

Rancang Bangun Sistem Pengisian Otomatis Merica Bubuk Berbasis Kontroler Arduino Nano

Zaenurrohman^{1*}, Galih Mustiko Aji², Hera Susanti³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Cilacap

^{1,2,3}Jln. Dr. Soetomo No.1 Sidakaya, Kabupaten Cilacap, 53212, Indonesia

E-mail: zaenur@pnc.ac.id¹, galihma@gmail.com², herasusanti@pnc.ac.id³

Info Naskah:

Naskah masuk: 29 Mei 2023

Direvisi: 12 Juni 2023

Diterima: 19 Juni 2023

Abstrak

Merica bubuk saat ini banyak dipasarkan dalam bentuk kemasan. Pada proses pengemasan merica secara manual memiliki beberapa kekurangan. Selain kecepatan proses pengemasan, juga masalah keakuratan penimbangan berat kemasan. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun alat pengisian merica bubuk ke dalam botol secara otomatis berbasis arduino nano. Konveyor digunakan untuk menempatkan botol secara tepat pada posisi pengisian. Proses pengisian merica bubuk secara otomatis dimulai setelah botol terdeteksi oleh sensor *photoelectric*. Sebuah *Screw* digunakan untuk memasukan merica bubuk ke dalam botol, sedangkan sensor *load cell* digunakan untuk mengukur berat pengisian merica bubuk tersebut. Kinerja sistem pengisian ini menunjukkan rata-rata durasi waktu pengisian yaitu selama 0,97 detik/gram, sedangkan tingkat keakuratan pembacaan berat pengisian merica bubuk yaitu memiliki tingkat error 2,78%. Informasi selama proses pengisian yang meliputi berat bubuk yang telah masuk botol, jumlah produksi dan informasi sisa bahan yang tersedia pada *hopper* dapat dimonitoring melalui tampilan HMI dengan baik.

Keywords:

pepper powder;

autofill;

arduino nano;

conveyor.

Abstract

Pepper powder is currently widely marketed in packaged form. The process of packing pepper manually has several drawbacks. In addition to the speed of the packaging process, there is also the problem of weighing the packaging accurately. This study aims to design and build a tool for automatically filling pepper powder into bottles based on Arduino Nano. Conveyors are used to place bottles precisely at the filling position. The process of filling the powdered pepper automatically starts after the bottle is detected by the photoelectric sensor. A *Screw* is used to put the ground pepper into the bottle, while the load cell sensor is used to measure the weight of the powdered pepper filling. The performance of this filling system shows that the average duration of filling time is 0.97 seconds per gram, while the accuracy of reading the weight of filling pepper powder has an error rate of 2.78%. Information during the filling process, which includes the weight of the powder that has entered the bottle, the amount of production, and information on the remaining ingredients available in the hopper, can be properly monitored through the HMI display.

*Penulis korespondensi:

Zaenurrohman

E-mail: zaenur@pnc.ac.id

1. Pendahuluan

Salah satu rempah yang paling umum digunakan sebagai bumbu masakan yaitu merica. Bumbu masakan yang mempunyai nama latin *Piper Nigrum*, memiliki bentuk bulat kecil yang merupakan biji buah yang dihasilkan dari tumbuhan yang tumbuhnya secara menjalar. Pada mulanya digunakan sebagai bumbu masakan, merica yang sudah kering ditumbuk supaya menjadi bentuk serbuk halus (bubuk) menggunakan alat tumbuk atau ulekan. Merica perlu dihaluskan agar cita rasanya tetap terjaga dan meresap kedalam masakan [1]. Hal ini tentu kurang praktis dimasa sekarang ini, dimana umumnya orang lebih cenderung menyukai sesuatu yang dapat dilakukan secara cepat dan praktis. Apalagi ketika keadaan menuntut proses memasak yang cepat atau saat harus berbagi waktu dengan aktifitas yang lain sehingga biasanya terburu-buru dalam menyiapkan bumbu masak.

Saat ini telah banyak diproduksi merica dalam bentuk bubuk untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Hal ini dapat diketahui dari beberapa produk merica bubuk dalam kemasan yang tersedia di pasaran. Bentuk kemasannya pun beragam, ada yang menggunakan kemasan kantong plastik dan ada yang menggunakan botol.

Pada suatu proses produksi, tahap akhir yang dilakukan yaitu pengemasan, yang bertujuan untuk menjaga kualitas dan umur simpan dari produk tersebut [2]. Di dalam proses pengemasan merica bubuk, terdapat tahap pengisian merica bubuk kedalam wadah kemasan yang dapat dilakukan secara manual dengan cara memasukan merica bubuk kedalam kemasan secara langsung menggunakan tangan. Metode pengisian manual ini tentu kurang efisien, karena pada dasarnya proses penataan produk dan pengepakan atau *packing* ke dalam kemasan adalah salah satu proses yang cukup menyita waktu dan tenaga kerja [3], sehingga tingkat produksinya menjadi rendah.

Selain itu dari segi kebersihan (higienitas) terkadang kurang diperhatikan. Sedangkan pengemasan berperan untuk mempertahankan bahan dalam keadaan bersih dan higienis [4]. Selain itu jika pengisian dilakukan secara manual, dengan tekstur bubuk yang lembut mudah berterbangan ke udara, maka dapat mudah terhirup dan mengganggu pernafasan. Berdasarkan masalah tersebut, maka perlu adanya sistem pengisian secara otomatis supaya efisiensi waktu dan tenaga dapat tercapai.

Beberapa penelitian tentang sistem pengisian otomatis yang pernah dilakukan sebelumnya menggunakan bahan yang berbeda bentuk untuk diisikan kedalam kemasan, seperti bentuk padat, pasta, cair serta bentuk bubuk. Pengisian bahan yang berbentuk padat dari jenis biji-bijian seperti beras, kacang hijau dan kacang kedelai, dapat dilakukan prosesnya secara otomatis ke dalam kemasan [5]–[7]. Bahan berbentuk pasta salah satunya yaitu Saos. Sistem pengisi Saos otomatis yang dibuat berfungsi secara efektif dan mampu mengurangi beban kerja proses pengisian Saos kedalam botol [8].

Pengisian bahan berbentuk cair secara otomatis beberapa ada yang menggunakan PLC sebagai kontrolernya. Bahan cair yang diisikan ada yang berupa minyak kelapa murni dan juga minuman susu [9], [10].

Selain berbasis PLC, kontroler berbasis mikrokontroler yang diterapkan pada sistem pengisian yaitu pada penelitian yang membuat sistem pengisian cairan ke dalam botol otomatis menggunakan Arduino Uno. Penelitian ini menghasilkan sebuah alat yang mampu memproses pengisian cairan pada botol yang kosong hingga penuh dengan durasi waktu selama 17 detik. Sistem yang dirancang menggunakan sensor *photodiode* untuk mendeteksi adanya botol yang digunakan dan konveyor untuk menempatkan botol ke posisi pengisian yang tepat. Ketika sensor *photodiode* mendeteksi adanya botol, maka konveyor yang membawa botol akan berhenti [11].

Pada rancang bangun yang dilakukan oleh Ari Anggara, sistem pengisian air ke dalam botol galon menggunakan kontroler ATmega328. Sistem pengisian otomatis yang dirancang menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi adanya botol galon. Setelah galon terdeteksi kemudian air dialirkan menggunakan sebuah pompa air. Banyaknya air yang diisikan ke dalam galon dihitung berdasarkan pembacaan dari sensor *waterflow*. Kinerja pengisian otomatis ini mampu mengisi botol galon (19 liter) yang digunakan dengan persentase *error* sebesar 2,61% [12].

Penggunaan bahan bentuk cair juga dilakukan pada penelitian tentang mesin pengisi botol kemasan 330ml secara otomatis. Penelitian ini merupakan perancangan ulang dari rancangan sebelumnya yang menggunakan kendali PLC. Sistem yang dikembangkan telah menggunakan kendali berbasis mikrokontroler ATmega328 dan dilengkapi sensor infra merah yang diintegrasikan dengan konveyor. Dari hasil rancang ulang sistem pengisian botol ini, didapat waktu tempuh pengisian air sebanyak 330ml yaitu selama 8 detik [13].

Penelitian sistem pengisian menggunakan bahan bubuk pernah dilakukan sebelumnya Dwi Wisnu Susilo yang merancang bangun sebuah alat pengisi bubuk kopi ke dalam kemasan. Mikrokontroler ATmega16 digunakan untuk kontroler sistem pengisian bubuk kopi secara otomatis dan sebuah sensor *load cell* digunakan untuk mengukur berat kemasannya. Sebuah *Screw* yang diputar menggunakan motor DC, dipasang pada hopper untuk digunakan mengeluarkan bubuk kopi dari hopper. Kemudian bubuk kopi yang keluar akan jatuh lalu masuk ke dalam kemasan. Diketahui durasi pengisian dengan berat kemasan 100g yaitu selama 4,3 detik dan tingkat *error* pembacaan berat kemasan sebesar 1,2% [14].

Berbeda dengan penelitian pengisian bubuk kopi sebelumnya, pada penelitian yang dilakukan oleh Imran, Arduino Uno digunakan sebagai kontrolernya. Untuk mengeluarkan bubuk kopinya, digunakan mekanisme katup mekanik yang digerakan oleh sebuah motor servo. Diketahui dari hasil pengujiannya bahwa durasi pengisian bubuk kopi kedalam kemasan berukuran 100g yaitu selama 8,27 detik, sedangkan tingkat *error* pembacaan berat pengemasan sebesar 2,6% [15].

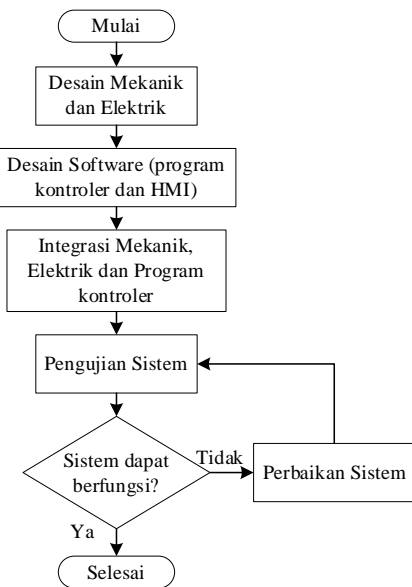
Berbeda dengan penelitian-penelitian terdahulu, pada penelitian ini dibuat sebuah alat yang mampu melakukan pengisian pada kemasan botol secara otomatis dengan berat tertentu. Adapun objek penelitian ini menggunakan bubuk merica kering sebagai bahan utama yang akan diisikan pada

botol. Konveyor digunakan agar botol dapat berpindah menuju tepat di bawah *hopper tank* sehingga apabila terdeteksi ada botol, maka pada bagian bawah *hopper tank* akan terbuka dan botol dapat terisi dengan bubuk merica. Sistem otomatis pengisian botol dengan bubuk merica ini menggunakan Arduino Nano serta sensor *photoelectric* untuk mendeteksi botol.

Tujuan penelitian ini yaitu merancang bangun sebuah alat pengisian otomatis dengan bahan bubuk yang sebelumnya belum pernah dilakukan, yaitu merica bubuk yang akan diisikan ke dalam kemasan yang berbentuk botol secara otomatis. Sistem pengisian otomatis ini menggunakan kontroler berupa Arduino Nano. Sebuah sensor *load cell* digunakan untuk menakar seberapa banyak bubuk yang dimasukkan ke dalam botol kemasan. Informasi banyaknya bubuk yang telah dimasukkan serta banyaknya jumlah botol yang telah berhasil diisi kemudian ditampilkan pada sebuah *display* HMI. Untuk menempatkan botol kemasan pada posisi tempat pengisian secara akurat, digunakan sistem konveyor dan sebuah sensor *photoelectric*.

2. Metode

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu desain mekanik, desain elektrik, desain program kontroler, desain tampilan HMI, perakitan mekanik serta elektrik dan pengujian sistem keseluruhan. Urutan beberapa tahap tersebut ditunjukkan pada gambar 1.

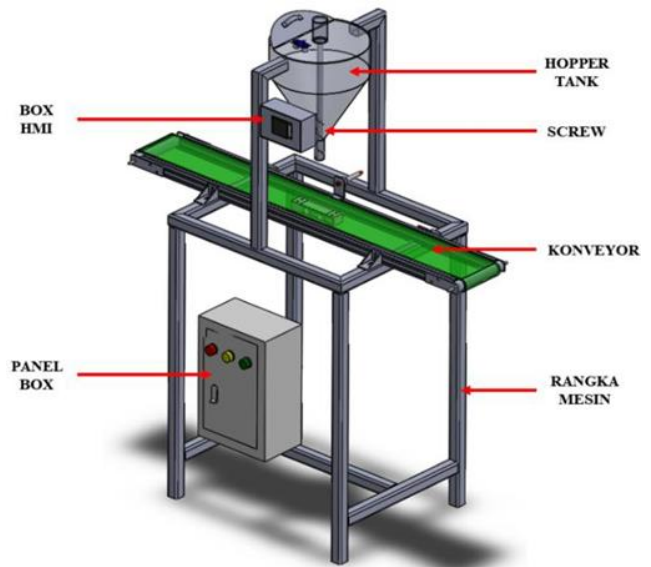


Gambar 1. Metode penelitian

Perangkat keras sistem pengemasan merica bubuk otomatis terdiri dari mekanik dan elektrik. Mekanik yang dirancang mempunyai dimensi sebesar 100 x 40 x 110cm (P x L x T) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Bagian-bagian pada sistem mekanik yang dirancang yaitu:

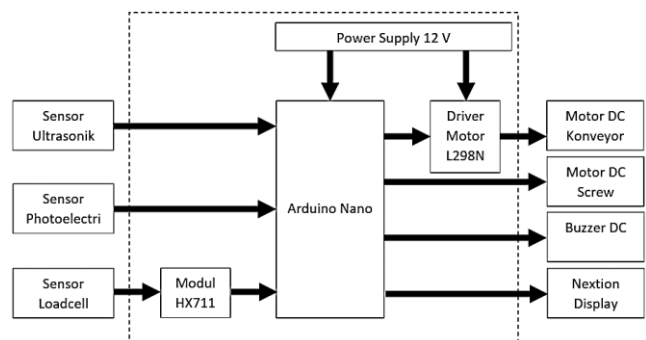
- 1) Rangka mesin, merupakan bagian utama yang berfungsi sebagai kedudukan (*mounting*) masing-masing komponen lainnya.

- 2) Konveyor, berfungsi untuk memindahkan botol kemasan dari titik awal ke titik pengisian merica bubuk(bawa *Hopper tank*) secara tepat.
- 3) *Hopper tank*, merupakan wadah yang digunakan untuk menempatkan merica bubuk yang akan dimasukkan ke dalam botol kemasan.
- 4) *Screw*, berfungsi untuk mendorong merica bubuk keluar dari *Hopper tank*.
- 5) *Panel box*, digunakan untuk menempatkan komponen-komponen elektrik yang digunakan.
- 6) *Bok HMI*, berfungsi untuk menempatkan modul HMI.



Gambar 2. Desain Mekanik

Sistem elektrik merupakan beberapa perangkat elektronika yang dirangkai sesuai dengan fungsi kerjanya masing-masing. Konsep rangkaian beberapa komponen elektrik yang digunakan pada penelitian ini digambarkan dalam bentuk diagram blok yang ditunjukkan pada gambar 3.



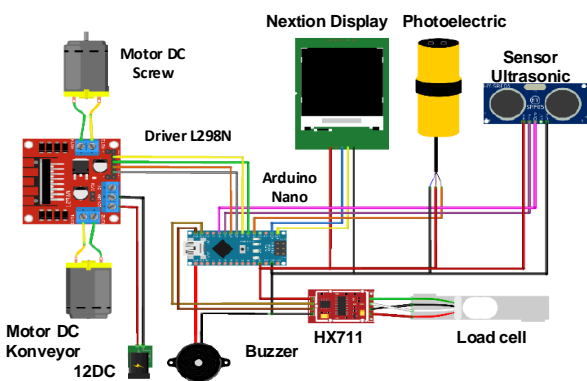
Gambar 3. Diagram blok sistem

Fungsi masing-masing blok seperti yang ditampilkan pada gambar 3 yaitu:

- 1) Sensor Ultrasonik, digunakan untuk mendeteksi merica bubuk pada *Hopper tank* berdasarkan jarak antara sensor dengan permukaan merica bubuk tersebut. Informasi banyaknya merica bubuk akan ditampilkan pada HMI dalam skala persentase.

- 2) Sensor *Photoelectric* digunakan untuk mendeteksi posisi botol kemasan setelah botol berada pada posisi yang tepat yaitu dibawah *hopper tank*.
- 3) Sensor *loadcell* digunakan untuk mengukur berat merica bubuk setelah masuk kedalam botol kemasan.
- 4) Modul HX711 berfungsi merubah signal analog dari sensor *loadcell* menjadi sinyal digital untuk dikirim ke kontroler menggunakan komunikasi serial I2C.
- 5) Arduino Nano digunakan sebagai kontroler sistem keseluruhan yang memproses data input untuk dijadikan acuan mengontrol output dan menampilkan data pada modul HMI.
- 6) Driver motor L298N berfungsi sebagai driver motor DC.
- 7) Motor DC digunakan untuk menjalankan konveyor dan juga memutar *Screw*.
- 8) *Buzzer* digunakan membunyikan alarm ketika bubuk pada *Hopper tank* telah habis.
- 9) *Nextion Display* merupakan modul HMI (*Human Machine Interface*) yang memadukan antara sensor sentuh dengan layar LED dengan ukuran 3,5 Inch. Modul ini digunakan sebagai antarmuka (*interface*) kendali dan visualisasi antara manusia dan proses, mesin serta aplikasi. Pemasukan data konfigurasi proses kedalam sistem dilakukan melalui modul ini. Selanjutnya, data yang telah diproses berupa informasi (nilai angka maupun teks) ditampilkan pada layar LED. Penggunaan *Nextion Display* ini menjadikan sistem lebih simpel dan praktis, karena tombol input dan penampil informasi termuat dalam satu modul.
- 10) *Power Suplay* berfungsi sebagai sumber arus listrik yang dialirkan ke sistem.

perangkat elektrik ditunjukkan pada gambar 4. Koneksi masing-masing perangkat dengan kontroler ditunjukkan pada tabel 1. Supaya sistem dapat bekerja secara otomatis sesuai dengan yang diharapkan, sistem mekanik dan elektrik harus dapat bekerja berdasarkan perintah yang terdapat pada program kontroler. Pemrograman kontroler menggunakan algoritma yang disesuaikan dengan urutan prosesnya supaya masing-masing bagian dapat dikontrol dengan baik, sehingga algoritma dalam pemrograman kontroler ini akan menentukan urutan kerja dari sistem pengemasan ketika beroperasi. Urutan/alur kerja tersebut ditunjukkan pada gambar 5.

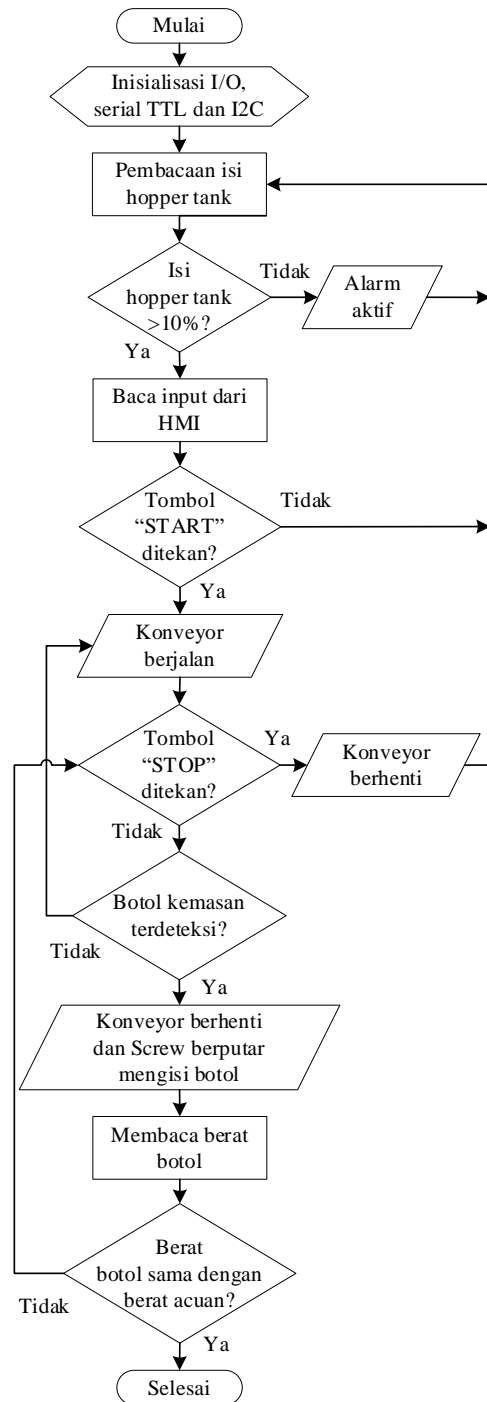


Gambar 4. Rangkaian Elektrikal Sistem

Tabel 1. Konfigurasi koneksi pin kontroler

Perangkat	Pin Arduino Nano	Fungsi I/O
Sensor Ultrasonic	D7-D8	Input
Sensor Photoelectric	D2	Input
HX711 (Load cell)	D11-D12	Input
L298D	D3-D6	Output
Nexian Display	D0-D1	Output
Buzzer	D13	Output

Masing-masing perangkat elektrik dihubungkan antara satu dengan yang lainnya sesuai dengan fungsinya menggunakan pengkabelan (*wiring*). Sistem pengkabelan



Gambar 5. Diagram alir kerja sistem

Sistem pengisian otomatis bekerja berdasarkan parameter acuan yang digunakan. Acuan ini dapat berupa nilai yang sudah diseting pada program kontroler maupun diseting melalui perangkat *input*. Dalam penelitian ini perangkat input yang digunakan yaitu modul HMI Nextion. Untuk dapat digunakan sebagai perangkat input, modul HMI ini harus diatur terlebih dahulu. Pengaturannya meliputi penampilan tombol fungsi dan desain tata letaknya.

Beberapa desain tampilan HMI yang dirancang meliputi; tampilan menu umum pada layar modul HMI berisi identitas tampilan dan tombol untuk memilih acuan berat pengisian merica bubuk ke dalam botol serta tombol untuk menampilkan informasi ketersediaan bahan (merica bubuk). Desain tampilan menu umum ditunjukkan pada gambar 6. Pada tampilan pengisian, ditampilkan identitas tampilan (sesuai berat pengisian yang dipilih sebelumnya), informasi berat bubuk yang telah diisikan ke dalam botol, jumlah botol yang telah diisi, tombol untuk memulai proses pengisian (“START”), tombol untuk kembali ke tampilan sebelumnya (“KEMBALI”) dan tombol untuk menghentikan proses pengisian yang ditampilkan saat proses pengisian sedang berlangsung. Contoh tampilan pengisian sebelum dan ketika proses pengisian berjalan ditunjukkan pada gambar 7.

Tampilan Ketersediaan Bahan ditampilkan informasi ketersediaan bahan (merica bubuk) yang terdapat pada *Hopper tank*. Informasi ditampilkan dalam bentuk bar dan nilai persentasenya. Desain tampilan ketersediaan bahan ditunjukkan pada gambar 8.

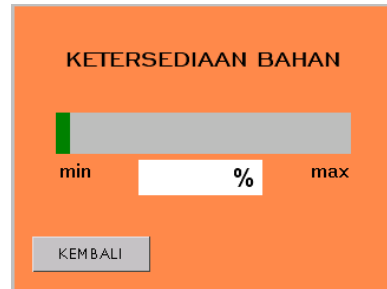


Gambar 6. Tampilan menu HMI



(a) (b)

Gambar 7. Tampilan pengisian a) sebelum start b) sesudah start



Gambar 8. Tampilan ketersediaan bahan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perangkat Keras

Perancangan sistem perangkat keras (mekanik dan elektrik) telah berhasil direalisasikan. Dimensi mekanik mempunyai ukuran keseluruhan yaitu panjang 100cm, lebar 40cm dan tinggi 115cm. Bagian konveyor memiliki panjang 100cm, lebar 26cm serta lebar *belt* 12cm. Bagian *Hopper tank* dengan kapasitas 1Kg yang berbentuk tabung berdiameter 23cm dan tingginya 30cm. Hasil perancangan mekanik ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Hasil perancangan sistem mekanik

Rangkaian sistem elektrik ditempatkan pada sebuah bok berukuran tinggi 30cm, lebar 20cm dan tebal 12cm. Hasil perancangan elektrik ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Hasil perancangan elektrik

3.2 Pengujian Konveyor

Tujuan pengujian ini yaitu untuk mengetahui apakah konveyor dapat berjalan dengan baik berdasarkan kontrol atau perintah jalan dan berhenti melalui HMI. Proses pengujian ini dilakukan sebanyak 5 kali dengan cara menekan tombol “START” dan “STOP” pada HMI secara bergantian. Kemudian mengamati respon konveyor apakah sesuai dengan perintah yang diinginkan. Hasil pengujian konveyor ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian konveyor

Pengujian ke-	Penekanan Tombol	Respon Konveyor	Keterangan
1	Start	Berjalan	Sukses
	Stop	Berhenti	Sukses
2	Start	Berjalan	Sukses
	Stop	Berhenti	Sukses
3	Start	Berjalan	Sukses
	Stop	Berhenti	Sukses
4	Start	Berjalan	Sukses
	Stop	Berhenti	Sukses
5	Start	Berjalan	Sukses
	Stop	Berhenti	Sukses

Berdasarkan tabel 2 diketahui bahwa pada saat pengujian kesatu sampai pengujian kelima konveyor dapat berjalan dan berhenti sesuai dengan perintah inputnya. Hal ini juga menunjukkan bahwa tombol input pada HMI dapat berfungsi dengan baik.

3.3 Pengujian Deteksi Botol

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui performa sistem pendeteksian botol kemasan dalam mendeteksi setiap botol kemasan yang berbeda ukurannya. Pengujian dilakukan dengan cara menaruh botol pada konveyor sehingga botol terbawa ke titik letak pengisian merica bubuk yaitu tepat dibawah *Hopper tank*. Setelah botol berada tepat di titik pengisian, maka konveyor akan berhenti berjalan berdasarkan pembacaan sensor

photoelectric. Hasil pengujian deteksi botol kemasan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian deteksi botol

Ukuran Botol (gram)	Hasil Deteksi Botol	Tingkat Keberhasilan (%)
30	Terdeteksi	100%
	Terdeteksi	
	Terdeteksi	
	Terdeteksi	
	Terdeteksi	
50	Terdeteksi	100%
	Terdeteksi	
	Terdeteksi	
	Terdeteksi	
	Terdeteksi	
100	Terdeteksi	100%
	Terdeteksi	
	Terdeteksi	
	Terdeteksi	
	Terdeteksi	
150	Terdeteksi	100%
	Terdeteksi	
	Terdeteksi	
	Terdeteksi	
	Terdeteksi	

3.4 Pengujian Monitoring *Hopper tank*

Monitoring *Hopper tank* terkait penampilan informasi ketersediaan bahan (merica bubuk) pada HMI. Selain itu juga dilengkapi sistem alarm yang aktif ketika ketersediaan bahan hampir habis. Proses pengujian ini ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Proses monitoring ketersediaan bahan

Hasil pengujian monitoring *Hopper tank* ditunjukkan pada tabel 4. Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4, diketahui persentase isi (bahan) *Hopper tank* dapat ditampilkan pada HMI mulai dari 0% sampai dengan 100%. Ketika persentase bahan kurang dari 10% maka alarm hidup dan ketika lebih dari 10% maka alarm mati. Hal ini menunjukkan monitoring *Hopper tank* dapat berfungsi dengan baik.

Tabel 4. Hasil pengujian monitoring *Hopper tank*

Persentase Isi Hopper tank (%)	Status Alarm	Keterangan
0	Hidup	Sukses
4	Hidup	Sukses
8	Hidup	Sukses
10	Hidup	Sukses
20	Mati	Sukses
40	Mati	Sukses
60	Mati	Sukses
80	Mati	Sukses
90	Mati	Sukses
100	Mati	Sukses

3.5 Pengujian Pengisian Merica Bubuk

Tujuan pengujian ini yaitu untuk mengetahui kecepatan serta tingkat keberhasilan pengisian botol dengan bubuk berdasarkan ukuran berat pengisian yang ditentukan. Pengujian ini dilakukan dengan cara menjalankan sistem pengisian merica bubuk kemudian mencatat waktu yang ditempuh di setiap proses pengisian menggunakan alat timer. Waktu yang ditempuh yaitu saat merica bubuk mulai dimasukkan ke botol sampai berat pengisian tercapai. Selain itu untuk mengetahui tingkat keberhasilan pengisian botol berdasarkan ukuran berat pengisian yaitu dengan cara menimbang botol kemasan yang sudah terisi bubuk menggunakan timbangan manual, kemudian membandingkannya dengan berat yang ditampilkan pada HMI. Proses pengujian pengisian ditunjukkan pada gambar 12.



Gambar 12. Proses pengujian pengisian merica bubuk

Informasi berat merica bubuk yang telah terisi ke dalam botol kemasan saat proses pengujian pengisian ditunjukkan pada gambar 13. Proses penimbangan botol yang telah terisi merica bubuk ditunjukkan pada Gambar 14. Berdasarkan pengujian pengisian merica bubuk kedalam botol dengan tiap ukuran berat kemasan yang berbeda, didapat nilai perbandingan berat yang ditunjukkan

pada tabel 5. Tiap ukuran berat kemasan yang berbeda dilakukan pengujian sebanyak 5 kali.



Gambar 13. Tampilan informasi saat pengujian pengisian



Gambar 14. Penimbangan hasil pengisian merica bubuk

Tabel 5. Hasil pengujian pengisian bubuk berdasarkan berat

Pengujian ke-	Berat Pengisian (gram)	Penimbangan manual (gram)	Error (%)
1	30	29	3,3
2	30	30	0
3	30	30	0
4	30	31	3,3
5	30	34	13,3
Rata-rata			4
1	50	48	4
2	50	49	2
3	50	49	2
4	50	49	2
5	50	53	6
Rata-rata			3,2
1	100	96	4
2	100	97	3
3	100	98	2
4	100	99	1
5	100	101	1
Rata-rata			2,2
1	150	146	2,6
2	150	150	0
3	150	151	0,6
4	150	154	2,6
5	150	154	2,6
Rata-rata			1,74
Rata-rata error keseluruhan			2,78

Berdasarkan tabel 5, diketahui bahwa pada beberapa tahap pengujian ada nilai *error* antara berat hasil pengisian dengan berat hasil penimbangan secara manual serta pada beberapa tahap pengujian tidak ada nilai *error*-nya. Nilai rata-rata *error* yang terkecil yaitu pada pengujian pengisian menggunakan ukuran berat 100g sebesar 2,2%, sedangkan nilai rata-rata *error* yang terbesar yaitu pada pengisian menggunakan ukuran berat 30g sebesar 13,3%. Besar kecilnya nilai *error* ini dapat dipengaruhi oleh ukuran berat yang digunakan. Dapat dilihat bahwa nilai *error* terbesar didapat pada pengujian dengan ukuran pengisian yang terkecil.

Kecepatan proses pengisian dari hasil pengujian yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 6. Berdasarkan tabel 6 diketahui bahwa rata-rata durasi waktu pengisian per gram tercepat terjadi pada proses pengisian dengan ukuran berat 30g selama 0,92 detik, sedangkan yang paling lambat yaitu pada proses pengisian dengan ukuran berat 150g sebesar 1 detik. Secara keseluruhan, nilai rata-rata durasi waktu pengisian per gram yaitu selama 0,97 detik. Dengan ukuran berat 100g, durasi waktu pengisian selama 97,20 detik. Durasi ini jauh lebih lama dibanding dengan durasi pengisian pada penelitian [14] yang menggunakan bahan bubuk kopi. Dengan ukuran berat yang sama serta mekanisme pengeluaran bubuk yang sama juga, kecepatan pengisian merica bubuk lebih lambat 92,87 detik. Perbedaan kecepatan pengisian ini dapat dipengaruhi oleh faktor kadar air bubuk yang digunakan dan juga kecepatan putaran motor DC untuk memutar *Screw*.

Tabel 6. Hasil pengujian pengisian bubuk berdasarkan waktu

Pengujian ke-	Berat pengisian (gram)	Waktu pengisian (detik)	Rata-rata (detik)	Rata-rata pengisian per gram (detik)
1	30	25	28,60	0,92
2		27		
3		27		
4		29		
5		35		
1	50	45	48,00	0,97
2		47		
3		47		
4		47		
5		54		
1	100	94	97,20	0,99
2		95		
3		96		
4		98		
5		103		
1	150	145	151,00	1,00
2		148		
3		150		
4		156		
5		156		
Jumlah				3,88
Rata-rata waktu pengisian per gram				0,97

4. Kesimpulan

Sistem pengisian otomatis merica bubuk telah berhasil direalisasikan. Uji fungsi alat antara *hardware* dan *software* dapat berfungsi dan terintegrasi dengan baik, sehingga

merica bubuk dapat dikemas ke dalam botol sesuai ukuran masing-masing botol kemasan. Kontroler dapat mengontrol konveyor untuk memposisikan botol kemasan pada tempat pengisian berdasarkan pembacaan dari sensor *photoelectric* dengan tingkat keberhasilan 100%. Motor DC juga dapat dikontrol supaya dapat memutar *Screw* sehingga merica bubuk dapat dikeluarkan dari *hopper* dan selanjutnya masuk ke botol dengan tingkat keberhasilan 100%. Penggunaan HMI Nextion sebagai media interaksi antara pengguna dengan alat juga dapat berfungsi sebagai media *input* dan *output* sesuai yang diharapkan pengguna. Namun untuk hasil pengukuran berat bubuk merica yang masuk ke dalam botol kemasan memiliki tingkat *error* yang sebesar 2,78% dengan rata-rata waktu pengisian per gram adalah 0,97 detik.

Kekurangan penelitian ini terdapat pada durasi pengisian yang masih cukup lama, sehingga perlu adanya perbaikan atau inovasi kedepannya pada mekanisme pengisian merica bubuk dari *tank* ke dalam botol supaya lebih cepat. Baik dari bagian *Screw* maupun bagian motor penggeraknya.

Daftar Pustaka

- [1] S. Caturtiyo, "Modifikasi Mesin Penghalus Lada Dengan Daya Motor Listrik 1 Hp," Universitas Bangka Belitung, 2020.
- [2] P. Aurelia Adelia, "Pengaruh Jenis Dan Metode Pengemasan Serta Lama Penyimpanan Terhadap Kualitas Bolu Pisang Dan Puree Wortel Effect Of Packaging Types And Methods And Storage Time On Quality Of Banana Sponge And Puree Carrot," UNIKA Soegijapranata, 2019.
- [3] R. M. Alfi, A. Sugiharto, M. Haryanti, dan B. Yulianti, "Perancangan Sistem Packing Beras Otomatis Menggunakan Arduino Uno," *J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, hal. 116–126, 2019.
- [4] I. N. Sucipta, K. Suriasih, dan P. K. D. Kenacana, *Pengemasan pangan kajian pengemasan yang aman, nyaman, efektif dan efisien*. 2017.
- [5] J. Sardi, M. Iqbal, A. B. Pulungan, dan H. Habibullah, "Pemograman Alat Penimbang dan Packing Beras Berbasis Mikrokontroler," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 5, no. 2, hal. 1, 2019, doi: 10.24036/jtev.v5i2.106256.
- [6] S. P. Sutisna *et al.*, "Rancang bangun dan pengujian sistem filling pada mesin packaging otomatis berbasis microcontroller," vol. 2, no. 1, hal. 1–7, 2023.
- [7] S. Septi, S. F. T. Yoga, dan Syufijal, "Prototipe Sistem Pengisian Butir (Granule) Menggunakan Sensor Berat Berbasis PLC (Programmable Logic Controller)," *Autocracy*, vol. 4, no. 1, hal. 10–19, 2017, doi: 10.21009/autocracy.04.1.2.
- [8] M. F. Alfikri, A. A. Magriyanti, dan Danang, "Rancang Bangun Alat Pengisi Saos Otomatis Berbasis Arduino UNO," *J. Penelit. Rumpun Ilmu Tek.*, vol. 1, no. 2, hal. 32–45, 2022, doi: 10.55606/juprit.v1i2.580.
- [9] M. A. R. A. F dan B. Setiyono, "Perancangan Sistem Pengemasan Virgin Coconut Oil (Vco) Menggunakan Programmable Logic Controller (Plc) Pada Perangkat Keras Konveyor," *Transmisi*, vol. 17, no. 2, hal. 54, 2015.
- [10] F. G. Airlangga, A. Triwiyatno, dan Sumardi, "Perancangan Sistem Automasi Pada Pengemasan Susu Dalam Botol Dengan Programmable Logic Controller (Plc) Omron Cp1E Terhadap Purwarupa Filling Bottle and Capping Machine," *Transient*, vol. 6, no. 1, hal. 103–109, 2017.

- [11] S. Rumalutur dan S. L. Allo, "Sistem Kontrol Otomatis Pengisian Cairan Dan Penutup Botol Menggunakan Arduino Uno Rev 1.3," *Electro Luceat*, vol. 5, no. 1, hal. 23–34, 2019, doi: 10.32531/jelekn.v5i1.129.
- [12] A. Anggara, A. Rahman, dan A. Mufti, "Rancang bangun sistem pengatur pengisian air galon otomatis berbasis mikrokontroler ATmega328P," *J. Online Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2, hal. 90–97, 2018.
- [13] Gusrizal, Y. Dewanto, dan B. Yulianti, "Perancangan Mesin Pengisi Botol 330ml Otomatis Menggunakan Mikrokontroler ATmega 328," *J. Sist. Inf. Univ. Suryadarma*, vol. 4, no. 1, hal. 118–126, 2017, doi: 10.35968/jsi.v4i1.79.
- [14] D. W. Susilo dan J. P. Sugiono, "Perencanaan Dan Pembuatan Alat Pengisi Bubuk Kopi," *Din. Teknol.*, vol. 8, no. 1, hal. 9–14, 2016, [Daring]. Tersedia pada: http://dinatek.stts.edu/pdf/04_2016_8_1/4.Dwi_Wisnu_Susilo.pdf
- [15] Imran, S. W. Sidehabi, dan M. Fadli Aziz, "Perancangan Dan Pembuatan Alat Pengisi Kemasan Bubuk Kopi Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sensor Infrared Dan Load Cell," 2021, hal. 12–17.