TSAQOFAH
Jurnal Penelitian Guru Indonesia

p-ISSN: 2810-0395
e-ISSN: 2810-0042

Terindeks : Dimensions, Scilit, Lens, Semantic, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/tsaqofah.v5i3.6015

# ANALISIS VALIDITAS *CNC (COMPUTER NUMERICAL CONTROL) PICK AND PLACE* PADA *TRAINER SMART MANUFACTURING INDUSTRY 4.0 (SMI) T201*

# The Validity Analysis of CNC (Computer Numerical Control) Pick and Place on the Trainer Smart Manufacturing Industry 4.0 (SMI) T201

**Wendi Andika Prasetya & Putra Jaya**
Universitas Negeri Padang
wendiandikaprasetya@gmail.com

**Article Info:**

| Submitted: | Revised: | Accepted: | Published: |
|---|---|---|---|
| Apr 15, 2025 | May 12, 2025 | May 25, 2025 | May 30, 2025 |

**Abstract**

This study is motivated by the need to evaluate the validity and reliability of the automated control program in the CNC Pick and Place system on the Smart Manufacturing Industry 4.0 (SMI) T201 Trainer to ensure precise and efficient performance in the context of industrial automation. A quantitative experimental method was employed, involving stepwise testing of the system's main components, namely the suck pump, X- and Y-axis servo motors, and pneumatic cylinder. Data were collected from 15 trials, documented in video format, and analyzed quantitatively based on operational time and accuracy. The control logic was developed using flowcharts and state diagrams in the TIA Portal software, with performance standards referencing the ability to place 100 SMD components per hour. Instrument validity was assessed using the Pearson correlation coefficient at a 5% significance level, while criterion validity was determined by comparing machine outputs with manual standards. The results demonstrated that the system operates with stability, accuracy, and efficiency, as shown by an average arrangement time of 14.24 minutes for 25 bottles and a standard


Tsaqofah journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

deviation of ±0.0065 minutes. All main components functioned optimally, the system's validity was proven to be strong and significant, and operational reliability was confirmed through repeated testing. These findings affirm that the CNC Pick and Place system on the SMI T201 Trainer is a viable and reliable automation solution for intelligent technology-based industrial environments.

**Keywords:** System Validity; Operational Reliability; CNC Pick and Place; Industrial Automation; Quantitative Experiment

**Abstrak:** Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan untuk menguji validitas dan reliabilitas program kontrol otomatisasi pada sistem CNC *Pick and Place* di *Trainer* Smart Manufacturing Industry 4.0 (SMI) T201 guna menjamin performa kerja yang presisi dan efisien dalam konteks otomasi industri. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif dengan pengujian bertahap terhadap komponen utama sistem, yaitu *suck pump*, motor *servo* sumbu X dan Y, serta *cylinder pneumatic*. Data dikumpulkan melalui 15 kali pengujian yang didokumentasikan dalam bentuk video dan dianalisis secara kuantitatif berdasarkan waktu dan akurasi kerja. Logika kontrol dikembangkan menggunakan *flowchart* dan *state diagram* pada perangkat lunak TIA *Portal*, dengan standar performa mengacu pada kemampuan penempatan 100 komponen SMD per jam. Validitas instrumen diuji menggunakan koefisien korelasi Pearson pada taraf signifikansi 5%, sedangkan validitas kriteria diperoleh dengan membandingkan hasil kerja mesin terhadap standar manual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem memiliki performa stabil, akurat, dan efisien dengan rata-rata waktu penyusunan 25 botol sebesar 14,24 menit dan simpangan baku ±0,0065 menit. Seluruh komponen utama berfungsi optimal, validitas sistem terbukti kuat dan signifikan, serta reliabilitas operasional terkonfirmasi melalui pengujian berulang. Temuan ini menegaskan bahwa sistem CNC *Pick and Place* pada *Trainer* SMI T201 layak diterapkan sebagai solusi otomatisasi yang andal dalam lingkungan industri berbasis teknologi cerdas.

**Kata Kunci**: Validitas Sistem; Reliabilitas Operasional; CNC *Pick and Place*; Otomatisasi Industri; Eksperimen Kuantitatif

## PENDAHULUAN

Di era Revolusi Industri 4.0 yang berkembang pesat, keterampilan praktis di bidang teknik dan teknologi menjadi sangat penting. Revolusi ini ditandai dengan pemanfaatan teknologi canggih seperti Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), big data, dan otomatisasi, yang mengubah cara industri beroperasi. Teknologi-teknologi ini membantu pabrik dan perusahaan untuk menjadi lebih efisien, terhubung, dan fleksibel dalam proses produksinya. Dalam konteks ini, Programmable Logic Controller (PLC) memainkan peran utama dalam mengendalikan berbagai mesin dan proses otomatis, dari pengendalian conveyor hingga sistem robotik (Schwab, 2016). Selain itu, sistem *Pick and Place* berbasis CNC (Computer Numerical Control) semakin banyak digunakan dalam industri untuk

meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses pemindahan objek secara otomatis. Sistem CNC ini memungkinkan kontrol yang lebih presisi, sehingga mempercepat produksi dan mengurangi kemungkinan kesalahan.

Oleh karena itu, selain pengetahuan teoritis, keterampilan praktis yang dapat diterapkan di dunia nyata menjadi sangat dibutuhkan. Salah satu cara terbaik untuk mempersiapkan tenaga kerja menghadapi tantangan industri 4.0 adalah melalui penggunaan alat pelatihan atau simulator yang mensimulasikan kondisi kerja nyata. Dengan alat ini, peserta pelatihan dapat belajar lebih efektif dan aman, serta memperoleh pengalaman langsung dalam mengoperasikan mesin-mesin otomatis dan sistem CNC *Pick and Place*, yang merupakan komponen penting dalam banyak proses industri modern.

Salah satu penerapan teknologi yang berkembang pesat adalah sistem *Pick and Place*, yang digunakan untuk memindahkan objek secara otomatis dari satu tempat ke tempat lain dalam proses produksi. Sistem ini banyak diterapkan di berbagai sektor industri, seperti manufaktur, perakitan elektronik, dan pengemasan. Sistem CNC *Pick and Place* menggabungkan pengendalian numerik komputer (CNC) dengan kemampuan memindahkan objek secara otomatis menggunakan aktuator dan sensor, yang dikendalikan oleh PLC. Sistem ini dirancang untuk membantu pengguna memahami dan mengendalikan proses *Pick and Place*, serta memberi pemahaman lebih dalam tentang bagaimana elemen-elemen dalam sistem bekerja bersama.

Mesin perkakas CNC modern menggunakan PLC (Programmable Logic Controller) sebagai pengganti kontrol relay untuk menyelesaikan kontrol logika. Struktur mesin perkakas yang dikendalikan numerik ini lebih kompak, memiliki lebih banyak fitur, dan responsivitas serta keandalannya sangat meningkat. Pengendali terprogram (PLC) dirancang khusus untuk aplikasi di lingkungan industri dan untuk merancang sistem elektronik digital yang melakukan operasi aritmatika. PLC menggunakan memori program yang dapat diprogram, melakukan perhitungan logika di dalam penyimpanan internalnya, serta mengontrol urutan, timer, penghitung, dan operasi aritmatika lainnya melalui input dan output digital maupun analog untuk mengendalikan berbagai jenis peralatan mekanis dan proses produksi.(Yun-Kuan,2015)

Namun, untuk memastikan bahwa sistem CNC *Pick and Place* memberikan manfaat yang maksimal, penting untuk mengevaluasi seberapa efektif dan relevan alat ini dalam kondisi nyata. Salah satu cara untuk menilai efektivitasnya adalah melalui analisis validitas. Uji validitas sangat penting untuk memastikan bahwa setiap elemen dalam sistem berfungsi

dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Validitas sistem tidak hanya mengukur presisi dan akurasi gerakan *Pick and Place*, tetapi juga memastikan bahwa sistem dapat beroperasi tanpa masalah di dunia nyata. Kesalahan dalam penempatan objek bisa menyebabkan gangguan dalam proses produksi, penurunan kualitas produk, atau bahkan kerugian finansial. Oleh karena itu, uji validitas diperlukan untuk memastikan bahwa sistem dapat bekerja dengan andal dan konsisten.

Sistem CNC *Pick and Place* terdiri dari beberapa komponen utama, seperti motor servo untuk kontrol gerakan, gripper untuk mengambil dan menempatkan objek, serta sensor untuk mendeteksi posisi objek. Dalam implementasi di industri, peran PLC sebagai pengendali utama sangat penting, karena kemampuannya dalam mengelola kontrol yang kompleks dengan pemrograman ladder yang sederhana namun efektif. Namun, seperti halnya sistem otomatisasi lainnya, ada tantangan dalam proses validasi sistem ini, seperti masalah presisi penempatan objek, waktu siklus yang lebih lama dari yang diharapkan, atau ketidakmampuan sistem untuk menangani objek dengan karakteristik tertentu. Oleh karena itu, penelitian ini fokus untuk mengidentifikasi dan menguji berbagai aspek dari sistem CNC *Pick and Place* untuk menilai tingkat validitas dan kinerjanya dalam lingkungan industri.

Melalui uji validitas yang komprehensif, diharapkan dapat ditemukan solusi untuk mengatasi masalah yang ada, serta menghasilkan rekomendasi yang dapat meningkatkan performa sistem, mempercepat proses produksi, dan meningkatkan efisiensi energi dalam jangka panjang.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen kuantitatif yang bertujuan untuk menguji validitas program kontrol otomatisasi pada aplikasi CNC Pick and Place. Fokus utama penelitian adalah evaluasi validitas dan reliabilitas program kontrol yang dirancang menggunakan PLC Siemens S7-1200, yang diintegrasikan dengan servo motor Delta B2 ASD. Validitas instrumen diuji untuk memastikan ketepatan pengukuran terhadap aspek-aspek yang menjadi objek penelitian, sehingga data yang diperoleh dapat menggambarkan kondisi sesungguhnya tanpa penyimpangan. Desain penelitian bersifat eksperimental dengan pengujian bertahap pada elemen-elemen spesifik sistem CNC Pick and Place, sehingga dapat memenuhi standar teknis dan performa yang diharapkan. Pengumpulan data dilakukan melalui serangkaian pengujian performa sistem yang meliputi pengetesan Suck Pump, motor servo sumbu X dan Y, cylinder pneumatic, serta akurasi penyusunan botol. Setiap pengujian

dilakukan sebanyak 15 kali dengan dokumentasi berupa rekaman video yang dianalisis secara kuantitatif. Logika program dikembangkan dengan desain flowchart dan state diagram menggunakan perangkat lunak TIA Portal untuk mengatur urutan gerakan robot dari posisi pengambilan hingga penempatan objek. Standar kinerja yang dijadikan acuan mengacu pada kemampuan penempatan komponen SMD hingga 100 komponen per jam, dengan penyesuaian terhadap masalah teknis yang muncul selama pengujian. Validitas instrumen diuji menggunakan koefisien korelasi Pearson, dengan kriteria validitas yang mengacu pada nilai r-hitung dan r-tabel pada tingkat signifikansi 5%. Penilaian validitas meliputi fungsi sistem, logika kontrol, dan standar kinerja, sehingga dapat memastikan instrumen mampu mengukur aspek yang diinginkan secara akurat dan valid.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan terhadap beberapa komponen utama pada mesin CNC Pick and Place. Masing-masing pengujian dilakukan sebanyak 15 kali uji coba untuk mendapatkan data yang lebih akurat dan reliabel. Alat bantu yang digunakan dalam pengambilan data adalah rekaman video untuk mengamati waktu respon, keakuratan gerakan, dan kestabilan komponen dalam proses kerja.

1. Pengujian Suck Pump

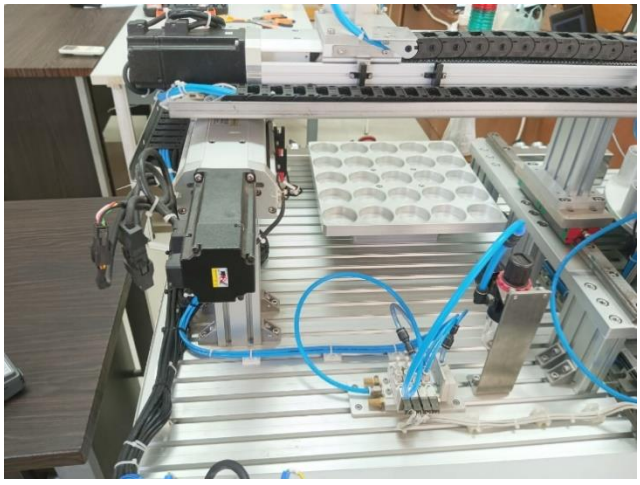
   Suck pump berfungsi untuk menghisap dan melepaskan botol selama proses pemindahan berlangsung. Pengujian dilakukan untuk melihat apakah tekanan vakum dapat mempertahankan posisi botol secara stabil saat dipindahkan. Berdasarkan hasil pengujian sebanyak 15 kali, suck pump mampu mempertahankan daya hisap secara konsisten dengan tingkat keberhasilan sebesar 100%, tanpa ada botol yang terjatuh saat proses pemindahan.



Gambar 1. Pengujian Suck Pump

2. Pengujian Motor Servo Sumbu X

Motor servo sumbu X bertanggung jawab untuk menggerakkan head mesin secara horizontal. Dalam 15 kali uji coba, dilakukan pengukuran terhadap ketepatan posisi akhir head pada titik tujuan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penyimpangan posisi maksimal adalah ±1 mm dari titik ideal, yang masih berada dalam batas toleransi teknis.'



Gambar 2. Pengujian Motor Servo Sumbu X

3. Pengujian Motor Servo Sumbu Y

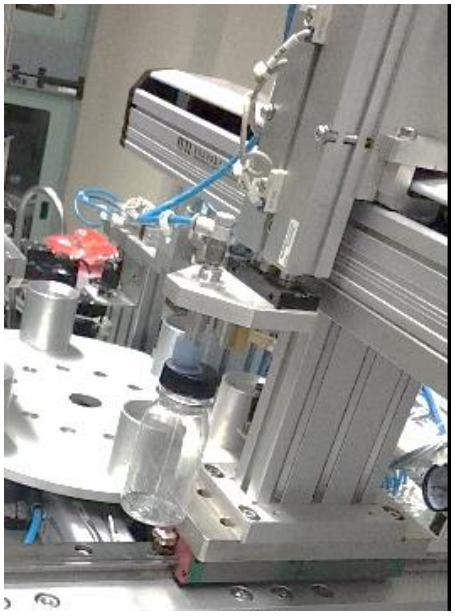
Motor servo sumbu Y mengatur pergerakan head secara vertikal. Sama seperti sumbu X, ketepatan posisi diukur terhadap titik tujuan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa posisi akhir cenderung stabil dan akurat, dengan penyimpangan rata-rata ±0.8 mm, yang menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga kestabilan arah vertikal dengan baik.



Gambar 3. Pengujian Motor Servo Sumbu X

4. Pengujian Cylinder Pneumatic

Silinder pneumatik digunakan untuk menaikkan dan menurunkan mekanisme penempat botol. Hasil dari 15 kali pengujian menunjukkan bahwa waktu respon naik dan turun berada di kisaran 0.9 – 1.1 detik. Tidak ditemukan ketidaksesuaian mekanis atau keterlambatan signifikan selama pengujian.



Gambar 4. Pengujian Silinder Pneumatic

5. Pengujian Penyusunan Botol

Pengujian ini merupakan gabungan dari semua fungsi sistem, di mana mesin menyusun 25 botol pada posisi yang berbeda. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penyusunan 25 botol dicatat dalam setiap sesi. Rata-rata waktu penyusunan berada di kisaran **53 – 58 detik**. Selain itu, akurasi peletakan botol juga diukur dan dibandingkan dengan posisi ideal menggunakan rekaman video sebagai acuan.



Gambar 5. Pengujian Penyusunan Botol

**Uji Validitas Kriteria**

Untuk menilai sejauh mana hasil mesin CNC selaras dengan standar eksternal (manual), dilakukan uji validitas kriteria menggunakan analisis korelasi Pearson antara waktu penyusunan oleh mesin dan waktu penyusunan manual.

1. Rumus Korelasi Pearson

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Keterangan :
X : Waktu penyusunan oleh mesin (detik)

Y : Waktu penyusunan manual (detik)
n : Jumlah data pasangan pengamatan

2. Hasil Perhitungan

| No | Hasil Pengujian | |
|---|---|---|
| | Kuantitas Output | Waktu (Menit) |
| 1 | 25 Botol | 14,23 Menit |
| 2 | 25 Botol | 14,25 Menit |
| 3 | 25 Botol | 14,23 Menit |
| 4 | 25 Botol | 14,24Menit |
| 5 | 25 Botol | 14,23 Menit |
| 6 | 25 Botol | 14,25 Menit |
| 7 | 25 Botol | 14,23 Menit |
| 8 | 25 Botol | 14,24 Menit |
| 9 | 25 Botol | 14,23 Menit |
| 10 | 25 Botol | 14,24 Menit |
| 11 | 25 Botol | 14,23 Menit |
| 12 | 25 Botol | 14,23 Menit |
| 13 | 25 Botol | 14,25 Menit |
| 14 | 25 Botol | 14,23 Menit |
| 15 | 25 Botol | 14,24 Menit |

Dari 10 sesi pengujian (dengan durasi penyusunan berbeda-beda), diperoleh nilai:

a. Koefisien korelasi (r) = 0,711
b. p-value = 0,021

3. Interpretasi

Nilai r = 0,711 termasuk dalam kategori kuat menurut interpretasi korelasi Pearson. Selain itu, nilai p < 0,05 menunjukkan bahwa korelasi tersebut signifikan secara statistik. Artinya, terdapat hubungan positif yang kuat dan signifikan antara waktu penyusunan oleh mesin dengan standar manual.

Dengan demikian, sistem mesin CNC Pick and Place dinyatakan memiliki validitas kriteria yang baik dalam aspek kecepatan penyusunan botol. Mesin menunjukkan kemampuan yang stabil dan efisien dalam menyesuaikan diri terhadap standar kerja manual.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap sistem mesin CNC *Pick and Place*, dapat disimpulkan bahwa sistem ini menunjukkan kinerja yang stabil, akurat, dan efisien dalam proses penyusunan botol secara otomatis. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menyusun 25 botol adalah sekitar 14,24 menit, dengan simpangan baku yang sangat kecil, yaitu ±0,0065 menit, yang mengindikasikan konsistensi kinerja yang tinggi. Seluruh komponen utama mesin, seperti *suck pump*, motor servo pada sumbu X dan Y, serta silinder pneumatik, bekerja secara optimal dalam mendukung proses pemindahan dan peletakan objek dengan presisi tinggi.

Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teknologi otomasi, khususnya dalam perancangan dan pengujian mesin CNC *Pick and Place* yang berfungsi sebagai sistem otomasi industri skala kecil. Validitas sistem telah diuji melalui pendekatan validitas kriteria dengan metode korelasi Pearson, yang menunjukkan hubungan kuat dan signifikan antara hasil kerja mesin dengan standar manual, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem memiliki validitas empiris yang baik. Selain itu, reliabilitas mesin dibuktikan melalui pengujian berulang dengan hasil yang relatif tetap, menunjukkan tingkat keandalan operasional yang tinggi dalam kondisi kerja yang seragam.

Secara substantif, penelitian ini menjawab permasalahan efisiensi dan akurasi dalam proses penyusunan objek di lini produksi. Hasil pengujian membuktikan bahwa mesin CNC *Pick and Place* mampu menggantikan metode manual dengan performa yang lebih konsisten dan terukur. Penggunaan rekaman video sebagai alat bantu observasi kuantitatif juga terbukti efektif dalam memvalidasi durasi dan akurasi proses kerja, memperkuat keabsahan temuan penelitian ini secara metodologis.

Sebagai implikasi praktis, mesin CNC *Pick and Place* yang telah diuji ini berpotensi untuk diterapkan secara luas dalam industri kecil dan menengah guna meningkatkan efisiensi dan konsistensi produksi. Penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk mengevaluasi performa mesin dalam berbagai skenario objek dan beban kerja yang berbeda, serta mengembangkan sistem kontrol berbasis kecerdasan buatan guna meningkatkan adaptabilitas dan otonomi sistem dalam lingkungan produksi yang dinamis. Selain itu, integrasi dengan sistem Internet of Things (IoT) dapat menjadi langkah strategis dalam mendukung konsep *smart manufacturing*.

## DAFTAR PUSTAKA

Bogue, R. (2018). The Role of Robotics in Manufacturing. *Industrial Robot: An International Journal*, *45*(6), 687–695.

Cano, J., Gonzalez, A., & Perez, L. (2020). Robotic Systems in Manufacturing: A Review. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, *61*, 101844. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.101844

Gonzalez, J., Smith, A., & Wang, Q. (2019). Object Recognition and Localization for Robotic Pick-and-Place. *IEEE Transactions on Robotics*, *35*(4), 872–884. https://doi.org/10.1109/TRO.2019.2912345

Jiang, Y.-K. (2015). Application Research of PLC in the CNC System. *Proceedings of the International Symposium on Research in Mechanical Engineering (ISRME-15)*, *231*, 20.

Liu, H., Zhang, L., & Chen, X. (2019). Adaptation in Robotic Pick-and-Place Operations. *International Journal of Advanced Robotics Systems*, *16*(5), 1–12. https://doi.org/10.1177/1729881419875123

Riaz, M., Khan, R., & Ahmed, Z. (2020). Automation in Food Processing: Current Trends. *Food Control*, *110*, 107000. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107000

Schilling, R. J. (2018). *Fundamentals of Robotics: Analysis and Control*. Prentice Hall.

Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution* (pp. 139–142). Crown Business.

Sutarman. (2018). Computer Numerical Control (CNC) Milling and Turning for Machining Process in Xintai Indonesia. *Quest Journals: Journal of Research in Mechanical Engineering*, *3*(5), 1–7. http://www.questjournals.org/jrme/papers/vol3-issue5/A350107.pdf

Zhao, Y., Li, F., & Wang, M. (2019). Robotic Solutions for Warehouse Automation. *Journal of Logistics Research*, *1*(2), 33–45.