinyal yang dikirimkan oleh *load cell* diperkuat menggunakan *amplifier* HX711 dan data dikirimkan ke Mega 2560 Wifi untuk diolah menjadi data massa dalam satuan gram. Untuk menentukan berat maksimal produk yang diinginkan dapat melalui *keypad*. *Keypad* di sini juga memiliki fungsi untuk memulai kerja dari sistem. Ketika selesai menentukan berat maksimal produk, sistem tidak serta merta langsung memulai kerja.

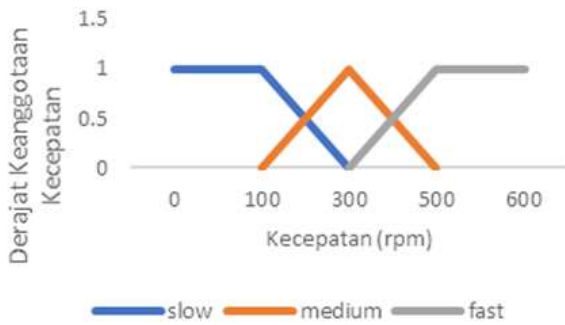
Sensor inframerah digunakan sebagai masukan pendeteksi adanya kemasan produk. Ketika sensor tersebut mendeteksi adanya objek, maka motor akan berputar dan menggerakkan *screw conveyor*. Sensor kecepatan digunakan untuk membaca kecepatan motor yang nantinya akan digunakan sebagai masukan pada logika *fuzzy*. Selama proses tersebut berlangsung, *load cell* akan selalu melakukan pembacaan berat dan Mega 2560 akan mengolahnya. Motor akan secara otomatis akan berhenti berputar ketika berat yang diukur sudah sesuai dengan berat yang diinginkan pengguna. Selama proses berlangsung, pengguna dapat melihat berat produk yang diukur melalui *LCD* 20x4. Penggunaan *Database* sebagai penyimpan data dari proses penimbangan dan *website* sebagai penampil data yang berasal dari *database* itu sendiri.

E. Perancangan Perangkat Keras Mekanik

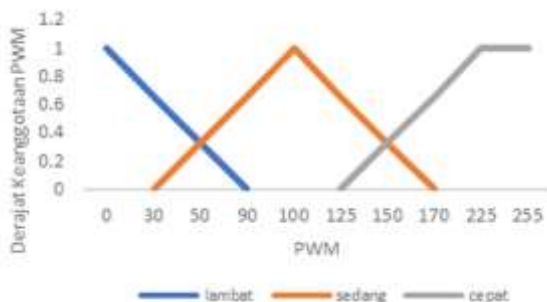
Dalam perancangan mekanik ini, alat haruslah memiliki konstruksi yang kuat agar dapat menahan komponen-komponen pendukung yang terdapat di dalam alat. Gambar perancangan penakar dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 2. Fungsi keanggotaan selisih.



Gambar 3. Fungsi keanggotaan kecepatan.



Gambar 4. Fungsi keanggotaan PWM.

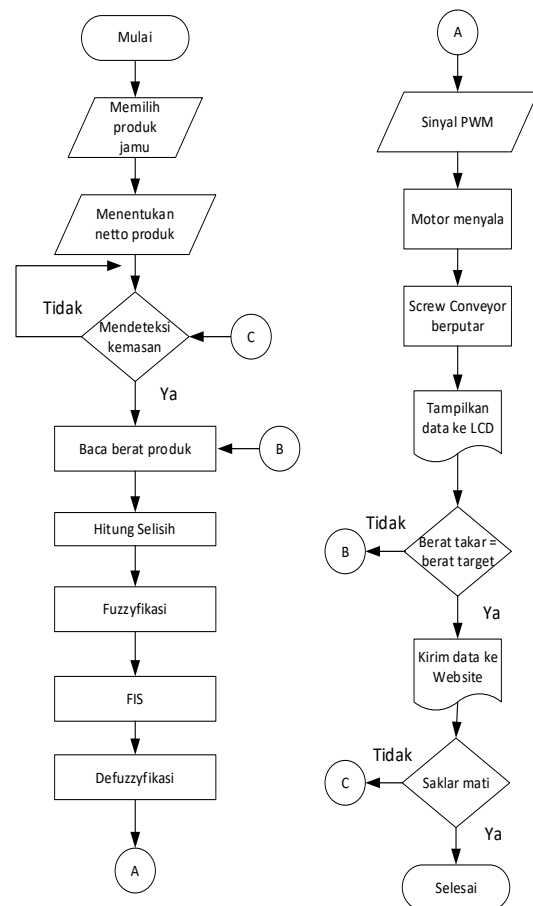
Alat yang dirancang menggunakan bahan dasar akrilik dengan ketebalan 5 mm. Dimensi yang akan dibuat adalah 305 mm x 110 mm x 377 mm.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Pengujian Pengendali On-Off Netto 50 gram

Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik sistem jika tanpa menggunakan logika *fuzzy* dan melihat perbedaannya. Parameter yang digunakan meliputi waktu yang diperlukan untuk melakukan penimbangan, serta perbandingan hasil penimbangan dengan target netto yang diinginkan. Pada percobaan ini, netto yang diinginkan sebesar 50 gram. Data percobaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Jika dilihat dari Tabel 2, berat takaran melebihi target penakaran dengan rata-rata pengukuran sebesar 55,79 gram. Perbedaan pengukuran dari target takar memiliki simpangan yang cukup besar yaitu 5,08 gram dan persen rata-rata kesalahan sebesar 10,16%. Sehingga bisa dikatakan setiap kemasan memiliki kelebihan takaran sebesar 5 gram. Waktu yang dibutuhkan dalam proses penakaran memiliki rata-rata 4.68 detik. Hal ini dikarenakan ketika motor berhenti, produk jamu yang ada dalam tabung *screw conveyor* tidak langsung berhenti begitu saja, terdapat jeda waktu untuk produk



Gambar 5. Diagram pengendali *fuzzy*.

tersebut masuk ke dalam kemasan dan ditimbang. Sehingga mengakibatkan produk yang ditakar melebihi berat takar yang diinginkan.

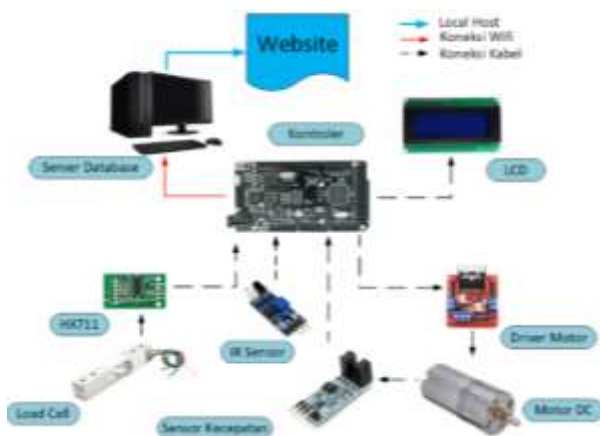
B. Pengujian Pengendali On-Off Netto 100 gram

Pada pengujian ini parameter yang digunakan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penakaran, serta perbandingan hasil penimbangan dengan target netto yang diinginkan. Netto yang diinginkan sebesar 100 gr. Data percobaan dapat dilihat pada Tabel 3.

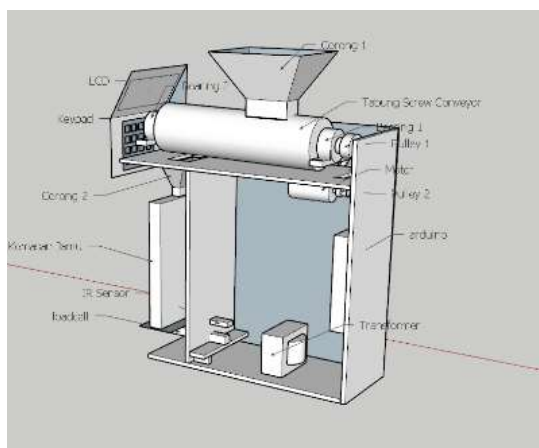
Berdasarkan hasil percobaan pada tabel 3, hasil penakaran terpaut jauh berat netto yang diinginkan yaitu 114.12 gr dengan persen kesalahan sebesar 14,12%. Ini terjadi dikarenakan ketika berat yang terbaca sensor sudah sama dengan berat target, *screw conveyor* berhenti. Namun, produk yang ada di ujung *screw conveyor* tetap akan masuk ke penakar dikarenakan penghentian *screw conveyor* yang mendadak sehingga akan menambah berat takaran. menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penakaran selama 7 detik. Waktu yang dibutuhkan lebih lama dari penakaran dengan target netto 50 gr. Hali ini dikarenakan kapasitas produk yang ditakar lebih banyak.

C. Pengujian Pengendali Fuzzy Netto 50 gram

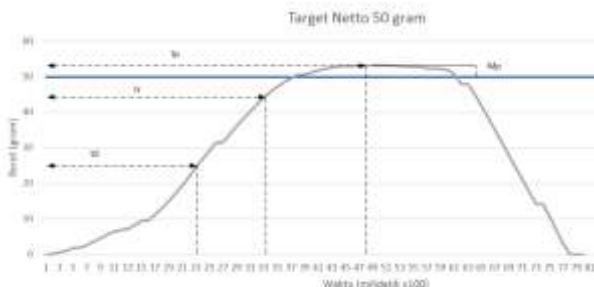
Pengujian dilakukan untuk mengetahui perbedaan setelah ditambahkan logika *fuzzy*. Parameter yang digunakan sama seperti sebelumnya yaitu waktu yang diperlukan untuk melakukan penimbangan, serta perbandingan hasil penimbangan dengan target netto yang diinginkan. Pada percobaan ini juga menggunakan target pengukuran 50 gram. Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 6. Diagram perancangan perangkat keras.



Gambar 7. Perancangan penakar jamu tampak depan dari samping..



Gambar 8. Hasil uji kendali on-off netto 50 gram.

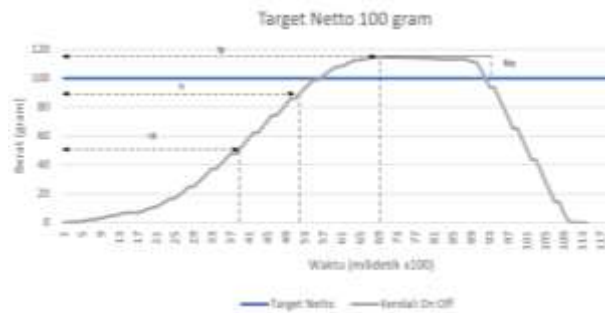
Pada tabel 4 didapatkan rata-rata pengukuran sebesar 51,33 gram. Jika dibandingkan dengan target berat yang diinginkan memiliki simpangan dengan rata-rata 1,33 gram. Jika dibandingkan dengan tabel 4, hasil penakaran dengan menggunakan logika fuzzy lebih baik dibandingkan dengan kendali on-off. Hal ini dikarenakan kecepatan screw conveyor akan melambat ketika berat takaran mendekati berat target penakaran. Sehingga berat produk yang ditakar tidak melebihi berat target penakaran. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penakaran selama 6.45 detik. Jika dibandingkan dengan tabel 1, waktu yang dibutuhkan lebih lama. Hal ini terjadi dikarenakan kecepatan screw conveyor berubah dengan seiringnya perubahan berat yang dibaca oleh sensor.

D. Pengujian Pengendali Fuzzy Netto 100 gram

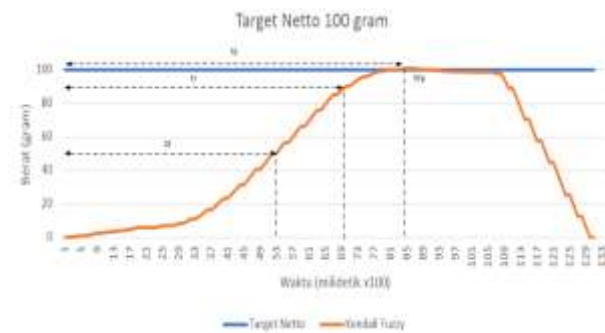
Parameter yang digunakan pada pengujian ini meliputi waktu yang diperlukan untuk penakaran, dan perbandingan hasil penimbangan dengan target netto yang diinginkan. Pada



Gambar 9. Hasil uji kendali fuzzy netto 50 gram.



Gambar 10. Hasil uji kendali on-off netto 100 gram.



Gambar 11. Hasil uji kendali fuzzy netto 100 gram.

pengujian kali ini, netto yang diinginkan sebesar 100 gr. Data pengujian disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 merupakan perbandingan hasil penakaran dengan target netto yang diinginkan, yaitu 100 gr. Hasil penakaran memiliki simpangan sebesar 2,06 gram dengan persen rata-rata kesalahan sebesar 2,06 %. Meskipun hasil penakaran tidak tepat dengan target penakaran, hasil tersebut sudah baik dikarenakan persen kesalahan lebih kecil dari pada hanya menggunakan kendali on-off.

E. Perbedaan Respons Kendali On-Off dengan Kendali Fuzzy

Pada subbab ini membahas perbedaan respons kendali on-off dengan kendali fuzzy. Perbedaan yang dilihat meliputi waktu jeda (t_d), waktu naik (t_r), waktu puncak (t_p), dan persen overshoot (M_p). waktu jeda merupakan waktu yang dibutuhkan oleh tanggapan/respons untuk mencapai setengah (50%) nilai akhir waktu pertama. Waktu naik merupakan waktu yang diperlukan tanggapan/respons untuk naik dari 10% menjadi 90%. Waktu puncak merupakan waktu yang diperlukan untuk mencapai puncak pada saat overshoot [4]. Grafik uji kendali On-Off dengan target 50 gram dapat dilihat pada Gambar 8.

Pada Gambar 8 dapat dilihat, seiring berjalannya waktu netto akan bertambah. Bertambahnya nilai netto diakibatkan karena bertambahnya berat yang terbaca oleh sensor. Ketika netto sudah mencapai netto yang diinginkan (target netto),

maka sinyal PWM yang dikirimkan oleh mikrokontroler berubah menjadi 0 dan motor akan berhenti.

Meskipun motor berhenti, nilai dari netto (berat terbaca) tetap bertambah. Hal ini dikarenakan ketika motor berhenti, produk jamu yang ada dalam tabung *screw conveyor* tidak

Tabel 1.
Rule Evaluation Fuzzy

kecepatan	Selisih berat loadcell dengan set point		
	kecil	menengah	besar
slow	lambat	lambat	lambat
medium	sedang	sedang	sedang
fast	cepat	cepat	cepat

Tabel 2.
Perbandingan hasil penakaran dengan target 50 gram

Data ke-	Waktu (detik)	Berat Terukur (gram)	Simpangan	%error
1	4.5	55,28	5,28	10,56
2	4.44	56,26	6,26	12,52
3	4	56,85	6,85	13,7
4	4.61	56,36	6,36	12,72
5	4.4	56,45	6,45	12,9
6	4.67	57,72	7,72	15,44
7	4.71	53,14	3,14	6,28
8	4.42	54,97	4,97	9,94
9	4.81	54,85	4,85	9,7
10	4.54	55,79	5,79	11,58
Rata-rata	5,08	55,79	4,68	10,16

Tabel 3.
Perbandingan hasil penakaran dengan target 100 gram

Data ke-	Waktu (detik)	Berat Terukur (gram)	Simpangan	%error
1	7.52	119,46	14,01	14,01
2	6.39	115,99	11,9	11,9
3	6.96	116,63	14,49	14,49
4	7	115,15	16,68	16,68
5	6.82	115,18	13,42	13,42
6	6.51	115,24	13,31	13,31
7	5.85	114,25	15,09	15,09
8	7.18	117,11	14,21	14,21
9	7.52	117,8	14,17	14,17
10	7.56	117,61	14,01	14,01
Rata-rata	7,09	114,12	14,17	14,12

langsung berhenti begitu saja, terdapat jeda waktu untuk produk tersebut masuk ke dalam kemasan dan ditimbang. Sehingga mengakibatkan produk yang ditakar melebihi berat takar yang diinginkan dengan nilai persen *overshoot* (M_p) sebesar 6,52%. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai puncak pada saat *overshoot* (t_p) 4,8 detik. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai setengah dari nilai akhir waktu pertama sebesar 2,3 detik. Selain itu terdapat pula grafik uji kendali *fuzzy* seperti yang disajikan pada Gambar 9.

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa nilai berat terukur bertambah hingga sejajar dengan garis target netto. Ini artinya nilai yang didapat mendekati dengan nilai target penakaran. Bisa dikatakan nilai yang didapatkan sudah menunjukkan nilai yang baik. Berdasarkan pada tabel pengujian Tabel 4 Perbandingan Hasil Penakaran Kendali *Fuzzy* dengan Target 50 gram, didapatkan kesalahan rata-rata 1,17 gram dengan persen kesalahan sebesar 2,34%. Sehingga nilai ini sudah dapat digunakan sebagai masukan pada logika *fuzzy*.

Tabel 4.
Perbandingan hasil penakaran dengan target 50 gram

Data ke-	Waktu (detik)	Berat Terukur (gram)	Simpangan	%error
1	6.2	50,53	0,53	1,06
2	6.4	52,81	2,81	5,62
3	6.5	51,28	1,28	2,56
4	7	52,72	2,72	5,44
5	5.2	51,93	1,93	3,86
6	8.5	50,93	0,93	1,86
7	5.7	51,82	1,82	3,64
8	5.2	51,12	1,12	2,24
9	5.7	51,18	1,18	2,36
10	4.2	50,59	0,59	1,18
Rata-rata	6,45	51,33	1,33	2,6

Tabel 5.
Perbandingan hasil penakaran dengan target 100 gram

Data ke-	Waktu (detik)	Berat Terukur (gram)	Simpangan	%error
1	7.26	100,57	0,57	0,57
2	6.1	101,3	1,3	1,3
3	6.92	100,73	0,73	0,73
4	7.58	100,8	0,8	0,8
5	7.89	102,68	2,68	2,68
6	6.33	100,89	0,89	0,89
7	6.26	104,91	4,91	4,91
8	7.53	100,83	0,83	0,83
9	6.23	100,1	0,1	0,1
10	7.93	101,87	1,87	1,87
Rata-rata	7,02	102,06	2,06	2,06

Berdasarkan pada Gambar 9 nilai persen *overshoot* (M_p) sebesar 0,53%. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai puncak pada saat *overshoot* (t_p) 5,4 detik. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai setengah dari nilai akhir waktu pertama sebesar 2,9 detik.

Untuk perbandingan grafik pengujian kendali On-Off dengan kendali *fuzzy* dengan target 100 gram dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.

Pada Gambar 10 terlihat hasil penakaran melebihi dari target netto yang diinginkan dengan nilai persen *overshoot* (M_p) sebesar 14,61%. Hal ini dikarenakan *screw conveyor* berhenti tepat ketika pembacaan sensor sama dengan target netto. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai puncak pada saat *overshoot* (t_p) 8,4 detik. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai setengah dari nilai akhir waktu pertama sebesar 3,9 detik.

Pada Gambar 11 terlihat grafik berat terukur tidak melebihi dari target netto. Hal ini dikarenakan sinyal PWM akan berkurang ketika berat terukur hampir mendekati target, sehingga berat terukur tidak melebihi berat target. Jika dibandingkan dengan grafik Gambar 10, hasil penakaran menggunakan logika *fuzzy* dengan berat target 100 gram terlihat lebih baik. Perubahan nilai dari PWM dikarenakan perubahan keanggotaan dari variabel selisih menjadi kecil. Sehingga keanggotaan keluaran dari *fuzzy* juga berubah menjadi pelan. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai puncak pada saat *overshoot* (t_p) 8,4 detik. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai setengah dari nilai akhir waktu pertama sebesar 3,9 detik. Dengan kendali *fuzzy* nilai persen *overshoot* lebih rendah daripada kendali on-off. Sehingga hasil penakaran lebih baik, namun nilai waktu puncak lebih lama dibandingkan dengan kendali on off.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisa data, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan menggunakan kendali *fuzzy* waktu penakaran bertambah jika dibandingkan dengan kenali On-Off, namun lebih cepat dari penakaran manual yaitu selama 7,02 detik. Dengan menggunakan kendali *fuzzy* membuat jumlah produksi lebih banyak dari pada kendali On-Off dikarenakan nilai persen *overshoot* lebih rendah yaitu 1,78% daripada kendali on-off sebesar 14,61%. Nilai *overshoot* tersebut merepresentasikan jumlah kelebihan dalam setiap

penakarannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Alvian, "Prototipe Penimbang Gula Otomatis Menggunakan Sensor Berat Berbasis Atmega16," Universitas Brawijaya, 2014.
- [2] M. N. A. Pradhana, "Simulasi Feedforward Control Untuk Menjaga Stabilitas Silumans-1 (Space Integrated Payload Unmanned System) Berbasis Logika Fuzzy," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2014.
- [3] Marimin, "Teori dan Aplikasi Sistem Pakar dalam Teknologi Manajerial," Bogor: IPB Press, 2005.
- [4] F. S. N. Rohman, "Rancangan bangun controller pendingin untuk peltier berbasis fuzzy logic," Jurnal Teknik Elektro, pp. 401-407, 2020.