

# Perancangan Sistem Pengisian Otomatis Cairan *Thinner* Untuk Optimalisasi Proses *Coating PCB* Pada Mesin *Coating TTnS* Di PT. XYZ

Adams Tanjaya Abe<sup>1</sup>, Nanta Fakhri Prebianto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department Of Electrical Engineering, Electronics Engineering Technology Study Program, Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia.

\*Email : nanta@polibatam.ac.id

**Abstrak** - Proses coating pada proses manufaktur *Printed Circuit Board (PCB)* memerlukan pengisian ulang cairan *thinner* secara berkala untuk mencegah penyumbatan pada aplikator coating. Operasi pengisian *thinner* di PT XYZ masih menggunakan metode manual yang rentan terhadap keterlambatan dan pemborosan material akibat keterbatasan monitoring yang bergantung pada operator. Penelitian ini menyajikan pengembangan sistem pengisian *thinner* otomatis berbasis teknologi *optical level sensor* untuk meningkatkan efisiensi operasional dan kontinuitas produksi. Studi ini menggunakan metodologi *Research and Development (R&D)* dengan mengikuti model *ADDIE* yang mencakup tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Perancangan sistem menerapkan prinsip *condition-based automation* dengan mikrokontroler *ESP32*, *optical level sensor* untuk deteksi level cairan, dan *motor pump DC* sebagai aktuator pengisian. Evaluasi kinerja dilakukan melalui tiga penilaian utama: stabilitas volume pemompaan, efisiensi konsumsi *thinner*, dan survei kinerja sistem. Hasil penelitian menunjukkan sistem mempertahankan volume cairan dalam toleransi  $\pm 0,1$  mm dari target 30 mm dengan volume pompa rata-rata 3,13 mL per siklus. Efisiensi penggunaan *thinner* meningkat signifikan dengan penghematan material 13,72-60,98 mL per hari, mengurangi pemborosan hingga 73,5% dibandingkan operasi manual. Evaluasi survei melibatkan 26 responden mencapai rating validasi "Sangat Valid" dengan skor rata-rata 4,59 pada skala 5 poin di seluruh aspek yang diukur termasuk konsistensi sistem, efisiensi *thinner*, pengurangan beban kerja, efisiensi waktu pengisian, dan kemudahan penggunaan. Sistem pengisian *thinner* otomatis menunjukkan efektivitas signifikan dalam meningkatkan produktivitas proses coating PCB, mengurangi downtime, dan meminimalkan human error dalam operasi manufaktur. *kata*

**Kata kunci** : sistem pengisian liquid otomatis, *optical level sensor*, *esp32*, cairan *thinner*.

## I. PENDAHULUAN

Dalam era Industri 4.0, otomatisasi memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas proses manufaktur, termasuk pada industri *Printed Circuit Board (PCB)*. Salah satu tahapan penting dalam produksi *PCB* adalah proses *coating*, yaitu pelapisan pelindung yang berfungsi menjaga komponen dari pengaruh lingkungan serta meningkatkan daya tahan produk[1].

Di PT XYZ, penggunaan cairan *thinner* dalam proses *coating* memiliki peranan krusial, terutama untuk mencegah penyumbatan pada saluran *applicator coating* yang dapat mempengaruhi kualitas hasil akhir. Namun, proses pengisian *thinner* saat ini masih dilakukan secara

manual, di mana operator harus memeriksa dan mengisi ulang cairan *thinner* secara berkala. Prosedur manual ini rentan terhadap berbagai kendala, seperti keterlambatan pengisian akibat kelalaian dalam memantau ketersediaan cairan *thinner* yang dapat potensi terjadinya penyumbatan pada *applicator coating*.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dikembangkan, otomatisasi sistem pengisian cairan *thinner* menjadi solusi yang relevan. Salah satu teknologi yang dapat diimplementasikan adalah *Optical level sensor*, yang dapat mendeteksi level cairan *thinner* serta tahan terhadap gangguan lingkungan. Penggunaan sensor ini telah terbukti efektif dalam sistem monitoring industri pada berbagai studi sebelumnya [2].

Oleh karena itu, pengembangan sistem pengisian otomatis cairan *thinner* berbasis *Optical level sensor* diharapkan dapat meningkatkan kontinuitas proses produksi, mengurangi downtime, menekan biaya operasional, serta meningkatkan keselamatan kerja. Meskipun otomatisasi pada industri manufaktur telah banyak diteliti, namun penerapannya secara spesifik pada proses pengisian *thinner* di mesin *coating PCB* masih memerlukan kajian lebih lanjut[3].

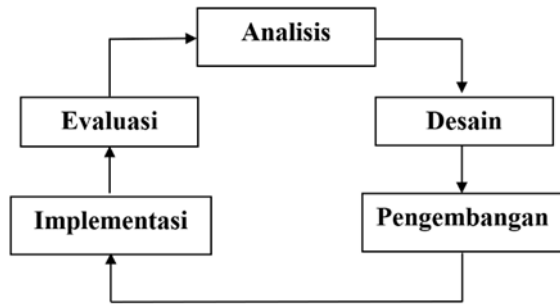
## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Metode R&D ADDIE

Tahap penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan metode (Research and development) R&D. Dalam otomatisasi industri manufaktur metode ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, kualitas produk, dan proses produksi. Langkah-langkah dari proses ini biasanya disebut sebagai siklus R&D, yang meliputi menganalisa kebutuhan dalam proses manufaktur, mengembangkan sistem otomatisasi berdasarkan temuan, serta merevisinya untuk mengatasi kekurangan yang ditemukan selama pengujian[4].

R&D yang digunakan pada penelitian ini yaitu model (ADDIE) Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation. Rimiszowski (1996) mengemukakan bahwa pada tingkat desain materi pembelajaran dan pengembangan, sistematis sebagai aspek prosedural pendekatan sistem telah

diwujudkan dalam banyak praktik metodologi untuk desain.[5]



**Gambar 1.** Diagram Model R&D ADDIE

Berikut adalah penjelasan masing-masing tahapan model ADDIE dalam konteks penelitian ini:

a) Analisis

Tahap awal ini dilakukan dengan menganalisis permasalahan pada proses produksi coating, terutama dalam pengisian thinner ke dalam solvent cup yang masih dilakukan secara manual. Permasalahan yang muncul antara lain ketidakkonsistenan volume cairan, risiko penyumbatan pada coating, dan potensi pemborosan cairan.

b) Desain

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem autofill berbasis sensor dan mikrokontroler. Komponen yang dirancang meliputi pemilihan sensor cairan (seperti optical atau ultrasonik), mikrokontroler (seperti ESP32), serta sistem kontrol pompa. Selain itu, juga dirancang alur kerja sistem dan skematik rangkaian elektronik.

c) Pengembangan

Tahap ini merupakan realisasi dari desain yang telah dibuat. Sistem mulai dirakit dan diuji secara fungsional, baik perangkat keras maupun perangkat lunak. Pengujian dilakukan dalam skala kecil untuk memastikan respon sensor, akurasi volume cairan, serta kontrol otomatis bekerja sesuai logika.

d) Implementasi

Sistem diuji secara langsung pada proses produksi nyata. Pengamatan dilakukan untuk melihat kestabilan sistem, kecepatan pengisian, serta integrasi dengan alur kerja operator. Pada tahap ini juga dilakukan pencatatan data untuk evaluasi.

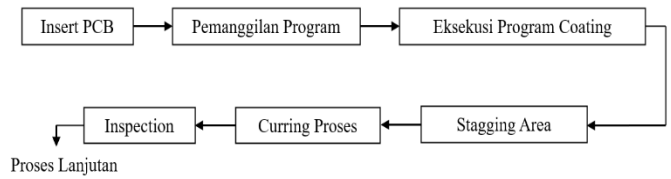
e) Evaluasi

Evaluasi dilakukan dari tiga aspek utama:

- Respon kestabilan akurasi pemompaan cairan thinner
- Perhitungan efisiensi penggunaan cairan thinner, yaitu membandingkan jumlah cairan yang digunakan sebelum dan sesudah penggunaan sistem autofill.
- Survei terhadap operator, dengan tujuan mengetahui seberapa besar alat ini membantu meringankan pekerjaan, mengurangi kesalahan

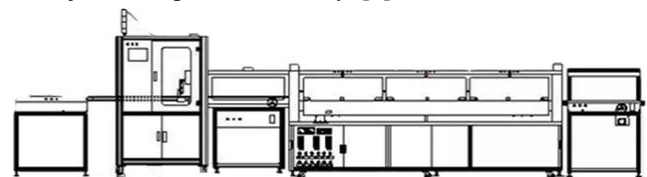
manusia (human error), serta dampaknya terhadap kelancaran proses produksi.

B. Tahapan Proses PCB Coating



**Gambar 2.** Diagram Alur Proses Coating PCB

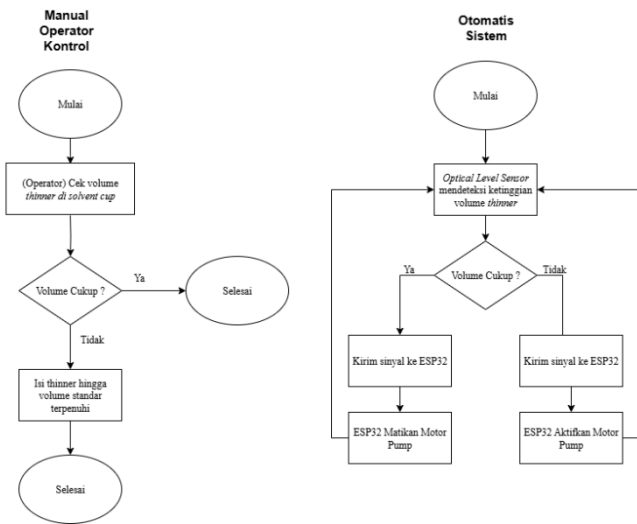
Proses produksi coating pada PCB dimulai dengan tahap Insert PCB Board, yaitu ketika papan sirkuit dimasukkan secara manual atau otomatis ke dalam mesin melalui jalur conveyor[6]. Setelah itu, dilakukan pemanggilan program coating PCB yang telah dipersiapkan sebelumnya sesuai dengan tipe dan kebutuhan produk. Program ini berisi parameter jalur aplikasi coating, kecepatan coating, serta volume material yang digunakan. Mesin kemudian menjalankan eksekusi program coating, di mana coating bergerak mengikuti pola yang telah ditentukan untuk melapisi permukaan PCB dengan cairan pelindung. Setelah proses coating selesai, PCB bergerak menuju tahap staging area untuk antrian sementara, sebelum memasuki proses curing (pengeringan), baik melalui lampu UV maupun oven, guna memastikan lapisan coating mengering dan menempel dengan sempurna. Tahapan terakhir adalah inspection, yaitu pemeriksaan visual atau otomatis untuk memastikan kualitas pelapisan merata dan sesuai standar sebelum produk melanjutkan ke proses berikutnya[7].



**Gambar 3.** Line Process Coating PCB

C. Diagram Alur Perancangan Sistem

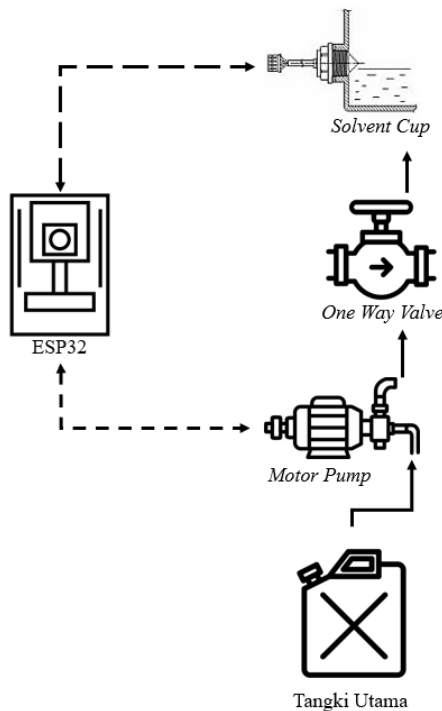
Perancangan sistem ini bertujuan untuk mengotomatiskan proses pengisian cairan thinner yang sebelumnya dilakukan secara manual[8]. Pada sistem manual, pengisian dilakukan berdasarkan pengamatan visual terhadap level cairan, yang sangat bergantung pada ketelitian dan kedisiplinan operator sehingga rentan terhadap kelalaian, keterlambatan pengisian, serta pemborosan cairan. Lalu dikembangkanlah sistem yang dirancang menggunakan sensor optical level sebagai input utama untuk mendeteksi ketinggian cairan secara real-time dan mengaktifkan pompa secara otomatis saat cairan berada di bawah ambang batas[9]. Dengan sistem otomatis ini, proses pengisian menjadi lebih presisi, cepat, dan konsisten tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung, serta mampu meminimalkan risiko gangguan produksi akibat penyumbatan pada coating.



Gambar 4. Flowcart Perancangan Sistem

#### D. Diagram Blok Sistem

Untuk memberikan pemahaman yang lebih jelas mengenai alur kerja sistem yang dirancang, digunakan sebuah diagram blok yang menggambarkan hubungan antara setiap komponen utama. Diagram blok ini menunjukkan bagaimana sensor optical level, mikrokontroler, serta aktuator (motor pompa) saling berinteraksi dalam menjalankan proses kontrol otomatis pengisian cairan thinner. Berikut adalah diagram blok sistem autofill thinner yang telah dirancang :

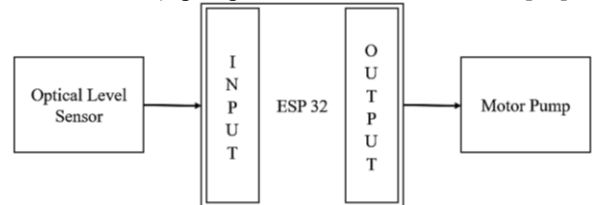


Gambar 5. Diagram Blok Sistem

#### E. Perinsip Kerja Sistem

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *Condition-Based Automation*[10], yaitu metode otomasi yang bekerja berdasarkan kondisi atau status tertentu dari lingkungan atau proses yang dimonitor. Dalam penelitian ini, kondisi yang dimaksud adalah tingkat

ketinggian cairan thinner yang dideteksi oleh optical level sensor. Sensor ini menghasilkan sinyal digital biner (HIGH atau LOW) [11] yang secara langsung merepresentasikan status terendam atau tidaknya prisma sensor oleh cairan thinner. Ketika sensor mendeteksi bahwa cairan berada di bawah ambang batas (prisma belum terendam), maka sistem akan mengaktifkan motor pump untuk mengisi cairan. Sebaliknya, ketika cairan telah mencapai batas sensor (prisma terendam), pompa akan otomatis dimatikan[12].



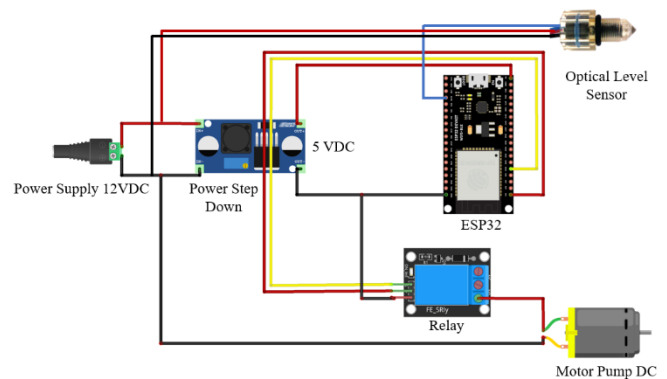
Gambar 6. Prinsip Kerja Sistem

Tabel 1. Table Kebenaran Sistem Kerja

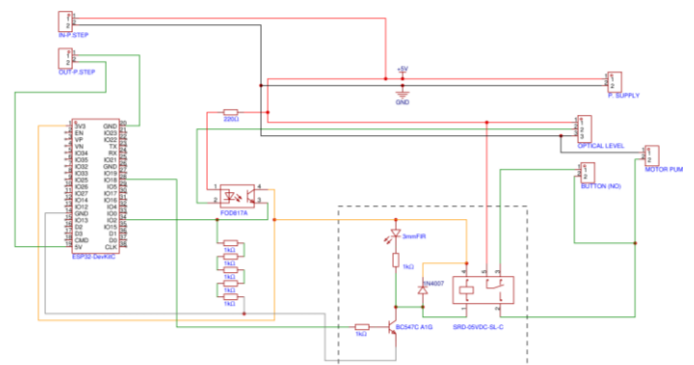
In	Out	Keterangan
1	0	Cairan di bawah ambang → Motor ON
0	1	Cairan cukup → Motor OFF

#### F. Elektrikal Desain

Berikut menunjukkan Perancangan komponen vital (**Gambar 7. Perancangan Elektrikal**) dan juga perancangan skematik (**Gambar 8. Perancangan Skematik**) dari sistem Autofill thinner. Desain ini mencakup dari ESP32, Optocoupler, Optical level sensor, Relay dan Motor.



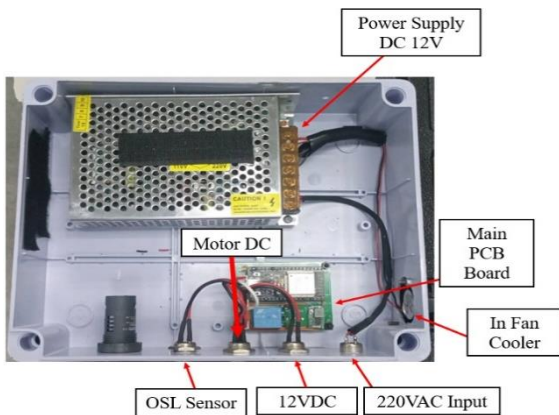
Gambar 7. Elektrikal Wiring Diagram



Gambar 8. Skematik Elektrikal Sistem

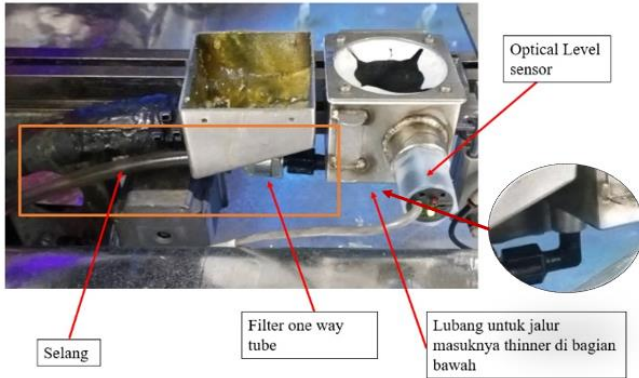
### III. HASIL DAN PENGUJIAN

#### A. Hasil Implementasi Perancangan Sistem



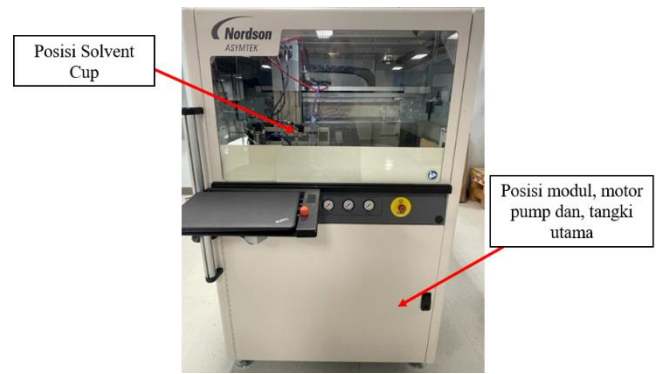
**Gambar 9.** Modul Sistem Pengisian Otomatis *Thinner*

**Gambar 9** menunjukkan modul *autofill* thinner yang terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain: power supply DC 12V, motor DC, main PCB board, sensor OSL, input 12VDC, dan input 220VAC. Modul ini dirancang untuk menjalankan sistem pengisian otomatis thinner ke dalam *solvent cup* pada mesin *coating*, sehingga volume cairan di dalam tangki dapat terjaga secara stabil. Power supply mengkonversi tegangan AC 220V menjadi DC 12V untuk memberi daya pada motor dan rangkaian elektronik. Sensor OSL berfungsi mendeteksi level cairan pada tangki, sedangkan motor DC bertugas untuk memompa cairan thinner dari tangki utama menuju *solvent cup*

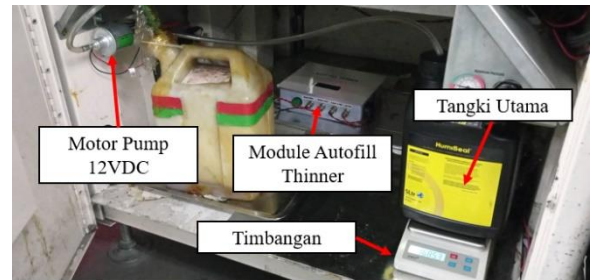


**Gambar 10.** *Solvent Cup*, Sensor dan Jalur Pengisian

Pada **Gambar 10** bagian depan *solvent cup* terdapat *Optical level sensor* yang digunakan untuk mendeteksi ketinggian cairan thinner secara langsung. Terdapat lubang pada bagian bawah cup yang berfungsi sebagai jalur utama masuknya cairan thinner yang dipompa dari tangki melalui selang fleksibel. Di jalur ini terpasang filter satu arah yang tidak hanya menyaring kotoran agar tidak masuk ke saluran *coating*, tetapi juga bertindak sebagai katup satu arah untuk mencegah cairan yang sudah masuk ke dalam cup kembali ke tangki.



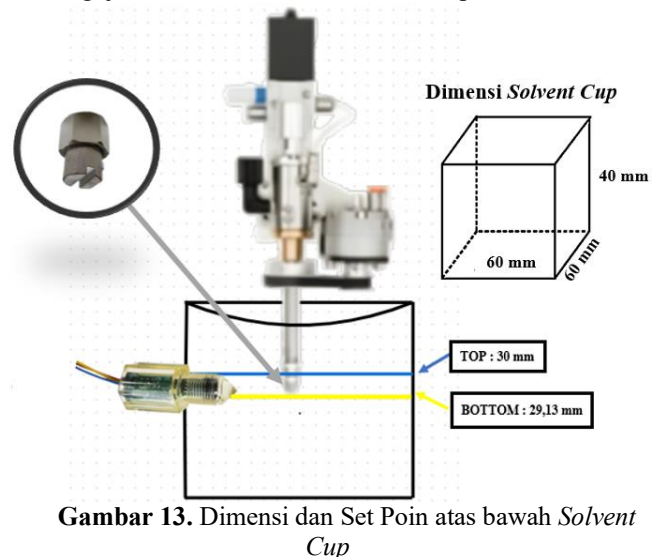
**Gambar 11.** Implementasi Posisi Sistem



**Gambar 12.** Implementasi Posisi Sistem dan Modul Pengisian Otomatis

Posisi pemasangan modul *autofill* pada mesin *coating* untuk *solvent cup* terletak di bagian dalam ruang kerja mesin *Nordson Asymtek* yang digunakan sebagai tempat penampungan *thinner* untuk kebutuhan *coating*. Modul *autofill*, termasuk *motor pump* dan tangki utama, dipasang di bagian bawah mesin, dengan penempatan strategis agar terhubung langsung ke jalur pengisian *solvent cup* secara efisien. Penempatan ini memungkinkan sistem bekerja secara efisien tanpa mengganggu proses utama mesin *coating*.

#### B. Pengujian Konsistensi Volume Pemompaan *Thinner*



**Gambar 13.** Dimensi dan Set Poin atas bawah *Solvent Cup*

Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana sistem bisa mengisi cairan thinner ke dalam *solvent cup* dengan stabil, berdasarkan dua batas kondisi (set point) yang diukur oleh optical level sensor. Sensor akan mengaktifkan motor pompa ketika tinggi cairan mencapai titik bawah yaitu 29,13 mm, dan mematikan mesin pompa saat cairan sampai ke titik atas yaitu 30 mm. Jarak antara kedua titik ini adalah 0,87 mm,

dan jarak ini digunakan untuk menghitung volume cairan yang dipompa dalam satu putaran.

Berdasarkan pengukuran dimensi dasar solvent cup, yang memiliki panjang (P) dan lebar (L) masing-masing sebesar 60 mm, maka luas alas (A) dapat dihitung sebagai berikut:

$$A = P \times L = 60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm} = 3600 \text{ mm}^2$$

Selanjutnya, volume cairan yang harus dipompa dalam satu siklus ditentukan oleh:

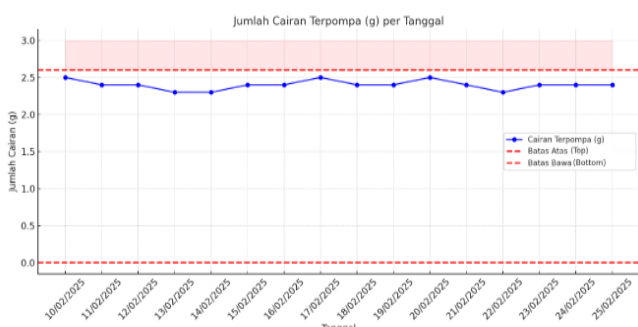
$$V = A \times \Delta h = 3600 \text{ mm}^2 \times 0,87 \text{ mm}$$

$$V = 3132 \text{ mm}^3 = 3,13 \text{ mL} = 2,6g$$

Untuk memastikan kestabilan volume cairan thinner dalam solvent cup selalu terjaga dalam jumlah volume yang stabil, sistem dirancang agar dapat memompa cairan secara otomatis saat level cairan berada di bawah batas bawah (29 mm) dan berhenti ketika mencapai batas atas (30 mm). Berdasarkan hasil pengujian, volume cairan yang dipompa per siklus rata-rata sebesar 3,13 mL, sesuai dengan selisih ketinggian cairan 0,87 mm [13].

**Tabel 1.** Data Rata-rata Jumlah Thinner yang Dipompa/siklus

Tanggal	Rata rata Jumlah Thinner Dipompa/siklus
10/02/2025	2,44
11/02/2025	2,40
12/02/2025	2,38
13/02/2025	2,42
14/02/2025	2,38
15/02/2025	2,41
17/02/2025	2,37
18/02/2025	2,45
19/02/2025	2,40
20/02/2025	2,44
21/02/2025	2,50
24/02/2025	2,39
25/02/2025	2,44



**Gambar 14.** Chart Konsistensi Pemompaan Thinner

Tabel 1 dan Gambar 14 menyajikan data rata-rata jumlah thinner yang dipompa per siklus selama periode pengamatan pada bulan Februari 2025. Setiap nilai rata-rata harian diperoleh dari tiga sesi pengujian, di mana masing-masing sesi melibatkan 10 kali siklus pemompaan, sehingga total 30 siklus per hari dianalisis.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pemompaan menjaga volume thinner dalam kisaran  $\pm 0,1$  mL dari target volume sebesar 2,4 mL per siklus. Fluktuasi yang kecil ini

menandakan bahwa sistem memiliki kestabilan kerja yang baik, dan secara konsisten menjaga volume cairan sesuai dengan kebutuhan proses.

Pengamatan juga menunjukkan bahwa volume cairan dalam solvent cup tetap berada dalam ambang toleransi ketinggian  $\pm 0,1$  mm dari target 30 mm, yang mengindikasikan bahwa aplikator nozzle selalu dalam kondisi siap operasi. Dengan demikian, sistem ini efektif mencegah terjadinya kekeringan maupun kelebihan cairan, yang berisiko menyebabkan penyumbatan pada proses coating.

Secara keseluruhan, data ini membuktikan bahwa sistem kontrol yang dirancang dengan pendekatan *condition-based automation* mampu menjaga kestabilan volume pemompaan secara otomatis tanpa intervensi manual, sekaligus meningkatkan keandalan dan kontinuitas proses produksi.

### C. Pengujian Efisiensi Penggunaan Thinner

**Tabel 2.** Tabel Perbandingan Penggunaan Thinner Metode Manual dan Otomatis

Tanggal	PO (mL)	PM (mL)	SV (mL)	TE (%)
11/02/25	48.00	81.60	33.60	70.0%
12/02/25	22.87	36.59	13.72	60.0%
13/02/25	49.35	79.51	30.16	61.1%
14/02/25	55.50	94.35	38.85	70.0%
15/02/25	-	-	-	-
16/02/25	101.63	162.61	60.98	60.0%
17/02/25	49.12	78.59	29.47	60.0%
18/02/25	43.82	75.12	31.30	71.4%
19/02/25	69.73	121.02	51.29	73.5%
20/02/25	57.95	95.10	37.15	64.1%
21/02/25	53.00	89.55	36.55	69.0%
22/02/25	-	-	-	-
23/02/25	101.50	162.40	60.90	60.0%
24/02/25	50.50	83.33	32.83	65.0%

\*Catatan : PO (Penggunaan Otomatis), PM (Penggunaan Manual), (SV) Selisih Volume, TE(Total Efisiensi).

Tabel 2 menunjukkan perbandingan penggunaan thinner antara metode manual dan metode otomatis selama pengujian harian. Nilai "Penggunaan Otomatis" (PO) mencerminkan volume thinner yang digunakan oleh sistem otomatisasi, sedangkan "Penggunaan Manual" (PM) menunjukkan konsumsi thinner jika dilakukan secara konvensional oleh operator. Kolom "Selisih Volume" (SV) menunjukkan banyaknya penghematan thinner yang dicapai oleh sistem otomatisasi, dan kolom "Total Efisiensi" (TE) menyajikan persentase efisiensi dari perbandingan tersebut.

Dari data yang ditampilkan, terlihat bahwa penggunaan thinner melalui sistem otomatis menghasilkan penghematan rata-rata yang signifikan, dengan nilai efisiensi berkisar antara 60,0% hingga 73,5%. Misalnya, pada tanggal 19 Februari 2025, sistem otomatis menggunakan 69,73 mL thinner, jauh lebih hemat dibandingkan metode manual yang membutuhkan 121,02 mL, menghasilkan selisih sebesar 51,29 mL atau efisiensi sebesar 73,5%. Efisiensi ini mengindikasikan bahwa sistem otomatisasi tidak hanya mampu menjaga volume cairan thinner dalam solvent cup tetap pada rentang ketinggian yang dibutuhkan ( $\pm 30$  mm), tetapi juga mampu mengurangi pemborosan material secara substansial. Dengan demikian, implementasi otomatisasi

pada sistem pemompaan terbukti memberikan dampak positif terhadap efektivitas proses produksi secara keseluruhan. [14]

#### D. Pengujian Survei Kinerja Sistem

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem autofill thinner berdasarkan persepsi pengguna, yang terdiri dari operator dan teknisi di PT XYZ. Sebanyak 26 responden dilibatkan dalam survei ini, yang datanya dikumpulkan melalui Google Form. Instrumen survei disusun menggunakan skala Likert lima poin sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 3**. [15].

**Tabel 3.** Kategori Skala likert

No	Kategori	Skor
1	Sangat Setuju	5
2	Setuju	4
3	Netral	3
4	Tidak Setuju	2
5	Sangat Tidak Setuju	1

Setelah itu rata rata skor menggunakan rumus :

$$R = (\sum Vi) / n$$

Dimana : R = rata rata skor evaluasi

Vi = Total skor responden ke-i

n = Jumlah responden

Berdasarkan nilai rata-rata tersebut, interpretasi hasil dikategorikan sebagaimana disajikan pada **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Kategori Nilai Rata-rata Hasil Evaluasi

Skor rata-rata (RTV)	Kategori
$4 \leq RTV \leq 5$	Sangat Valid
$3 \leq RTV < 4$	Valid
$2 \leq RTV < 3$	Tidal valid
$1 \leq RTV < 2$	Sangat Tidak Valid

Hasil rekapitulasi penilaian terhadap lima indikator utama penelitian yang dapat dilihat pada **Tabel 5**.

**Tabel 5.** Hasil Rekapitulasi Penilaian Responden

Aspek	(Vi)	(n)	Skor Evaluasi
Konsisten kerja sistem	117	26	Sangat Valid
Effisiensi penggunaan thinner	117	26	Sangat Valid
Pengurangan beban kerja	122	26	Sangat Valid
Effisiensi waktu pengisian	118	26	Sangat Valid
Kemudahan penggunaan	123	26	Sangat Valid

\*Catatan : Vi (Rata rata skor responden), n (Jumlah responden).

Secara keseluruhan, sistem autofill thinner memperoleh rata-rata skor validasi 4,59 yang dikategorikan sebagai "Sangat Valid" berdasarkan kriteria validasi yang ditetapkan ( $4 \leq RTV \leq 5$ ). Semua aspek yang diukur menunjukkan

tingkat persetujuan yang sangat tinggi dengan lebih dari 26 responden memberikan respon setuju hingga sangat setuju. Hasil ini mengindikasikan bahwa sistem telah memenuhi ekspektasi pengguna dan siap untuk diimplementasikan dalam lingkungan operasional industri.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Hidayat and H. S. Winahyu, "Automatic Liquid Filling Machine using Flow Sensor and Arduino Pro Mini," *Indonesian Journal of Engineering Research*, vol. 1, no. 1, pp. 27–31, Oct. 2020, doi: 10.11594/ijer.01.01.05.
- [2] R. Siswanto Manullang and D. Aswan Ritonga, "Jurnal Mesil (Mesin Elektro Sipil) Perancangan Conveyor Pada Mesin Pengisi Botol Otomatis," vol. 3, no. 2, pp. 30–36, 2022.
- [3] A. L. Bowler, M. P. Pound, and N. J. Watson, "A review of ultrasonic sensing and machine learning methods to monitor industrial processes," Aug. 01, 2022, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.ultras.2022.106776.
- [4] P.: Fayrus, A. Slamet, and M. Pd, *MODEL PENELITIAN PENGEMBANGAN (R n D)*. 2022.
- [5] A. Dalimunthe, M. Affandi, and E. D. Suryanto, "PENGEMBANGAN MODUL PRAKTIKUM TEKNIK DIGITAL MODEL ADDIE," *Jurnal TIK dalam Pendidikan*, vol. 8, no. 1, 2021.
- [6] C. El-Achkar, V. Kreider, M. Mullinax, and M. Sabanski, "ME 450 Fall 2024 Semester Final Report Team 24 EDGE HOLDER PRINTED CIRCUIT BOARD CONVEYOR OPTIMIZATION 0."
- [7] T. Vafeiadis, N. Dimitriou, D. Ioannidis, T. Wotherspoon, G. Tinker, and D. Tzovaras, "A framework for inspection of dies attachment on PCB utilizing machine learning techniques," *Journal of Management Analytics*, vol. 5, no. 2, pp. 81–94, Apr. 2018, doi: 10.1080/23270012.2018.1434425.
- [8] T. O'Grady, H. Y. Chong, and G. M. Morrison, "A systematic review and meta-analysis of building automation systems," *Build Environ*, vol. 195, p. 107770, May 2021, doi: 10.1016/J.BUILDENV.2021.107770.
- [9] D. Junaedi, S. A. Lesmana, I. Roswandi, and A. Bramastro, "Performance Analysis of Filling Machine Using Overall Equipment Effectiveness Metric in Beverage Company," *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*, vol. 09, no. 01, pp. 38–45, 2023, doi: 10.31695/ijasre.2023.9.1.5.
- [10] J. Huo and C. K. M. Lee, "Intelligent workload balance control of the assembly process considering condition-based maintenance," *Advanced Engineering Informatics*, vol. 49, p. 101341, Aug. 2021, doi: 10.1016/J.AEI.2021.101341.
- [11] S. Hajeb-Mohammadalipour, A. Cascella, M. Valentine, and K. H. Chon, "Automated condition-based suppression of the CPR artifact in ECG data to make a reliable shock decision for AEDS during CPR," *Sensors*, vol. 21, no. 24, Dec. 2021, doi: 10.3390/s21248210.

- [12] F. Gea Airlangga and A. Triwiyatno, "PERANCANGAN SISTEM AUTOMASI PADA PENGEMASAN SUSU DALAM BOTOL DENGAN PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) OMRON CPIE TERHADAP PURWARUPA FILLING BOTTLE AND CAPPING MACHINE."
- [13] P. Escandón-Panchana, F. Morante-Carballo, G. Herrera-Franco, H. Rodríguez, and F. Carvajal, "Fluid Level Measurement System in Oil Storage. Python, Lab-Based Scale," *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, vol. 9, no. 3, pp. 787–795, Jun. 2022, doi: 10.18280/mmep.090327.
- [14] Y. Erdani, S. Aminah, I. Lestary, J. T. Mekatronika, and M. Bandung, "PEMBUATAN ERP (ENTERPRISE RESOURCE PLANNING) PADA PROTOTYPE MESIN AUTOMATION FILLING SYSTEM MENGGUNAKAN INTERFACE WEBSITE," *Jurnal Mekanova : Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, vol. 10, no. 2, 2024.
- [15] Tanti Listiani, "The development of educational research statistics teaching materials using the ADDIE model," *THE 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE AND SCIENCE EDUCATION (IconSSE 2021): Integrating Rapid Technology and Whole Person Education in Science and Science Education to Encounter the New Normal Era*, vol. 2542, no. 1, Sep. 2021.