

Penaksiran Suhu Ruangan Pada Termometer dengan Menggunakan *Inverse Regression*

Hesty Fadilah^{#1}, Helma^{*2}

[#]*Student of Mathematics Departement Universitas Negeri Padang, Indonesia*

^{*}*Lectures of Matematic Departement Universitas Negeri Padang, Indonesia*

¹hestyfadilah98@gmail.com

²helma667@yahoo.co.id

Abstract— Temperature measurements using a thermometer sometimes produce higher or lower output than that actual value. This research aims to determine the suitability of the thermometer with the conditioned room temperature to find out the predicted temperature value from the thermometer measurement. In this case the room temperature is conditioned according to the need and then the temperature is measured using a thermometer simultaneously. A total of 40 measurement data were then analyzed statistically using the inverse regression method. Based on the results of the study it can be seen that the suitability of the thermometer (y_0) to the conditioned room temperature (x_0) with a confidence level of 95%.

Keywords—Thermometer, Actual Value, Output Value, Inverse Regression.

Abstrak— Pengukuran suhu dengan menggunakan termometer kadang menghasilkan keluaran lebih tinggi atau rendah dari seharusnya. Penelitian ini membuktikan adanya kesesuaian termometer dengan suhu ruang dikondisikan untuk mengetahui prediksi nilai suhu sebenarnya dari pengukuran termometer. Dalam hal ini suhu ruang dikondisikan sesuai dengan keperluan lalu secara bersamaan dilakukan pengukuran suhu menggunakan termometer. Sebanyak 40 data hasil pengukuran kemudian dianalisis secara statistik menggunakan metode *inverse regression*. Berdasarkan hasil dari penelitian terlihat bahwa adanya kesesuaian termometer (y_0) dengan suhu ruang dikondisikan (x_0) dengan tingkat kepercayaan 95%.

Kata kunci—Termometer, Nilai Actual, Nilai Output, Regesi Invers.

PENDAHULUAN

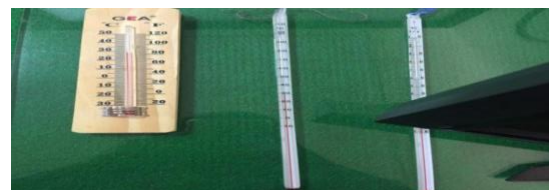
Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu (temperatur) ataupun perubahan suhu. Salah satu jenis termometer adalah termometer ruang. Termometer ruang adalah termometer yang berfungsi untuk mengukur suhu pada suatu ruangan, baik ruang penyimpanan maupun suhu kamar. Pengukuran suhu ruang merupakan salah satu bagian terpenting dalam berbagai bidang kehidupan. Contohnya bidang peternakan dan pertanian, yaitu dalam mengukur suhu penetasan telur dan pembibitan tanaman. Dalam hal ini dibutuhkan suhu optimal [1].

Suhu penyimpanan merupakan faktor penting yang mempengaruhi masa hidup benih pada kisaran suhu tertentu [2]. Jika terjadinya salah dalam penafsiran suhu maka akan berakibat fatal dalam penetasan telur dan pembibitan tanaman tadi. Bidang lain yang memanfaatkan suhu seperti bidang medis, laboratorium-laboratorium percobaan yang membutuhkan kestabilan suhu ruangan, sedangkan untuk pengkondisian suhu ruangan dalam kehidupan sehari-hari masyarakat biasanya menggunakan *Air Conditioning* (AC). Hal ini dapat dilihat pada perkantoran, rumah, tempat ibadah dan lain-lain. Oleh karena itu, harus ada penjaminan akurasi hasil pembacaan

nominal suhu termometer mendekati suhu sebenarnya, karena agar tidak terjadi kesalahan pengambilan tindakan.

Seiring dengan perkembangan zaman dan kemajuan teknologi, termometer terus menerus dikembangkan baik dari cara penggunaan, waktu atau durasi pemeriksaan, maupun prinsip kerja termometer itu sendiri. Sampai saat ini diketahui terdapat dua jenis termometer, yaitu termometer digital dan termometer nondigital. Termometer nondigital terbagi dua yaitu termometer air raksa dan termometer alkohol. Prinsip dasar dari alat ukur ini adalah fenomena pemuaian yang merupakan indeks temperatur.

Pada penelitian ini akan ditampilkan pengukuran suhu ruangan menggunakan termometer air raksa, termometer alkohol dan termometer digital. Adapun ketiga termometer tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Termometer Alkohol, Termometer 1 Air Raksa, Termometer 2 Air Raksa

Setelah dilakukan pengukuran didapatkan beberapa data pada Tabel 1 sebagai berikut:

TABEL I. PENGUKURAN SUHU TERMOMETER AIR RAKSA , ALKOHOL DAN DIGITAL

No	Suhu ruang	Termometer(°C)			
		Air raksa 1	Air raksa 2	Alkohol	Digital
1.	16	21	26	24	27
2.	18	22	27	25	27
3.	25	23	29	28	27
4	29	24	28,5	30	27

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwasanya setiap termometer menghasilkan pengukuran yang berbeda. Pada pengukuran menggunakan alat kadang-kadang menghasilkan keluaran yang ditampilkan (output) lebih rendah atau lebih tinggi dari yang seharusnya. Hal ini terjadi karena faktor produksi peralatan misalnya usia pemakaian yang semakin lama semakin menurun.

Perbedaan hasil pengukuran termometer 1, termometer 2, termometer 3 serta digital merupakan ciri khas dari masing-masing alat pengukuran tersebut. Termometer alkohol merupakan termometer yang ramah lingkungan, mudah dijumpai serta sering di pakai kalangan masyarakat umum. Misalnya tempat penjualan handphone, komputer dan lain-lain dibandingkan dengan termometer air raksa yang berbahaya jika pecah, karena terbuat dari kaca yang didalamnya terdapat senyawa merkuri yang tidak baik untuk kesehatan tubuh. Sehingga dari ke empat termometer tersebut akan dilakukan pengukuran suhu ruangan yang dikondisikan menggunakan termometer alkohol.

Fenomena yang ada pada persoalan adalah nilai sebenarnya mempengaruhi nilai *output*, yaitu suhu ruang dikondisikan mempengaruhi pengukuran termometer alkohol. Maka dalam masalah ini nilai pengukuran termometer alkohol (*output*) merupakan variabel respon y dan nilai suhu ruang dikondisikan (*actual*) merupakan variabel *regressor* x . Hal ini dapat dikatakan bahwa terjadi hubungan sebab akibat antara kedua keadaan. Jika hubungan tersebut bersifat linear maka dapat ditelaah salah satunya dengan menggunakan analisis regresi sederhana [4].

Pada analisis regresi linear sederhana, hubungan antar variabel dikaitkan dengan suatu persamaan yang disebut dengan model regresi linear sederhana. Model tersebut adalah $y = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$ [5]. Pada permasalahan regresi linear, biasanya akan ditentukan berapa nilai y yang bersesuaian bila nilai x diberikan. Artinya dapat diketahui nilai *output* jika nilai aktualnya diketahui. Namun jika yang terjadi sebaliknya, yaitu akan ditentukan berapa nilai x yang bersesuaian bila nilai y diberikan, maka hal ini dapat diselesaikan dengan pendekatan kebalikan dari regresi yang disebut dengan *inverse estimation*. *Inverse estimation* merupakan invers dari regresi linear sederhana [4].

Secara umum, terdapat dua metode dalam menyelesaikan invers dari regresi linear sederhana, yaitu metode klasik dan metode invers [6]. Metode klasik memandang secara terbalik dari analisis regresi linear, sedangkan metode invers menukarkan peranan variabel *regressor* menjadi variabel respon dan variabel respon menjadi variabel *regressor* dari analisis regresi linear sederhana. Untuk itu, dilakukan penaksiran suhu ruangan sebenarnya.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini merupakan penelitian terapan memprediksi nilai suhu ruang. Data yang digunakan adalah data pengukuran termometer alkohol. Dalam hal ini, suhu ruangan dikondisikan sesuai dengan keperluan.

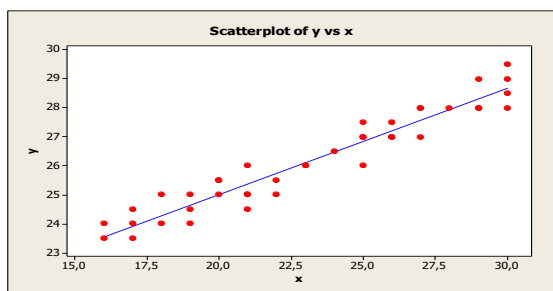
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pada Tabel II, merupakan data dari pengukuran suhu ruangan yang diambil selama 30 hari . Pada saat suhu ruangan dikondisikan maka akan diukur suhunya dengan menggunakan termometer alkohol. Penelitian ini akan membahas mengenai penaksiran suhu ruangan pada termometer alkohol.

TABEL II
PENGUKURAN SUHU RUANGAN

N o	Suhu ruang	Suhu termometer alkohol	N o	Suhu ruang	Suhu termometer alkohol
1	16	24,0	21	29	28,0
2	16	23,5	22	28	28,0
3	17	23,5	23	26	27,0
4	18	25,0	24	25	26,0
5	18	24,0	25	25	27,0
6	19	24,5	26	25	27,5
7	19	25,0	27	21	24,5
8	20	25,5	28	21	25,0
9	20	25,0	29	20	25,5
10	21	25,0	30	27	28,0
11	21	26,0	31	29	28,0
12	22	25,0	32	29	29,0
13	22	25,5	33	26	27,5
14	23	26,0	34	30	29,0
15	25	27,0	35	30	29,5
16	26	27,0	36	30	28,5
17	27	27,0	37	17	24,0
18	30	28,0	38	17	24,5
19	27	28,0	39	23	26,0
20	19	24,0	40	24	26,5

Data saat suhu ruangan dikondisikan dan data suhu ruangan yang diukur dengan termometer alkohol digambarkan hubungannya (*scatterplot*). Hal ini bertujuan untuk melihat pola hubungan yang terjadi antara hasil data suhu ruang yang dikondisikan dan hasil data suhu ruang termometer alkohol. Adapun *Scatterplot*nya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Scatterplot Variabel x dengan variabel

Pada Gambar 2 terlihat bahwa, terdapat hubungan linear antara data hasil pengukuran suhu ruang dikondisikan dengan data hasil pengukuran suhu ruang termometer alkohol. Dimana pada gambar terlihat plot data mengikuti garis regresi linear maka dapat digunakan analisis selanjutnya. Adapun hasil regresi linear sederhana dapat dilihat pada Tabel III.

TABEL III. ANALISIS REGRESI LINEAR SEDERHANA

No	Untuk Metode Clasic
1.	Persamaan Regresi Linear $y = 17,7 + 0,365 x$
2.	Pendugaan Parameter $\hat{\beta}_0 = 17,7$, nilai $P = 0,000$ $\hat{\beta}_1 = 0,365$, nilai $P = 0,000$
3.	$R-Sq = 92,4\%$
4.	Model Regesi Linear Signifikasi Nilai $F = 460,54$, nilai $P = 0,000$
5.	Durbin-Watson statistic = 2.16520 Durbin-Watson tabel = 1.5444

Pada Tabel III, dapat dilihat bahwa nilai F cukup besar dan nilai P dari masing masing pengukuran suhu adalah 0.000. Hal ini berarti untuk menunjukkan hubungan kedua pengukuran tersebut, model regresi linear dapat digunakan (signifikan) pada pengukuran suhu tersebut.

Pembentukan model Regresi *Classic* dengan variabel bebas x yaitu hasil pengukuran suhu ruang yang dikondisikan dan variabel terikat y yaitu hasil pengukuran suhu ruang menggunakan termometer alkohol dapat dilihat model regresi *Classic* adalah sebagai berikut:

$$y = 17,7 + 0,365 x. \quad (1)$$

Pada model (1) dapat diinterpretasikan bahwa, jika nilai pengukuran suhu sebenarnya bernilai nol °C, maka nilai pengukuran suhu ruang yang dikondisikan akan menunjukkan suhu 17,7 °C. Kemudian jika suhu ruang sebenarnya naik sebesar 1 °C maka suhu ruang yang terukur dengan menggunakan termometer alkohol akan naik sebesar 0,365 °C. Model ini memiliki (R^2) = 92,4% yang berarti sebesar 92,4% dari seluruh variasi total dalam pengukuran suhu ruang menggunakan termometer alkohol diterangkan oleh pengukuran suhu ruang sebenarnya, dan masih ada 7,6% lagi variasi pengukuran suhu ruang menggunakan termometer alkohol yang tidak dapat yang tidak dapat diterangkan oleh model.

Bagian sisanya yang 7,6% ini mungkin disebabkan oleh faktor lain yang gagal diperhitungkan oleh model.

Sebelum menggunakan model regresi yang diperoleh, maka semua asumsi dasar harus diuji terlebih dahulu. Apabila semua asumsi dasar terpenuhi oleh model, maka model dapat digunakan. Adapun uji dasarnya sebagai berikut:

- a. Ekspektasi galat sama dengan nol

TABEL IV
RESIDUAL PENGUKURAN SUHU RUANGAN

No	Residual	No	Residual
1	0,440819	21	-0,304757
2	-0,059181	22	0,060288
3	-0,424226	23	-0,209624
4	0,710730	24	-0,844580
5	-0,289270	25	0,155420
6	-0,154314	26	0,655420
7	0,345686	27	-0,884403
8	0,480642	28	-0,384403
9	-0,019358	29	0,480642
10	-0,384403	30	0,425332
11	0,615597	31	-0,304757
12	-0,749447	32	0,695243
13	-0,249447	33	0,290376
14	-0,114491	34	0,330199
15	0,155420	35	0,830199
16	-0,209624	36	-0,169801
17	-0,574668	37	0,075774
18	-0,669801	38	0,575774
19	0,425332	39	-0,114491
20	-0,654314	40	0,020465

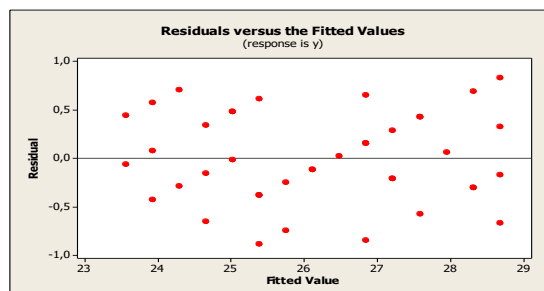
Dalam hal ini, $(\epsilon_i) = 0$.

- b. Galat (ϵ_i) berdistribusi normal

Melalui statistik uji *Anderson-Darling*, diperoleh dengan nilai $P = 0,507$. Hal ini berarti, galat berdistribusi normal.

- c. Kesamaan variansi galat (Homoskedasitas galat)

Pemeriksaan asumsi *Homoskedastisitas* ragam sisaan dapat dilihat melalui *plot of residuals versus the fitted values*. Adapun plotnya adalah pada Gambar 3.



Gambar 3. Plot residual versus the fitted values

Karena plot sisaan diatas berbentuk satisfactory yang mana sebaran titik pada *plot of residuals versus the fitted values* titiknya menyebar secara acak dan tidak membentuk pola tertentu di bawah dan di atas angka nol maka dapat dikatakan kesamaan variansi atau homoskedasitas sudah terpenuhi dan tidak ada keraguan terhadap kecacatan model

d. Galat tidak berkorelasi (Non Autokorelasi)

Salah satu cara untuk uji asumsi galat tidak berkorelasi dapat dilakukan dengan melihat uji statistik *Durbin-Watson*. Dimana dari Tabel III, tidak terdapat masalah *autokorelasi* baik positif ataupun negatif. Maka asumsi galat tidak saling berkorelasi terpenuhi.

Secara keseluruhan model memenuhi asumsi regresi linear sehingga layak digunakan untuk prediksi. Sehingga diperoleh model diprediksi untuk metode *classic* sebagai berikut

$$\hat{x}_0 = \frac{y - 17,7}{0,365}$$

Misalkan, nilai suatu pengukuran suhu pada termometer alkohol menunjukkan $y = 27$. Maka pendugaan nilai pengukuran suhu ruangan pada Ac adalah

$$\hat{x}_0 = \frac{y - 17,7}{0,365} \hat{x}_0 = \frac{27 - 17,7}{0,365} = 25,4795 \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$= 23,200 \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = 26,188.$$

Selang kepercayaan 95% untuk pengukuran suhu ruang adalah

$$\left[\hat{\beta}_1 - \frac{A}{B} \right] d^2 - [2\hat{\beta}_1(C)]d + \left[(C)^2 - A \left(1 + \frac{1}{n} \right) \right] \leq 0$$

$$\Leftrightarrow 0,132052d^2 - 0,59276d - 0,26479 \leq 0.$$

dengan

$$A = \hat{\sigma}^2 t^2 \alpha_{/2, n-2} \quad B = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad C = (y_0 - \bar{y}).$$

Misalkan $d = \bar{x} - x_0$, dapat ditentukan akar-akar dari pertidaksamaan di atas adalah sebagai berikut:

$$d_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

dengan $a = 0,132052$ $b = 0,59276d$ $c = 0,26479$ maka diperoleh

$$d_1 = 4,898222 \text{ dan } d_2 = -0,40937.$$

Sehingga dengan selang kepercayaan 95% dapat ditentukan nilai observasi x_0 dimana d_1 dan d_2 adalah akar-akar dari persamaan,

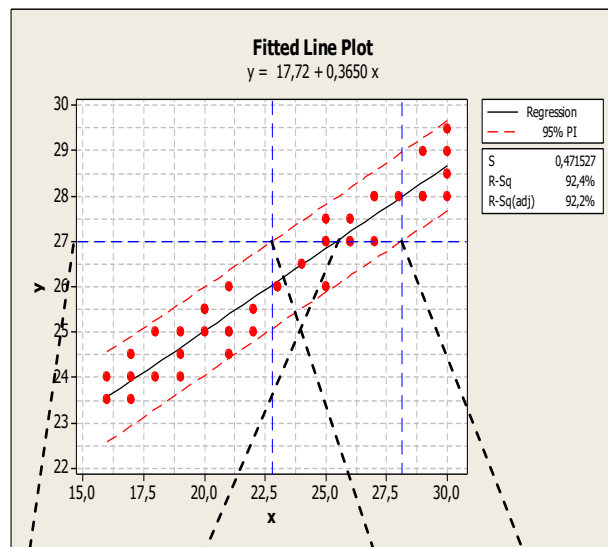
$$\bar{x} + d_1 \leq x_0 \leq \bar{x} + d_2$$

atau

$$22,79063 \leq x_0 \leq 28,0982.$$

Jadi jika suhu yang terukur dari termometer alkohol sebesar $y_0 = 27$, maka prediksi nilai sebenarnya \hat{x}_0 atau suhu pada ruangan yang dikondisikan sebesar 25,4795. Dengan tingkat kepercayaan 95% maka selang kepercayaan untuk nilai suhu sebenarnya pada suhu ruang yang dikondisikan yang bersesuaian dengan nilai yang terukur pada termometer alkohol pada saat $y_0 = 27$

adalah antara 28,09822 ($^{\circ}\text{C}$) sampai 22,79063 ($^{\circ}\text{C}$). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.



$$y_0 = 27 \quad \hat{x}_0 = 25,4795 \quad 22,79063 \leq x_0 \leq 28,09822$$

Gambar 4. Prediksi pengukuran suhu

Apabila masalah tersebut di pandang secara terbalik, yaitu menggunakan inverse. Analisisnya dapat dilihat pada Tabel IV.

TABEL IV. ANALISIS REGRESI LINEAR SEDERHANA

No	Analisis Regresi Linear Sederhana
1.	Persamaan Regresi Linear $x = -43,1 + 2,53 y$
2.	Pendugaan Parameter $\hat{\beta}_0 = -43,1$, nilai $P = 0.000$ $\hat{\beta}_1 = 2,53$, nilai $P = 0.000$
3.	R-Sq=92.4%
4.	Model Regesi Linear Signifikasi Nilai $F = 460,54$, nilai $P = 0.000$
5.	Durbin-Watson statistic=2,00880 Durbin-Watson tabel=1.5444

Pada Tabel IV, dapat dilihat bahwa nilai F cukup besar dan nilai P adalah 0.000. Hal ini berarti untuk menunjukkan hubungan kedua pengukuran tersebut, model regresi linear dapat digunakan (signifikan) pada pengukuran suhu tersebut. Maka didapatkan bentuk regresi linear sederhananya sebagai berikut

$$x = -43,1 + 2,53 y. \quad (2)$$

Pada model (2) dapat diinterpretasikan bahwa, jika nilai pengukuran suhu yang terukur pada termometer alkohol bernilai nol, maka nilai pengukuran suhu ruang yang sebenarnya akan bernilai $-43,1^{\circ}\text{C}$. Kemudian jika nilai suhu ruang yang terukur pada termometer alkohol naik sebesar 1°C maka suhu ruang yang sebenarnya akan naik sebesar $2,53^{\circ}\text{C}$.

Sebelum menggunakan model regresi yang diperoleh, maka semua asumsi dasar pada persamaan (2) harus diuji terlebih dahulu. Hasil uji semua asumsi dasar yang

dilakukan seperti langkah di atas, jika semua asumsi dasar dipenuhi oleh model regresi linear yang telah dibentuk. Maka model tersebut dapat digunakan untuk analisa selanjutnya

Misalkan pengukuran suhu ruang pada termometer alcohol sebesar $y_0 = 27$. maka prediksi nilai sebenarnya \hat{x}_0 sebesar

$$\hat{x}_0 = -43,1 + 2,53y_0 = -43,1 + 2,53(27) = 25,21.$$

Selang kepercayaan 95% untuk pengukuhan suhu ruang yang terukur tersebut adalah

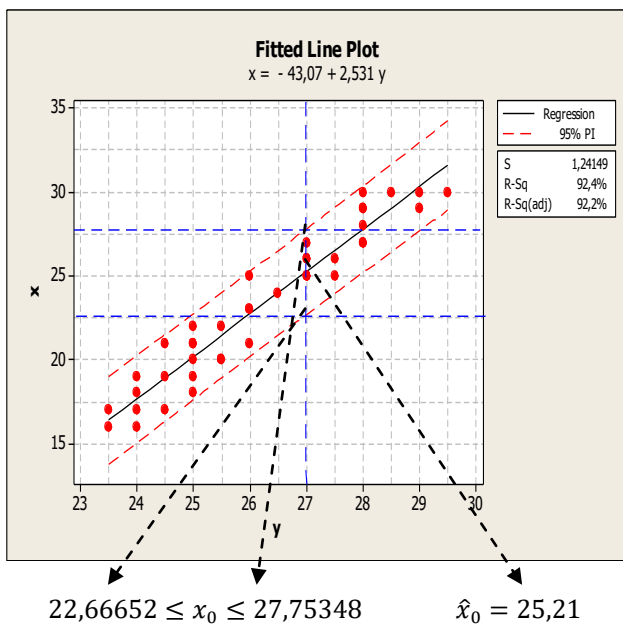
$$\hat{x}_0 - \gamma \leq x_0 \leq \hat{x}_0 + \gamma$$

dengan $\gamma = t_{\alpha/2, n-2} \sqrt{MS_{Res} \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(y_0 - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \right)}$

didapatkan

$$22,66652 \leq x_0 \leq 27,75348.$$

Jadi jika suhu yang terukur dari termometer alcohol sebesar $y_0 = 27$, maka prediksi nilai sebenarnya \hat{x}_0 atau suhu yang terukur pada ruangan sebesar $25,21^\circ\text{C}$. Dengan tingkat kepercayaan 95% maka selang kepercayaan untuk nilai suhu sebenarnya pada suhu ruang yang dikondisikan yang bersesuaian dengan nilai yang terukur pada termometer alcohol pada saat $y_0 = 27$ adalah antara $22,66652^\circ\text{C}$ sampai $27,75348^\circ\text{C}$. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Prediksi pengukuran suhu

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa Nilai *actual* pengukuran suhu dapat diduga

berdasarkan nilai output alat ukur termometer menggunakan *invers regresi* dengan dua metode yaitu:

- a) Jika variabel respon adalah nilai hasil pengukuran suhu menggunakan termometer, maka

$$\hat{x}_0 = \frac{y_0 - \hat{\beta}_0}{\hat{\beta}_1}.$$

Dengan *prediction* intervalnya adalah sebagai berikut

$$\left[\hat{\beta}_1^2 - \frac{A}{B} \right] d^2 - [2\hat{\beta}_1(C)]d + \left[(C)^2 - A \left(1 + \frac{1}{n} \right) \right] \leq 0$$

dengan

$$A = \hat{\sigma}^2 t^2 \alpha_{/2, n-2} \quad B = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad C = (y_0 - \bar{y})$$

$$d = \bar{x} - x_0,$$

$$d_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}.$$

- b. Jika variabel respon adalah nilai suhu yang dikondisikan, maka

$$\hat{x}_0 = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 y_0 \quad \hat{a}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

$$\hat{a}_0 = \bar{x} - \hat{a}_1 \bar{y}$$

Prediksi intervalnya

$$\hat{x}_0 - \gamma \leq x_0 \leq \hat{x}_0 + \gamma$$

dengan

$$\gamma = t_{\alpha/2, n-2} \sqrt{MS_{Res} \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(y_0 - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \right)}.$$

REFERENSI

- [1] Parkust, CR and Mountney. 1998. *Poultry Meat and Egg Production*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- [2] Justice, Oren L dan Bass, Louis N. 2002. *Prinsip dan Praktek Penyimpanan Benih*. Jakarta: PT. Raga Grafindo Persada
- [3] Suartini, Kinkin. 2010. *Rangkuman Fisika SMP*. Jakarta Selatan: Gagas Media.
- [4] Helma., (2019). *Predict the ability of students to conduct preliminary analysis using reverse and inverse regression*. Journal of Physics: Conference Series. 1317. 012116. 10.1088/1742-6596/1317/1/012116
- [5] Montgomery, DC., Peck, EA., dan Vining, G.G. 2006. *Introduction to LinearRegression Analysis*. New York: Jhon Wiley and Statistics, Inc. Gujarat, D., and Zain, S. 1978. *Ekometrika Dasar*. Jakarta: Erlangga.
- [6] Helma & husni. 2015. *Pendugaan jumlah limfosit actual berdasarkan nilai output alat hematology analyzer menggunakan regresiinvers*. 1: 63-72. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/eksakta/article/view/5265>
- [7] Ryan, T.P. 2007. *Modren Enggineering Statistic*. New York: Jhon Wiley and Sons, Inc
- [8] Chang, G.A., Kerns, G.J., Lee, Dj., dan Stanek, G.L. 2009. *Jurnal Volume Statistika Pendidikan 17*. Youngstown State University. www.amstat.org/publications/jse/v17n2/datasets.chang.html