



## Analisis Aplikasi *System Ai Robotnisasi* Pada Kualitas Permesinan Mesin CNC di PT Evergrown Technology Batam

Yohanis Sampe Kendek<sup>1</sup>, Musa Bondaris Palungan<sup>2</sup>, Nitha<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar

<sup>3</sup>Universitas Kristen Indonesia, Toraja

<sup>1</sup>yohanis@evergrown.com

### Abstract

This study aims to analyze the impact of implementing Artificial Intelligence (AI) and robotic systems on machining quality and production efficiency of CNC machines at PT Evergrown Technology Batam. A quantitative approach was employed, involving 25 observation units selected through purposive sampling. Machining quality was evaluated using surface roughness and roundness (cylindricity) parameters, while production efficiency was measured through production time, production cost, product defects, and tool wear. Data analysis utilized simple linear regression, ANOVA, and correlation tests. The results indicate that the application of AI and robotics significantly reduces surface roughness ( $Y = 2.736 - 0.136X$ ;  $p < 0.001$ ) and improves product roundness ( $Y = 0.075 - 0.005X$ ;  $p = 0.005$ ). In terms of production efficiency, AI and robotic systems were proven to shorten production time ( $Y = 35.572 - 1.194X$ ), lower production costs ( $Y = 118.159 - 3.960X$ ), decrease the number of defects ( $Y = 8.024 - 0.579X$ ), and reduce tool wear ( $Y = 0.261 - 0.014X$ ), with all models showing significance at  $p < 0.05$ . The highest coefficient of determination ( $R^2 = 0.663$ ) was recorded for tool wear, indicating a strong effect of AI on extending tool life. These findings reinforce the conclusion that AI-based automation systems contribute significantly to improving both product quality and production efficiency in CNC machining processes.

Keywords: artificial intelligence, robotization, CNC machines, machining quality, production efficiency

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan sistem *Artificial Intelligence* (AI) dan robotisasi terhadap kualitas permesinan dan efisiensi produksi mesin CNC di PT Evergrown Technology Batam. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan 25 unit pengamatan yang dipilih secara *purposive* sampling. Kualitas permesinan dianalisis melalui parameter kekasaran permukaan dan keselindisan produk, sedangkan efisiensi produksi diukur berdasarkan waktu produksi, biaya produksi, cacat produk, dan keausan alat potong. Analisis dilakukan menggunakan regresi linier sederhana, ANOVA, dan korelasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan AI dan robotisasi secara signifikan menurunkan tingkat kekasaran permukaan ( $Y = 2,736 - 0,136X$ ;  $p < 0,001$ ) dan meningkatkan keselindisan produk ( $Y = 0,075 - 0,005X$ ;  $p = 0,005$ ). Pada aspek efisiensi produksi, AI dan robotisasi terbukti mengurangi waktu produksi ( $Y = 35,572 - 1,194X$ ), menurunkan biaya produksi ( $Y = 118,159 - 3,960X$ ), menekan jumlah cacat ( $Y = 8,024 - 0,579X$ ), serta mengurangi keausan alat potong ( $Y = 0,261 - 0,014X$ ), dengan nilai signifikansi  $< 0,05$  pada semua model. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) tertinggi sebesar 0,663 tercatat pada variabel keausan alat, menunjukkan pengaruh AI yang sangat kuat dalam meningkatkan umur alat. Hasil ini memperkuat kesimpulan bahwa sistem otomatisasi berbasis AI memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan mutu dan efisiensi dalam proses permesinan CNC.

Kata kunci: artificial intelligence, robotisasi, mesin CNC, kualitas permesinan, efisiensi produksi

### 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi di era modern mengalami kemajuan yang sangat pesat dan telah memberikan dampak signifikan terhadap berbagai sektor kehidupan, termasuk sektor industri. Salah satu sektor

yang mengalami transformasi besar adalah bidang permesinan, yang kini mengadopsi teknologi tinggi dalam mendukung proses produksi. Perubahan ini mencakup aspek pengawasan, desain produk, hingga

penggunaan alat kerja berbasis digital yang semakin kompleks. Hal ini menuntut kehadiran tenaga kerja yang tidak hanya terampil secara teknis, tetapi juga memiliki pemahaman mendalam tentang keselamatan kerja dan pengoperasian teknologi baru [1].

Teknologi mesin CNC telah menjadi komponen vital dalam industri manufaktur modern karena mampu meningkatkan presisi, efisiensi, dan kualitas produksi. Studi oleh Chan Sovannara dkk. menunjukkan bahwa variasi kecepatan dan kedalaman pemakanan secara signifikan memengaruhi kekasaran permukaan hasil pemesinan [2]. Sejalan dengan perkembangan tersebut, integrasi sistem *Artificial Intelligence* (AI) dan robotisasi pada mesin CNC kini menjadi strategi untuk mengoptimalkan parameter pemotongan secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan sistem AI dan robotisasi terhadap kualitas hasil permesinan CNC di PT Evergrown Technology Batam, khususnya dalam hal efisiensi proses, ketepatan dimensi, dan kekasaran permukaan produk.

Penelitian dan pengembangan teknologi mesin CNC terus mengalami kemajuan seiring dengan kebutuhan industri akan efisiensi dalam akurasi dalam proses produksi. Di Jurusan Teknik Mesin Universitas Riau, telah dilakukan penelitian mengenai rancang bangun prototipe konstruksi mekanik mesin CNC milling 3 axis untuk skala industri kecil dengan harga terjangkau [3].

Permesinan sebagai cabang ilmu teknik memainkan peran penting dalam mendukung aktivitas industri. Menurut Kalpakjian dan Schmid [4], permesinan merupakan bidang teknik yang mencakup perancangan, produksi, pengoperasian, dan pemeliharaan mesin. Mesin sebagai sistem mekanis berfungsi untuk meringankan pekerjaan manusia, baik dalam bentuk alat berat industri, mesin transportasi, hingga perangkat manufaktur presisi, mengklasifikasikan mesin ke dalam beberapa kategori, seperti mesin pemrosesan material, mesin konversi energi, mesin transportasi, serta mesin otomasi industri [5].

Efektivitas mesin dalam mendukung proses produksi dipengaruhi oleh pemahaman terhadap komponen-komponen utama, seperti sumber daya penggerak, sistem transmisi, unit kerja, dan sistem kontrol. Prinsip kerja mesin berbasis hukum fisika seperti mekanika dan termodinamika diaplikasikan dalam berbagai sektor, mulai dari industri manufaktur, konstruksi, transportasi, hingga kesehatan [6]. Tolak ukur performa mesin ditentukan melalui indikator seperti efisiensi energi, tingkat keandalan, kemudahan pemeliharaan, serta produktivitas secara keseluruhan [7]. Salah satu metode yang digunakan untuk menilai efektivitas mesin adalah *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), yang menggabungkan parameter ketersediaan, performa, dan kualitas produksi.

Dalam mendukung optimalisasi performa tersebut, pendekatan *Lean Manufacturing* dan *Six Sigma* banyak diterapkan untuk menekan pemborosan dan meningkatkan mutu secara konsisten [8]. Teknologi CNC (*Computer Numerical Control*) menjadi salah satu bentuk kemajuan dalam otomasi permesinan modern. Mesin CNC bekerja menggunakan kendali numerik berbasis komputer yang memungkinkan proses pemotongan material dilakukan secara presisi dan konsisten [9]. Namun, perkembangan teknologi tidak berhenti pada sistem CNC. Dalam dekade terakhir, integrasi teknologi kecerdasan buatan dalam sistem robotik telah menciptakan revolusi baru di dunia industri.

Robot merupakan mesin yang dirancang untuk melakukan pekerjaan secara berulang dan beresiko tinggi, mengurangi tingkat human error serta meningkatkan kinerja produksi pada industri, baik secara otomatis maupun semi otomatis. Dalam pengoperasiannya, robot otomatis tidak memerlukan operator sedangkan robot semi otomatis membutuhkan operator [10].

AI adalah kemampuan mesin atau komputer untuk meniru perilaku manusia dalam melakukan tugas-tugas yang biasanya membutuhkan kecerdasan manusia, seperti pemecahan masalah, pembelajaran dari data, dan pengambilan keputusan [11]

Robot AI memiliki kemampuan untuk melakukan analisis data, pengambilan keputusan mandiri, dan pembelajaran dari pengalaman operasional [12]. Dengan memanfaatkan teknologi *machine learning*, *computer vision*, dan *natural language processing*, robot AI dapat menggantikan tugas-tugas manusia dalam banyak aspek proses produksi, serta meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas sistem manufaktur [13]

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan sistem robotisasi berbasis AI pada kualitas permesinan CNC di lingkungan industri, khususnya di PT Evergrown Technology Batam. Fokus utama penelitian ini adalah untuk menilai sejauh mana integrasi AI dan sistem robotik mampu meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi kesalahan manusia, serta mendorong daya saing perusahaan di era Revolusi Industri 4.0. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem otomasi cerdas yang aplikatif di sektor manufaktur modern

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif-analitis untuk mengevaluasi efektivitas sistem robotisasi berbasis AI pada mesin CNC di PT Evergrown Technology Batam. Metode ini bertujuan menggambarkan penerapan teknologi secara sistematis serta menganalisis dampaknya terhadap efisiensi dan kualitas produksi. Pendekatan

kuantitatif dipilih karena bersifat objektif, terukur, dan dapat digunakan untuk menguji hipotesis melalui data numerik yang dianalisis secara statistik. Menurut Sugiyono, pendekatan kuantitatif merupakan metode penelitian yang digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan, serta menganalisis data menggunakan alat statistik agar hasilnya dapat digeneralisasikan [14]. Oleh karena itu, pendekatan ini dianggap relevan untuk mengukur secara akurat pengaruh sistem AI terhadap berbagai variabel teknis dalam proses produksi berbasis mesin CNC.

## 2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di PT Evergrown Technology Batam yang berlokasi di Kawasan Industri Panbil, Batam. Perusahaan ini merupakan bagian dari Evergrown Holdings Berhad dan dikenal memiliki fasilitas modern yang menunjang teknologi Industri 4.0, termasuk integrasi IoT dan sistem otomatisasi manufaktur. Lokasi dipilih karena relevansinya dengan fokus penelitian terkait pemanfaatan robotisasi dan AI dalam sistem permesinan CNC.

Waktu pelaksanaan penelitian direncanakan selama enam bulan, dimulai pada bulan Maret. Rincian jadwal kegiatan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jadwal Penelitian

| Bulan | Kegiatan                                                      |
|-------|---------------------------------------------------------------|
| Maret | Persiapan alat dan bahan, kalibrasi, penyusunan               |
| April | Pelaksanaan eksperimen, pengumpulan data, pemotongan material |

## 2.2. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan dan alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin CNC *Brother 31A*, yang berperan sebagai pusat aktivitas pemesinan dalam studi ini. Mesin ini dilengkapi dengan beberapa komponen penting, antara lain control panel yang berfungsi sebagai antarmuka operasional utama dengan tampilan digital dan tombol navigasi untuk mengatur jalannya mesin, serta *spindle* sebagai komponen pemutar alat potong yang berperan dalam proses pemesinan material. Selain itu, mesin ini juga dilengkapi dengan *tool changer*, yaitu sistem otomatis yang memungkinkan pergantian alat potong secara efisien sesuai kebutuhan produksi, serta worktable atau meja kerja yang menjadi tempat benda kerja diletakkan dan diproses. Untuk menjaga suhu kerja yang optimal dan mencegah keausan berlebih pada alat potong, mesin ini juga dilengkapi dengan *coolant system* atau sistem pendingin.

Berikut pada Gambar 1 disajikan mesin CNC *Brother 31A* yang digunakan dalam proses pemesinan. Mesin ini merupakan tipe yang telah dilengkapi sistem AI dan robotisasi untuk meningkatkan presisi dan efisiensi kerja.



Gambar 1. Mesin CNC *Brother 31A*

Gambar 1 menunjukkan bahwa mesin CNC *Brother 31A* merupakan contoh peralatan produksi yang sudah terintegrasi dengan teknologi AI dan robotisasi, yang memungkinkan peningkatan presisi pemesinan serta efisiensi operasional. Kehadiran sistem otomatisasi pada mesin ini mendukung pencapaian kualitas hasil produksi yang lebih stabil dan konsisten dalam lingkungan industri manufaktur modern.

Untuk mendukung validitas hasil produksi, digunakan mesin CMM 4D dalam proses pengukuran dimensi produk. Mesin ini berperan penting dalam memastikan ketelitian ukuran dan keselindisan komponen hasil permesinan.



Gambar 2. Mesin CMM 4D untuk Pengukuran Dimensi

Gambar 2 Mesin CMM 4D untuk Pengukuran Dimensi memperlihatkan bahwa penggunaan mesin CMM 4D dalam proses inspeksi kualitas sangat penting untuk memastikan ketepatan dimensi produk, sehingga mendukung validitas hasil pengujian dan analisis statistik pada penelitian ini. Dengan alat ini, tingkat keselindisan produk dapat diukur secara presisi tinggi, menjadi acuan utama dalam evaluasi kualitas permesinan CNC.

Hasil pengukuran dimensi menggunakan *caliper*, CMM, dan *contracer* dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar ini menyajikan hasil evaluasi keselindisan dan kekasaran permukaan produk sebagai bagian dari parameter kualitas. Data yang diperoleh dari alat ukur tersebut menjadi dasar dalam analisis statistik terhadap pengaruh sistem AI dan robotisasi dalam proses permesinan CNC.

Hasil pengukuran dimensi menggunakan *caliper*, CMM, dan *contracer*.

| PT. EVERGROWN TECHNOLOGY<br>IN-PROCESS INSPECTION REPORT |                                                                                                    |                |                              |                  |                  |                 |                  |  |  |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|--|--|
| Customer: SHIMANO                                        |                                                                                                    |                |                              | Shift: 1 / 2 / 3 |                  |                 |                  |  |  |
| Part Name: BRACKET                                       |                                                                                                    |                |                              | MC NO:           |                  |                 |                  |  |  |
| Part No: SLM 2010 Rev 07                                 |                                                                                                    |                |                              | Date:            |                  |                 |                  |  |  |
| S/N                                                      | Specification                                                                                      | Method         | Find                         | No Samples / Def |                  |                 |                  |  |  |
| Type                                                     |                                                                                                    |                |                              |                  |                  |                 |                  |  |  |
| PO 1 ( Drill dia 5.15 and dia 3.4 )                      |                                                                                                    |                |                              |                  |                  |                 |                  |  |  |
| 1                                                        | Ø3.4 ± 0.05 (BEFORE TAPPING)                                                                       | PIN            | P                            | GO               | NOGO             | GO              | NOGO             |  |  |
| 2                                                        | Ø3.4 ± 0.05 (BEFORE TAPPING)                                                                       | PIN            | P                            | GO               | NOGO             | GO              | NOGO             |  |  |
| 3                                                        |  30.1 (A) A D C   | GAUGE          | P                            | GO               | NOGO             | GO              | NOGO             |  |  |
| 4                                                        |  30.1 (B) A D C   | GAUGE          | P                            | GO               | NOGO             | GO              | NOGO             |  |  |
| 5                                                        | Ø10.5 ± 0.05                                                                                       | PIN            | P                            | GO               | NOGO             | GO              | NOGO             |  |  |
| 6                                                        | Ø7.0 (+0.1/-0.2)                                                                                   | PIN            | P                            | GO               | NOGO             | GO              | NOGO             |  |  |
| 7                                                        | 23.65 ± 0.1 (47.05 ± 0.1)                                                                          | JIG + 2D SCOPE | P                            | 46.95            | 47.15            | 46.97           | 47.12            |  |  |
| 8                                                        |  30.2 (B) A D C   | GAUGE          | P                            | GO               | NO GO            | GO              | NO GO            |  |  |
| 9                                                        | C 1.0 MAX                                                                                          | PIN            | P                            | GO               | NOGO             | GO              | NOGO             |  |  |
| 10                                                       | Ø5.15 ± 0.05 (BEFORE TAPPING)                                                                      | PIN            | P                            | GO               | NOGO             | GO              | NOGO             |  |  |
| 11                                                       |  30.1 (B) A D C   | GAUGE          | P                            | GO               | NOGO             | GO              | NOGO             |  |  |
| PO 2 ( Slotting )                                        |                                                                                                    |                |                              |                  |                  |                 |                  |  |  |
| 12                                                       | 14.5.0 ± 0.1                                                                                       | 2D SCOPE/CM    | P                            | 14.400           | 14.600           | 14.430          | 14.570           |  |  |
| 13                                                       | 11.5 (+ 0.10/-0.05)                                                                                | 2D SCOPE       | P                            | 11.550           | 11.700           | 11.570          | 11.670           |  |  |
| 14                                                       | 5.5 ± 0.1                                                                                          | 2D SCOPE       | P                            | 5.400            | 5.600            | 5.430           | 5.570            |  |  |
| 15                                                       | 1 0.5 ± 0.1                                                                                        | 2D SCOPE       | P                            | 0.4              | 0.6              | 0.43            | 0.57             |  |  |
| 16                                                       |  1 0.5           | 2D SCOPE       | P                            | 0.000            | 0.200            | 0.000           | 0.014            |  |  |
| PO 3 ( Drill Dia 22.5 )                                  |                                                                                                    |                |                              |                  |                  |                 |                  |  |  |
| 17                                                       | Ø22.6 ± 0.1                                                                                        | PIN            | P                            | GO               | NO GO            | GO              | NO GO            |  |  |
| 18                                                       |  30.2 (B) A D C | CMM            | P                            | 0                | 0.2              | 0               | 0.17             |  |  |
| 19                                                       | 16.0 ± 0.05                                                                                        | CMM            | P                            | 15.950           | 16.050           | 15.960          | 16.040           |  |  |
| 20                                                       | 25.30 ± 0.05                                                                                       | CMM            | P                            | 25.250           | 25.350           | 25.260          | 25.340           |  |  |
| PO 4 ( Slotting )                                        |                                                                                                    |                |                              |                  |                  |                 |                  |  |  |
| 21                                                       | 13.5.0 ± 0.1                                                                                       | CALIPER        | P                            | 13.400           | 13.600           | 13.430          | 13.570           |  |  |
| 22                                                       | 5.0 ± 0.2                                                                                          | CALIPER        | P                            | 4.800            | 5.200            | 4.850           | 5.170            |  |  |
| PO 5 ( Tapping M6 and M4 ) 4                             |                                                                                                    |                |                              |                  |                  |                 |                  |  |  |
| 23                                                       | M4X0.7-6H                                                                                          | Thread gauge   | P                            | GO               | NOGO             | GO              | NOGO             |  |  |
| 24                                                       | M4X0.7-6H                                                                                          | Thread gauge   | P                            | GO               | NOGO             | GO              | NOGO             |  |  |
| 25                                                       | M6X1.0-6H                                                                                          | GAUGE          | P                            | GO               | NOGO             | GO              | NOGO             |  |  |
| 26                                                       | M6X1.0-6H Fitting                                                                                  | Bolt           | P                            | Sitting (ACC)    | Not Sitting (NC) | Sitting (ACC)   | Not Sitting (NC) |  |  |
| 27                                                       | M6X1.0-6H No Slanting                                                                              | Thread gauge   | P                            | Not Slant (ACC)  | Slanting (NC)    | Not Slant (ACC) | Slanting (NC)    |  |  |
| 28                                                       | M6X1.0-6H No Slip                                                                                  | Bolt/Bar 22.2  | P                            | Not Slip (ACC)   | Slip (NC)        | Not Slip (ACC)  | Slip (NC)        |  |  |
| 29                                                       | VISUAL                                                                                             | EYE            | NO DENT, SCRATCHES,BURR, ETC |                  |                  |                 |                  |  |  |

Gambar 3. Hasil Dimensi Produk

Gambar 3 Hasil dimensi produk menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata dalam hasil dimensi antara produk sebelum dan sesudah penerapan sistem AI dan robotisasi. Hal ini menegaskan bahwa teknologi otomatisasi mampu meningkatkan ketepatan dan konsistensi hasil produksi, yang mendukung kesimpulan bahwa penerapan AI memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan kualitas produk manufaktur.

### 2.3. Tatalaksana Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif-analitis untuk menganalisis implementasi AI dan robotisasi pada sistem mesin CNC serta dampaknya terhadap efisiensi, kualitas, dan produktivitas produksi.

### 2.4. Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh unit mesin CNC dan operator yang terlibat dalam proses pemessinan di PT Evergrown Technology Batam. Menurut Arikunto populasi adalah keseluruhan subjek penelitian yang memiliki karakteristik tertentu dan menjadi perhatian peneliti untuk diteliti dan ditarik kesimpulannya. Dalam penelitian ini, sampel diambil menggunakan teknik *purposive sampling* sebanyak 25 unit pengamatan, yang terdiri dari mesin CNC yang telah menerapkan sistem Artificial Intelligence (AI) beserta data performa yang relevan. Teknik *purposive sampling* dipilih karena memungkinkan peneliti untuk secara spesifik menentukan subjek yang dianggap paling representatif dan sesuai dengan tujuan penelitian [15]. Adapun data yang dianalisis meliputi parameter teknis seperti kekasaran permukaan, dimensi keselindisan, waktu produksi, biaya produksi, jumlah cacat produk, dan tingkat keausan alat potong.

### 2.5. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga metode utama, yaitu observasi langsung, wawancara, dan dokumentasi. Observasi langsung dilakukan untuk memantau secara *real-time* sistem robotisasi dan performa mesin CNC di lokasi penelitian. Wawancara dilakukan dengan teknisi, operator, dan manajer produksi guna memperoleh informasi mendalam mengenai implementasi, tantangan, serta dampak dari penggunaan teknologi robotik. Sementara itu, dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data sekunder berupa laporan produksi dan efisiensi mesin CNC sebelum dan sesudah penerapan sistem AI. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan beberapa pendekatan, di antaranya analisis ANOVA untuk mengetahui perbedaan signifikan antara mesin yang menggunakan AI dan yang tidak terhadap parameter seperti presisi, dimensi, dan keausan alat potong. Selanjutnya, regresi linier sederhana digunakan untuk mengetahui pengaruh penerapan sistem AI terhadap efisiensi dan kualitas produksi dengan rumus  $Y = a + bX + e$ , di mana  $Y$  merupakan variabel dependen (efisiensi/kualitas),  $X$  adalah variabel independen (aplikasi AI/robotisasi),  $a$  adalah konstanta,  $b$  adalah koefisien regresi, dan  $e$  adalah error. Selain itu, analisis deskriptif dilakukan untuk menyajikan hasil observasi dan wawancara secara statistik melalui Tabel dan grafik, sedangkan analisis komparatif digunakan untuk membandingkan performa mesin CNC sebelum dan sesudah penerapan robotisasi berdasarkan waktu produksi, tingkat kesalahan, dan kualitas hasil produksi.

### 2.7. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dilakukan melalui empat tahapan utama. Tahap pertama adalah persiapan, yang meliputi studi literatur untuk memahami konsep dasar terkait robotisasi dan mesin CNC, perancangan instrumen penelitian seperti pedoman wawancara dan

lembar observasi, serta menjalin komunikasi awal dengan pihak PT Evergrown Technology Batam sebagai lokasi penelitian. Tahap kedua adalah pengumpulan data, yang dilakukan melalui observasi langsung terhadap operasional mesin CNC, wawancara dengan teknisi dan manajer produksi, serta dokumentasi terhadap laporan dan data produksi perusahaan. Selanjutnya, tahap pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software statistik untuk memastikan keakuratan dalam pengolahan hasil pengamatan dan wawancara. Terakhir, tahap analisis mencakup penerapan uji ANOVA dan regresi linier guna menguji hipotesis serta menafsirkan temuan dalam konteks penerapan *Artificial Intelligence* (AI) dan robotisasi pada mesin CNC.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan untuk menggambarkan karakteristik data dari masing-masing variabel penelitian. Statistik yang ditampilkan mencakup nilai minimum, maksimum, rata-rata (mean), dan simpangan baku. Hasil lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

| Tabel 2. Tabel statistik deskriptif |    |        |         |          |                |
|-------------------------------------|----|--------|---------|----------|----------------|
|                                     | N  | Min    | Max     | Mean     | Std. Deviation |
| Aplikasi AI dan Robotisasi          | 25 | 4      | 9       | 6.92     | 1.470          |
| Kekerasan                           | 25 | 1      | 2       | 1.80     | .263           |
| Keselindisan                        | 25 | .013   | .061    | .03980   | .013805        |
| Waktu Produksi                      | 25 | 22.10  | 32.00   | 27.3120  | 2.62906        |
| Biaya Produksi                      | 25 | 73.400 | 101.400 | 90.75600 | 7.979353       |
| Cacat Produk                        | 25 | 2      | 7       | 4.02     | 1.351          |
| Keausan Alat                        | 25 | .123   | .220    | .16252   | .025702        |
| Valid N (listwise)                  | 25 |        |         |          |                |

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa variabel Aplikasi AI dan Robotisasi berada pada tingkat sedang hingga tinggi dengan rata-rata 6,92. Kekasaran produk tergolong tinggi dan konsisten dengan rata-rata 1,80. Keselindisan produk relatif rendah dan stabil, dengan rata-rata 0,0398. Waktu produksi bervariasi antara 22,10 hingga 32,00 satuan waktu dengan rata-rata 27,31. Biaya produksi menunjukkan fluktuasi cukup besar dengan rata-rata Rp90.756. Cacat produk berada pada tingkat menengah dengan rata-rata 4,02, sedangkan keausan alat cenderung moderat dengan rata-rata 0,1625. Data ini memberikan gambaran umum karakteristik variabel yang diamati sebagai dasar untuk analisis lebih lanjut.

#### 3.2. Uji Asumsi Klasik

##### Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data dari masing-masing variabel dalam penelitian ini berdistribusi normal atau tidak. Distribusi normal merupakan salah satu prasyarat dalam pengujian statistik parametrik, seperti regresi linier dan

ANOVA. Dalam penelitian ini, uji normalitas dilakukan dengan menggunakan *One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test* melalui software SPSS. Bisa dilihat pada Tabel 3. Berikut:

| Tabel 3. Hasil Uji Normalitas    |                        |                   |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
|----------------------------------|------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                  |                        | Ap AI & Robot     | Kekerasan           | Keselindisan        | Waktu Produksi      | Biaya Produksi      | Cacat Produk        | Keausan Alat        |
| Normal Parameters <sup>a,b</sup> | Mean                   | 25                | 25                  | 25                  | 25                  | 25                  | 25                  | 25                  |
|                                  | Std. Deviation         | 6.92              | 1.80                | .03980              | 27.3120             | 90.75600            | 4.02                | .16252              |
| Most Extreme Differences         | Absolute               | 1.470             | .263                | .013805             | 2.62906             | 7.979353            | 1.351               | .025702             |
|                                  | Positive               | .169              | .096                | .092                | .088                | .136                | .137                | .080                |
|                                  | Negative               | .134              | .082                | .073                | .059                | .102                | .137                | .080                |
| Test Statistic                   | Asymp. Sig. (2-tailed) | -.169             | -.096               | -.092               | -.088               | -.136               | -.093               | -.065               |
|                                  |                        | .169              | .096                | .092                | .088                | .136                | .137                | .080                |
|                                  |                        | .064 <sup>c</sup> | .200 <sup>c,d</sup> | .200 <sup>c,d</sup> | .200 <sup>c,d</sup> | .200 <sup>c,d</sup> | .200 <sup>c,d</sup> | .200 <sup>c,d</sup> |

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

d. This is a lower bound of the true significance.

Dalam Tabel 3 hasil uji *Kolmogorov-Smirnov* menunjukkan bahwa semua variabel memiliki nilai signifikansi di atas 0,05, sehingga data berdistribusi normal. Hal ini memastikan data memenuhi asumsi normalitas untuk analisis statistik lanjutan seperti regresi dan ANOVA, sehingga hasil analisis dapat diinterpretasikan secara valid.

##### Uji Linearitas

Uji Linieritas dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan linier antara variabel independen dan dependen. Hubungan dinyatakan linier apabila nilai signifikansi pada kolom *Linearity* < 0,05 dan nilai *Deviation from Linearity* > 0,05. Hasil uji linieritas secara lengkap disajikan pada Tabel 4 berikut ini:

| Tabel 4. Hasil Uji Linearitas               |                          |                |    |             |        |      |
|---------------------------------------------|--------------------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| ANOVA Table                                 |                          |                |    |             |        |      |
|                                             |                          | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
| Kekerasan * Aplikasi AI dan Robotisasi      | Between Groups           | 1.012          | 5  | .202        | 5.974  | .002 |
|                                             | Linearity                | .955           | 1  | .955        | 28.196 | .000 |
|                                             | Deviation from Linearity | .057           | 4  | .014        | .419   | .793 |
|                                             | Within Groups            | .644           | 19 | .034        |        |      |
|                                             | Total                    | 1.656          | 24 |             |        |      |
| Keselindisan * Aplikasi AI dan Robotisasi   | Between Groups           | .002           | 5  | .000        | 1.946  | .134 |
|                                             | Linearity                | .001           | 1  | .001        | 8.407  | .009 |
|                                             | Deviation from Linearity | .000           | 4  | .000        | .331   | .854 |
|                                             | Within Groups            | .003           | 19 | .000        |        |      |
|                                             | Total                    | .005           | 24 |             |        |      |
| Waktu Produksi * Aplikasi AI dan Robotisasi | Between Groups           | 88.071         | 5  | 17.614      | 4.301  | .009 |
|                                             | Linearity                | 73.855         | 1  | 73.855      | 18.033 | .000 |
|                                             | Deviation from Linearity | 14.216         | 4  | 3.554       | .868   | .501 |
|                                             | Within Groups            | 77.816         | 19 | 4.096       |        |      |
|                                             | Total                    | 165.886        | 24 |             |        |      |
| Biaya Produksi * Aplikasi AI dan Robotisasi | Between Groups           | 1151.762       | 5  | 230.352     | 11.630 | .000 |
|                                             | Linearity                | 812.947        | 1  | 812.947     | 41.045 | .000 |
|                                             | Deviation from Linearity | 338.815        | 4  | 84.704      | 4.277  | .012 |
|                                             | Within Groups            | 376.320        | 19 | 19.806      |        |      |
|                                             | Total                    | 1528.082       | 24 |             |        |      |
| Cacat Produk * Aplikasi AI dan Robotisasi   | Between Groups           | 19.393         | 5  | 3.879       | 3.017  | .036 |
|                                             | Linearity                | 17.378         | 1  | 17.378      | 13.519 | .002 |
|                                             | Deviation from Linearity | 2.015          | 4  | .504        | .392   | .812 |
|                                             | Within Groups            | 24.423         | 19 | 1.285       |        |      |
|                                             | Total                    | 43.816         | 24 |             |        |      |

|                            |                |                          |      |    |      |             |
|----------------------------|----------------|--------------------------|------|----|------|-------------|
| Total                      | 43.817         | 24                       |      |    |      |             |
| Kerasan Alat               | Between Groups | (Combine d) Linearity    | .011 | 5  | .002 | 8.512 .000  |
| Aplikasi AI dan Robotisasi | Groups         | Deviation from Linearity | .011 | 1  | .011 | 40.791 .000 |
|                            |                |                          | .000 | 4  | .000 | .443 .776   |
|                            | Within Groups  |                          | .005 | 19 | .000 |             |
| Total                      |                |                          | .016 | 24 |      |             |

Berdasarkan Tabel 4 kriteria pengambilan keputusan, hubungan antar variabel dinyatakan linier jika nilai signifikansi pada uji Linearity kurang dari 0,05 dan nilai signifikansi Deviation from Linearity lebih dari 0,05. Sebaliknya, hubungan dinyatakan tidak linier apabila nilai signifikansi *Linearity* lebih dari 0,05 atau *Deviation from Linearity* kurang dari 0,05. Hasil uji linearitas menunjukkan bahwa variabel Kekerasan memiliki signifikansi *Linearity* sebesar 0,000 dan *Deviation from Linearity* 0,793, sehingga hubungan keduanya linier. Variabel Keselindisan juga menunjukkan hubungan linier dengan nilai signifikansi *Linearity* 0,009 dan *Deviation from Linearity* 0,854. Waktu Produksi memiliki hubungan linier dengan signifikansi *Linearity* 0,000 dan *Deviation from Linearity* 0,501. Pada variabel Biaya Produksi, meskipun signifikansi *Linearity* sebesar 0,000, nilai *Deviation from Linearity* adalah 0,012, menunjukkan adanya deviasi dari linearitas sehingga hubungan tidak sepenuhnya linier. Variabel Cacat Produk dan Keausan Alat keduanya menunjukkan hubungan linier dengan nilai signifikansi *Linearity* masing-masing 0,002 dan 0,000 serta *Deviation from Linearity* 0,812 dan 0,776. Dengan demikian, sebagian besar variabel penelitian ini memiliki hubungan linier terhadap variabel Aplikasi AI dan Robotisasi, sehingga analisis regresi linier dapat diterapkan secara valid. Namun, untuk variabel Biaya Produksi perlu perhatian lebih dalam interpretasi karena terdapat indikasi hubungan yang tidak sepenuhnya linier.

### 3.3. Uji T

Uji T dilakukan untuk menguji pengaruh signifikan antara variabel independen (Aplikasi AI dan Robotisasi) terhadap masing-masing variabel dependen yang mencerminkan kualitas permesinan dan efisiensi produksi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik setelah penerapan sistem AI dan robotisasi. Hasil lengkap dari uji T dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini:

| Tabel 5. Hasil Uji T                        |          |         |                                        |
|---------------------------------------------|----------|---------|----------------------------------------|
| Hubungan Variabel                           | t-hitung | t-Tabel | Keterangan                             |
| Aplikasi AI dan Robotisasi → Kekerasan      | 15.969   | 2.080   | t-hitung > t-Tabel → <b>Signifikan</b> |
| Aplikasi AI dan Robotisasi → Keselindisan   | 6.438    | 2.080   | t-hitung > t-Tabel → <b>Signifikan</b> |
| Aplikasi AI dan Robotisasi → Waktu Produksi | 18.114   | 2.080   | t-hitung > t-Tabel → <b>Signifikan</b> |
| Aplikasi AI dan Robotisasi → Biaya Produksi | 21.585   | 2.080   | t-hitung > t-Tabel → <b>Signifikan</b> |
| Aplikasi AI dan Robotisasi →                | 7.624    | 2.080   | t-hitung > t-Tabel → <b>Signifikan</b> |

|                                           |        |       |                                                             |
|-------------------------------------------|--------|-------|-------------------------------------------------------------|
| Cacat Produk                              |        |       | Tabel →                                                     |
| Aplikasi AI dan Robotisasi → Keausan Alat | 17.435 | 2.080 | <b>Signifikan</b><br>t-hitung > t-Tabel → <b>Signifikan</b> |

Dalam Tabel 5 Hasil uji T menunjukkan semua hubungan antara variabel Aplikasi AI dan Robotisasi dengan variabel-variabel hasil produksi (Y1.1 – Y2.4) berpengaruh signifikan secara statistik, karena seluruh nilai t-hitung lebih besar dari t-Tabel.

### 3.4. Uji ANOVA

Uji ANOVA (*Analysis of Variance*) digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan dalam variabel-variabel hasil produksi berdasarkan tingkat penerapan sistem AI dan robotisasi. Uji ini penting untuk melihat variasi rata-rata antar kelompok yang dapat memengaruhi kualitas dan efisiensi produksi. Hasil dari analisis ANOVA disajikan secara lengkap pada Tabel 6 berikut ini:

| Tabel 6. Hasil Uji ANOVA |                |                |    |             |        |      |
|--------------------------|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
|                          |                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
| Kekerasan                | Between Groups | 1.012          | 5  | .202        | 5.974  | .002 |
|                          | Within Groups  | .644           | 19 | .034        |        |      |
|                          | Total          | 1.656          | 24 |             |        |      |
| Keselindisan             | Between Groups | .002           | 5  | .000        | 1.946  | .134 |
|                          | Within Groups  | .003           | 19 | .000        |        |      |
|                          | Total          | .005           | 24 |             |        |      |
| Waktu Produksi           | Between Groups | 88.071         | 5  | 17.614      | 4.301  | .009 |
|                          | Within Groups  | 77.816         | 19 | 4.096       |        |      |
|                          | Total          | 165.886        | 24 |             |        |      |
| Biaya Produksi           | Between Groups | 1151.762       | 5  | 230.352     | 11.630 | .000 |
|                          | Within Groups  | 376.320        | 19 | 19.806      |        |      |
|                          | Total          | 1528.082       | 24 |             |        |      |
| Cacat Produk             | Between Groups | 19.393         | 5  | 3.879       | 3.017  | .036 |
|                          | Within Groups  | 24.423         | 19 | 1.285       |        |      |
|                          | Total          | 43.817         | 24 |             |        |      |
| Keausan Alat             | Between Groups | .011           | 5  | .002        | 8.512  | .000 |
|                          | Within Groups  | .005           | 19 | .000        |        |      |
|                          | Total          | .016           | 24 |             |        |      |

Hasil pada Tabel 6 uji ANOVA menunjukkan bahwa dari enam variabel yang dianalisis, lima di antaranya memiliki pengaruh yang signifikan dari penerapan Aplikasi AI dan Robotisasi. Variabel Kekerasan menunjukkan nilai F sebesar 5,974 dengan signifikansi 0,002, menandakan adanya pengaruh signifikan terhadap kekerasan hasil permesinan. Variabel Waktu Produksi dan Biaya Produksi masing-masing memiliki nilai F sebesar 4,301 (Sig. = 0,009) dan 11,630 (Sig. = 0,000), yang berarti bahwa penggunaan AI dan robotisasi secara signifikan mempengaruhi efisiensi waktu dan biaya produksi. Cacat Produk juga dipengaruhi secara signifikan, dengan nilai F sebesar 3,017 dan signifikansi 0,036, menunjukkan bahwa penerapan teknologi ini mampu menurunkan jumlah produk cacat. Keausan Alat



menunjukkan pengaruh yang paling kuat dengan nilai F sebesar 8,512 dan signifikansi 0,000, yang mengindikasikan bahwa sistem AI dan robotisasi berdampak besar dalam mengurangi keausan pada alat potong. Satu-satunya variabel yang tidak menunjukkan pengaruh signifikan adalah Keselindisan, dengan nilai F sebesar 1,946 dan signifikansi 0,134. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa penerapan sistem AI dan robotisasi berkontribusi nyata terhadap peningkatan kualitas dan efisiensi proses permesinan CNC di perusahaan yang diteliti.

### 3.5. Regresi Linier Sederhana

Regresi linier sederhana digunakan untuk menganalisis hubungan antara variabel independen, yaitu penerapan sistem AI dan robotisasi (X), terhadap masing-masing variabel dependen hasil produksi (Y). Model ini membantu menjelaskan seberapa besar pengaruh AI dan robotisasi dalam meningkatkan kualitas dan efisiensi proses permesinan CNC. Hasil pengujian pertama untuk variabel kekasaran permukaan (Y1.1) disajikan pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Hasil Uji Regresi Linier Sederhana X > Y1.1

| Model                      | Coefficients <sup>a</sup>   |            |                           |        |      |
|----------------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
|                            | Unstandardized Coefficients | Std. Error | Standardized Coefficients | t      | Sig. |
|                            | B                           |            | Beta                      |        |      |
| 1 (Constant)               | 2.736                       | .171       |                           | 15.969 | .000 |
| Aplikasi AI dan Robotisasi | -.136                       | .024       | -.760                     | -5.601 | .000 |

a. Dependent Variable: Kekerasan

Pada Tabel 7 Hasil analisis regresi linier sederhana menunjukkan bahwa terdapat hubungan negatif antara Aplikasi AI dan Robotisasi terhadap Kekerasan hasil permesinan, dengan persamaan regresi  $Y = 2,736 - 0,136X$ . Hal ini mengindikasikan bahwa setiap peningkatan penggunaan AI dan robotisasi akan menurunkan tingkat kekerasan pada hasil permesinan CNC. Dengan demikian, penerapan teknologi ini terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas permukaan produk, khususnya dalam hal mengurangi kekerasan material.

Setelah menguji pengaruh AI dan robotisasi terhadap kekasaran permukaan, analisis dilanjutkan untuk menilai pengaruhnya terhadap keselindisan produk (Y1.2). Hasil regresi linier sederhana antara kedua variabel tersebut disajikan pada Tabel 8 berikut:

Tabel 8. Hasil Uji Regresi Sederhana X terhadap Y1.2

| Model                      | Coefficients <sup>a</sup>   |            |                           |        |      |
|----------------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
|                            | Unstandardized Coefficients | Std. Error | Standardized Coefficients | t      | Sig. |
|                            | B                           |            | Beta                      |        |      |
| 1 (Constant)               | .075                        | .012       |                           | 6.438  | .000 |
| Aplikasi AI dan Robotisasi | -.005                       | .002       | -.541                     | -3.084 | .005 |

a. Dependent Variable: Keselindisan

Pada Tabel 8 Hasil analisis regresi linier sederhana menunjukkan antara Aplikasi AI dan Robotisasi terhadap Keselindisan menunjukkan adanya hubungan negatif dengan persamaan  $Y = 0,075 - 0,005X$ . Artinya, setiap peningkatan penggunaan AI dan robotisasi akan menurunkan tingkat keselindisan sebesar 0,005 satuan. Dengan nilai signifikansi sebesar 0,005, hubungan ini dinyatakan signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa penerapan teknologi AI dan robotisasi berperan penting dalam meningkatkan presisi dan konsistensi dimensi produk hasil permesinan CNC.

Selanjutnya, dilakukan analisis regresi linier sederhana untuk mengetahui pengaruh penerapan AI dan robotisasi terhadap waktu produksi (Y2.1). Hasil lengkap dari analisis tersebut disajikan dalam Tabel 9 berikut ini:

Tabel 9. Hasil Uji Regresi Sederhana X terhadap Y2.1

| Model                      | Coefficients <sup>a</sup>   |            |                           |        |      |
|----------------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
|                            | Unstandardized Coefficients | Std. Error | Standardized Coefficients | t      | Sig. |
|                            | B                           |            | Beta                      |        |      |
| 1 (Constant)               | 35.572                      | 1.964      |                           | 18.114 | .000 |
| Aplikasi AI dan Robotisasi | -1.194                      | .278       | -.667                     | -4.296 | .000 |

a. Dependent Variable: Waktu Produksi

Pada Tabel 9 Hasil regresi linier sederhana antara variabel Aplikasi AI dan Robotisasi terhadap Waktu Produksi menghasilkan persamaan  $Y = 35,572 - 1,194X$ , dengan nilai signifikansi sebesar 0,000. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dan negatif, artinya setiap peningkatan dalam penggunaan AI dan robotisasi akan menurunkan waktu produksi sebesar 1,194 satuan waktu. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan sistem otomatisasi berbasis AI mampu mempercepat proses kerja dalam permesinan CNC di PT Evergrown Technology Batam, sehingga efisiensi waktu produksi dapat tercapai dengan lebih optimal.

Analisis selanjutnya dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penerapan AI dan robotisasi terhadap biaya produksi (Y2.2). Hasil pengujian regresi linier sederhana tersebut dapat dilihat pada Tabel 10 di bawah ini:

Tabel 10. Hasil Uji Regresi Sederhana X terhadap Y2.2

| Model                      | Coefficients <sup>a</sup>   |            |                           |        |      |
|----------------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
|                            | Unstandardized Coefficients | Std. Error | Standardized Coefficients | t      | Sig. |
|                            | B                           |            | Beta                      |        |      |
| 1 (Constant)               | 118.159                     | 5.474      |                           | 21.585 | .000 |
| Aplikasi AI dan Robotisasi | -3.960                      | .774       | -.729                     | -5.113 | .000 |

a. Dependent Variable: Biaya Produksi

Pada Tabel 10 Hasil analisis regresi linier sederhana antara variabel Aplikasi AI dan Robotisasi terhadap Biaya Produksi menghasilkan persamaan  $Y = 118,159 - 3,960X$  dengan nilai signifikansi sebesar 0,000. Nilai koefisien negatif menunjukkan bahwa setiap

peningkatan satu satuan dalam penerapan AI dan robotisasi akan menurunkan biaya produksi sebesar 3,960 satuan biaya. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan sistem otomatisasi secara signifikan mampu mengurangi pengeluaran dalam proses produksi di PT Evergrown Technology Batam. Dengan demikian, implementasi teknologi berbasis AI tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional tetapi juga memberikan manfaat nyata dalam hal penghematan biaya produksi.

Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap pengaruh penerapan AI dan robotisasi terhadap jumlah cacat produk (Y2.3). Hasil regresi linier sederhana ditampilkan pada Tabel 11 berikut ini:

| Tabel 11. Hasil Uji Regresi Sederhana X terhadap Y2.3 |                             |                           |       |        |      |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------|--------|------|
| Coefficients <sup>a</sup>                             |                             |                           |       |        |      |
|                                                       | Unstandardized Coefficients | Standardized Coefficients | t     | Sig.   |      |
| Model                                                 | B                           | Std. Error                | Beta  |        |      |
| 1 (Constant)                                          | 8.024                       | 1.053                     |       | 7.624  | .000 |
| Aplikasi AI dan Robotisasi                            | -.579                       | .149                      | -.630 | -3.888 | .001 |

a. Dependent Variable: Cacat Produk

Pada Tabel 11 Hasil regresi linier sederhana menunjukkan variabel Cacat Produk menghasilkan persamaan  $Y = 8,024 - 0,579X$  dengan tingkat signifikansi sebesar 0,001. Nilai koefisien negatif menunjukkan bahwa setiap peningkatan dalam penerapan AI dan robotisasi berkontribusi pada penurunan jumlah cacat produk sebesar 0,579 satuan. Temuan ini mengindikasikan bahwa sistem otomatisasi yang diterapkan secara signifikan berdampak positif dalam mengurangi tingkat kegagalan produk pada proses permesinan CNC di PT Evergrown Technology Batam. Dengan demikian, teknologi AI dan robotisasi terbukti efektif dalam menjaga konsistensi kualitas dan meningkatkan akurasi hasil produksi.

Analisis selanjutnya difokuskan pada pengaruh Aplikasi AI dan Robotisasi terhadap keausan alat (Y2.4). Hasil regresi linier sederhana untuk variabel ini disajikan pada Tabel 12 berikut:

| Tabel 12. Hasil Uji Regresi Sederhana X terhadap Y2.4 |                             |                           |       |        |      |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------|--------|------|
| Coefficients <sup>a</sup>                             |                             |                           |       |        |      |
|                                                       | Unstandardized Coefficients | Standardized Coefficients | t     | Sig.   |      |
| Model                                                 | B                           | Std. Error                | Beta  |        |      |
| 1 (Constant)                                          | .261                        | .015                      |       | 17.435 | .000 |
| Aplikasi AI dan Robotisasi                            | -.014                       | .002                      | -.814 | -6.721 | .000 |

a. Dependent Variable: Keausan Alat

Pada Tabel 12 Hasil regresi linier sederhana terhadap variabel keausan alat menunjukkan persamaan  $Y = 0,261 - 0,014X$  dengan signifikansi 0,000. Koefisien negatif mengindikasikan bahwa setiap peningkatan penerapan AI dan robotisasi menurunkan keausan alat potong sebesar 0,014 satuan. Temuan ini membuktikan bahwa sistem AI secara signifikan mengurangi keausan alat, meningkatkan efisiensi, dan

memperpanjang umur pakai peralatan di PT Evergrown Technology Batam.

### 3.6. ANOVA (regresi)

Uji ANOVA dilakukan untuk menilai signifikansi model regresi linier sederhana secara keseluruhan pada masing-masing variabel dependen. Uji ini penting guna memastikan bahwa variasi yang terjadi dalam variabel-variabel hasil produksi benar-benar dapat dijelaskan oleh variabel independen, yaitu Aplikasi AI dan Robotisasi. Hasil lengkap uji ANOVA disajikan pada Tabel 13 berikut:

| Tabel 13. Hasil Uji ANOVA Regresi Linier Sederhana |                     |                          |    |             |          |       |
|----------------------------------------------------|---------------------|--------------------------|----|-------------|----------|-------|
| No                                                 | Variabel Dependen   | Sum of Squares (Regresi) | df | Mean Square | F Hitung | Sig.  |
| 1                                                  | Kekerasan           | 0.955                    | 1  | 0.955       | 31.366   | 0.000 |
| 2                                                  | Keselindisan        | 0.001                    | 1  | 0.001       | 9.513    | 0.005 |
| 3                                                  | Waktu Produksi      | 73.855                   | 1  | 73.855      | 18.457   | 0.000 |
| 4                                                  | Biaya Produksi      | 812.947                  | 1  | 812.947     | 26.146   | 0.000 |
| 5                                                  | Cacat Produk        | 17.378                   | 1  | 17.378      | 15.118   | 0.001 |
| 6                                                  | Keausan Alat Potong | 0.011                    | 1  | 0.011       | 45.170   | 0.000 |

Pada Tabel 13 Hasil uji ANOVA, terlihat bahwa seluruh nilai signifikansi berada di bawah 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa model regresi linier sederhana secara keseluruhan signifikan untuk semua variabel dependen. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa variabel Aplikasi AI dan Robotisasi memiliki pengaruh yang nyata terhadap setiap aspek hasil permesinan CNC di PT Evergrown Technology Batam, mencakup kekerasan, keselindisan, waktu produksi, biaya produksi, cacat produk, dan keausan alat.

### 3.7. Uji Koefisien Korelasi

Uji koefisien korelasi dilakukan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan antara variabel independen Aplikasi AI dan Robotisasi dengan variabel dependen hasil permesinan. Pengujian ini juga disertai dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) guna mengetahui sejauh mana kontribusi variabel independen dalam menjelaskan variasi variabel dependen. Ringkasan hasil uji korelasi disajikan pada Tabel 14 berikut:

| Tabel 14. Model Summary Hasil Uji Korelasi X terhadap Y1.1 |                   |          |                   |                            |
|------------------------------------------------------------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| Model Summary                                              |                   |          |                   |                            |
| Model                                                      | R                 | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
| 1                                                          | .760 <sup>a</sup> | .577     | .559              | .175                       |

a. Predictors: (Constant), Aplikasi AI dan Robotisasi

Pada Tabel 14 Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat dan negatif antara penerapan Aplikasi AI dan Robotisasi dengan tingkat Kekerasan hasil permesinan ( $R = 0,760$ ). Sebesar 57,7% variasi Kekerasan dapat dijelaskan oleh variabel AI dan Robotisasi ( $R^2 = 0,577$ ), sedangkan 42,3% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain di luar



model. Nilai *Adjusted R*<sup>2</sup> sebesar 0,559 mengindikasikan kecocokan model yang cukup baik.

Selanjutnya, korelasi antara Aplikasi AI dan Robotisasi terhadap variabel Keselindisan produk dianalisis guna memahami sejauh mana penerapan teknologi ini berkontribusi terhadap kualitas geometrik hasil permesinan. Ringkasan hasil analisis ditampilkan pada Tabel 15 berikut:

Tabel 15. Model Summary Hasil Uji Korelasi X terhadap Y1.2

| Model Summary                                         |                   |          |                   |                            |
|-------------------------------------------------------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| Model                                                 | R                 | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
| 1                                                     | .541 <sup>a</sup> | .293     | .262              | .012                       |
| a. Predictors: (Constant), Aplikasi AI dan Robotisasi |                   |          |                   |                            |

Tabel 15 terdapat hubungan cukup kuat dan negatif antara Aplikasi AI dan Robotisasi dengan tingkat Keselindisan hasil permesinan ( $R = 0,541$ ). Sebesar 29,3% variasi Keselindisan dijelaskan oleh variabel AI dan Robotisasi ( $R^2 = 0,293$ ), sedangkan sisanya 70,7% dipengaruhi oleh faktor lain. Nilai *Adjusted R*<sup>2</sup> sebesar 0,262 menunjukkan bahwa model cukup sesuai dengan data populasi.

Analisis korelasi juga dilakukan untuk mengetahui hubungan antara Aplikasi AI dan Robotisasi dengan waktu produksi dalam proses permesinan CNC. Tujuannya adalah untuk menilai sejauh mana penerapan teknologi ini berkontribusi dalam mengoptimalkan efisiensi waktu operasional. Ringkasan hasil uji korelasi disajikan pada Tabel 16 berikut:

Tabel 16. Model Summary Hasil Uji Korelasi X terhadap Y2.1

| Model Summary                                         |                   |          |                   |                            |
|-------------------------------------------------------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| Model                                                 | R                 | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
| 1                                                     | .667 <sup>a</sup> | .445     | .421              | 2.000                      |
| a. Predictors: (Constant), Aplikasi AI dan Robotisasi |                   |          |                   |                            |

Pada Tabel 16 terdapat hubungan kuat dan negatif antara Aplikasi AI dan Robotisasi dengan Waktu Produksi ( $R = 0,667$ ). Sebesar 44,5% variasi dalam Waktu Produksi dapat dijelaskan oleh variabel AI dan Robotisasi ( $R^2 = 0,445$ ), sedangkan 55,5% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Nilai *Adjusted R*<sup>2</sup> sebesar 0,421 menunjukkan bahwa model cukup akurat setelah disesuaikan dengan jumlah prediktor.

Analisis korelasi juga dilakukan untuk mengetahui hubungan antara Aplikasi AI dan Robotisasi dengan biaya produksi dalam proses permesinan CNC. Tujuannya adalah untuk menilai sejauh mana penerapan teknologi ini berkontribusi dalam mengurangi beban biaya operasional. Ringkasan hasil uji korelasi disajikan pada Tabel 17 berikut:

Tabel 17. Model Summary Hasil Uji Korelasi X terhadap Y2.2

| Model Summary                                         |                   |          |                   |                            |
|-------------------------------------------------------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| Model                                                 | R                 | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
| 1                                                     | .729 <sup>a</sup> | .532     | .512              | 5.576                      |
| a. Predictors: (Constant), Aplikasi AI dan Robotisasi |                   |          |                   |                            |

Pada Tabel 17 Terdapat hubungan kuat dan negatif antara Aplikasi AI dan Robotisasi dengan Biaya

Produksi ( $R = 0,729$ ). Sebesar 53,2% variasi dalam Biaya Produksi dijelaskan oleh variabel AI dan Robotisasi ( $R^2 = 0,532$ ), sementara 46,8% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Nilai *Adjusted R*<sup>2</sup> sebesar 0,512 menunjukkan bahwa model tetap relevan dan cukup akurat setelah penyesuaian jumlah prediktor.

Analisis korelasi juga dilakukan untuk mengetahui hubungan antara Aplikasi AI dan Robotisasi dengan jumlah cacat produk dalam proses permesinan CNC. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi sejauh mana penerapan teknologi ini dapat mengurangi tingkat kegagalan produk. Ringkasan hasil uji korelasi disajikan pada Tabel 18 berikut:

Tabel 18. Model Summary Hasil Uji Korelasi X terhadap Y2.3

| Model Summary                                         |                   |          |                   |                            |
|-------------------------------------------------------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| Model                                                 | R                 | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
| 1                                                     | .630 <sup>a</sup> | .397     | .370              | 1.072                      |
| a. Predictors: (Constant), Aplikasi AI dan Robotisasi |                   |          |                   |                            |

Pada Tabel 18 terdapat hubungan cukup kuat dan negatif antara Aplikasi AI dan Robotisasi dengan jumlah Cacat Produk ( $R = 0,630$ ). Sebesar 39,7% variasi jumlah cacat produk dijelaskan oleh penerapan AI dan Robotisasi ( $R^2 = 0,397$ ), sedangkan 60,3% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Nilai *Adjusted R*<sup>2</sup> sebesar 0,370 menunjukkan bahwa model masih cukup andal setelah penyesuaian terhadap jumlah prediktor.

Analisis korelasi juga dilakukan untuk mengetahui hubungan antara Aplikasi AI dan Robotisasi dengan tingkat keausan alat dalam proses permesinan CNC. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi dampak teknologi terhadap umur pakai peralatan produksi. Ringkasan hasil uji korelasi disajikan pada Tabel 19 berikut:

Tabel 19. Model Summary Hasil Uji Korelasi X terhadap Y2.4

| Model Summary                                         |                   |          |                   |                            |
|-------------------------------------------------------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| Model                                                 | R                 | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
| 1                                                     | .814 <sup>a</sup> | .663     | .648              | .015                       |
| a. Predictors: (Constant), Aplikasi AI dan Robotisasi |                   |          |                   |                            |

Pada Tabel 19 terdapat hubungan yang sangat kuat dan negatif antara Aplikasi AI dan Robotisasi dengan tingkat Keausan Alat ( $R = 0,814$ ). Sebanyak 66,3% variasi keausan alat dijelaskan oleh penerapan AI dan Robotisasi ( $R^2 = 0,663$ ), sementara 33,7% dipengaruhi oleh faktor lain. Nilai *Adjusted R*<sup>2</sup> sebesar 0,648 menunjukkan bahwa model memiliki kekuatan penjelas yang tinggi, bahkan setelah penyesuaian untuk jumlah prediktor.

### 3.8. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan sistem AI dan robotisasi dalam proses pemessinan CNC di PT Evergrown Technology Batam berpengaruh signifikan terhadap kualitas produk dan efisiensi proses produksi. Temuan ini didasarkan pada uji regresi, korelasi, dan uji t yang semuanya

menunjukkan hasil signifikan secara statistik terhadap variabel dependen yang diuji.

Pada aspek kualitas produk (Hipotesis 1), kekerasan permukaan produk menunjukkan nilai t-hitung sebesar 15.969, yang jauh melebihi nilai t-Tabel (2.080). Hal ini berarti hipotesis nol ditolak dan hipotesis alternatif diterima, yang menunjukkan bahwa penggunaan AI dan robotisasi secara signifikan meningkatkan kekerasan permukaan sebagai parameter mutu produk hasil pemesinan. Sementara itu, pada variabel keselindisan produk, nilai t-hitung sebesar 6.438 juga melampaui t-Tabel, sehingga  $H_{02}$  ditolak dan  $H_{a2}$  diterima. Ini menunjukkan bahwa sistem AI dan robotisasi mampu meningkatkan presisi serta akurasi dimensi produk, yang merupakan indikator kualitas geometris yang penting. Secara keseluruhan, hal ini membuktikan bahwa penerapan teknologi berbasis kecerdasan buatan dan otomasi dapat menjamin mutu produk yang lebih konsisten dan stabil, yang sangat krusial dalam industri manufaktur presisi seperti CNC.

Dalam hal efisiensi proses produksi (Hipotesis 2), empat indikator yang diuji juga menunjukkan hasil signifikan. Waktu produksi memiliki nilai t-hitung sebesar 18.114, sehingga  $H_{03}$  ditolak dan  $H_{13}$  diterima. Ini mengindikasikan bahwa AI dan robotisasi dapat mempercepat siklus kerja mesin, mengurangi waktu menganggur (*idle*), dan meningkatkan efisiensi *throughput*. Biaya produksi menunjukkan t-hitung sebesar 21.585, sehingga  $H_{04}$  ditolak dan  $H_{14}$  diterima. Otomatisasi proses dengan AI terbukti mampu menurunkan biaya melalui pengurangan tenaga kerja manual, efisiensi penggunaan bahan baku, dan peningkatan efisiensi operasional. Selanjutnya, jumlah cacat produk juga menurun signifikan dengan t-hitung sebesar 7.624. Ini menunjukkan bahwa sistem berbasis AI mampu melakukan kontrol mutu secara *real-time*, mengurangi kesalahan pemesinan, dan meningkatkan kesesuaian produk. Terakhir, keausan alat potong menunjukkan t-hitung sebesar 17.435, sehingga  $H_{06}$  ditolak dan  $H_{16}$  diterima. Hal ini memperlihatkan bahwa AI berperan penting dalam mengelola parameter pemotongan seperti kecepatan, beban, dan pendinginan secara optimal, sehingga memperpanjang umur pakai alat.

Implikasi praktis dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi AI dan robotisasi bukan hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga menjadi strategi yang efektif untuk meningkatkan daya saing industri manufaktur. Digitalisasi dan otomasi terbukti memiliki dampak positif yang luas dan signifikan terhadap peningkatan kualitas dan efisiensi. Oleh karena itu, teknologi ini dapat menjadi contoh dan acuan bagi perusahaan manufaktur lain di Indonesia untuk mulai menerapkan pendekatan industri 4.0 dalam sistem produksinya.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan Berdasarkan hasil penelitian mengenai penerapan sistem kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) dan robotisasi dalam proses permesinan CNC di PT Evergrown Technology Batam, dapat disimpulkan bahwa integrasi teknologi ini memberikan dampak signifikan dan terukur terhadap peningkatan kualitas produk dan efisiensi operasional.

Secara kuantitatif, penerapan AI dan robotisasi menurunkan kekasaran permukaan dari rata-rata 2,736 menjadi 2,336 satuan (penurunan sebesar 14,3%) dan meningkatkan keselindisan produk dari 0,075 menjadi 0,045 satuan (peningkatan presisi sebesar 40%). Dari sisi efisiensi produksi, waktu produksi berhasil ditekan sebesar 1,194 satuan waktu per peningkatan 1 satuan AI, dengan total rata-rata waktu produksi menurun dari 32,00 menjadi 22,10 satuan (penghematan maksimum 30,9%). Biaya produksi menurun hingga Rp28.000 (dari Rp101.400 menjadi Rp73.400), yang menunjukkan efisiensi finansial sebesar 27,6%. Cacat produk menurun dari 7 unit menjadi 2 unit, atau setara pengurangan 71,4%, dan keausan alat potong berkurang sebesar 0,097 satuan (peningkatan umur alat sebesar 44%).

Temuan ini menunjukkan bahwa sistem berbasis AI dan robotisasi secara signifikan mampu meningkatkan mutu permukaan dan presisi dimensi produk, sekaligus mengurangi pemborosan waktu, biaya, dan kerusakan alat. Oleh karena itu, implementasi teknologi ini terbukti efektif dan dapat menjadi strategi unggulan dalam meningkatkan daya saing industri manufaktur nasional di era Industri 4.0.

Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi penerapan AI dan robotisasi pada jenis mesin dan proses produksi lainnya, serta menganalisis dampaknya terhadap produktivitas jangka panjang dan integrasi sistem secara menyeluruh.

#### Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Kristen Indonesia Paulus atas segala dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan selama proses penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih secara khusus ditujukan kepada Prof. Dr. Ir. Musa B. Palungan, M.T selaku Pembimbing I dan Dr. Ir. Nitha, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng selaku Pembimbing II atas arahan, bimbingan, serta masukan konstruktif yang sangat berarti dalam penyusunan tugas akhir ini. Penulis juga mengapresiasi Bapak Dr. Ir. Atus Buku, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin UKI Paulus, yang telah memberikan dukungan administratif dan akademik selama masa studi. Terima kasih juga disampaikan kepada keluarga besar, teman-teman, serta rekan kerja yang telah memberikan semangat, bantuan, dan dukungan moral dalam proses penyelesaian penelitian ini.

## Daftar Rujukan

- [1] Adimaja, M, 2021. *Ritual Cuci Patung Dewa Jelang Imlek*. Online]. Tersedia di : <https://www.antarafoto.com/id/view/1342572/ritual-cuci-patung-dewa-jelang-imlek>
- [2] Sovannara, C., Widagdo, T., Yunus, M., Sani, A. A., 2016. Analisa Pengaruh Proses Permesinan Mesin Cnc Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Material Baja 9smn36 1.0736. *Jurnal Austenit*, 8 (2), pp. 27–32.
- [3] Harrizal, I. S., Syafri, Prayitno, A., 2017. Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin Cnc Milling 3 Axis Menggunakan Close Loop System. *JOM FTEKNIK*, 4 (2), pp. 1–8.
- [4] Kalpakjian, S., Schmid, S. R., 2013. *Manufacturing Engineering and Technology*. 7<sup>th</sup> ed. Singapore : Pearson Publications.
- [5] DeGarmo, E. P., Black, J. T., Kohser, R. A., 2007 *Materials and processes in manufacturing*. 10<sup>th</sup> ed. Amerika Serikat : John Wiley & Sons, Inc.
- [6] Groover, M. P., 2019. *Fundamentals of modern manufacturing: Materials, processes, and systems*. 7<sup>th</sup> ed. Amerika Serikat : John Wiley & Sons, Inc.
- [7] Nakajima, S., 1988. *Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)*. University of Minnesota : Productivity Press.
- [8] Montgomery, D. C., 2017. *Design and analysis of experiments*. 9<sup>th</sup> ed. Amerika Serikat : John Wiley & Sons, Inc.
- [9] Smith, P., 2007. *CNC programming handbook: A comprehensive guide to practical CNC programming*, 3rd ed. United states of america : Industrial Press.
- [10] Yusufadz, A. C., Rosyidin, A., 2022. Analisis Penerapan Artificial Intelligence Dan Robotik Pada Industri Manufaktur Indonesia Dalam Menghadapi Era Industri 4.0. *Pros. Semin. Nas. Teknol. Ind. IX 2022*, vol. 1, pp. 227–232.
- [11] Listyono, R., Rapini, T., Farida, U., 2025. Analisis Penerapan Kecerdasan Buatan ( Artificial Intelligence ) untuk Meningkatkan Keamanan Finansial Nasabah pada Sektor Perbankan Universitas Muhammadiyah Ponorogo , Indonesia. *Lokawati J. Penelit. Manaj. dan Inov. Ris.*, 3 (1), pp. 79–91.
- [12] Russell, S. J., Norvig, P., 2021. *Artificial intelligence: A modern approach*, 4<sup>th</sup> ed. United Kingdom : Pearson.
- [13] Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., 2017. Deep learning. MIT Press., 2016. *Genetic Programming and Evolvable Machine*, 19, pp. 305-307.
- [14] Sugiyono., 2019. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- [15] Arikunto, S., 2016. *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.