

ANALISIS PERFORMA SENSOR LOAD CELL PADA UNIVERSAL TESTING MACHINE INSTRON 3365

Endri Irawanto¹, Novita Bayu Permatasari², Bambang Surya Pratama³, Adri Fato⁴

^{1,2,3,4}Universitas Dian Nusantara

Email: 511211039@mahasiswa.undira.ac.id

Abstrak: Universal Testing Machine (UTM) Instron 3365 merupakan alat uji material yang digunakan dalam pengujian tarik, tekan, dan lentur. Komponen krusial pada mesin ini adalah sensor *loadcell* yang berfungsi mengukur gaya secara akurat. Seiring penggunaan, performa *loadcell* dapat menurun, sehingga diperlukan evaluasi dan prediksi terhadap akurasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan performa sensor *loadcell* pada UTM Instron 3365 selama lima tahun penggunaan serta memprediksi penurunan akurasi di masa mendatang. Metode penelitian meliputi analisis data kalibrasi tahunan yang diperoleh dari sertifikat resmi dan data uji tarik pada pembebanan 1150 N. Pengolahan data dilakukan dengan pendekatan statistik deskriptif dan regresi linier menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistics 22. Analisis difokuskan pada parameter akurasi, repeatability, dan durability sensor. Model prediksi performa dibangun berdasarkan tren penurunan nilai akurasi terhadap waktu operasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa performa sensor *loadcell* mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu pemakaian, namun masih dalam batas toleransi kelayakan operasional. Model prediksi yang dibangun menghasilkan nilai MAPE yang rendah, menunjukkan kemampuan estimasi yang baik terhadap penurunan performa. Temuan ini dapat digunakan sebagai acuan dalam strategi pemeliharaan prediktif, penentuan jadwal kalibrasi, serta pengelolaan umur pakai alat uji material secara lebih efisien praktik manajemen pendidikan modern yang berorientasi pada akuntabilitas dan efektivitas.

Kata Kunci: *Loadcell*, Universal Testing Machine, Instron 3365, Akurasi, Kalibrasi, Regresi Linier, SPSS.

Abstract: The Universal Testing Machine (UTM) Instron 3365 is widely used for tensile, compression, and bending tests. A critical component of this machine is the load cell sensor, which functions to accurately measure applied forces. Over time, the performance of the load cell may degrade, making it necessary to evaluate and predict its accuracy. This study aims to analyze the performance changes of the load cell sensor on the UTM Instron 3365 over five years of use and to forecast its accuracy degradation in the future. The research method involves analyzing annual calibration data obtained from official certificates and tensile test data using a 1150 N load. Data processing was conducted through descriptive statistical analysis and linear regression using IBM SPSS Statistics 22 software. The analysis focused on the accuracy, repeatability, and durability parameters of the sensor. A predictive performance model was developed based on the trend of accuracy degradation over operational time. The results indicate that the load cell sensor's performance declines with increased usage time but remains within acceptable operational tolerance limits. The predictive model demonstrated a low MAPE value, indicating good estimation capability for performance degradation. These findings can serve as a reference for predictive maintenance strategies, calibration scheduling, and more efficient lifecycle management of material testing equipment.

Keywords: *Loadcell, Universal Testing Machine, Instron 3365, Accuracy, Calibration, Linear Regression, SPSS.*

PENDAHULUAN

Universal Testing Machine (UTM) yang digunakan dalam proses pengecekan uji spesimen tarik dan tekan harus dipastikan memiliki sifat yang akurat dan presisi. *Universal Testing Machine* merk Instron 3365 dilengkapi dengan sensor *loadcell* untuk mengukur gaya tarik dan tekan. Seiring waktu, akurasi sensor *loadcell* dapat menurun akibat kelelahan material, perubahan lingkungan, atau jam kerja operasional. Hal ini dapat mempengaruhi keandalan data hasil uji. Terutama di industri yang bergantung pada parameter mekanik material yang berhubungan dengan pengendalian kualitas.

Pada penelitian Kuniati et.al (2015) selain pengendalian kualitas penentuan kebijakan melalui pemeliharaan peralatan produksi, alat ukur, yang memiliki dampak terhadap produk yang dihasilkan. Pada jurnal “*A Stastical Approach To Data Reduction in UTM-LST External Balance Assessment*” menjelaskan bahwa pada *Universal Testing Machine* dengan *Linear Strain Thermocouples* (UTM-LST) menghasilkan data besar dalam penilaian keseimbangan secara eksternal, Sehingga menimbulkan tantangan pemrosesan, analisis dan penyimpanan waktu yang nyata. Jurnal penelitian yang berjudul “Analisis Hasil Ukur Sensor *Loadcell* untuk Penimbangan Berat Beras, Paket dan Buah Berbasis Arduino” memaparkan penjelasan bahwa pada hasil pengukuran sensor *loadcell* terkadang menunjukkan perbedaan yang signifikan meskipun objek memiliki berat yang sama yang disebabkan oleh beberapa faktor yang memengaruhi nilai hasil pengukuran.

Universal Testing Machine memiliki sensor *loadcell* yang memanfaatkan perubahan sinyal listrik menjadi satuan gaya yang terbaca di display. Sensor ini terbuat dari bahan yang dapat mengalami deformasi atau perubahan bentuk saat diberikan gaya tertentu. Perubahan tersebut dapat mempengaruhi kondisi sinyal *output* yang diberikan dalam jangka masa oprasional mesin. Sehingga perlu melakukan analisis performa pada sensor *loadcell* pada jangka waktu tertentu. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui batas layak oprasional sensor *loadcell Universal Testing Machine* tersebut untuk digunakan dalam pengujian.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa sensor *loadcell* berdasarkan data kalibrasi tahunan dan pengujian material, serta mengembangkan model prediksi penurunan performa menggunakan metode regresi. Dengan demikian, dapat diambil keputusan perawatan dan jagka masa pemakaian sensor *loadcell* berdasarkan data aktual.

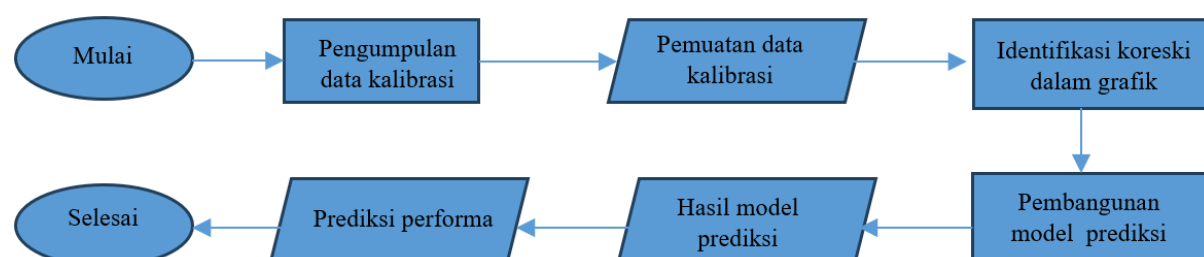
METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini mencakup beberapa tahapan penting untuk menganalisis performa sensor *loadcell* pada mesin Universal Testing Machine merk Instron 3365. Penelitian difokuskan pada sensor *loadcell* dengan kapasitas 5000 Newton. Data yang digunakan terdiri atas hasil kalibrasi sensor dari tahun 2021 hingga 2025, Hasil uji tarik dengan beban konstan sebesar 2500 Newton dan data oprasioanal berupa jam kerja pada 200 sampel acak beban uji spesimen.

Analisis dilakukan melalui uji eksperimental perbandingan dengan standar sensor *loadcell*, kemudian pendekatan kuantitatif, dengan menggunakan metode statistik deskriptif untuk menggambarkan karakteristik data, regresi linier untuk memodelkan hubungan antara usia sensor *loadcell* dan penurunan performa, serta uji korelasi *Pearson* untuk mengevaluasi signifikansi hubungan antar variabel. Untuk mendukung analisis ini, perangkat lunak IBM SPSS versi 22 digunakan sebagai alat bantu utama.

Seluruh proses dimulai dengan pengumpulan data sertifikat kalibrasi, dan data jam oprasional mesin UTM diikuti dengan input data ke dalam SPSS dan pengolahan grafik tren. Selanjutnya dilakukan uji kelayakan model prediksi melalui perhitungan nilai MAPE (Mean Absolute Percentage Error) untuk menilai akurasi model. Dengan pendekatan ini, hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan pemeliharaan sensor *loadcell* secara *prediktif* dan usia pemakaian sensor *loadcell*.

Tahapan Penelitian



Gambar 1: Diagram flowchart

Penelitian Flowchart pada gambar 1. menggambarkan tahapan penelitian dalam menganalisis dan memprediksi performa sensor *loadcell* Universal Testing Machine (UTM) Instron 3365.

- Mulai Penelitian dimulai dengan penetapan tujuan dan persiapan alat serta bahan yang diperlukan. Dalam tahap awal adalah mengumpulkan data hasil kalibrasi *sensor loadcell*.

Data ini biasanya berasal dari pengujian standar atau hasil pengukuran yang telah dilakukan untuk memeriksa akurasi sensor.

- Pemuatan Data Kalibrasi Data yang terkumpul kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak pengolah data untuk dianalisis lebih lanjut, misalnya menggunakan *Microsoft excel* atau perangkat lunak statistik. Identifikasi koreksi dalam grafik data kalibrasi dianalisis dan divisualisasikan dalam bentuk grafik untuk mengidentifikasi adanya deviasi atau perbedaan antara hasil pengukuran dari nilai referensi. Tahap ini membantu menentukan besaran koreksi yang dibutuhkan.
- Pembangunan model prediksi berdasarkan data yang telah dikoreksi, dibuat model prediksi yang dapat menggambarkan hubungan antara variabel masukan (misalnya beban yang diberikan) dan keluaran (hasil pembacaan sensor *loadcell*).
- Hasil model prediksi yang telah dibangun menghasilkan parameter dan persamaan prediksi yang akan digunakan untuk memperkirakan performa *loadcell* di masa mendatang.
- Prediksi Performa Model prediksi diaplikasikan untuk memperkirakan kondisi performa sensor *loadcell*, termasuk potensi penurunan akurasi atau pergeseran nilai pengukuran seiring waktu.
- Proses penelitian berakhir setelah prediksi performa diperoleh dan dianalisis.

Koreksi

Koreksi atau kesalahan diartikan sebagai nilai perbedaan yang timbul akibat selisih antara hasil terukur dengan nilai sebenarnya. Kesalahan ini menjadi faktor penting yang perlu diperhatikan karena dapat memengaruhi ketepatan data pengukuran.

$$\text{Koreksi} = |\text{Nilai yang diukur} - \text{Nilai yang sebenarnya}| \quad (1)$$

$$\text{Konfersi Volt ke gaya} = \frac{\text{Out cell volt}}{\text{Out max volt}} \times \text{Kapasitas Loadcell} \quad (2)$$

Akurasi

Akurasi adalah kemampuan suatu instrumen ukur untuk memberikan hasil yang mendekati nilai sebenarnya atau nilai yang diakui secara umum sebagai acuan. Akurasi menunjukkan tingkat kesesuaian hasil pengukuran terhadap nilai sebenarnya dalam kondisi pengukuran yang sesungguhnya.

$$\text{Akurasi} = \left(\frac{\text{Nilai terukur} - \text{nilai referensi}}{\text{nilai referensi}} \right) \times 100 \% \quad (3)$$

Regresi Linier

Regresi linier digunakan untuk memodelkan dan memprediksi hubungan antara variabel dependen dan variabel independen. Analisis ini bertujuan untuk mengukur kekuatan hubungan serta memperkirakan efek dan tren yang terjadi antar variabel tersebut

$$b1 = \frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})(yi - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2} \quad (4)$$

Keterangan :

b1 = slope (kemiringan garis regresi)

xi, yi = data pengamatan ke i

$\bar{x}, \bar{y}$ = rata-rata x dan y

n = jumlah data

$$b0 = \bar{y} - b1.\bar{x} \quad (5)$$

Keterangan :

b0 = intercept (nilai Y saat X = 0)

b1 = slope (kemiringan garis regresi)

$\bar{x}, \bar{y}$ = rata-rata nilai X dan Y

$$Y = a + bX + \epsilon \quad (6)$$

Keterangan :

Y = Variabel terikat

X = Variabel bebas

A = Konstanta atau titik potong Y

B = Koefisien dari regresi atau beta

ϵ = Residual regresi atau nilai eror

SPSS (*Software Statistical Package for the Social Sciences*)

Data jam data oprasioanal berupa jam kerja pada 200 sampel acak beban uji spesimen. Dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui nilai korelasi. Uji korelasi Pearson dan regresi

linier digunakan untuk mengevaluasi hubungan signifikansi keakuratan antara nilai terukur dengan nilai referensi.

Tabel 1: Nilai Evaluasi Pengujian Material untuk Data Pengaruh *Jam Oprasional* Terhadap Sensor Loadcell

Date	Jam Oprasional	Data Sampling 1150 N
2021	400~520 h	200
2023	520~800 h	200
2025	1020~1500 h	200

MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

MAPE memberikan ukuran persentase seberapa besar kesalahan perkiraan dibandingkan dengan nilai seri aktual, dan bebas satuan, Karena nilai pengeluaran berbeda secara signifikan dibeberapa data. MAPE memiliki keunggulan dalam meningkatkan kapasitas untuk membandingkan akurasi perkiraan.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - P_i}{A_i} \right| \times 100\% \quad (7)$$

Keterangan :

P_i = Nilai Prediksi

|. | = Nilai Absolut

A_i = Nilai actual (referensi)

n = Jumlah data

Tabel 2: Rentang Akurasi Presentase Prediksi

Nilai MAPE	Kategori	Referensi
---------------	----------	-----------

<10 %	Prediksi sangat baik	ForecastingInternationalTourismRegional Expenditure. <i>Chinese Business Review</i> , Jan. 2018,Vol.17,No. 1, 38-52 doi: 10.17265/1537-1506/2018.01.004
10 - <20%	Prediksi baik	
20 - <30%	Prediksi Cukup Baik	
30 - >50%	Prediksi Buruk	

Tabel 2 Merupakan interpretasi MAPE sebagai berikut: kurang dari 10% merupakan peramalan yang sangat akurat, 10% hingga < 20% merupakan peramalan yang baik, 20% hingga < 50% merupakan peramalan yang wajar, dan 50% atau lebih merupakan peramalan yang tidak akurat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi ini menggunakan tiga sumber data utama, yaitu hasil uji tarik langsung untuk menilai ketelitian sensor *loadcell*, data sertifikat kalibrasi resmi sebagai acuan performa awal, dan data acak pengujian material pada periode 2021, 2023, dan 2025 dengan beban konstan 2500 N. Kombinasi ketiganya memberikan gambaran menyeluruh tentang konsistensi dan keandalan sensor *loadcell* dalam jangka layak oprasional.

Analisa Akurasi sensor *loadcell Universal Testing Machine*

Pada anlisa akurasi sensor *loadcell Universal testing Machine* dibutuhkan referensi sensor standar. Pengambilan data dilakukan dengan pengujian tarik dalam lima kali pengulangan. Dan kemudian dianalisa untuk melihat akurasi dari sensor *loadcell*.



(a)



(b)



(c)



d)

Keterangan gambar : (a) Sensor standar, (b) display pembaca gaya sensor standar, (c) alat bantu uji tarik, (d) proses pengambilan data.

Tabel 3: Hasil Pengujian Tarik sensor *loadcell* UTM dengan *Loadcell* Standar

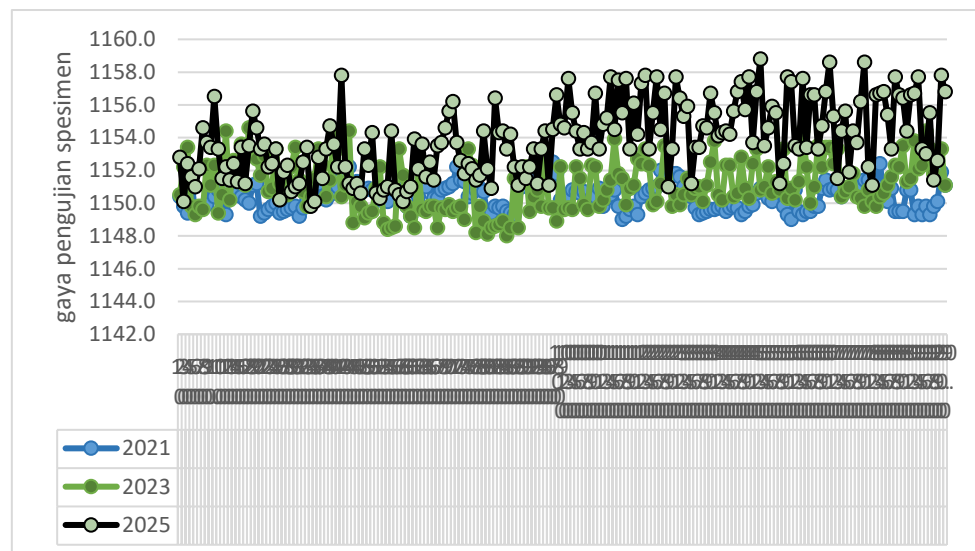
<i>Load</i>	X1	X2	X3	X4	X5	<i>Avrage</i>
2500	2564	2570	2566	2568	2569	2567,4

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= \left(1 - \frac{2567,4 - 2500}{2500}\right) \times 100 \% \\
 &= \left(1 - \frac{67,4}{2500}\right) \times 100\% \\
 &= (1 - 0,02696) \times 100\% \\
 &= 0,973 \times 100\% \\
 &= 97,30 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan nilai akurasi hasilnya menunjukkan bahwa tingkat akurasi pengukuran sensor *loadcell* adalah 97,30%, yang berarti perbedaan dengan nilai acuan relatif kecil.

Analisa Hubungan Jam Oprasional Dengan Perubahan Perforama Sensor *Loadcell* *Universal Testing Machine*

Dalam menentukan analisa berdasarkan jam oprasional menggunakan SPSS untuk menghasilkan output statistik yang valid dan bisa langsung digunakan dalam analisis. Dapat dilihat pada Tabel 4.4 hasil analisa merupakan data yang diambil dari Tabel 4 Nilai evaluasi 200 sample acak pada pengujian 1150 Newton pada tahun 2021,2023,2025.



Gambar 1: Grafik Analisis Pengujian Sampling

Tabel 4: Hasil Uji ANOVA dari data table 1

	Sumof Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1348.979	2	674.490	253.863	.000
Within Groups	1586.170	597	2.657	-	-
Total	2935.150	599	-	-	-

Berdasarkan hasil uji ANOVA satu arah terhadap data konsentrasi material pada tahun 2021, 2023, dan 2025, diperoleh nilai F-hitung sebesar 253,863 dengan nilai signifikansi (p-value) sebesar 0,000. Karena nilai $p < 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata konsentrasi yang sangat signifikan secara statistik antar tahun pengujian. Variasi antar kelompok (Between Groups = 1348,979) jauh lebih besar dibandingkan variasi dalam kelompok (Within Groups = 1586,170), yang menunjukkan bahwa faktor waktu atau tahun pengujian memberikan pengaruh nyata terhadap nilai konsentrasi material

Tabel 5: Hasil Analisis *Homogeneous Subsets*

Tahun	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2021	200	1150.4400	-	-
2023	200	-	1151.0840	-

2025.	200	-	-	1153.8935
Sig.	-	1.000	1.000	1.000

*Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

*Uses Harmonic Mean Sample Size = 200.000.

Berdasarkan hasil analisis Homogeneous Subsets dari uji Tukey HSD, diketahui bahwa tahun 2021, 2023, dan 2025 termasuk dalam kelompok subset yang berbeda, masing-masing dengan nilai rata-rata 1150,44; 1151,08; dan 1153,89. Karena setiap tahun tidak berada dalam subset yang sama, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata konsentrasi material berbeda secara signifikan antar tahun. Tahun 2025 memiliki nilai konsentrasi tertinggi, yang mengindikasikan adanya peningkatan konsentrasi pengukuran dari tahun ke tahun.

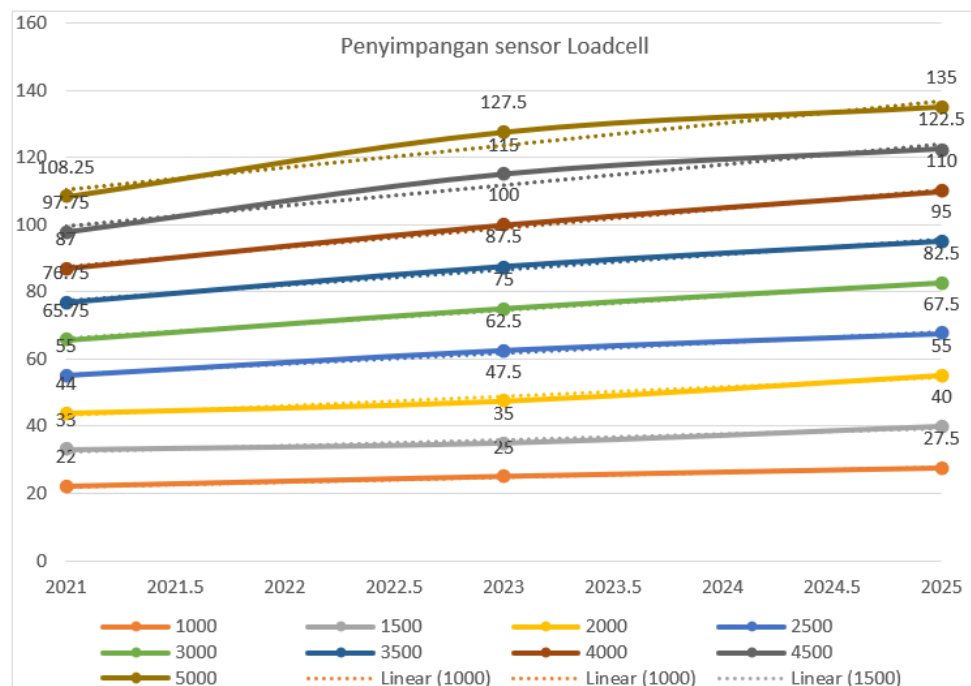
Analisa Penyimpangan Sensor *Loadcell Universal Testing Machine*

Klasifikasi untuk menilai linearitas kinerja sensor *loadcell* berdasarkan data tahun 2021, 2023, dan 2025. Analisis komparatif ini digunakan untuk mengidentifikasi deviasi dari standar awal, menilai keandalan sensor dalam jangka panjang, dan menentukan kelayakan operasionalnya pada aplikasi industri yang memerlukan ketelitian tinggi.

Tabel 6: Nilai Evaluasi Pada Sertifikat Kalibrasi Untuk Data Prediksi

	Tahun	Nominal (Newton)									
Nominal	2021	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
Output	2023	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
	2025	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
V	2021	0,204	0,409	0,613	0,818	1,022	1,226	1,431	1,635	1,839	2,043
	2023	0,204	0,410	0,614	0,819	1,025	1,230	1,435	1,640	1,846	2,051
	2025	0,205	0,411	0,616	0,822	1,027	1,233	1,438	1,644	1,849	2,054
F	2021	510	1025	1535	2047,5	2562,5	3075	3587,5	4100	4615	5127,5
	2023	510	1025	1535	2047,5	2562,5	3075	3587,5	4100	4615	5127,5
	2025	512,5	1027,5	1540	2055	2567,5	3082,5	3595	4110	4622,5	5135
Koreksi	2021	11	22	33	44	55	65,75	76,75	87	97,75	108,25
	2023	10	25	35	47,5	62,5	75	87,5	100	115	127,5
	2025	12,5	27,5	40	55	67,5	82,5	95	110	122,5	135

Pada koreksi yang didapatkan dari sertifikat kalibrasi kemudian divisualisasikan pada bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2: Grafik penyimpangan atau koreksi sensor *loadcell* 2021,2023,2025

Pemodelan Prediksi Performa Sensor *Loadcell Universal Testing Machine*

Nilai koreksi dianalisis untuk mendapatkan nilai slope dan intercept dari perbedaan koreksi, sederhananya nilai adalah pengurangan hasil koreksi dari tahun ketahun.

Tabel 7: Hasil Nilai Intercept Dan Slope Untuk Pemodelan Prediksi

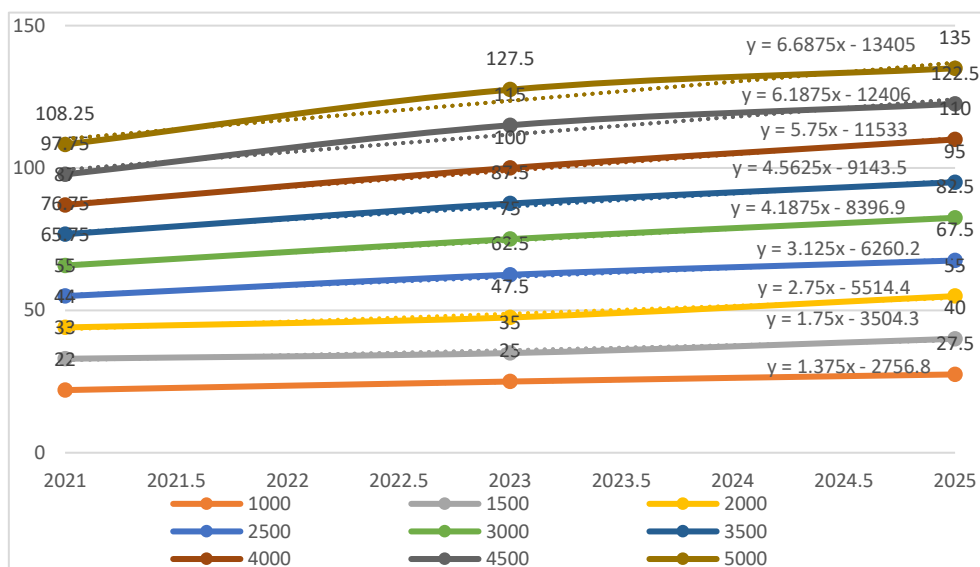
2021	22	33	44	55	65,75	76,75	87	97,75	108,25
2022	25	35	47,5	62,5	75	87,5	100	115	127,5
2025	27,5	40	55	67,5	82,5	95	110	122,5	135
Slope	1,375	1,75	2,75	3,125	4,1875	4,5625	5,75	6,1875	6,6875
Intercept	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2756,7	350	5514,4	6260,2	8396,8	9143,5	1153	12405,	13405,
	91667	4,25	16667	08333	95833	20833	3,25	5625	22917

Tabel 7 memuat data hasil pengukuran untuk tiga tahun berbeda (2021, 2022, dan 2025) pada beberapa titik nilai X (misalnya beban, regangan, atau parameter uji lainnya). Pada setiap kolom, terlihat adanya perbedaan nilai antar tahun yang kemudian digunakan untuk menghitung slope dan intercept dari regresi linier.

Prediksi performa sensor *loadcell Universal Testing Machine*

Grafik yang disajikan menggambarkan perubahan nilai penyimpangan sensor pada berbagai tingkat pembebanan, mulai dari 1000 N hingga 5000 N. Setiap garis pada grafik mewakili satu level beban tertentu, dengan warna berbeda untuk membedakan masing-masing beban. Sumbu horizontal menunjukkan tahun pengukuran, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan besar penyimpangan yang terdeteksi. Secara umum, seluruh garis memperlihatkan tren peningkatan nilai penyimpangan seiring bertambahnya waktu, yang mengindikasikan adanya penurunan akurasi sensor. Kecenderungan ini lebih nyata pada beban besar, misalnya 5000 N, di mana kemiringan garis regresi lebih curam dibandingkan beban kecil, menandakan laju degradasi yang lebih cepat. Setiap garis dilengkapi dengan persamaan regresi linear yang dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan penyimpangan pada periode berikutnya. Temuan ini menunjukkan bahwa performa sensor *loadcell* mengalami penurunan signifikan, terutama pada pembebanan tinggi. Oleh sebab itu, diperlukan jadwal pemeliharaan dan kalibrasi ulang secara berkala untuk mencegah penyimpangan melampaui batas toleransi dan memastikan akurasi pengukuran tetap terjaga.

$$\text{Prediksi gaya} = \text{nilai slope} \times \text{tahun prediksi} - \text{nilai intercept} \quad (8)$$

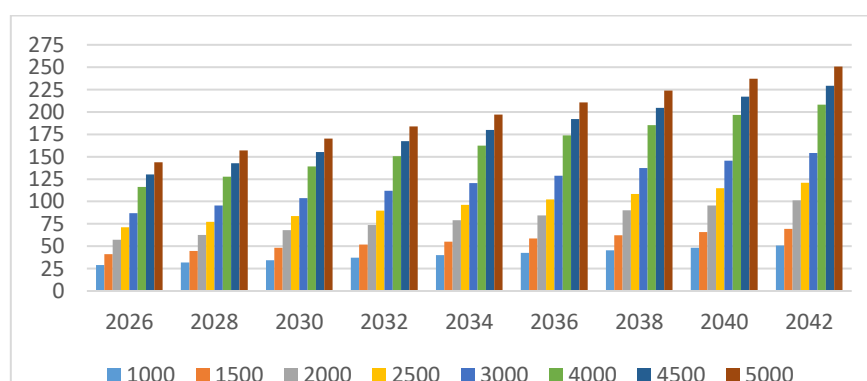


Gambar 3: Grafik Perhitungan prediksi

Tabel 8: Hasil prediksi performas sensor loadcell dimasa depan

<i>year</i>	Koreksi								
2026	28,95833	41,25	57,08333	71,04167	86,97917	100,1042	116,25	130,3125	143,6458
2028	31,70833	44,75	62,58333	77,29167	95,35417	109,2292	127,75	142,6875	157,0208
2030	34,45833	48,25	68,08333	83,54167	103,7292	118,3542	139,25	155,0625	170,3958
2032	37,20833	51,75	73,58333	89,79167	112,1042	127,4792	150,75	167,4375	183,7708
2034	39,95833	55,25	79,08333	96,04167	120,4792	136,6042	162,25	179,8125	197,1458
2036	42,70833	58,75	84,58333	102,2917	128,8542	145,7292	173,75	192,1875	210,5208
2038	45,45833	62,25	90,08333	108,5417	137,2292	154,8542	185,25	204,5625	223,8958
2040	48,20833	65,75	95,58333	114,7917	145,6042	163,9792	196,75	216,9375	237,2708
2042	50,95833	69,25	101,0833	121,0417	153,9792	173,1042	208,25	229,3125	250,6458

Tabel 8 Menampilkan hasil prediksi performa load cell pada beberapa tahun pengamatan, disertai nilai koreksi yang diperlukan untuk tiap titik pengukuran. Data disusun berdasarkan urutan waktu, sehingga dapat terlihat perubahan nilai dari tahun ke tahun.



Gambar 4: Grafik Hasil prediksi performas sensor *loadcell* dimasa depan

Gambar 4 Hasil ini menunjukan bawa performa loadcell mencapai batas toleransi yang di gunakan $\pm 5\%$ dari nilai beban yang ditunjukkan pada tahun 2042. Kesimpulan menunjukan

bahwa massa pakai oprasional pada sesnsor *loadcell* ini adalah 22 tahun. Akumulasi ini di dapatkan dari awal mulai oprasional di tahun 2021 dikurang nilai janga waktu prediksi 2042.

Evaluasi Akurasi nilai prediksi dengan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

Perhitungan akurasi prediksi dilakukan dengan menghitung MAPE (*Mean Absolute Persentage Error*). Hasil perbandingan antara nilai koreksi dari data aktual tahun 2025 dengan hasil prediksi pada Gambar 4.6 menunjukkan adanya perbedaan persentase pada setiap titik nominal gaya. Rentang deviasi yang teramati berada antara 1,82% hingga 8,7%, dengan rata-rata keseluruhan sekitar 5,02%. Deviasi terkecil terjadi pada gaya nominal 1000 N sebesar 1,82%, sedangkan deviasi terbesar mencapai 8,7% pada gaya nominal 5000 N.

- $1000\text{ N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{27,5-28}{27,5} \right| \times 100 = 1,82\%$
- $1500\text{ N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{40-37}{40} \right| \times 100 = 7,50\%$
- $2000\text{ N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{55-51}{55} \right| \times 100 = 7,27\%$
- $2500\text{ N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{67,5-70}{27,67,5} \right| \times 100 = 3,70\%$
- $3000\text{ N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{82,5-84,25}{82,5} \right| \times 100 = 2,12\%$
- $3500\text{ N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{95-98,25}{27,95} \right| \times 100 = 3,42\%$
- $4000\text{ N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{110-113}{110} \right| \times 100 = 2,73\%$
- $4500\text{ N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{122,5-132,25}{27,122,5} \right| \times 100 = 7,96\%$
- $5000\text{ N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{135-146,75}{135} \right| \times 100 = 8,70\%$

$$\text{Average MAPE} = \frac{(1,82 + 7,50 + 7,27 + 3,70 + 2,12 + 3,42 + 2,73 + 7,96 + 8,70)}{9} = 5,02\%$$

Hasil perbandingan antara nilai koreksi dari data aktual tahun 2025 dengan hasil prediksi pada Gambar 4.6 menunjukkan adanya perbedaan persentase pada setiap titik nominal gaya. Rentang deviasi yang teramati berada antara 1,82% hingga 8,7%, dengan rata-rata keseluruhan sekitar 5,02%. Deviasi terkecil terjadi pada gaya nominal 1000 N sebesar 1,82%, sedangkan deviasi terbesar mencapai 8,7% pada gaya nominal 5000 N. Pola ini memperlihatkan bahwa tingkat akurasi model prediksi cenderung lebih baik pada beban menengah, di mana deviasi umumnya tidak melebihi 5%. Sebaliknya, pada beban besar di atas 4000 N, deviasi meningkat hingga mendekati 8–9%, yang mengindikasikan penurunan ketepatan prediksi pada kisaran

gaya tinggi. Secara keseluruhan, model regresi linear yang diterapkan mampu merepresentasikan kondisi sensor loadcell tahun 2025 dengan tingkat akurasi yang cukup baik, ditunjukkan oleh nilai rata-rata MAPE sebesar 5,02%. Meski demikian, penyempurnaan model tetap diperlukan untuk meningkatkan akurasi pada rentang pembebanan tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

- Analisis Deskriptif Dari data hasil kalibrasi selama 5 tahun, terlihat adanya penurunan nilai akurasi rata-rata pada tahun 2021[2,18%] 2023 [2,43]%. Penyimpangan terbesar terjadi pada tahun ke 2025 yaitu [2,7%] menunjukkan potensi degradasi fungsi sensor.
- Analisis Regresi Linier Model regresi linier sederhana yang diperoleh: $Y = a + bX$ Di mana: Y Prediksi gaya = nilai slope x tahun prediksi – nilai intercept
- Berdasarkan hasil uji ANOVA satu arah terhadap data konsentrasi material pengujian pada tahun 2021, 2023, dan 2025, diperoleh nilai F-hitung sebesar 253,863 dengan nilai signifikansi (p-value) sebesar $0,000 < 0,05$ menunjukan bahwa terdapat hubungan yang signifikansi antara jam oprasional dengan penuruna performa sensor universal tisting machine.
- Evaluasi Model prediksi performa sensor loadcell Secara keseluruhan mennunjukan bahwa akurasi yang cukup baik, dengan nilai rata-rata MAPE sebesar MAPE: 5,02% (kategori: sangat baik/baik).
- Prediksi usia pemakaian sensor loadcell ini menunjukan bawa performa loadcell mencapai batas toleransi yang di gunakan $\pm 5\%$ dari nilai beban yang ditunjukkan pada tahun 2042. Kesimpulan menunjukan bahwa massa pakai oprasional pada sesnsor *loadcell* ini adalah 22 tahun. Akumulasi ini di dapatkan dari awal mulai oprasional di tahun 2021 dikurang nilai janga waktu prediksi 2042.

DAFTAR PUSTAKA

- E. Daisy, "A Stastical Approach To Data Reduction in UTM-LST External Balance Assessment," Researchgate, Madison, 2023.
- R. S. and S. , "Rancang Bangun Tempat Sampah Basah Dan Kering Menggunakan Loadcell Berbasis Arduino Uno," JIKTIF: Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Makassar, 2024.
- G. S. T. Kismanti and M. F. Nurdin, "Rancang Bangun Mesin Uji Tarik, Tekan Dan Tekuk (Bending) Menggunakan Tenaga Hidrolik,"

JOURNAL BEARINGS: BORNEO MECHANICAL ENGINEERING AND SCIENCE,
Tarakan, 2023.

A. Ridwan, "Rancang Bangun Alat Penyortir Telur Ayam Berbasis Arduino Menggunakan Sensor Fotodiode dan Sensor Berat (loadcell),"

Universitas Lampung, Lampung, 2024.

B. Edbert and F. Wahab, "Analisis Perbandingan Nilai Ukur Sensor Loadcell antara PLC Delta dengan Arduino Uno," JITEL (Jurnal

Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga), Bandung, 2022.

G. Abhiram, "Thermal Drift Compensation of Loadcell Reading Using Linear Regression in Weighing Lysimeters," Researchgate, New Zealand, 2022.

A. Goeritno, "Pemanfaatan RFID, Loadcell, dan Sensor Infrared Untuk Botol Plastik Bekas," Researchgate, Bogor, 2021.

V. Kamble and V. D. Shinde, "Critical Assessment of Load Cells," Researchgate, India, 2021.

U. Achlison and B. Suhartono, "Analisis Hasil Ukur Sensor Loadcell untuk Penimbangan Berat Beras, Paket dan Buah Berbasis Arduino,"

JURNAL ILMIAH EKONOMI DAN BISNIS,, Semarang, 2020.

A. "Universal Testing Machine," 15 Agustus 2021. [Online]. Available: <https://www.detch.co.id/universal-testing-machine/>. [Accessed 18 Mei 2025].

A. "Universal Testing Machine dengan Kapasitas Terbesar Ada di UIR," Universitas Islam Riau, 6 Juni 2022. [Online]. Available:

<https://uir.ac.id/universal-testing-machine-dengan-kapasitas-terbesar-ada-di-uir.html>. [Accessed 18 Mei 2025].

S. Demmel, "Design, Manufacturing, and Testing of an Open-Source Universal Testing Machine for Hands-On Learning,"

Institute of Lightweight Design and Structural Biomechanics, TU Wien, Vienna, 2024.

Anonim, "What is Universal Testing Machine (UTM Machine)? UTM Machine working Procedure [Explained]," 20 April 2023. [Online].

Available: <https://www.aimil.com/blog/what-is-universal-testing-machine/>. [Accessed 18 Mei 2025].

A. F. Lestari, "Laporan Praktikum Uji Bahan Banding Test," studocu.com, Lampung, 2022.

Anonim, "Memahami Load Cell: Pengertian, Fungsi, dan Cara Kerjanya," 15 Februari 2025. [Online]. Available: <https://www.perintistimbanganindonesia.co.id/blog/apa-itu-load-cell-timbangan>. [Accessed 18 Mei 2025].

Wahyu, "Apa Itu Load cell Sensor? Ini Penjelasannya," 13 Januari 2023. [Online]. Available: <https://sensorindo.com/apa-itu-load-cell-sensor-ini-penjelasannya/>. [Accessed 19 Mei 2025].

Anonim, "Mengenal Berbagai Jenis Sensor Load Cell: Pilihan Terbaik untuk Akurasi dan Efisiensi," 8 Januari 2025. [Online]. Available: <https://timbanganindonesia.com/mengenal-berbagai-jenis-sensor-load-cell-pilihan-terbaik-untuk-akurasi-dan-efisiensi/>. [Accessed 19 Mei 2025].

Anonim, "Pengertian Kalibrasi Secara Umum dan Tujuannya," 2023. [Online]. Available: <https://news.kalibrasi.com/kalibrasi-secara-umum/>. [Accessed 19 Mei 2025].

R. Hogan, "How to Perform a Repeatability Test for Estimating Uncertainty in Measurement," 23 Januari 2024. [Online]. Available: <https://www.isobudgets.com/how-to-perform-a-repeatability-test/>. [Accessed 19 Mei 2025].

Anonim, "Akurasi dan Presisi di Kalibrasi: Fondasi Penting Pengukuran," Global Instrument Services, 17 Maret 2024. [Online]. Available: <https://ptgis.id/post/akurasi-dan-presisi-di-kalibrasi-fondasi-penting-pengukuran>. [Accessed 19 Mei 2025].

Anonim, "Apa itu nilai error dalam sebuah pengukuran ?," bmdlaboratory, [Online]. Available: <https://bmdlaboratory.com/apa-itu-nilai-error-dalam-sebuah-pengukuran.html>. [Accessed 19 Mei 2025].

Anonim, "Percent Error," cuemath.com, 2024. [Online]. Available: <https://www.cuemath.com/commercial-math/percent-error/>. [Accessed 19 Mei 2025].

Anonim, "Tolerance and Measurement Accuracy," keyence.eu, 2025. [Online]. Available: https://www.keyence.eu/ss/products/measure/measurement_library/basic/tolerance/. [Accessed 19 Mei 2025].

Anonim, "Menentukan Toleransi Alat Ukur," eldepe.com, 13 November 2020. [Online]. Available: <https://eldepe.com/blog/menentukan->

toleransi-alat-ukur/. [Accessed 19 Mei 2025].