

BAB IV

PEMBAHASAN

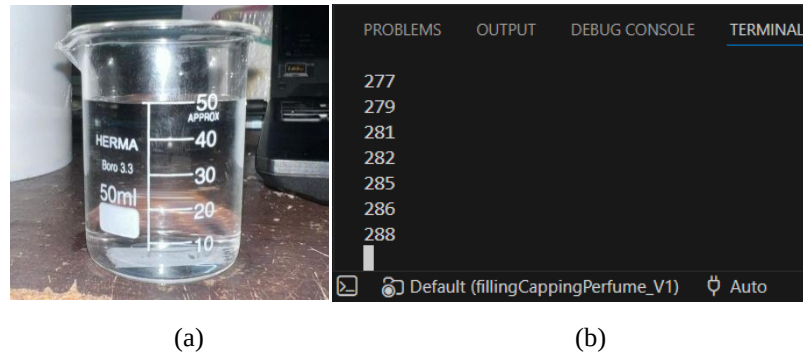
Tahap pengujian dan analisis dilakukan untuk memastikan seluruh sistem pada alat pengisian dan pemasangan tutup botol parfum otomatis dapat bekerja dengan baik. Pengujian ini mencakup evaluasi terhadap setiap komponen elektronika, baik sensor maupun aktuator, guna mengetahui tingkat fungsionalitas dan sinkronisasi sistem secara keseluruhan. Pengambilan data dilakukan melalui beberapa kali percobaan untuk mendapatkan tingkat akurasi yang tinggi serta mengetahui seberapa besar persentase *error* yang dihasilkan, khususnya pada pembacaan sensor *Waterflow* YF-S401. Selain itu, dilakukan pula pengujian pada stasiun *capping* dengan variasi tekanan pneumatik untuk mengidentifikasi potensi kesalahan mekanik serta memastikan kesesuaian hasil kerja alat dengan spesifikasi yang telah ditetapkan

4.1 Pengujian *Pulse Sensor Waterflow* YF-S401

Pada bagian ini, dilakukan pengujian terhadap akurasi pembacaan sensor *Waterflow* tipe YF-S401 yang dihubungkan ke mikrokontroler Arduino Mega. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan nilai konstanta kalibrasi (pulse/ml) yang akan digunakan dalam sistem agar volume cairan yang dikeluarkan sesuai dengan input yang diberikan. Pengujian dilakukan dengan mengalirkan air sebanyak 0,05 Liter ke dalam gelas ukur standar sebanyak sepuluh kali percobaan. Data yang diambil berupa jumlah pulsa yang dihasilkan oleh sensor untuk setiap volume 0,05 Liter tersebut.

Data jumlah pulsa yang dihasilkan oleh sensor dipantau secara *real-time* dan dicatat melalui fitur Serial Monitor pada perangkat PC yang terhubung dengan Arduino Mega via komunikasi serial. Penggunaan Serial Monitor ini memungkinkan pengambilan data dilakukan secara presisi setiap kali aliran air berhenti, sehingga setiap fluktuasi pulsa yang

tertangkap oleh sensor *Hall Effect* dapat teramati dengan jelas untuk kemudian diolah ke dalam tabel pengujian.



Gambar 4. 1 Pengujian jumlah *pulse* volume 0,05 Liter (a) Pengukuran gelas takar, (b) Pembacaan Serial Monitor

Berdasarkan dokumentasi pengujian, data jumlah pulsa yang terbaca pada Serial Monitor untuk setiap volume 0,05 Liter dikumpulkan dan dikonversi untuk mendapatkan nilai konstanta per pulsa melalui persamaan 2.2. Data dari seluruh percobaan tersebut kemudian dirangkum ke dalam Tabel 4. 1 untuk mempermudah analisis variasi pulsa dan penentuan nilai rata-rata kalibrasi yang akan diimplementasikan ke dalam program.

Tabel 4. 1 Data Kalibrasi Sensor *Waterflow* YF-S401

Data Kalibrasi Sensor <i>Waterflow</i> YF-S401			
Percobaan	Volume	Total Pulsa	Konstanta Kal.
ke-	Ref. (Liter)	(pulse)	(Kcal) (Pulse/L)
1	0,05	288	5760.00
2	0,05	279	5580.00
3	0,05	272	5440.00
4	0,05	274	5480.00
5	0,05	279	5580.00
6	0,05	273	5460.00
7	0,05	281	5620.00
8	0,05	279	5580.00

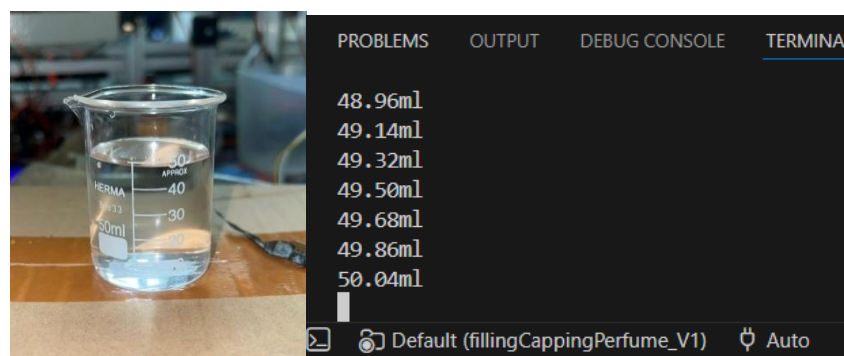
9	0,05	271	5420.00
10	0,05	279	5580.00
Rata-rata Konstanta Kalibrasi (Pulse/L)			5550.00

Setelah menyajikan data hasil pengujian pada Tabel 4. 1, diperoleh nilai rata-rata konstanta kalibrasi sebesar 5550.00 Pulse/L. Nilai tersebut akan digunakan sebagai parameter kalibrasi untuk mengkonversi satuan pulsa menjadi satuan volume secara *real-time* dengan tingkat presisi yang lebih akurat.

4.2 Pengujian Akurasi Sensor *Waterflow* YF-S401

Nilai Konstanta Kalibrasi yang telah diperoleh akan diintegrasikan ke dalam program sebagai basis perhitungan volume pada Arduino Mega 2560. Berdasarkan persamaan rumus 2.7, pulsa dari sensor *Waterflow* YF-S401 akan diterjemahkan menjadi satuan volume.

Implementasi program pada Arduino Mega 2560, variabel target ditetapkan pada angka 50 ml. Sistem secara kontinu akan membandingkan hasil perkalian pulsa dengan Konstanta Kalibrasi terhadap nilai target tersebut. Ketika hasil perhitungan mencapai atau melampaui 50 ml, mikrokontroler akan segera mengirimkan sinyal untuk menonaktifkan pompa. Dengan demikian, proses *filling* dapat terlaksana secara konsisten dan presisi.



Gambar 4. 2 Pengujian akurasi sensor volume 50ml (a) Pengukuran gelas takar, (b) Pembacaan Serial Monitor

pengujian akurasi dilakukan untuk mengukur tingkat presisi sensor *Waterflow* YF-S401 pada target volume 50 ml. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali dengan cara membandingkan volume yang dibaca oleh sistem dengan volume riil yang terukur pada gelas ukur. RMSE dapat dihitung menggunakan persamaan 2.9 untuk mengetahui sejauh mana penyimpangan yang terjadi. Tabel hasil pengujian akurasi sensor *Waterflow* YF-S401 dapat dilihat pada Tabel 4. 2 sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Pengujian Akurasi Sensor *Waterflow* YF-S401

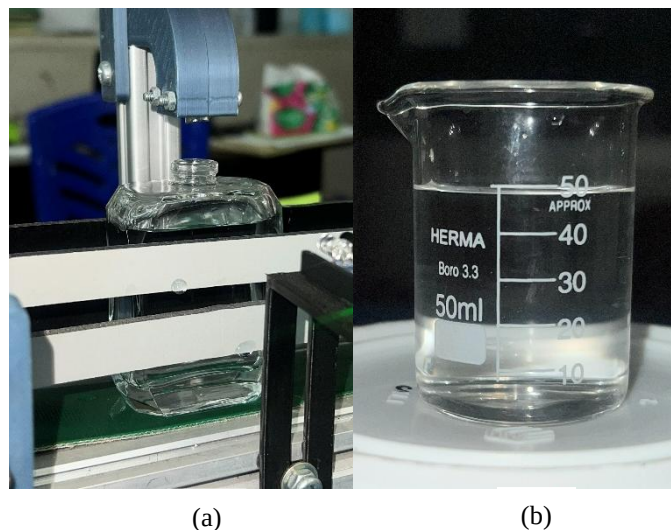
Data Pengujian Akurasi Sensor <i>Waterflow</i> YF-S401		
Percobaan ke-	Volume Pengukuran Gelas Takar (ml)	Volume Pembacaan Serial Monitor (ml)
1	50	50.04
2	51	50.04
3	50	50.04
4	51	50.04
5	51	50.04
6	50	50.04
7	51	50.04
8	50	50.04
9	50	50.09
10	51	50.09
RMSE (ml)		0.673

Berdasarkan data hasil pengujian akurasi yang disajikan pada Tabel 4. 2, dapat dianalisis bahwa sistem pengisian cairan memiliki performa yang stabil dengan tingkat presisi yang sangat baik. Dari 10 kali percobaan, diperoleh nilai nilai RMSE yang cukup rendah, yaitu sebesar 0.673 ml. Konsistensi pembacaan ini terlihat dari selisih yang tipis antara volume riil pada gelas takar dengan volume target yang terbaca melalui *Serial Monitor*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa selisih pengukuran volume gelas takar

dengan volume pembacaan serial monitor terkecil mencapai 0.04 ml yang membuktikan bahwa nilai konstanta kalibrasi (K_{cal}) sebesar 5550,00 Pulse/L yang diimplementasikan ke dalam program mikrokontroler sudah sangat akurat dan representatif terhadap karakteristik mekanis sensor YF-S401 di lapangan.

4.3 Pengujian Sistem *Filling* pada Botol Parfum Ukuran 50ml

Berdasarkan hasil pengujian akurasi sensor *Waterflow* YF-S401 pada sub-bab sebelumnya menunjukkan nilai RMSE sebesar 0.673 ml. Pengujian selanjutnya adalah mengimplementasikan pada objek riil berupa botol parfum dengan kapasitas 50 ml. Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui stabilitas dan konsistensi kinerja sistem dalam melakukan pengisian fluida secara langsung ke dalam botol parfum.



Gambar 4. 3 Pengujian sistem *filling* (a) botol 50ml (b) gelas takar

Prosedur pengujian dilakukan dengan mengamati proses pengisian fluida pada stasiun *filling* secara langsung kedalam botol parfum. Setelah siklus pengisian selesai, fluida didalam botol dipindahkan kedalam gelas takar untuk diukur volume riilnya secara manual. Prosedur ini dilakukan

sebagai tahap verifikasi untuk membandingkan volume keluaran sistem terhadap skala ukur standar yang ditetapkan sebagai referensi.

Tabel 4. 3 Pengujian Sistem *Filling* pada Botol Parfum 50ml
Data Pengujian Sistem *Filling* pada Botol Parfum ukuran 50ml

Percobaan ke-	Target Volume (ml)	Volume Volume Terukur (ml)	Presentase Error (%)
1	50	49	2%
2	50	50	0%
3	50	50	0%
4	50	50	0%
5	50	49	2%
6	50	50	0%
7	50	50	0%
8	50	50	0%
9	50	50	0%
10	50	50	0%
RMSE (ml)			0.447
Standar Deviasi (ml)			0.442

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 4. 3, evaluasi terhadap performa sistem dilakukan dengan menerapkan parameter statistik *Root Mean Square Error* (RMSE) pada persamaan 2.9 untuk menguji tingkat akurasi, serta Standar Deviasi melalui persamaan 2.10 untuk menilai tingkat presisi. Hasil perhitungan menunjukkan nilai RMSE yang sangat rendah, yaitu sebesar 0,447 ml. Pencapaian ini mengindikasikan bahwa selisih rata-rata antara volume fluida yang dialirkan terhadap target referensi 50 ml sangat minimal, sehingga membuktikan performa pengisian yang optimal.

Tingginya tingkat akurasi sistem *filling* ini dipengaruhi oleh posisi dari sensor. Lokasi sensor YF-S401 diletakkan pada elevasi yang lebih

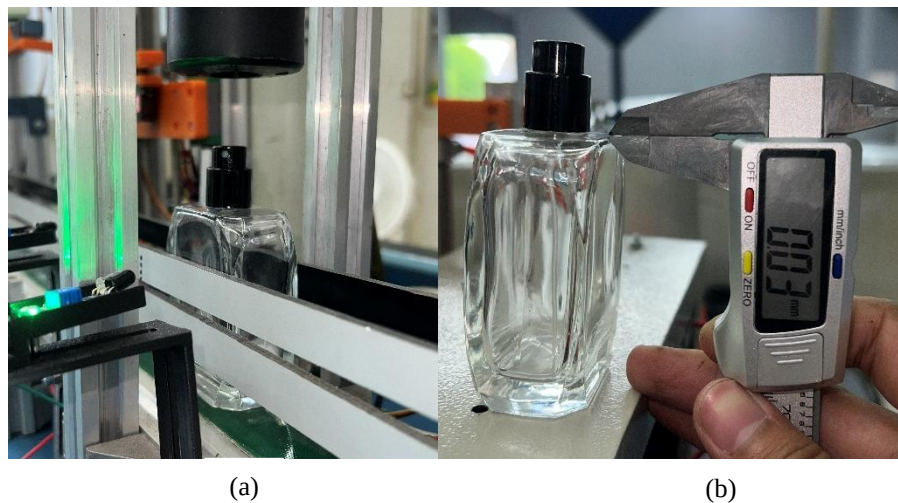
tinggi sekitar 20cm diatas pompa air. Pengaturan ketinggian vertikal ini diterapkan berdasarkan hasil evaluasi dari pengujian awal pada Lampiran 6, dimana penempatan posisi sensor yang sejajar dengan pompa air terbukti menghasilkan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) yang besar. Penerapan jarak elevasi ini sengaja diterapkan untuk mengantisipasi adanya fenomena sisa aliran fluida yang tetap mengalir sesaat setelah pompa non aktif. Sehingga, perhitungan konstanta kalibrasi (K_{cal}) pada sistem dapat di implementasikan secara optimal.

Tingkat konsistensi pada sistem *filling* dapat dibuktikan melalui nilai Standar Deviasi yang kecil, yaitu sebesar 0,442 ml. Nilai Standar Deviasi yang mendekati angka nol ini merepresentasikan tingkat presisi yang tinggi, dimana penyimpangan data antar siklus pengisian bersifat minimal. Secara keseluruhan, pengujian ini mengonfirmasi bahwa sistem *filling* memiliki performa yang optimal untuk mengalirkan fluida ke dalam botol parfum 50 ml dengan tingkat konsistensi yang optimal.

4.4 Pengujian Tekanan Kerja Optimal pada Silinder Pneumatik

Pengujian silinder pneumatik diorientasikan untuk mengidentifikasi besaran tekanan yang paling efektif dalam melakukan *press* tutup botol parfum 50ml. Proses penentuan parameter ini dilakukan dengan menguji variasi tekanan udara secara bertahap dalam rentang nilai 30 PSI hingga 75 PSI. Setiap variasi tekanan dievaluasi kuantitatif melalui pengukuran dimensi celah yang terbentuk antara komponen *Collar* dengan leher botol parfum. pengujian bertahap ini diterapkan untuk menganalisis batas ambang mekanis minimum dan maksimum dari gaya dorong silinder pneumatik terhadap material botol. Tekanan udara yang terlalu rendah dikhawatirkan tidak mampu menghasilkan gaya tekan yang cukup untuk mengunci *collar* secara sempurna pada leher botol. Sebaliknya, pemberian tekanan udara yang berlebihan berpotensi menimbulkan tekanan mekanis yang terlalu tinggi, sehingga berisiko meretakkan botol kaca atau merusak bentuk fisik dari komponen *collar* itu sendiri.

Pengukuran dilakukan menggunakan jangka sorong digital untuk mendapatkan hasil yang persisi. Dokumentasi hasil pentutupan botol dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.



Gambar 4. 4 Pengujian Tekanan Kerja Silinder Pneumatik (a) Proses *Capping*, (b) Pengukuran celah menggunakan jangka sorong

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada Gambar 4. 4, hasil variasi pengukuran setiap celah *collar* dengan leher parfum dikumpulkan guna mempermudah analisis data. Pengambilan data dilakukan dengan melakukan peningkatan tekanan konstan sebesar 5 PSI.

Tabel 4. 4 Pengujian Tekanan Kerja Silinder Pneumatik

Data Pengujian Tekanan Kerja Silinder Pneumatik			
Percobaan	Tekanan Kerja	Celah <i>Collar</i>	Keterangan
ke-	(PSI)	(mm)	
1	30	2.75	Longgar
2	35	2.71	Longgar
3	40	2.49	Longgar
4	45	2.31	Longgar
5	50	2.18	Longgar
6	55	1.37	Longgar
7	60	0.38	Optimal

8	65	0.34	Optimal
9	70	0.03	Optimal
10	75	0.01	Optimal

Hasil data pengujian tekanan silinder pneumatik pada Tabel 4. 4, dilakukan dengan merubah variasi tekanan kerja pada silinder pneumatik terhadap tingkat kerapatan penutupan *collar*. Parameter keberhasilan ditentukan melalui ukuran celah *collar* dengan leher botol parfum. Data menunjukkan bahwa pada rentang tekanan 30 PSI hingga 55 PSI, gaya tekan yang dihasilkan oleh silinder pneumatik belum mampu menutup *collar* secara sempurna. Hal tersebut dibuktikan dengan ukuran celah yang berkisar antara 2,75 mm hingga 1,37 mm. Sehingga pada rentang tekanan tersebut diklasifikasikan kedalam kondisi yang masih longgar.

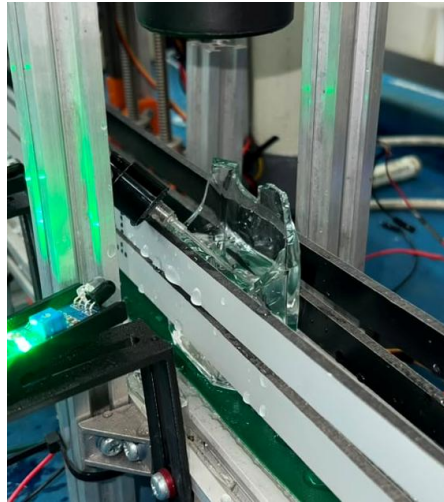
Peningkatan performa penutupan mulai terjadi ketika tekanan kerja silinder pneumatik mencapai 60 PSI. Pada data ke-7, dimensi celah berkurang secara signifikan menjadi 0,38 mm dan secara konsisten terus mengecil seiring dengan meningkatnya tekanan kerja.

Pengujian yang telah dilakukan membuktikan bahwa tekanan kerja silinder pneumatik yang dibutuhkan minimal 60 PSI agar proses penutupan *collar* mencapai tahap yang optimal. Oleh karena itu, nilai tekanan kerja optimal akan direkomendasikan sebagai acuan pada pengujian stasiun *capping*.

4.5 Pengujian Sistem *Capping* pada Botol Parfum Ukuran 50ml

Tahapan pengujian selanjutnya adalah melakukan evaluasi terhadap tingkat keandalan serta konsistensi kerja dari sistem *capping*. Berdasarkan data tekanan kerja pada pengujian sebelumnya, nilai tekanan udara 60 PSI ditetapkan sebagai tekanan kerja. Alasan mendasar yang memperkuat pemilihan ini adalah karakteristik perubah celah yang tidak lagi linear saat memasuki tekanan tinggi. Rentang tekanan 60 PSI hingga 65 PSI diketahui masih berada dalam batas orde yang sama antara 0,34mm hingga 0,38mm.

Meskipun pada Tabel 4. 4 menunjukkan bahwa rentang tekanan 70 PSI – 75 PSI mampu menghasilkan dimensi celah *collar* yang lebih kecil daintara 0,01mm hingga 0,03mm, namun dengan tekanan kerja yang tinggi memiliki resiko mekanis terhadap keselamatan botol parfum.



Gambar 4. 5 Kerusakan Struktural Botol Parfum 50ml

Hasil pengujian sebelumnya membuktikan apabila terjadi sedikit pergesaran posisi botol parfum dengan tekanan kerja 70 PSI, maka gaya tekan yang dihasilkan akan melampaui batas toleransi kekuatan kaca dari botol parfum dan menyebabkan botol parfum mengalami kerusakan struktural. Oleh karena itu, tekanan 60 PSI dipilih sebagai tekanan kerja optimal karena bertindak sebagai batas aman yang mampu mengurangi resiko kerusakan material tanpa mengorbankan kualitas kerapatan *collar*.

Setelah menetapkan parameter tekanan kerja aman sebesar 60 PSI, dilakukan pengujian sistem secara untuk mengamati konsistensi dari mekanisme penutupan botol parfum. Rangkaian pelaksanaan eksperimen ini meliputi proses pengepresan komponen *collar* secara serta verifikasi dimensi celah (*gap*) akhir menggunakan jangka sorong digital guna mengukur stabilitas performa alat. Dokumentasi visual mengenai tahapan pelaksanaan pengujian ditunjukkan pada Gambar 4. 6.



Gambar 4. 6 Pengujian tekanan kerja 60 PSI pada Stasiun Capping (a) Proses *Capping* Botol Parfum, (b) Pengukuran Celah

Guna membuktikan konsistensi sistem *capping* dengan tekanan kerja 60 PSI, maka dilakukan pengujian lanjutan sebanyak 10 kali percobaan. Proses pengambilan data diorientasikan untuk menguji konsistensi celah hasil *capping* terhadap *collar* dengan leher botol parfum. Tahap pengujian sistem capping dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4. 5 Tabel Pengujian Sistem Capping pada Botol Parfum Ukuran 50ml

Data Pengujian Sistem Capping pada Botol Parfum Ukuran 50ml				
Percobaan	Tekanan	Celah <i>Collar</i>	Kebocoran	Keterangan
ke-	Kerja (PSI)	(mm)	Fluida	
1	60	0.02	Tidak	Berhasil
2	60	0.11	Tidak	Berhasil
3	60	0.00	Tidak	Berhasil
4	60	0.16	Tidak	Berhasil
5	60	0.00	Tidak	Berhasil
6	60	0.01	Tidak	Berhasil
7	60	0.00	Tidak	Berhasil
8	60	0.00	Tidak	Berhasil
9	60	0.23	Tidak	Berhasil
10	60	0.01	Tidak	Berhasil
Standar Deviasi				0.083

Berdasarkan data hasil pengujian sistem *capping* pada tekanan kerja 60PSI pada Tabel 4. 5, sistem secara umum menunjukkan tingkat stabilitas fungsional yang sangat tinggi. Indikator utama keberhasilan mekanis dibuktikan melalui presentase tingkat keberhasilan yang mencapai 100%. Siklus pengujian dari percobaan ke-1 hingga ke-10 dimasukkan kedalam kategori “Berhasil” dengan pemantuan terhadap indikator kebocoran fluida yang menunjukkan status “Tidak”.

Analisa terhadap data secara dimensi celah menunjukkan karakteristik penutupan yang sangat presisi. Nilai celah terkecil sebesar 0,00 mm berhasil dicapai pada empat siklus pengujian, yaitu pada data percobaan ke-3, ke-5, ke-7, dan ke-8. Meskipun terdapat juga variasi nilai celah seperti pada percobaan ke-2 (0,11 mm) dan percobaan ke-9 (0,11 mm). Gejala Variasi celah ini tidak dipengaruhi oleh penurunan performa tekanan pada silinder pneumatik.

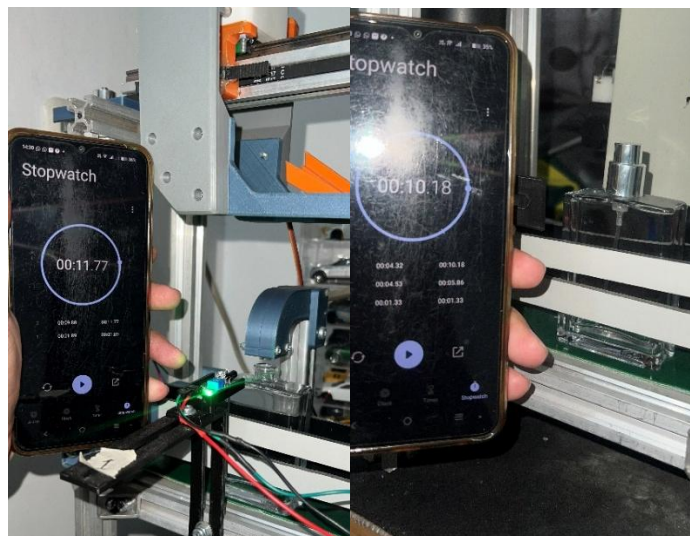
Berdasarkan pengamatan, variasi celah yang terjadi disebabkan oleh faktor posisi komponen *collar* yang kurang tegak lurus akibat performa sistem *collar feeder*. Selain itu, keterbatasan akurasi pembacaan dari sensor *infrared* FC-51 yang terkadang tidak tepat memberhentikan botol parfum di titik tengah posisi *press* sehingga terjadi sedikit kemiringan (*misalignment*), sehingga menyebabkan melebarnya celah pada *collar* dan botol parfum.

Tingkat akurasi dan repetibilitas sebaran data dari hasil pengujian sistem *capping* akan dihitung menggunakan persamaan Standar Deviasi pada persamaan 2.10. Hasil nilai Standar Deviasi yang diperoleh memiliki nilai yang sangat kecil, yaitu sebesar 0,083. Angka sebaran yang mendekati nilai nol ini membuktikan bahwa meskipun terdapat selisih dalam posisi material *collar* akibat keterbatasan akurasi sistem *collar feeder* serta pembacaan sensor *Infrared* FC-51 yang kurang presisi di titik tengah, fluktuasi dimensi celah yang terjadi masih berada dalam batas toleransi yang aman. Pengujian fungsional juga membuktikan bahwa dimensi celah maksimal yang dihasilkan, yaitu sebesar 0,23 mm. Keseluruhan data hasil pengujian sistem *capping* membuktikan bahwa botol parfum tetap dapat

mempertahankan kekedapan fluida secara optimal, sehingga tidak menimbulkan rembesan yang keluar dari leher botol parfum (*zero leakage*).

4.6 Pengujian Waktu Produksi Botol Parfum Ukuran 50ml (*Cycle Time*)

Pengujian kinerja sistem keseluruhan dilakukan dengan mengukur *cycle time* atau durasi waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan satu siklus penuh untuk produksi botol parfum ukuran 50 ml. Parameter pengujian dihitung sejak botol pertama kali bergerak dari titik *start* hingga titik *end*. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali guna mendapatkan sebaran data waktu produksi yang nantinya digunakan untuk mengetahui nilai standar deviasi dari *cycle time* sistem. Dokumentasi visual pelaksanaan pengujian *cycle time* ini ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4. 7 Pengujian *Cycle Time* (a) Proses *Filling*, (b) Proses *Capping*

Evaluasi terhadap *Cycle Time* sistem dilakukan melalui pencatatan waktu *Transfer Time* dan *Processing Time* antar stasiun kerja. Berdasarkan lima kali uji coba yang telah dilaksanakan, karakteristik distribusi waktu produksi dapat dianalisis secara linier untuk mengukur konsistensi waktu produksi sistem. Seluruh data hasil *Cycle Time* tersebut dirangkum pada Tabel 4. 6 berikut.

Tabel 4. 6 Pengujian Cycle Time Keseluruhan Sistem

Data Pengujian <i>Cycle Time</i> Keseluruhan Sistem						
Percobaan ke -	Start – Filling (s)	Filling – Spray Feeder (s)	Spray Feeder – Collar Feeder (s)	Collar Feeder – Capping (s)	Capping – End (s)	Total Waktu (s)
1	09.77	40.13	6.21	5.86	03.32	65.29
2	09.38	39.13	5.60	5.11	03.87	63.09
3	09.69	39.49	5.89	5.54	03.65	64.26
4	09.02	39.00	6.12	5.75	0.55	63.44
5	08.97	39.31	6.43	5.69	03.33	63.73
Standar Deviasi					0.857	

Berdasarkan data pada Tabel 4. 6, hasil pengujian *Cycle Time* menunjukkan bahwa sistem dapat menyelesaikan satu siklus penuh produksi botol parfum 50 ml dengan nilai rata-rata sebesar $63,96 \pm 0,857$ detik, sehingga dalam 1 jam rata – rata dapat memproduksi hingga 56 botol parfum ukuran 50ml. Analisa terhadap waktu antar stasiun memperlihatkan bahwa interval proses dari Stasiun *Filling* menuju *Spray Feeder* memakan durasi terlama, dengan nilai rata-rata mencapai 39,41 detik. Tingginya akumulasi waktu pada interval tersebut disebabkan oleh kompleksitas proses mekanis pada kontrol motor stepper dan motor servo yang ada pada Stasiun *Spray Feeder*. Secara detail, kompleksitas ini bersumber dari alur *sub - proses* program yang mengendalikan tiga motor stepper secara bersamaan. Pergerakan motor stepper tersebut diintegrasikan dengan pergerakan motor servo yang berfungsi sebagai *gripper* komponen. Pada setiap transisi gerakan, diperlukan jeda waktu (*delay* program) untuk memastikan posisi komponen telah stabil sebelum dipindahkan. Selain itu, program harus mengeksekusi serangkaian fungsi *conditional looping* guna memastikan ketepatan jumlah *step* pada setiap motor stepper. Akumulasi

dari durasi operasi motor stepper, motor servo, serta fungsi *looping* inilah yang secara signifikan meningkatkan total *cycle time* sistem.

Sinkronisasi terhadap pergerakan tiga motor stepper dan tiga motor servo sebagai *gripper* sangat dibutuhkan agar koordinat peletakan komponen penutup tetap sesuai dan akurat. Data pengujian pada Tabel 4. 6 menghasilkan nilai standar deviasi sebesar 0,857, atau hanya setara dengan 1,34% dari total waktu rata – rata produksi keseluruhan. Rendahnya nilai persentase standar deviasi tersebut mengindikasikan tingkat variasi data yang sangat minim di setiap uji coba. Hal ini membuktikan bahwa integrasi logika pada mikrokontroler serta pembacaan sensor antar stasiun memiliki tingkat presisi yang tinggi. Sehingga, karakteristik ini menegaskan keandalan repetisibilitas (*repeatability*) alat yang optimal dalam menjaga stabilitas waktu produksi.