



Prediksi Kelayakan Operasional Mesin Rivet Menggunakan Regresi Linear Berganda

Yeni Rokhayati^{1,*}, Nur Setyo Utomo², Sartikha³

¹Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan, Jurusan Teknik Informatika, Politeknik Negeri Batam

^{2,3}Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknik Informatika, Politeknik Negeri Batam
^{1,2,3} Jl. Ahmad Yani Batam Kota, Batam-Kepulauan Riau, Indonesia 29461

*Corresponding Author: yeni@polibatam.ac.id

Abstract—Rivet engine is a machine used in connecting aluminum plates. Efforts to determine the feasibility of rivet engines at PT. XYZ has been done by looking at the results released by the machine. It often happens when the machine has produced a lot of goods, but the results do not meet good quality standards. This is caused by not knowing the feasibility of the operating conditions of the rivet engine. One way to find out the feasibility of rivet engine operation without having to wait for the result of splicing is to predict it from factors that have a big influence, namely the suitability of hydraulic pressure, splicing time, and punch diameter of the rivet engine. Because it involves more than one variable, the multiple linear regression method is used in making a prediction model for the feasibility of this rivet engine. Calculation of absolute error percentage and hypothesis testing is done to test the feasibility of the prediction model. In addition, in order to make it easier to find out the results of predicting the feasibility of its rivet engine, a desktop-based application is designed using the Unified Modeling Modeling (UML) and developed using the Java programming language. As a result, a prediction application has been successfully made where this application can predict the operational feasibility of the rivet engine based on the data corresponding to the hydraulic pressure, connection time, and punch diameter of the rivet engine.

Keywords— prediction application, rivet engine, feasibility prediction, multiple linear regression

Intisari— Mesin rivet merupakan suatu mesin yang digunakan dalam penyambungan plat berbahan aluminium. Upaya untuk mengetahui kelayakan mesin rivet di PT. XYZ selama ini dilakukan dengan melihat hasil yang dikeluarkan oleh mesin tersebut. Seringkali terjadi ketika mesin sudah menghasilkan banyak barang, namun hasilnya tidak memenuhi standar kualitas yang baik. Ini disebabkan oleh tidak diketahuinya kelayakan kondisi pengoperasian mesin rivetnya. Salah satu cara untuk mengetahui kelayakan operasi mesin rivet tanpa harus menunggu hasil penyambungan adalah dengan memprediksinya dari faktor-faktor yang berpengaruh besar, yaitu kesesuaian tekanan hidrolik, waktu penyambungan, dan diameter punch dari mesin rivet-nya. Oleh karena melibatkan variabel lebih dari satu, maka metode regresi linier berganda digunakan dalam membuat model prediksi kelayakan mesin rivet ini. Perhitungan persentase *error absolut* dan pengujian hipotesis dilakukan untuk menguji kelayakan model prediksinya. Selain itu, guna mempermudah dalam mengetahui hasil prediksi kelayakan mesin rivetnya, sebuah aplikasi berbasis desktop dirancang menggunakan pemodelan *Unified Modelling Language* (UML) dan dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Java. Sebagai hasilnya, sebuah aplikasi prediksi telah berhasil dibuat dimana aplikasi ini dapat memprediksi kelayakan operasional mesin rivet berdasarkan data kesesuaian tekanan hidrolik, waktu penyambungan, dan diameter punch dari mesin rivet-nya.

Kata kunci— aplikasi prediksi, mesin rivet, prediksi kelayakan, regresi linier berganda.

I. PENDAHULUAN

PT XYZ merupakan sebuah perusahaan manufaktur yang beralamat di Batam Center, propinsi Kepulauan Riau, Indonesia. Perusahaan ini merakit komponen sepeda balap dan sepeda gunung. Produk yang dirakit antara lain *Front Derailleur* (Perpindahan Gigi Depan) dan *Shifting Lever* (Penggerakan Pemindah Gigi Depan dan Belakang). Proses perakitan produk tersebut menggunakan tenaga manusia dan tenaga mesin, utamanya adalah mesin rivet. Mesin rivet ini sendiri memerlukan uji kelayakan agar menghasilkan produk yang sesuai dengan standar kualitas yang baik. Tindakan optimal dari uji kelayakan mesin secara reguler oleh staf pemeliharaan sebaiknya dilakukan secara independen dan sederhana daripada dengan cara terkoordinasi dan rumit [1].

Upaya mengetahui kondisi kelayakan mesin rivet pada PT. XYZ selama ini dilakukan dengan melihat hasil yang dikeluarkan oleh mesin tersebut. Hal tidak baik yang sering terjadi adalah ketika mesin sudah menghasilkan banyak barang, namun hasilnya tidak memenuhi standar kualitas yang baik. Ini disebabkan oleh tidak diketahuinya kelayakan kondisi pengoperasian mesin rivetnya. Hal yang bisa dilakukan untuk mengetahui kelayakan operasi mesin rivet tanpa harus menunggu hasil penyambungan adalah dengan memprediksinya dari faktor-faktor yang berpengaruh besar, yaitu kesesuaian tekanan hidrolis, waktu penyambungan, dan diameter punch dari mesin rivetnya. Ketika memprediksi suatu variabel, dimana variabel ini dipengaruhi oleh banyak variabel lainnya, maka persamaan prediksinya tidak sederhana [2], [3].

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memprediksi suatu variabel berdasarkan satu atau lebih variabel numerik yang mempengaruhinya adalah metode regresi [4], [5]. Di antara model statistik, analisis regresi linier menunjukkan hasil yang menjanjikan karena akurasi yang wajar dan implementasi yang relatif sederhana jika dibandingkan dengan metode lain [6]. Regresi memiliki aneka ragam jenis disesuaikan dengan perkiraan model data yang terbentuk dan jumlah variabel yang

mempengaruhinya. Pada penelitian ini, regresi linier berganda digunakan karena jumlah variabel yang mempengaruhi kondisi kelayakan mesin rivetnya lebih dari satu [7]. Serta, regresi linier bisa digunakan jika datanya berbentuk linier [8]. Sehingga, pada penelitian ini, sebelum menggunakan metode regresi linier, akan dilakukan uji linearitas data, dimana ini bertujuan untuk menguji apakah data yang digunakan linier atau tidak [9], [10].

Model prediksi yang terbentuk nantinya adalah sebuah fungsi $y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$, dimana variabel y adalah diameter hasil rivet, yang mana mesin rivet akan dikategorikan dalam kondisi layak jika berdiameter 4.8 – 5.2. Sedangkan variabel x_1 , x_2 , dan x_3 adalah variabel yang mempengaruhi kondisi kelayakan mesin rivet, berturut-turut yaitu tekanan hidrolis, lama proses penyambungan, dan diameter punch mesin rivet. Sebelum model yang terbentuk digunakan untuk memprediksi data baru, dua jenis pengujian model dilakukan, yaitu perhitungan persentase error absolut dan pengujian hipotesis. Pengujian-pengujian ini bertujuan untuk memverifikasi kelayakan model regresinya [11], [12].

Agar setiap kali melakukan proses prediksi kondisi kelayakan mesin rivet tidak dilakukan dengan perhitungan manual, maka sebuah aplikasi berbasis desktop untuk prediksi kelayakan kondisi mesin *rivet* dirancang dan dikembangkan. Perancangan aplikasi ini dilakukan dengan pemodelan *Unified Modelling Language* (UML), kemudian dibangun dan dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Java.

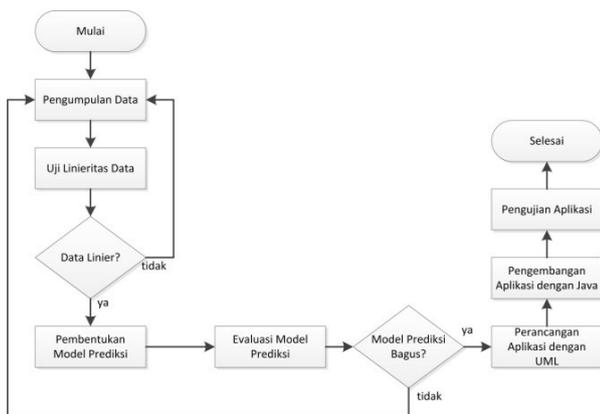
II. METODE PENELITIAN

Secara garis besar, penelitian ini dimulai dengan pengamatan studi kasus yang juga disertai dengan pengumpulan data di lokasi studi kasus, yaitu di PT. XYZ. Data yang dikumpulkan meliputi tekanan hidrolis, lama proses, diameter punch mesin *rivet*, serta diameter hasil *rivet*. Kemudian, setelah data terkumpul, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian linearitas data. Uji

linearitas data ini dilakukan dengan tujuan mengetahui apakah hubungan variabel linear atau tidak. Oleh karena model yang akan digunakan adalah regresi linier, maka kelinearan data ini menjadi syarat pentingnya.

Setelah diketahui kelinearan datanya, selanjutnya melakukan pembentukan model prediksi menggunakan regresi linier berganda. Kemudian, setelah terbentuk, model dievaluasi terlebih dahulu. Evaluasi model prediksi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengujian menggunakan mean *absolute error* dan pengujian hipotesis. Setelah hasil pengujian model dilakukan, kemudian model diimplementasikan dalam aplikasi prediksinya, sehingga tahapan selanjutnya adalah perancangan, pengembangan, dan pengujian aplikasi hingga selesai.

Tahapan metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan alur penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penulisan bagian hasil dan pembahasan ini dibagi lagi menjadi beberapa sub bagian, sesuai alur proses pengerjaan penelitian ini, yaitu uji linearitas data, pembentukan model prediksi, pengujian model prediksi, dan perancangan serta implementasi aplikasi.

A. Uji Linearitas Data

Uji linearitas bertujuan untuk mengetahui apakah suatu variabel memiliki hubungan yang linear atau tidak secara signifikan. Uji linearitas pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS, dimana yang

dihasilkan adalah nilai F dari setiap pasangan variabel [13].

Melalui pengujian ini, ditinjau dari tidak signifikansinya deviasi linearitasnya yaitu >0.05 , didapatkan hasil bahwa pasangan variabel tekanan hidrolik dan diameter hasil rivet, lama proses dan diameter hasil rivet, serta diameter punch dan diameter hasil rivet menunjukkan hubungan yang linier.

B. Pembentukan Model Prediksi

Data yang akan digunakan sebanyak 30 seperti terlihat pada Tabel 1, dimana data ini diperoleh dengan mengumpulkan pengukuran diameter hasil rivet berdasarkan tekanan hidrolik, lama proses, dan diameter punch sebanyak 30 kali.

Tabel 1. Data Pengukuran Diamater Hasil Rivet berdasarkan Tekanan Hidrolik, Lama Proses, dan Diamater Punch

Tekanan Hidrolik	Lama Proses	Diameter Punch	Diameter Hasil Rivet Spec: 4.8 ~ 5.2
70	1.0	9.00	5.31
20	0.5	9.05	4.44
50	0.5	9.05	4.70
40	2.0	9.05	5.22
50	1.0	9.10	5.04
30	2.0	9.10	4.73
40	0.5	9.20	4.64
40	1.5	9.00	4.94
40	1.5	7.00	4.85
60	2.0	7.20	4.85
50	0.5	9.20	4.70
40	1.5	9.00	5.01
70	2.0	7.50	5.34
60	2.0	7.70	5.26
40	1.5	8.00	4.81
10	2.0	9.00	4.55
50	1.0	9.00	4.85
30	2.0	9.00	4.70
80	0.5	9.10	5.36
60	2.0	9.00	5.38
40	2.0	8.00	5.10
20	0.5	7.50	4.30
80	2.0	9.00	5.53
70	2.0	9.00	5.46
40	1.0	8.00	4.84
50	1.5	8.00	4.96
40	1.5	9.00	4.93
60	1.0	9.00	4.83

50	1.5	9.00	4.99
30	2.0	9.00	4.70

Model prediksi yang akan terbentuk menggunakan regresi linier berganda dengan 3 variabel bebas adalah:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \quad (1)$$

dimana:

- y : prediksi diameter hasil rivet;
- x_1 : tekanan hidrolik;
- x_2 : lama proses;
- x_3 : diameter punch.

Menggunakan fungsi *linest* di Excel [14], [15], yaitu:

$$=LINEST(\text{known_y's}, [\text{known_x's}], [\text{const}], [\text{stats}]) \quad (2)$$

dimana:

- known_y's : himpunan nilai y ;
- known_x's : himpunan nilai x ;
- const : nilai boolean (*true/false*) yang menentukan konstanta $a=0$ atau tidak;
- stats : nilai boolean (*true/false*) yang menentukan pengembalian nilai statistik regresi tambahan atau tidak;

diperoleh persamaan regresi linier bergandanya adalah:

$$y = 3.4337 + 0.0144x_1 + 0.2148x_2 + 0.0613x_3 \quad (3)$$

dimana:

- y : prediksi diameter hasil rivet;
- x_1 : tekanan hidrolik;
- x_2 : lama proses;
- x_3 : diameter punch.

C. Evaluasi Model Prediksi (dengan Mean Absolute Error)

Mean Absolute Error digunakan untuk mengukur rata-rata kinerja suatu model [16], [17]. Menggunakan pengujian *mean absolute error*, diperoleh *mean absolute error*-nya adalah $2.861995643/30 = 0.095399855$ yang berarti rata-rata penyimpangan data hasil diameter rivet. Perhitungan *mean absolute error* ini menggunakan persamaan seperti pada persamaan (4).

$$\text{Mean Absolute Error} = \frac{\sum_{i=1}^d |y_i - y_i'|}{d} \quad (4)$$

Sedangkan *mean absolute percentage error*-nya adalah $0.095399855/4.944 = 1.9296\%$ yang merupakan persentase rata-rata penyimpangan data hasil diameter rivet. Persentase ini juga dikatakan sangat kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa model prediksi yang diperoleh sudah sangat bagus atau akurat.

D. Evaluasi Model Prediksi (dengan Pengujian Hipotesis)

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi model regresi adalah dengan pengujian hipotesis [18]. Pengujian hipotesis ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variabel bebas (tekanan hidrolik, lama proses, dan diameter punch) terhadap variabel tak bebas diameter rivet. Sehingga dirumuskan hipotesis pengujian model regresi ini adalah:

H_0 : Tidak ada pengaruh secara signifikan antara tekanan hidrolik, lama proses, dan diameter punch secara bersama-sama terhadap diameter rivet;

H_a : Ada pengaruh secara signifikan antara tekanan hidrolik, lama proses, dan diameter punch secara bersama-sama terhadap diameter rivet.

Dengan tingkat signifikansi 5%, diperoleh tabel ANOVA pada Tabel 2.

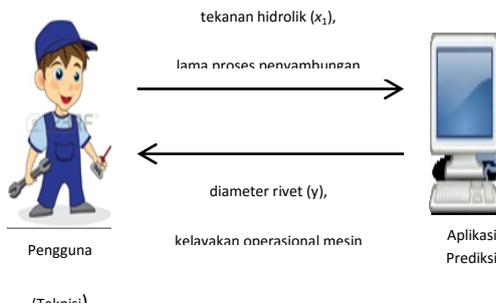
Tabel 2. ANOVA Pengujian Model Regresi

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
<i>Regression</i>	3	2.19	0.73	43.38	4.66061E-10
<i>Residual</i>	25	0.42	0.02		
<i>Total</i>	28	2.61			

Dengan tingkat signifikansi 5%, dan derajat kebebasan 3 dan 5, nilai *F*-Tabelnya adalah 2.99. Jika dibandingkan dengan *F*-Hitung dari Tabel 2, yaitu sebesar 43.38253 maka *F*-Hitung lebih besar dari *F*-Tabel, sehingga hipotesis H_0 ditolak dan dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh yang signifikan antara tekanan hidrolik, lama proses, dan diameter

punch secara bersama-sama terhadap diameter *rivet*.

IV. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI APLIKASI PREDIKSI KELAYAKAN OPERASIONAL MESIN RIVET PRODUKSI



Gambar 2. Deskripsi umum sistem

Guna mempermudah dalam mengetahui hasil prediksi kelayakan mesin rivet dengan cepat menggunakan model prediksi yang telah terbentuk, sebuah aplikasi berbasis desktop dirancang menggunakan pemodelan *Unified Modelling Language* (UML) dan dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Java. Aplikasi ini digunakan oleh Teknisi mesin *rivet*, dimana hanya dengan memasukkan nilai variabel tekanan hidrolik, lama proses penyambungan, dan diameter *punch*, maka aplikasi akan memberikan hasil prediksi diameter mesin *rivet* beserta kelayakan operasinya. Adapun gambaran umumnya dapat dilihat di deskripsi umum aplikasi pada Gambar 2.

Aplikasi ini dirancang dan dibangun secara sederhana guna mempercepat proses perhitungan prediksi diameter mesin *rivet* ketika proses produksi, sehingga antarmukanya hanya terdiri dari 1 halaman saja, seperti terlihat pada Gambar 3 ini.



Gambar 3. Implementasi antarmuka

Antarmuka pada Gambar 3 menjelaskan secara sederhana bahwa pengguna hanya memasukkan data tekanan hidrolik, lama proses penyambungan, dan diameter *punch* dari suatu produk, maka akan dapat diprediksi diameter dari mesin *rivet*-nya serta kelayakan operasional dari mesin tersebut.

V. KESIMPULAN

Sebuah model prediksi kelayakan operasional mesin *rivet* telah berhasil dibentuk menggunakan pemodelan regresi linier berganda, dimana dalam pemodelan ini melibatkan 3 variabel bebas, yaitu: tekanan hidrolik, lama proses, dan diameter *punch*. Model prediksi kelayakan ini adalah

$$y = 3.4337 + 0.0144x_1 + 0.2148x_2 + 0.0613x_3$$

dimana model ini juga telah dievaluasi menggunakan *mean absolute error* dan pengujian hipotesis. Pengujian model menggunakan *mean absolute error* memberikan hasil bahwa model layak untuk digunakan, karena memiliki penyimpangan *error* yang sangat kecil, yaitu 1.9296%. Sedangkan pengujian model menggunakan pengujian hipotesis menyatakan bahwa tekanan hidrolik, lama proses, dan diameter *punch* secara signifikan berpengaruh terhadap diameter *rivet*.

Model prediksi yang telah dibentuk dan dievaluasi juga telah diimplementasikan dalam sebuah aplikasi prediksi, dimana aplikasi ini dapat memprediksi nilai diameter *rivet* dan juga status kelayakan operasionalnya berdasarkan nilai tekanan hidrolik, lama proses, dan diameter *punch*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Politeknik Negeri Batam yang telah memberikan fasilitas dan dukungannya.

REFERENSI

- [1] P. Lindstedt, "The method of complex worthiness assessment of an engineering object in the process of its use and service," in *Solid State Phenomena*, 2009, vol. 144, pp. 45–52.

- [2] J. Kleinberg, J. Ludwig, S. Mullainathan, and Z. Obermeyer, "Prediction policy problems," *Am. Econ. Rev.*, vol. 105, no. 5, pp. 491–495, 2015.
- [3] M. Krzywinski and N. Altman, "Points of Significance: Multiple linear regression." Nature Publishing Group, 2015.
- [4] W. Chen *et al.*, "A comparative study of logistic model tree, random forest, and classification and regression tree models for spatial prediction of landslide susceptibility," *Catena*, vol. 151, pp. 147–160, 2017.
- [5] N. Nafi'iyah, "Perbandingan Regresi Linear, Backpropagation Dan Fuzzy Mamdani Dalam Prediksi Harga Emas," *Pros. SENIATI*, pp. 291--B, 2016.
- [6] N. Fumo and M. A. R. Biswas, "Regression analysis for prediction of residential energy consumption," *Renew. Sustain. energy Rev.*, vol. 47, pp. 332–343, 2015.
- [7] F. Khademi and K. Behfarnia, "Evaluation of concrete compressive strength using artificial neural network and multiple linear regression models," 2016.
- [8] F. E. Harrell, "General aspects of fitting regression models," in *Regression modeling strategies*, Springer, 2015, pp. 13–44.
- [9] F. Raposo, "Evaluation of analytical calibration based on least-squares linear regression for instrumental techniques: A tutorial review," *TrAC Trends Anal. Chem.*, vol. 77, pp. 167–185, 2016.
- [10] P. Yu, Z. Zhang, and J. Du, "A test of linearity in partial functional linear regression," *Metrika*, vol. 79, no. 8, pp. 953–969, 2016.
- [11] T. Fang and R. Lahdelma, "Evaluation of a multiple linear regression model and SARIMA model in forecasting heat demand for district heating system," *Appl. Energy*, vol. 179, pp. 544–552, 2016.
- [12] X. Zhang, Y. Tian, X. Zhang, M. Bai, and Z. Zhang, "Use of multiple regression models for predicting the formation of bromoform and dibromochloromethane during ballast water treatment based on an advanced oxidation process," *Environ. Pollut.*, vol. 254, p. 113028, 2019.
- [13] W. Widiarso and F. P. UGM, "Catatan pada uji linieritas hubungan," *Manuskrip tidak dipublikasikan. Diunduh dari http://widhiarso.staff.ugm.ac.id/files/widhiarso_2010_uji_linieritas_hubungan.pdf*, 2010.
- [14] F. A. Morrison, "Obtaining uncertainty measures on slope and intercept of a least squares fit with Excel's LINEST," *Houghton, MI Dep. Chem. Eng. Michigan Technol. Univ. Retrieved August*, vol. 6, p. 2015, 2014.
- [15] A. Kuye and L. Oladimeji Sanni, "Modelling sorption isotherms of lafun and soyflour using a spreadsheet," *Int. J. Food Prop.*, vol. 5, no. 3, pp. 599–610, 2002.
- [16] T. Chai and R. R. Draxler, "Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?--Arguments against avoiding RMSE in the literature," *Geosci. Model Dev.*, vol. 7, no. 3, pp. 1247–1250, 2014.
- [17] C. J. Willmott and K. Matsuura, "Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance," *Clim. Res.*, vol. 30, no. 1, pp. 79–82, 2005.
- [18] M. H. Kutner, C. J. Nachtsheim, J. Neter, W. Li, and others, *Applied linear statistical models*, vol. 5. McGraw-Hill Irwin New York, 2005.