

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah proses pembuatan Mesin Filling dan Sealing Cup selesai, langkah berikutnya adalah pengujian dan analisis kinerja sistem. Pengujian dilakukan untuk memperoleh data spesifikasi mesin, sehingga jika terjadi kesalahan atau kerusakan di kemudian hari, proses identifikasi dan perbaikan dapat dilakukan dengan lebih mudah. Untuk memastikan data yang diperoleh akurat dan sesuai dengan kondisi sebenarnya, pengujian harus dilakukan berulang kali. Hal ini bertujuan agar setiap aspek dari sistem, mulai dari pemanasan, pengisian, penyegelan, hingga pelepasan cup, dapat berjalan secara optimal dan konsisten.

4.1. Pengujian Komponen

Pengujian dilakukan pada seluruh komponen yang digunakan dalam sistem Mesin Filling dan Sealing Cup. Pengujian ini merupakan prosedur wajib untuk memastikan bahwa setiap komponen berfungsi dengan baik, sesuai spesifikasi, dan tidak mengalami malfungsi atau kerusakan. Data serta hasil pengujian diperoleh dengan menggunakan alat ukur yang sesuai dengan karakteristik masing-masing komponen, sehingga dapat memastikan keandalan dan kestabilan sistem secara keseluruhan.

4.1.1. Power Supply 24V 15A

Pengujian power supply 24V 5A pada Mesin Filling dan Sealing Cup dilakukan untuk memastikan bahwa unit tersebut dapat mengonversi tegangan 220V AC menjadi 24V DC dengan baik. Tegangan 24V DC ini berperan penting dalam menyuplai daya ke sistem kontrol yang menggunakan Programmable Logic Controller (PLC) serta berbagai komponen lainnya.

Selain itu, pengukuran pada rangkaian power supply juga dilakukan untuk mencegah terjadinya over voltage yang dapat merusak komponen.

Dalam proses pengujian, multimeter digunakan sebagai alat ukur tegangan untuk memastikan kestabilan dan keandalan suplai daya. Hasil pengujian power supply dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Power Supply

Pengujian	Tegangan sumber (VAC)	Tegangan Tercantum (volt)	Tegangan Terukur (volt)	Selisih (volt)	Error (%)
1	228	24	24,1	0,1	0,4
2	228	24	24,1	0,1	0,4
3	228	24	24,1	0,1	0,4



Gambar 4. 1 Gambar Tegangan Masukan dan Keluaran

Dari hasil pengujian catu daya pada sistem Mesin Filling dan Sealing Cup, didapatkan bahwa catu daya beroperasi dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang dirancang. Tegangan keluaran yang dihasilkan, yaitu 24VDC, telah sesuai untuk mendukung pengoperasian komponen seperti solenoid valve, motor stepper, dan sensor yang digunakan dalam sistem.

4.1.2. Relay 24V DC

Pengujian relay dilakukan untuk memastikan bahwa relay berfungsi dengan baik saat mengaktifkan beban. Dalam sistem Mesin Filling dan Sealing Cup, digunakan satu relay yang berperan dalam menghidupkan pompa. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa relay dapat bekerja secara optimal dalam mengontrol aliran listrik ke pompa, sehingga proses pengisian cup berjalan dengan lancar dan sesuai dengan siklus kerja mesin.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Relay 24V

Pengujian	Input	Relay	Tegangan
1	<i>Low</i>	NO	24
		NC	0
2	<i>High</i>	NO	0
		NC	24



Gambar 4. 2 Gambar Tegangan NO

4.1.3. Heater

Pengujian heater dilakukan dengan menghubungkan terminal heater ke tegangan 220V AC dari PLN, kemudian mengukur suhu yang dihasilkan menggunakan thermometer digital. Pengujian ini bertujuan

untuk memastikan bahwa heater berfungsi dengan baik dan dapat mencapai suhu yang dibutuhkan dalam proses pemanasan pada Mesin Filling dan Sealing Cup.

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Heater

Pengujian (det)	Thermometer digital (°C)
1	27,8 (suhu ruangan)
30	45
60	88,5
90	129,3
120	150
150	210



Gambar 4. 3 Suhu Ruangan dan Suhu Set Point

4.1.4. Stepdown LM2560

Pengujian Step Down dilakukan untuk memastikan tegangan keluaran yang akan digunakan sebagai sumber catu daya bagi komponen sistem. Dalam Mesin Filling dan Sealing Cup, tegangan masukan dari power supply sebesar 24V DC diturunkan menjadi 12V DC, yang digunakan untuk mengoperasikan pompa. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa tegangan yang dihasilkan stabil dan sesuai dengan kebutuhan pompa agar dapat berfungsi dengan optimal.

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Stepdown

Pengujian	Tegangan Catu daya (volt)	Tegangan Pada Alat (volt)	Tegangan Terukur (volt)
1	24,1	12	12
2	24,1	12	12
3	24,1	12	12



Gambar 4. 4 Tegangan Masukan Dan Tegangan Keluaran

Berdasarkan hasil pengukuran, catu daya yang digunakan telah berfungsi dengan baik, menghasilkan tegangan keluaran 24VDC sesuai spesifikasi. Selain itu, modul Step Down LM2596 juga bekerja optimal dengan menurunkan tegangan dari 24VDC ke 12VDC, sehingga dapat memenuhi kebutuhan daya untuk pompa pada sistem.

4.1.5. Rangkaian Elektropneumatik

Pengujian pada rangkaian elektropneumatik dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen berfungsi dengan baik saat sistem dioperasikan. Dalam Mesin Filling dan Sealing Cup, rangkaian elektropneumatik terdiri dari solenoid valve 5/2 24V DC yang dikendalikan langsung oleh PLC untuk mengontrol pergerakan silinder

pneumatik SC50x50 dan MAL16x50. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa silinder dapat bergerak sesuai perintah, baik saat melakukan penyegelan Plastik Lid maupun saat mendorong cup ke tempat penyimpanan.

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Alat Press Unloading dan Cup dropper

No.	Komponen	Tegangan	Kondisi	Dokumentasi Pengujian	Keterangan
1.	<i>Solenoid Valve</i> Press	24V DC	ON	Alat Press Naik	
		0V DC	OFF	Alat Press Turun	
1.	<i>Solenoid Valve Cup Dropper dan Unloading</i>	24V DC	ON	Silinder Uloading Aktif dan Cup Dropper Maju	
		0V DC	OFF	Silinder Uloadin Off dan Cup Dropper Mundur	

4.2. Pengujian Sistem

Pengujian sistem pada Mesin Filling dan Sealing Cup dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh sistem dan fitur yang ada beroperasi dengan baik sesuai dengan input yang diberikan. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja setiap tahap, mulai dari pemanasan, pengisian, penyegelan, hingga pelepasan cup. Beberapa kali uji coba dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen bekerja secara optimal dan sistem dapat berjalan dengan stabil serta sesuai dengan siklus kerja yang dirancang.

4.2.1. Pengujian Meja Star Wheel

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa Star Wheel dapat berputar secara konstan sejauh 90° serta mengukur waktu yang dibutuhkan dalam perputaran menggunakan motor stepper Nema 23. Pengujian dilakukan dengan mengatur mode step pada driver TB6600 serta menyesuaikan nilai masukan step dan kecepatan langsung melalui pengaturan pada driver. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan pergerakan yang stabil dan akurat, sehingga setiap tahapan dalam proses Mesin Filling dan Sealing Cup dapat berjalan sesuai dengan siklus kerja yang telah dirancang.



Gambar 4. 5 Pengujian meja Starwheel

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Starwheel

SW1-SW3	Mode Step	Langkah per Putaran	Langkah untuk 90°	Analisis Keunggulan & Kelemahan
ON ON ON	Full Step (1/1)	200 langkah	50 langkah	Pergerakan cepat dan torsi maksimal, tetapi getaran tinggi dan kurang presisi.
OFF ON ON	Half Step (1/2)	400 langkah	100 langkah	Lebih halus dari full step dengan torsi masih cukup tinggi, namun getaran masih terasa.
ON OFF ON	1/4 Step	800 langkah	200 langkah	Getaran berkurang dan pergerakan lebih stabil, tetapi torsi mulai menurun.
OFF OFF ON	1/8 Step	1600 langkah	400 langkah	Pergerakan lebih halus dan minim getaran, tetapi kecepatan menurun dan konsumsi daya meningkat.
ON ON OFF	1/16 Step	3200 langkah	800 langkah	Sangat halus dengan minim getaran, namun torsi berkurang lebih signifikan.
OFF ON OFF	1/32 Step	6400 langkah	1600 langkah	Pergerakan paling presisi dan hampir tanpa getaran, tetapi kecepatan lebih lambat dan torsi paling kecil.

Berdasarkan hasil pengujian, pengaturan 1/32 step dipilih sebagai mode terbaik untuk sistem Mesin Filling dan Sealing Cup karena memberikan pergerakan paling halus dan minim getaran. Mode ini juga memungkinkan starwheel untuk berhenti pada posisi press dengan akurat. Dengan menggunakan 1/32 step, sistem dapat beroperasi dengan presisi tinggi yang, stabilitas optimal, dan meningkatkan kualitas sealing cup, meskipun kecepatan sedikit berkurang.

4.2.2. Pengujian Penggulung Plastik Lid

Pengujian ini dilakukan untuk mengatur Motor Stepper Nema 17 agar dapat menggulung Plastik Lid dengan panjang minimal 14 cm secara efisien setelah proses pengepresan. Berikut adalah tabel pengaturan mode

step pada driver TB6600 untuk motor stepper Nema 17, yang digunakan untuk menggulung plastik Lid sejauh 14 cm dalam 3 detik.



Gambar 4. 6 Penggulung Plastik Lid

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Penggulung Plastik Lid

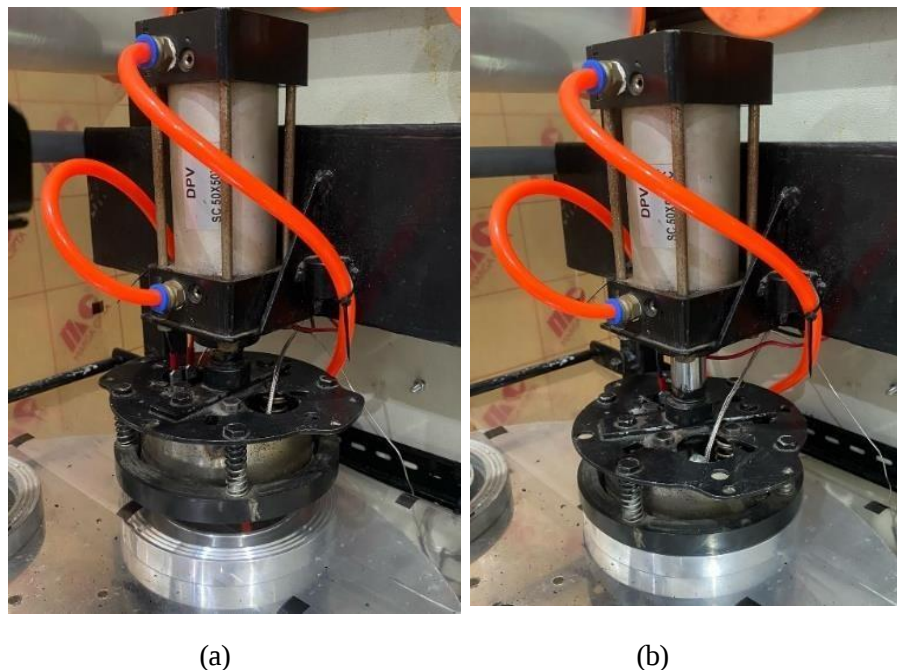
SW1-SW3	Mode Step	Langkah untuk 14 cm	Waktu yang Dibutuhkan
ON ON ON	Full Step (1/1)	200 langkah	0.5 detik
OFF ON ON	Half Step (1/2)	400 langkah	1 detik
ON OFF ON	1/4 Step	800 langkah	2 detik
OFF OFF ON	1/8 Step	1600 langkah	4 detik
ON ON OFF	1/16 Step	3200 langkah	8 detik
OFF ON OFF	1/32 Step	6400 langkah	16 detik

Berdasarkan hasil pengujian, mode 1/8 step (OFF OFF ON) dipilih

karena membutuhkan waktu 4 detik untuk menggulung plastik Lid sepanjang 14 cm. Pengaturan ini memberikan keseimbangan antara kehalusan pergerakan dan efisiensi waktu. Mode dengan langkah lebih besar seperti full step dan half step terlalu cepat serta menghasilkan getaran tinggi, sedangkan mode lebih kecil seperti 1/16 atau 1/32 step terlalu lambat untuk kebutuhan produksi.

4.2.3. Pengujian Alat Press

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan suhu setpoint Heater dan durasi pengepressan oleh silinder pneumatik SC 50x50 agar Plastik Lid dapat merekat sempurna pada cup. Pengujian dilakukan dengan memastikan cup telah berada pada plat penahan di meja Star Wheel dan terdeteksi oleh Sensor Proximity sebelum proses pengepressan dimulai. Suhu setpoint Heater akan disesuaikan untuk memastikan segel yang kuat dan rapat, sementara durasi pengepressan diatur agar proses sealing berjalan optimal.



Gambar 4. 7 Gambar (a) alat press turun dan (b) alat press naik

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Alat Press

No	Suhu Ruangan (°C)	Set Pin Heater (°C)	Waktu Mencapai Setpoint (detik)	Lama Press (detik)	Hasil Akhir
1	28	120	30	4	Tidak Menempel
2	29	130	35	4	Tidak Menempel
3	28	140	40	5	Tidak Menempel
4	30	145	45	5	Tidak Menempel
5	29	150	50	6	Cocok (Rapat Sempurna)
6	28	150	50	5	Tidak Menempel
7	30	155	55	6	Terlalu Panas (Lid Meleleh)
8	29	160	60	6	Terlalu Panas (Lid Meleleh)
9	28	165	65	7	Terlalu Panas (Lid Meleleh)
10	29	170	70	7	Terlalu Panas (Lid Meleleh)

Berdasarkan hasil pengujian, pengaturan suhu 150°C dengan lama pengepressan 6 detik memberikan hasil yang paling optimal, menghasilkan segel Plastik Lid yang rapat dan sempurna. Untuk mencapai

suhu setpoint 150°C dari suhu ruangan sekitar 29°C, dibutuhkan waktu 50 detik. Jika suhu setpoint lebih rendah, hasil pengepressan tidak menempel, sedangkan suhu di atas 150°C menyebabkan Plastik Lid meleleh.



Gambar 4. 9 Hasil Press Tidak Menempel

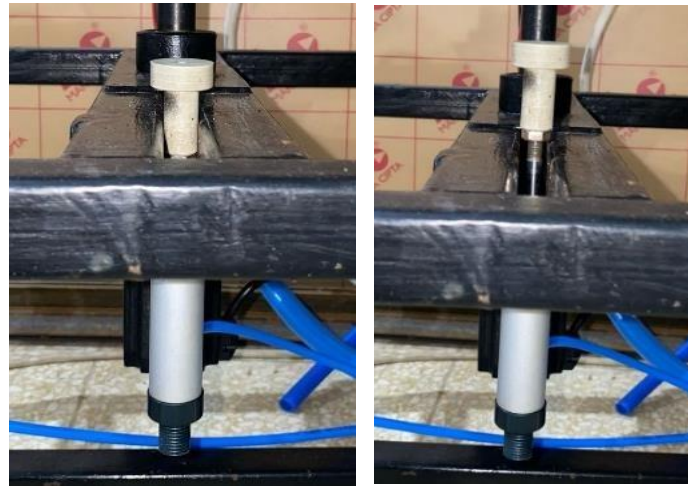
Gambar 4. 8 Hasil Press Menempel



Gambar 4. 10 Hasil Press Meleleh

4.2.4. Pengujian Alat Unloading Tray

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan waktu ideal dalam memudahkan proses pemindahan cup yang telah tersegel dengan baik dari meja Star Wheel menggunakan silinder pneumatik MAL 16x50. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa cup dapat terdorong keluar dengan sempurna tanpa merusak segel atau menyebabkan kendala dalam proses unloading.



(a)

(b)

Gambar 4. 11 Pengujian (a) Alat Unloading Cup dan (b) alat unloading naik

No	Waktu Pengujian (det)	Hasil Pengujian
1	1	Terlalu Cepat
2	2	Terlalu Cepat
3	3	Terlalu Cepat
4	4	Cukup
5	5	Cukup

Dari hasil pengujian tersebut, waktu ideal silinder pneumatik MAL 16x50 untuk mendorong cup keluar dari meja Star Wheel untuk kemudian diambil oleh operator adalah 5 detik.

4.2.5. Pengujian Alat Cup Dropper

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan waktu ideal dalam mengoperasikan Cup Dropper yang digerakkan oleh silinder pneumatik MAL 16x25. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat memisahkan dan menjatuhkan cup dari tumpukan secara akurat dan konsisten, tanpa terjadi kemacetan atau kesalahan dalam proses pelepasan cup ke posisi pengisian.



Gambar 4. 12 Cup Dropper Mendorong



Gambar 4. 13 Cup Dropper Diam

Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Cup Dropper

Kondisi Valve	Kondisi Silinder	Hasil Pengujian
Aktif	Mendorong alat	Cup terpisah dan jatuh ke posisi pengisian
Tidak Aktif	Tidak Bergerak	Tidak ada pergerakan, cup tetap di tempat

Tabel ini menunjukkan bahwa saat valve aktif, silinder MAL 16x25 akan mendorong alat untuk memisahkan cup, sedangkan saat valve tidak aktif, tidak ada pergerakan dan cup tetap berada di tempatnya.

4.2.6. Pengujian Pompa (Filling)

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan lama waktu ideal dalam mengoperasikan pompa peristaltik agar menghasilkan volume cairan yang sesuai dengan kebutuhan sistem. Pompa akan diaktifkan dalam durasi tertentu, kemudian volume cairan yang dikeluarkan diukur. Hasil pengujian ini akan digunakan untuk memastikan akurasi pengisian serta efisiensi proses pengisian cairan dalam sistem Mesin Filling dan Sealing Cup.

Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Pompa

No	Lama Waktu (detik)	Volume Terpompa (mL)	Selisih (mL)
1	2	130 ±5	-267
2	3	200	-200
3	4	270 ±5	-133
4	5	330 ±5	-67
5	6	400	0 (sesuai)
6	7	470 ±5	+67
7	8	530 ±5	+133
8	9	600	+200
9	10	670 ±5	+267
10	11	730 ±5	+333



Gambar 4. 14 Gambar 30ml, 250ml dan 400ml

Berdasarkan hasil pengujian, waktu optimal untuk pengisian cairan adalah 6 detik, dengan hasil volume 400 mL, yang sesuai dengan

kebutuhan sistem. Waktu di bawah 6 detik menghasilkan volume yang kurang, sedangkan waktu di atas 6 detik menyebabkan kelebihan volume yang dapat mengganggu proses produksi.

4.3. Pengujian Lama Waktu Pengemasan

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan waktu rata-rata yang dibutuhkan dalam proses pengemasan satu cup mulai dari awal hingga siap diambil. Proses pengemasan meliputi beberapa tahapan utama, yaitu pelepasan cup dari tumpukan (Cup Dropper), pengisian cairan oleh pompa, pengepresan plastik lid untuk penyegelan, dan pelepasan cup setelah tersegel (Unloading). Setiap tahapan dipisahkan oleh pergerakan meja Star Wheel yang berputar 90° untuk memindahkan cup ke tahapan berikutnya. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh proses berjalan dengan efisien dan stabil, serta mendapatkan waktu ideal yang dibutuhkan dalam pengemasan satu cup.

Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Lama Waktu Pengemasan

No.	Tahap	Proses	Waktu (detik)
1	Tahap 1	Cup Dropper (Menjatuhkan Cup)	2.0
2	Meja Berputar 90°	Menuju Tahap 2	3.0
3	Tahap 2	Pengisian oleh Pompa	6.0
4	Meja Berputar 90°	Menuju Tahap 3	3.0
5	Tahap 3	Pengepresan Plastik Lid	6.0
6	Meja Berputar 90°	Menuju Tahap 4	3.0
7	Tahap 4	Unloading (Pelepasan Cup)	5.0
Total Waktu	Keseluruhan Proses		28.0

Dari data di atas, dapat dilihat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk pengemasan satu cup yaitu 28 detik, setelah pemanasan awal Heater mencapai setpoint 150°.