

# ANALISIS HUBUNGAN ANTARA INDEKS KOMPLEKSITAS PRODUK DENGAN EFISIENSI PERAKITAN PRODUK STUDI KASUS : *SLIDER (RETSLETING)*

Muthia Khansa<sup>1\*</sup>, Hasan Hariri<sup>2</sup>, Wina Libyawati<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

## ABSTRAK

Peningkatan kompleksitas produk terus menjadi salah satu tantangan terbesar yang dihadapi oleh industri manufaktur saat ini. Produk modern yang kompleks mungkin memiliki ribuan komponen yang diproduksi oleh ratusan proses manufaktur dan perakitan. Kompleksitas akan semakin meningkat jika jumlah dan keanekaragaman fitur yang akan diproduksi juga meningkat. Pengukuran indeks kompleksitas dilakukan pada produk *slider* atau lebih dikenal dengan sebutan *retsleting*. *Slider* memiliki tingkat kerumitan khusus pada proses perakitannya dikarenakan jumlah komponen yang banyak dan dimensi komponen yang relatif kecil. Pengukuran indeks kompleksitas produk dilakukan menggunakan metode yang telah dikenalkan oleh ElMaraghy dan Urbanic melalui jurnalnya yang berdasarkan pada jumlah informasi, keragaman informasi, dan konten informasi produk. Kemudian indeks kompleksitas akan dihubungkan dengan efisiensi perakitan produk menggunakan metode regresi linier untuk mengetahui korelasi antar keduanya. Pengukuran efisiensi perakitan produk dilakukan berdasarkan DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*). Varian yang akan digunakan ada 5 varian model, yaitu *slider non-lock*, *slider semi-automatic lock*, *slider reversible automatic lock*, *slider automatic lock (leaf spring)*, dan *slider automatic lock (wire spring)*. Dengan menganalisa efisiensi perakitan serta memperbaiki proses dan operasi manufaktur, dapat mengurangi indeks kompleksitas produk sehingga akan membuat proses manufaktur menjadi lebih produktif dan efisien. Oleh karena itu, menganalisa hubungan antara keduanya diharapkan dapat memengaruhi *productivity* produk yang dihasilkan pada industri manufaktur.

**Kata kunci :** Indeks kompleksitas, *slider*, efisiensi perakitan produk

## PENDAHULUAN

Proses manufaktur merupakan suatu proses yang mengubah bahan mentah menjadi barang jadi atau setengah jadi (produk) yang memiliki nilai tambah dan standar spesifikasi sendiri baik di proses menggunakan mesin (mekanis) maupun tanpa menggunakan mesin (manual). Proses manufaktur terdiri dari desain produk, pemilihan material, *planning*, *manufacturing production*, *quality assurance*, manajemen serta pemasaran produk dari proses manufaktur. Proses manufaktur memproduksi produk secara massal.

Penelitian ini akan membahas mengenai hubungan antara indeks kompleksitas produk terhadap efisiensi perakitan produk yang akan dihubungkan menggunakan regresi linier. Perhitungan indeks kompleksitas menggunakan metode ElMaraghy dan Urbanic sedangkan perhitungan efisiensi perakitan produk menggunakan metode dari buku DFMA (*Design for Manufacturing Assembly*). Produk yang digunakan ialah *slider* atau yang lebih dikenal *retsleting*. *Slider* merupakan suatu benda kecil yang dapat menyambungkan dan memisahkan dua kain yang memiliki puluhan bahkan ratusan gigi berbahan metal atau plastik (*zipper*). *Slider* memiliki tingkat kerumitan khusus pada proses perakitannya dikarenakan dimensi komponen yang relatif kecil. Oleh karena itu, perlu diadakannya analisa pengukuran indeks kompleksitas terhadap efisiensi perakitan produk *slider (retsleting)*.

Romiyadi dan Henky Suskito Nugroho [1] menggunakan metode ElMaraghy dan Urbanic untuk Pengukuran Indeks Kompleksitas Produk terhadap Produk *Pressed Part: Bracket Air Box Component*. Produk didesain ulang dengan mengurangi jumlah lubang menjadi 4 dengan dimensi yang sama dengan desain sebelumnya serta mengabaikan *variable general surface finish*. Perubahan desain tersebut memengaruhi nilai indeks kompleksitas produk dari 7,96 menjadi 6,98. Hal tersebut dikarenakan berubahnya jumlah informasi akibat perubahan desain produk.

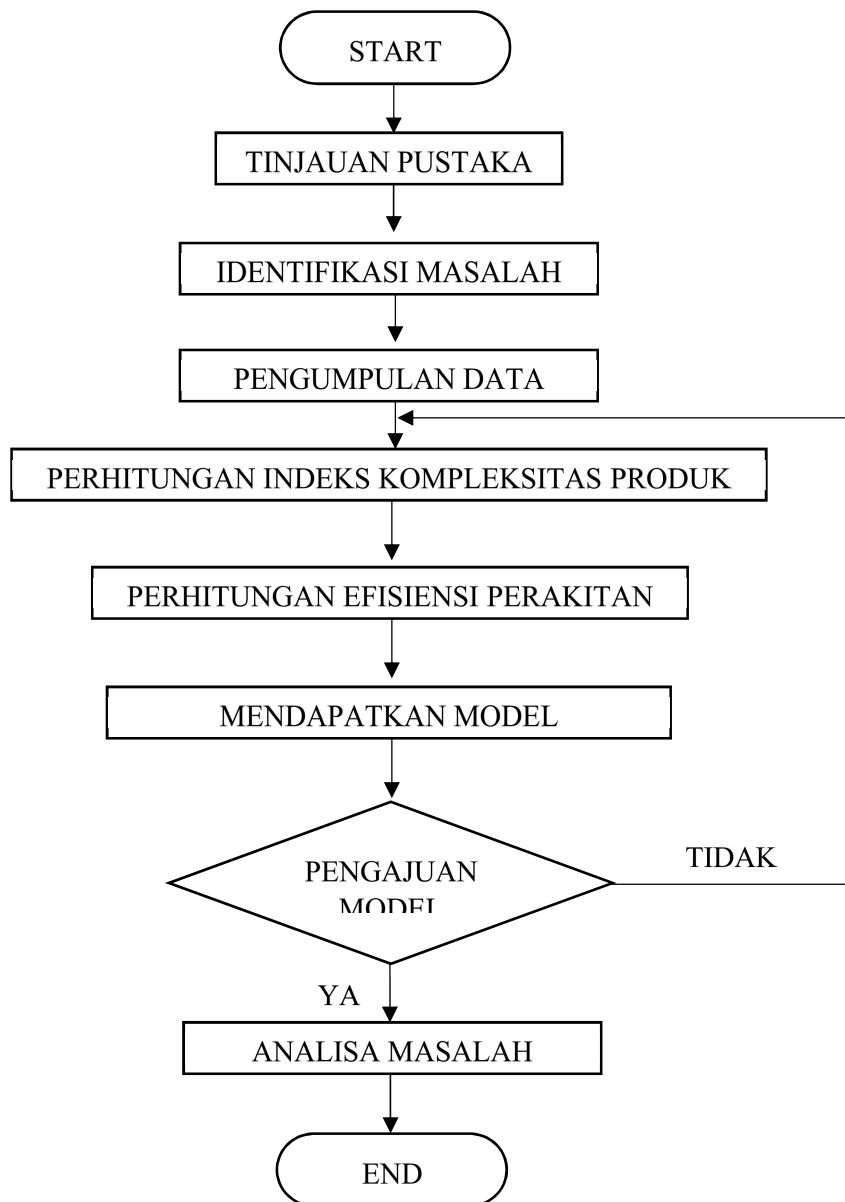
\*Corresponding author: [khansa.muthia0201@gmail.com](mailto:khansa.muthia0201@gmail.com)

Romiyadi dan Emon Azriadi [2] menggunakan metode EIMaraghy dan Urbanic untuk Kompleksitas Produk Manufaktur Berbasis Informasi Produk terhadap Produk Proses Bubut. Produk yang digunakan adalah *External Thread Bearing Housing*. Produk didesain ulang dengan menambahkan proses *polishing* dan *hardening* pada proses *finishing* produk bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk, sehingga nilai indeks kompleksitas pun meningkat dari 6,28 menjadi 8,96 dan 19 proses perakitan. Setelah dilakukan perbaikan dan eliminasi pada desain produk, hasil rancangan berubah menjadi lebih mudah dan cepat dengan 16 komponen penyusun, 64 proses pembuatan komponen, dan 15 proses perakitan.

Dari penelitian-penelitian diatas telah membahas Indeks Kompleksitas dan *Design For Assembly*. Dari keseluruhan penelitian diatas, belum banyak membahas mengenai analisa hubungan indeks kompleksitas produk terhadap efisiensi perakitan produk pada studi kasus *slider (retsleting)* yang akan dideskripsikan menggunakan metode regresi linier. Dengan menganalisa efisiensi perakitan serta memperbaiki proses dan operasi manufaktur, dapat mengurangi indeks kompleksitas produk sehingga akan membuat proses manufaktur menjadi lebih produktif dan efisien. Oleh karena itu, menganalisa hubungan antara keduanya diharapkan dapat memengaruhi *productivity* produk yang dihasilkan pada industri manufaktur.

## METODE

Tahapan penelitian terangkum seperti pada diagram alir di bawah ini:

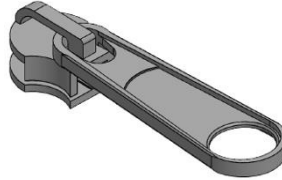


Gambar 1. Diagram Alir

(1) Identifikasi Masalah

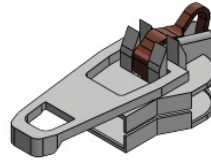
Dalam penelitian ini, produk yaitu *slider (retsleting)* memiliki 5 varian model dengan metode perakitan secara manual. Varian model yang akan diteliti, sebagai berikut:

(2) *Slider Non-Lock*



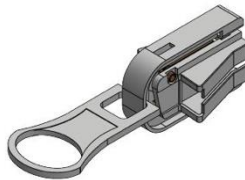
7) *Gambar 2. Non-lock Slider*

(3) *Slider Semi Automatic Lock*



8) *Gambar 3. Semi Automatic Lock Slider*

(4) *Slider Reversible Automatic Lock*



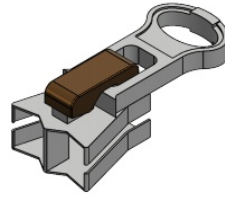
9) *Gambar 4. Reversible Automatic Lock Slider*

(5) *Slider Automatic Lock (Leaf Spring)*



10) *Gambar 5. Automatic Lock Slider: Leaf Spring*

(6) *Slider Automatic Lock (Wire Spring)*



11) *Gambar 6. Automatic Lock Slider: Wire Spring*

(7) Pengumpulan Data

Menurut ElMaraghy dan Urbanic pada jurnalnya yang berjudul “*Modelling of Manufacturing System Complexity*”, langkah-langkah menghitung indeks kompleksitas sebagai berikut: [4]

- (1) Menentukan tingkat kerumitan pembuatan *slider* menggunakan metode *ranking* dengan membagi aktivitas ke dalam 3 kelompok: 0 (*low*), 0.5 (*medium*), dan 1 (*high*) berdasarkan komponen yang digunakan.
- (2) Menentukan total jumlah informasi yang berhubungan dengan *slider* (N).
- (3) Menghitung entropi berdasarkan jumlah informasi *slider*.

$$H = \log_2 (N+1) \quad (1)$$

Dimana:

H : Entropi dari informasi produk

N : Total jumlah informasi produk

- (4) Menentukan jumlah variasi *slider* yang dipandang unik (n).
- (5) Menghitung rasio variasi informasi berdasarkan jumlah variasi *slider* terhadap total jumlah informasi *slider*.

$$D_R = \frac{n}{N} \quad (2)$$

Dimana:

$D_R$  : Rasio variasi informasi produk

n : Jumlah variasi produk yang dipandang unik

- (6) Menentukan masing-masing jumlah dan jenis aspek yang memengaruhi fitur (J) dan spesifikasi (K).
- (7) Membuat masing-masing matriks hubungan antara komponen dan fitur (J), begitu juga komponen dan spesifikasi (K) dengan menerapkan sistem peringkat seperti pada langkah 1.
- (8) Pembobotan rata-rata yang terkait dengan kompleksitas relatif dari berbagai aspek fitur dan spesifikasi pada tiap komponen *slider*.

$$C_{f, feature} = \frac{F_N \times F_{CF} + S_N \times S_{CF}}{F_N + S_N} \quad (3)$$

Dimana:

$C_{f, feature}$  : Koefisien kompleksitas fitur relatif

$F_N$  : Jumlah fitur

$F_{CF}$  : Faktor kompleksitas fitur

$S_N$  : Jumlah spesifikasi

$S_{CF}$  : Faktor kompleksitas spesifikasi

Dengan

$$F_{CF} = \frac{\sum_{j=1}^J \text{Faktor tingkat ke } j}{I} \quad (4)$$

Dimana:

J : Jumlah aspek yang memengaruhi fitur

Faktor tingkat ke j : Faktor untuk kategori ke j yang sekian ( $j^{\text{th}}$ )

Dan dengan

$$S_{CF} = \frac{\sum_{k=1}^K \text{Faktor tingkat ke } k}{K} \quad (5)$$

Dimana:

K : Jumlah aspek yang memengaruhi spesifikasi

Faktor tingkat ke k : Faktor untuk kategori ke k yang sekian ( $k^{\text{th}}$ )

$$C_{j, \text{produk}} = \sum_{f=1}^F x_f \times C_{f, \text{feature}} \quad (6)$$

Dimana:

$C_{j, \text{produk}}$  : Koefisien kompleksitas relatif

$x_f$  : Persentase bentuk kesekian  $x^{\text{th}}$  yang tidak sama

(9) Menghitung indeks kompleksitas

$$CI_{\text{produk}} = (D_{R \text{ produk}} + C_{j, \text{produk}}) \times H_{\text{produk}} \quad (7)$$

Dimana:

$CI_{\text{produk}}$  : Indeks kompleksitas produk

Perhitungan efisiensi perakitan produk berdasarkan DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*) pada buku Boothroyd. Efisiensi perakitan akan dihitung dan dibandingkan antara perhitungan efisiensi perakitan manual secara ideal dan manufaktur.

Untuk perhitungan efisiensi perakitan manual ideal menggunakan persamaan berikut: [5]

$$E_{ma} = \frac{N_{min} \times t_a}{t_{ma}} \quad (8)$$

Dimana:

$E_{ma}$  : Efisiensi perakitan [%]

$N_{min}$  : Jumlah komponen minimum secara teoritis

$t_a$  : Waktu perakitan dasar untuk satu komponen [s]

$t_{ma}$  : Estimasi waktu untuk menyelesaikan perakitan produk [s]

Sedangkan untuk perhitungan perakitan manual secara manufaktur menggunakan persamaan berikut:

$$HP_1 = \frac{WH}{c}$$

Dimana:

$HP_1$  : Hasil produksi ideal [pcs]

WH : Waktu kerja Operator (50.400 [s/hari])

c : *Cycle time* [s/pcs]

(10) Pembuatan Model Matematik

Untuk menghubungkan indeks kompleksitas dengan efisiensi perakitan menggunakan metode regresi linier agar dapat melihat nilai hubungan antar keduanya [6].

$$Y = a + bx \tag{9}$$

Dimana:

Y : Subyek dalam variabel dependen yang diprediksikan

x : Subyek pada variabel independen yang mempunyai nilai tertentu

a : Parameter *intercept*

b : Parameter koefisien regresi variabel bebas

## HASIL

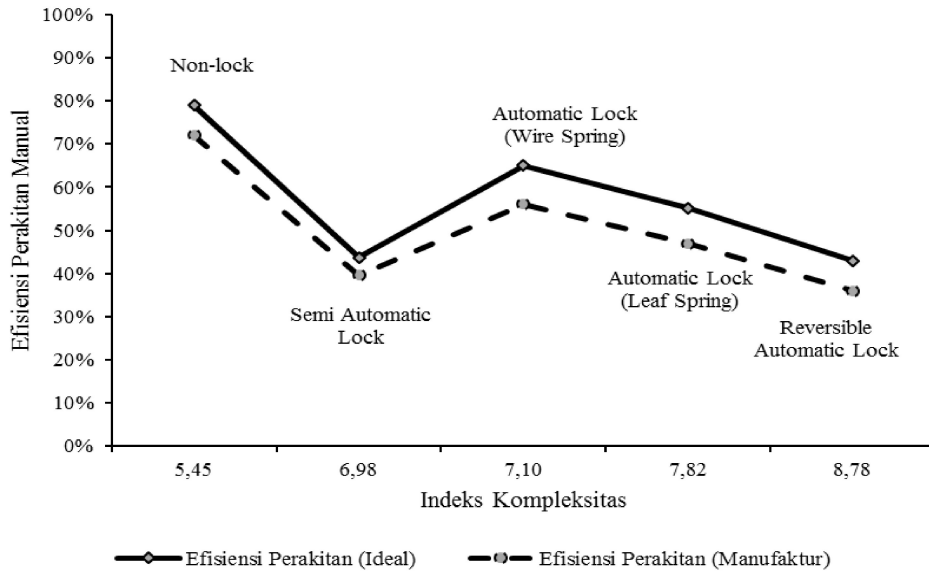
Pemodelan matematik dibuat berdasarkan tipe *slider* (varian) yang diteliti, yaitu *slider non-lock*, *semi-automatic lock*, *reversible automatic lock*, *automatic lock (leaf spring)*, dan *automatic lock (wire spring)*.

12) Tabel 1. Variabel Pemodelan Matematik

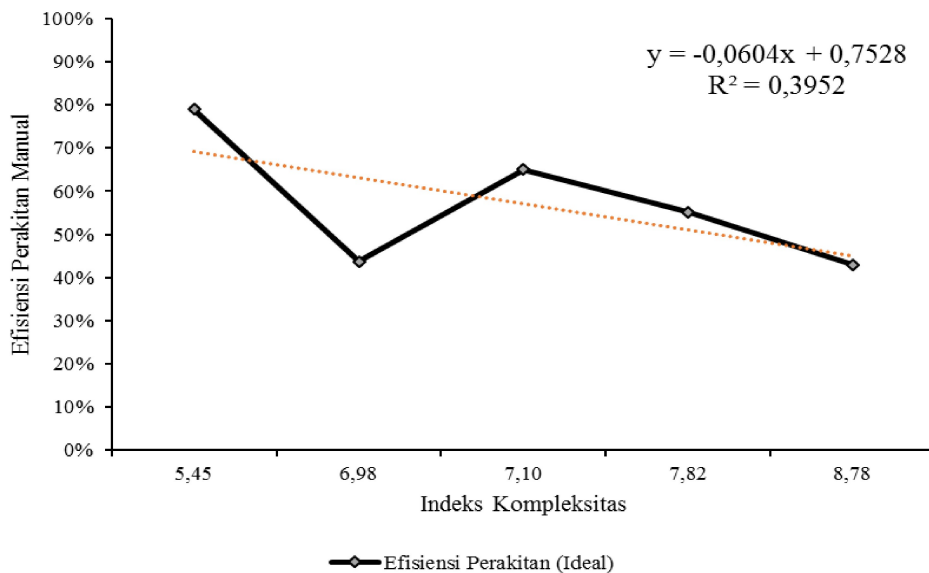
No.	Tipe Slider (Varian)	Jumlah Komponen	Indeks Kompleksitas Produk	Efisiensi Perakitan (Ideal)	Efisiensi Perakitan (Manufaktur)
1	<i>Non-Lock</i>	2	5,45	79%	72%
2	<i>Semi Automatic Lock</i>	3	6,98	44%	40%
3	<i>Reversible Automatic Lock</i>	6	8,78	43%	36%
4	<i>Automatic Lock (Leaf Spring)</i>	4	7,82	55%	47%
5	<i>Automatic Lock (Wire Spring)</i>	3	7,10	65%	56%

Tabel 1. menunjukkan nilai indeks kompleksitas produk, efisiensi perakitan manual secara ideal, dan efisiensi perakitan manual secara manufaktur. Berdasarkan tabel tersebut, nilai indeks kompleksitas berbanding lurus dengan jumlah komponen. Semakin sedikit jumlah komponen, maka semakin kecil nilai indeks kompleksitasnya. Nilai indeks kompleksitas tertinggi ada pada tipe *slider reversible automatic lock* sebesar 8,78 dan nilai terendah ada pada tipe *slider non-lock* sebesar 5,45.

Perbandingan antara efisiensi perakitan manual ideal dengan manufaktur juga dapat terlihat pada tabel 1. *Slider non lock* memiliki efisiensi paling besar dikarenakan jumlah komponennya yang sedikit dan mudah saat di rakit. Komponen mudah dilakukan saat proses *handling* dan *insertion*. Sedangkan efisiensi yang paling kecil yaitu *slider reversible automatic lock*. Hal ini dikarenakan proses perakitannya lebih lama akibat dari bentuk komponen yang sulit sehingga menghambat proses *handling* dan pandangan juga terhalang pada saat proses *insertion* komponen yang dimensinya kecil. Jumlah komponen *slider semi automatic lock* dengan *slider automatic lock* menggunakan *wire spring* sama yaitu 3 komponen, namun efisiensi perakitan *slider semi automatic lock* lebih kecil dikarenakan waktu perakitannya yang lebih lama 20,6 detik dibanding *slider automatic lock* menggunakan *wire spring* 13,9 detik.

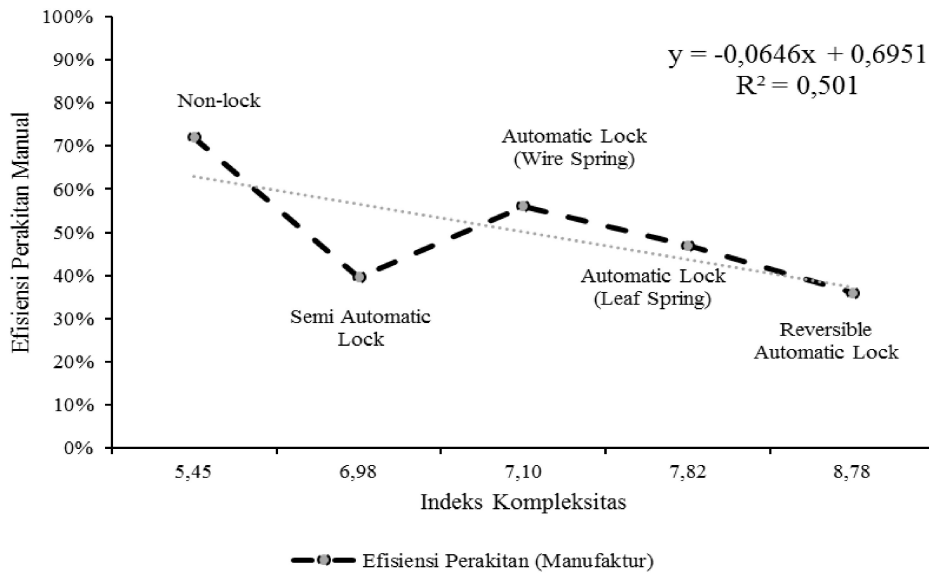


13) Gambar 7. Perbandingan Efisiensi Perakitan Manual dengan Indeks Kompleksitas



14) Gambar 8. Perbandingan Efisiensi Perakitan Manual Ideal dengan Indeks Kompleksitas

Pada gambar 8. menunjukkan hubungan indeks kompleksitas produk dengan efisiensi perakitan manual secara ideal dari 5 tipe *slider* (varian). Dari hubungan tersebut, didapatkan *trendline* dengan nilai persamaan  $y = -0,0604x + 0,7528$  dengan nilai  $R^2 = 0,3952$ . Jika dilihat *trendline*-nya, grafik mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini dipicu akibat semakin kompleks suatu produk, maka efisiensi cenderung turun. R tertinggi mempunyai koefisien korelasi sebesar 0,63. Dengan begitu indeks kompleksitas mempunyai pengaruh terhadap efisiensi perakitan manual ideal sebesar 63% untuk ke-5 tipe *slider* (varian).



15) Gambar 9. Perbandingan Efisiensi Perakitan Manual Manufaktur dengan Indeks Kompleksitas

Pada gambar 9. menunjukkan hubungan indeks kompleksitas produk dengan efisiensi perakitan manual secara manufaktur dari 5 tipe *slider* (varian). Dari hubungan tersebut, didapatkan *trendline* dengan nilai persamaan  $y = -0,0646x + 0,6951$  dengan nilai  $R^2 = 0,501$ . Jika dilihat *trendline*-nya, grafik mengalami penurunan seperti efisiensi perakitan manual secara ideal. R tertinggi mempunyai koefisien korelasi sebesar 0,71. Dengan begitu indeks kompleksitas mempunyai pengaruh terhadap efisiensi perakitan manual ideal sebesar 71% untuk ke-5 tipe *slider* (varian).

## KESIMPULAN

### Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa hubungan antara indeks kompleksitas dengan efisiensi perakitan produk dari ke-5 tipe *slider* (varian), maka dapat disimpulkan:

- (1) Jumlah komponen pada *slider* memengaruhi nilai indeks kompleksitas. Semakin sedikit jumlah komponennya maka semakin rendah nilai indeks kompleksitasnya. Begitu juga sebaliknya, semakin banyak jumlah komponennya maka semakin tinggi nilai indeks kompleksitasnya.
- (2) Dapat disimpulkan dari analisa hubungan antara indeks kompleksitas produk dengan efisiensi perakitan manual secara ideal bahwa indeks kompleksitas mempunyai pengaruh terhadap efisiensi perakitan manual ideal sebesar 63% untuk ke-5 tipe *slider* (varian).
- (3) Untuk analisa hubungan antara indeks kompleksitas produk dengan efisiensi perakitan manual secara manufaktur, indeks kompleksitas mempunyai pengaruh terhadap efisiensi perakitan manual ideal sebesar 71% untuk ke-5 tipe *slider* (varian).
- (4) Indeks kompleksitas memberikan pengaruh terhadap efisiensi perakitan. Untuk studi kasus *slider* semakin tinggi nilai indeks kompleksitas, semakin rendah nilai efisiensi perakitannya.

### Saran

Jika akan menganalisa indeks kompleksitas maka harus memiliki data yang valid dan menggunakan perhitungan yang benar dan tepat agar nilai indeks kompleksitas yang muncul sesuai dengan kondisi sebenarnya.



---

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] J. Teknobiologi, P. Kampar, D. T. Mesin, and U. Indonesia, “Pengukuran Indeks Kompleksitas Produk terhadap Produk Pressed Part Berbasis Informasi Produk (Case Study: Bracket Air Box Component),” 2013.
- [2] Romiyadi; Emon Azriadi, “Estimation of the Manufacturing Product Complexity Based on the Product Information on Turning Process Product,” *Int. J. Eng. High-End Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 8–16, 2016.
- [3] I. Priadythama, S. Susmartini, and A. W. Nugroho, “Penerapan DFMA untuk Low Cost High Customization Product,” *PERFORMA Media Ilm. Tek. Ind.*, vol. 16, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [4] W. H. ElMaraghy and R. J. Urbanic, “Modelling of Manufacturing Systems Complexity,” *CIRP Ann.*, vol. 52, no. 1, pp. 363–366, Jan. 2003.
- [5] G. Boothroyd, P. Dewhurst, and W. Knight, *Product Deisgn for Manucture and assembly*.
- [6] D. Kurniawan, “Regresi Linier,” *Statistic*, 2008.