



Prediksi konsumsi beras menggunakan metode regresi linear pada sistem kotak beras cerdas

Rice consumption prediction using linear regression method for smart rice box system

Mulia Hanif, Maman Abdurohman, Aji Gautama Putra^{*)}

Program Studi Informatika, Fakultas Informatika, Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi No. 1, Dayeuhkolot, Bandung, Jawa Barat 40257

Cara sitasi: M. Hanif, M. Abdurohman, dan A. G. Putra, "Prediksi konsumsi beras menggunakan metode regresi linear pada sistem kotak beras cerdas," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 8, no. 4, pp. 284-288, 2020. doi: [10.14710/jtsiskom.2020.13353](https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2020.13353), [Online].

Abstract – Currently, the smart rice box has applied the Internet of Things (IoT) but without prediction of rice runs out which shows the amount of rice consumption. This study applies linear regression to predict the rice runs out in an IoT-based smart rice box and analyzes its performance. The prediction used the dataset obtained by measuring a smart rice box equipped with a load cell weight sensor and Hx711 module. The weight sensor accuracy was an RMSE of between 56 and 170 grams. The linear regression method applied to the smart rice box to predict rice running out has an MSE value of 0.2588 with a prediction window of 43 days. An R-squared value of less than one is obtained with a predictive threshold of 24 days.

Keywords – ricebox; internet of things; linear regression; rice prediction

Abstrak – Kotak beras cerdas dapat menerapkan Internet of Things (IoT), namun belum menerapkan prediksi kapan beras habis yang menunjukkan jumlah konsumsi beras. Penelitian ini mengkaji penerapan regresi linier untuk prediksi waktu habis beras pada kotak beras cerdas berbasis IoT dan menganalisis kinerjanya. Prediksi regresi linier dibuat berdasarkan dataset yang diperoleh dengan mengukur kotak beras cerdas yang telah dipasang sensor berat load cell dan modul Hx711 dengan RMSE pembacaan berkisar antara 56 hingga 170 gram. Prediksi waktu habis beras dengan metode regresi linear mempunyai nilai MSE sebesar 0,2588 dengan jendela prediksi 43 hari. Nilai R-squared kurang dari 1 diperoleh dengan ambang prediksi 24 hari.

Kata kunci – kotak beras; internet of things; regresi linear; prediksi beras

I. PENDAHULUAN

Beras merupakan makanan pokok terbesar kedua di dunia setelah jagung dan dikonsumsi oleh berbagai negara, termasuk di Asia dan Amerika Latin [1]. Indonesia termasuk konsumen beras tertinggi dan kebutuhan terhadap beras semakin tinggi mengingat kandungan gizi, biaya murah, dan prosesnya yang relatif mudah [2].

Pada umumnya, beras disimpan pada tempat penyimpanan beras yang dinamakan *ricebox* (kotak beras). Indikator seperti gelas ukur digunakan untuk melihat level dalam beras pada kotak beras konvensional digunakan. Mikrokontroler Atmega16 telah ditanamkan pada kotak beras agar indikator ini menjadi otomatis dan terdigitalisasi, seperti dalam [3], [4]. Pengukuran level beras secara otomatis dapat menggunakan sensor ultrasonik. Mikrokontroler ATmega16 ini mempunyai kemampuan untuk membangun sistem kendali, namun tidak mempunyai modul WiFi seperti ESP8266. Di sisi lain, ESP8266 adalah mikrokontroler yang memiliki modul WiFi. Dengan ditambahkan modul WiFi, sistem ini dapat dikembangkan menjadi sistem Internet of Things (IoT) [5], [6].

IoT memungkinkan komunikasi antar perangkat keras. Sistem tertanam yang mempunyai kemampuan komputasi rendah dapat dihubungkan dengan komputer lain yang mempunyai kemampuan komputasi tinggi. Hal ini dapat dimanfaatkan untuk menambahkan algoritma-algoritma kompleks, seperti prediksi pada sistem pemantauan dalam [7]-[9]. Salah satu metode untuk prediksi adalah regresi linier, seperti yang diterapkan dalam [10], [11]. Regresi linier untuk prediksi konsumsi energi telah digunakan dalam [12] dan terbukti memberikan kinerja yang baik.

Berbeda dengan kajian prediksi pada sistem IoT tersebut di atas, kajian ini menerapkan prediksi pada konsumsi beras dalam kotak beras cerdas dengan metode regresi linear. Kajian menganalisis kinerja metode regresi linear pada prediksi konsumsi beras dalam kotak beras cerdas. Prediksi dapat digunakan untuk memberikan peringatan atau pengingat pada

^{*)} Penulis korespondensi (Aji Gautama Putra)
Email: ajigps@telkomuniversity.ac.id

pengguna jika beras akan habis. Kotak beras berukuran kecil untuk penerapan di suatu kontrakan dengan 1-2 orang yang mengkonsumsi beras setiap hari. Pengukuran kinerja regresi linear dilakukan dengan pengumpulan dataset dan perbandingannya dengan data latih pengguna beras.

II. METODE PENELITIAN

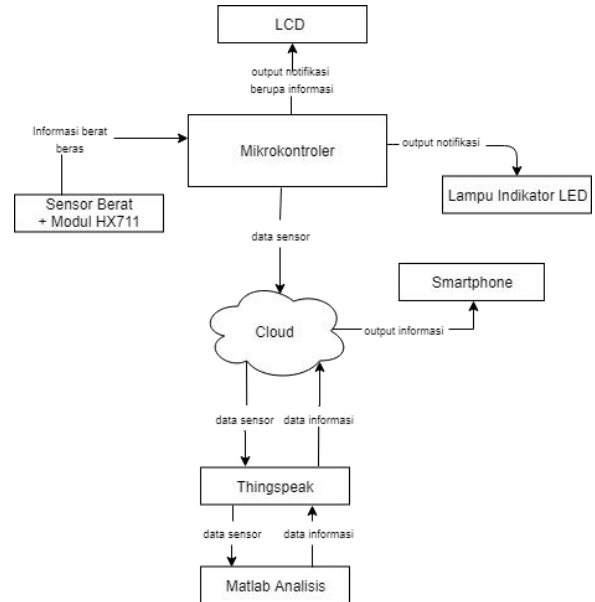
Kajian ini menggunakan metode regresi linear untuk menunjukkan keterkaitan satu variabel dengan variabel lainnya. Metode ini digunakan untuk memprediksi sebuah kemungkinan dari olahan data yang sudah ada atau berdasarkan runtutan waktu. Gambar 1 menjelaskan kerja sistem secara umum, yaitu mulai dari pembacaan data sensor dari *load cell* untuk diproses di mikrokontroler NodeMCU atau ESP8266. Informasi divisualisasikan dengan LCD dan LED. Data dikirimkan secara *realtime* ke platform Thingspeak. Pembacaan data berat beras dilakukan setiap detik, dengan rentang durasi pengiriman ke Thingspeak setiap enam jam sekali.

Data latih dikumpulkan dengan memasang sensor berat pada kotak beras dan mengirimkan data berat kotak beras ke platform IoT NodeMCU. Sensor berat yang digunakan adalah *load cell* dengan modul Hx711 yang telah melalui pengujian akurasi, seperti dalam [13]. Variabel RMSE (*Root Mean Square Error*) digunakan untuk menganalisis kinerja regresi. Training Window Size diubah-ubah untuk mendapatkan model regresi linier terbaik dengan parameternya adalah nilai R-Squared sesuai [14].

Pada kajian ini, sensor berat yang digunakan adalah 10Kg. Sensor ini digunakan karena menyeimbangkan kapasitas maksimum dari wadah kotak beras cerdas dan mengurangi tingkat kesalahan pada pencatatan beras beras saat dilakukan pengujian. Kabel atau kawat penghubung dari *load cell* langsung dihubungkan dengan pin masukan modul Hx711. Modul Hx711 menghasilkan data serial sinkron melalui pin SCK dan DT. Tabel 1 menunjukkan antarmuka *load cell*, modul Hx711, dan NodeMCU. VCC adalah tegangan analog untuk memberikan tegangan pada sel beban sebesar 3,3 Volt. DT adalah data masukan sinkron dari modul dan SCK adalah keluaran sinyal detak ke modul.

Alur kerja sistem beras cerdas ini ditunjukkan dalam Algoritme 1. Sensor berat membaca berat beras dari kotak beras cerdas. Informasi beras beras dikirim ke mikrokontroler dan data dicatat setiap detik serta ditampilkan informasinya di LCD. Jika kondisi beras yang tercatat kurang dari 1 kg, maka lampu LED akan hidup. Setiap enam jam sekali data dikirim ke web server Thingspeak dan informasi pengiriman data sukses dilihat dari lampu LED yang hidup 1 detik dan informasi LCD “sukses”. Selanjutnya, pembacaan berat terus dilakukan secara *realtime*.

Thingspeak mengumpulkan data, menganalisis data, menyimpan dan memvisualisasikan berdasarkan data dari sensor dan aktuator [15]. Komunikasi yang dilakukan antara NodeMCU dengan Thingspeak adalah



Gambar 1. Sistem prediksi konsumsi beras

Tabel 1. Antarmuka *load cell*, Hx711 dan NodeMCU

Warna	Load cell Sinyal	Modul Hx711	NodeMCU	Keterangan
Merah	VCC	VCC	VCC	Tegangan 3,3 V
Hitam	GND	GND	GND	Referensi
Hijau	A-	SCK	D4 (2)	Detak sinkron
Putih	A+	DT	D5 (11)	Data sinkron

Algoritme 1. Alur kerja sistem

Data : Berat Beras

Procedure SmartRiceBox(Berat Beras)

```

1: while True do
2:   if berat beras ≤ 1kg then
3:     alertLed(On);
4:     kirimKeThingSpeak(Notifikasi);
5:   end if
6:   LCDOut(beratberas);
7:   kirimKeThingSpeak(beratberat);
8:   sendLed(On); delay(1 detik); sendLed(Off);
9:   delay(6 jam);
10: end while

```

Hypertext transfer Protocol (HTTP). Data berat beras yang dicatat setiap 1x6 jam dikirim ke platform ini secara berkala. Respons yang akan diterima oleh NodeMCU ketika pengiriman sukses adalah 200 OK yang menunjukkan bahwa permintaan pengiriman data berhasil dan lampu LED menyala yang menandakan pengiriman sudah selesai.

Regresi linear diterapkan dalam sistem prediksi waktu beras beras ini menggunakan Algoritme 2. Regresi linear ini dimodelkan dengan menggunakan Persamaan 1 [16]. Y merupakan variabel terikat, konstantas β_0 merupakan titik potong di garis kartesius antara garis regresi dengan sumbu y , dan X_i merupakan variabel bebas (Persamaan

2). β_i merupakan slope atau kemiringan garis dan dinyatakan dalam Persamaan 3. Data set yang dijadikan acuan adalah berat beras dan waktu.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_i \quad (1)$$

$$\beta_0 = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - \sum x^2} \quad (2)$$

$$\beta_1 = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (3)$$

Untuk melihat akurasi prediksi menggunakan regresi linear adalah dengan melihat rata-rata kuadrat estimasi atau yang biasa disebut dengan Mean Squared Error (MSE), seperti dinyatakan dalam Persamaan 4 [16]. Root Mean Squared Error (RMSE) digunakan untuk mengukur kinerja sensor *load cell* dan dinyatakan dalam Persamaan 5. Parameter $X_t - F$ adalah kesalahan (*error*) dan n adalah jumlah data. Model regresi liner dibuat berdasarkan variasi jumlah data atau *training window size* [14]. Ukuran terbesar adalah data latih dari hari pertama hingga hari terakhir, sedangkan ukuran terkecil adalah data dua hari pertama saja.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (X_t - F_t)^2}{n} \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X_t - F_t)^2}{n}} \quad (5)$$

Pengujian kinerja regresi linear dalam memprediksi waktu habis beras dilakukan berdasarkan nilai R-squared, seperti dinyatakan dalam Persamaan 6. Nilai R-squared yang semakin mendekati nilai 1 menunjukkan model regresi yang baik. Dalam pengujian, jendela pelatihan diubah-ubah dan masing-masing dihitung nilai R-squared-nya untuk menentukan jendela pelatihan terbaik. Dalam analisis ini, nilai R-squared digunakan untuk menentukan threshold. Parameter R^2 adalah nilai *R-squared*, SS_{Reg} adalah *Square Sum Regresi* (Persamaan 7), dan SS_{Tot} adalah *Square Sum Total* (Persamaan 8). SS_{Reg} menunjukkan jumlah dari selisih semua nilai hasil regresi dengan rata-rata y yang dikuadratkan. SS_{Tot} menunjukkan jumlah dari selisih semua nilai y dengan rata-rata y yang dikuadratkan. Parameter f_i adalah nilai regresi ke- i , y_i adalah nilai y ke- i , dan y' adalah rata-rata dari y .

$$R^2 = \frac{SS_{Reg}}{SS_{Tot}} \quad (6)$$

$$SS_{Reg} = \sum_i (f_i - y')^2 \quad (7)$$

$$SS_{Tot} = \sum_i (y_i - y')^2 \quad (8)$$

Variansi dilihat dari pergeseran nilai prediksi dari nilai seharusnya. Nilai prediksi diperoleh dengan

Algoritme 2. Regresi linear waktu beras habis

Data : Dataset berat dan waktu

Result : *ModelRegresiLinear*

Procedure RegresiLinear(*Dataset berat dan waktu*)

1: **if** berat == variable bebas **then**

2: $x = \text{berat};$

3: $y = \text{waktu};$

else

4: $x = \text{berat};$

5: $y = \text{waktu};$

end if

6: $n = \text{sizeof}(\text{dataset});$

7: **for** i in range(n) **do**

8: $xs_i = xs_i + x_i^2$

9: $ys_i = ys_i + y_i^2$

10: $m_i = m_i + x_i y_i$

end for

11: $\beta_0 = \text{hitungBeta0}(n, xs_i, ys_i, m_i);$

12: $\beta_1 = \text{hitungBeta1}(n, xs_i, ys_i, m_i);$

13: $\text{ModelRegresiLinear} = \beta_0 + \beta_1 x;$

Return *ModelRegresiLinear*

menurunkan persamaan linier menggunakan Persamaan 9. Parameter T adalah waktu prediksi beras habis y_{n-1} adalah data train terakhir, c adalah *intercept*, dan m adalah *slope*.

$$T = \frac{y_{n-1} - c}{m} \quad (9)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi kotak beras cerdas berbasis IoT

Dalam kotak beras cerdas ini terdapat sensor yang digunakan untuk merekam dan merekam secara berkala, yaitu sensor berat untuk mengukur berat beras yang tersisa. Papan mikrokontroler yang digunakan adalah NodeMcu atau ESP8266 yang dilengkapi dengan modul komunikasi wifi yang memudahkan pengiriman data ke *cloud* atau Internet. Informasi penggunaan beras dapat dipantau secara *realtime* menggunakan gawai cerdas, tidak seperti pada [3], [4].

Gambar 2 menunjukkan menu-menu pada aplikasi gawai cerdas. Lampu LED digunakan untuk memberi peringatan pada saat berat beras hampir habis dan LCD digunakan untuk menampilkan informasi berat secara berkala dalam bentuk teks, seperti pada [3] dan [4]. Platform IoT yang digunakan adalah Thingspeak seperti yang digunakan dalam [5]-[8]. Platform ini dilengkapi dengan analisis program langsung menggunakan pemrograman matematis.

Informasi penggunaan beras dapat dilihat di LCD dan pemantauan dapat dilakukan dengan menggunakan gawai cerdas mulai dari mengetahui informasi berat beras terkini, melihat grafik penggunaan beras, hingga mengetahui prediksi atau perkiraan penggunaan beras beberapa hari ke depan.

Spesifikasi *load cell* yang digunakan adalah 10 kg. Hasil pengujian akurasi *load cell* dalam mendeteksi berat beras dinyatakan dalam Tabel 2. Nilai RMSE yang diperoleh merupakan rata-rata selisih antara setiap nilai bacaan dengan nilai asli kuadrat dan dirata-ratakan. Nilai RMSE sensor *load cell* berkisar antara 56 gram hingga 170 gram. Ini sesuai dengan kisaran RMSE sensor *load cell* dalam [13].

B. Akurasi regresi linier

Analisis regresi pada kajian ini menggunakan variabel masukan perubahan waktu sebagai variabel X dan perubahan bobot sebagai variabel Y. Ada dua hal yang perlu dibandingkan dalam memilih model yang sesuai dengan data yang ada, yaitu pertama adalah kesalahan estimasi dan jumlah kuadrat, kedua adalah deviasi rata-rata yang menghitung garis regresi [17].

Proses data latih dilakukan dengan pencatatan data selama 3 hari dengan menghitung berat beras yang digunakan. Pencatatan data tersebut dilakukan dengan mengirimkan berat beras yang dibaca oleh kotak beras cerdas ke Thingspeak dengan interval pengiriman setiap 1x6 jam. Dari hasil analisis data, diperoleh hasil prediksi bahwa penggunaan beras akan habis untuk beberapa waktu yang akan datang. Informasi tersebut dapat dijadikan acuan dalam mengisi ulang beras di kotak beras.

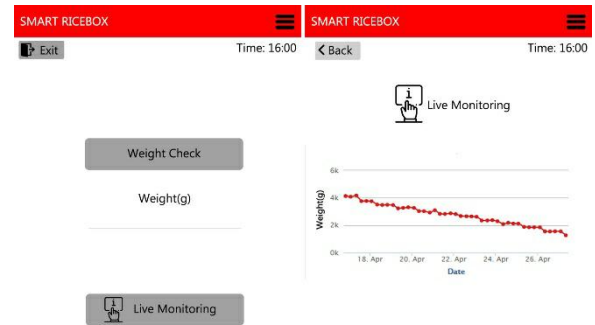
Gambar 3 menunjukkan perbandingan hasil prediksi penggunaan beras dengan hasil pencatatan yang dilakukan oleh *load cell*. Peningkatan berat beras terjadi dari nilai pencatatan 2-3, 17-18, dan pencatatan 30-31. Hal ini menunjukkan tidak adanya pencatatan oleh sensor berat. Dari dataset dan data prediksi diperoleh MSE sebesar 0,2588. Hasil ini lebih baik daripada hasil model regresi linier untuk IoT yang diperoleh dalam [12]. Hal tersebut disebabkan karena bagian data pelatihan tidak melalui proses ekstraksi fitur.

C. Analisis prediksi waktu beras habis

Model yang dihasilkan oleh regresi linier sangat bergantung pada jumlah dataset yang digunakan. Semakin banyak data yang digunakan untuk regresi linier, maka semakin akurat prediksinya. Selain kelimpahan data, jarak data latih dengan hasil prediksi juga sangat menentukan.

Pengujian ukuran jendela pelatihan ini bertujuan untuk menentukan waktu ambang atau waktu prediksi setelah beras habis dan variasi kesalahan prediksi. Dalam analisis ini, nilai R-squared digunakan untuk menentukan waktu ambang menggunakan Persamaan 6 sampai Persamaan 8. Nilai r-squared dicari dari hasil model regresi linier untuk semua ukuran jendela pelatihan yang berjumlah 43. Data ini diambil sampelnya dengan menggunakan periode pencuplikan 3.

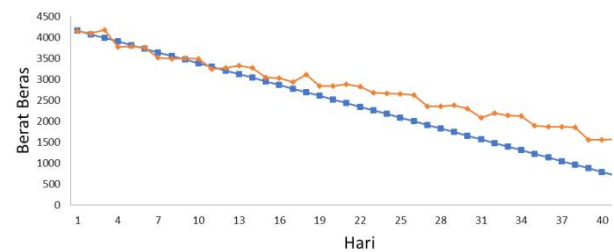
Dari hasil T setiap ukuran jendela pelatihan, kesalahan dihitung, yaitu perbedaan antara data prediksi dan data terakhir yang sebenarnya. Pengaruh nilai R-squared akan terlihat, yaitu nilai R-squared lebih besar dari 2 akan memberikan prediksi yang tidak berarti.



Gambar 2. Pemantauan pada gawai cerdas

Tabel 2. Percobaan berat pada *load cell*

Benda	Berat asli (g)	Berat terbaca (g)				RMSE
		1	2	3	4	
Barbel	2440	2495	2495	2498	2498	56
Hp	181	224	222	221	220	41
Kaleng	350	519	521	521	521	170
Beras	3950	3851	3843	3818	3817	118



Gambar 3. Perbandingan data prediksi dengan data asli



Gambar 4. Perbandingan R-squared dengan galat terhadap ukuran jendela pelatihan

Data dari nilai ukuran 9 hingga 24 memiliki galat antara 10 dan 1 dan dari ukuran jendela lebih besar dari 24 memiliki galat lebih kecil dari 1. Hal ini mempengaruhi varian galat dalam aplikasi prediksi. Model yang lebih akurat diperoleh dengan nilai R-squared mendekati 1.

Gambar 4 menunjukkan semakin besar jendela dan semakin dekat jendela dengan prediksi, maka nilai R-squared akan semakin baik sesuai [14]. Ukuran jendela dengan nilai kurang dari 24 memiliki nilai R-Squared lebih dari 1. Nilai R-squared yang lebih besar dari 1 menunjukkan kumpulan data yang terlalu sedikit. Oleh

karena itu, data ini menetapkan ambang prediksi 24 hari. Artinya jika belum 24 hari, model regresi linier tidak dapat digunakan untuk memprediksi kapan model tersebut habis.

V. KESIMPULAN

Metode regresi linier yang diterapkan pada kotak beras cerdas berbasis IoT dapat memprediksi waktu yang dihabiskan dengan ambang prediksi 24 hari. Nilai MSE dari hasil prediksi untuk jendela pelatihan 43 hari adalah sebesar 0,2588.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Telkom University atas dukungannya dalam pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih juga kepada KK Telematika atas fasilitas laboratorium yang disediakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. C. Denardin, N. Boufleur, P. Reckziegel, L. P. da Silva, and M. Walter, "Amylose content in rice (*Oryza sativa*) affects performance, glycemic and lipidic metabolism in rats," *Ciência Rural*, vol. 42, no. 2, pp. 381–387, 2012. doi: [10.1590/S0103-84782012005000002](https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000002)
- [2] B. S. Priya, C. Kumaravelu, A. Gopal, and P. Stanley, "Classification of rice varieties using Near-Infrared Spectroscopy," in *2015 IEEE Technological Innovation in ICT for Agriculture and Rural Development*, Chennai, India, Jul. 2015, pp. 13–16. doi: [10.1109/TIAR.2015.7358524](https://doi.org/10.1109/TIAR.2015.7358524)
- [3] L. V. Arsyati, "Tempat penyimpanan beras elektronik berbasis mikrokontroler ATMega16," *Skripsi*, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia, 2013.
- [4] A. Riduansyah and A. Sonita, "Monitoring jumlah beras pada rice box dengan sensor berat dan sensor kelembaban berbasis mikrokontroler," *Jurnal Scientific and Applied Informatics*, vol. 2, no. 2, pp. 159–164, 2019. doi: [10.36085/jsai.v2i2.196](https://doi.org/10.36085/jsai.v2i2.196)
- [5] M. D. Nastiti, M. Abdurrohman, and A. G. Putrada, "Smart shopping prediction on smart shopping with linear regression method," in *7th International Conference on Information and Communication Technology*, Kuala Lumpur, Malaysia, Jul. 2019, pp. 1–6. doi: [10.1109/ICoICT.2019.8835271](https://doi.org/10.1109/ICoICT.2019.8835271)
- [6] M. Edward, K. Karyono, and H. Meidia, "Smart fridge design using NodeMCU and home server based on Raspberry Pi 3," in *4th International Conference on New Media Studies*, Yogyakarta, Indonesia, Nov. 2017, pp. 148–151. doi: [10.1109/CONMEDIA.2017.8266047](https://doi.org/10.1109/CONMEDIA.2017.8266047)
- [7] S. M. Shaheed, M. S. B. Ilyas, J. A. Sheikh, and J. Ahamed, "Effective smart home system based on flexible cost in Pakistan," in *Fourth HCT Information Technology Trends*, Al Ain, UAE, Oct. 2017, pp. 35–38. doi: [10.1109/CTIT.2017.8259563](https://doi.org/10.1109/CTIT.2017.8259563)
- [8] H. Ghayvat, J. Liu, A. Babu, E. E. Alahi, X. Gui, and S. C. Mukhopadhyay, "Internet of Things for smart homes and buildings: Opportunities and Challenges," *Journal of Telecommunication & the Digital Economy*, vol. 3, no. 4, pp. 33–34, 2015. doi: [10.18080/ajtde.v3n4.23](https://doi.org/10.18080/ajtde.v3n4.23)
- [9] F. Ghassani, M. Abdurrohman and A. G. Putrada, "Prediction of smartphone charging using k-nearest neighbor machine learning," in *Third International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, Palembang, Indonesia, Oct. 2018, pp. 1–4. doi: [10.1109/IAC.2018.8780497](https://doi.org/10.1109/IAC.2018.8780497)
- [10] G. Ristanoski, W. Liu, and J. Bailey, "Time series forecasting using distribution enhanced linear regression," in *Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, Gold Coast, Australia, Apr. 2013, pp. 484–495. doi: [10.1007/978-3-642-37453-1_40](https://doi.org/10.1007/978-3-642-37453-1_40)
- [11] C. Zhang and F. Wang, "Research on correlation analysis between test score and classroom attendance based on linear regression model," in *2nd International Conference on Industrial Mechatronics and Automation*, Wuhan, China, May 2010, pp. 545–548. doi: [10.1109/ICINDMA.2010.5538079](https://doi.org/10.1109/ICINDMA.2010.5538079)
- [12] P. P. Moletsane, T. J. Motlhamme, R. Malekian, and D. C. Bogatmoska, "Linear regression analysis of energy consumption data for smart homes," in *41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics*, Opatija, Croatia, May 2018, pp. 0395–0399. doi: [10.23919/MIPRO.2018.8400075](https://doi.org/10.23919/MIPRO.2018.8400075)
- [13] A. M. Aprillia, "Pengukuran jarak terbatas menggunakan kombinasi sensor berat dan pegas tekan dengan tampilan pada perangkat smartphone," *PhD Thesis*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia, 2017.
- [14] N. Golubovic, R. Wolski, C. Krintz, and M. Mock, "Improving the accuracy of outdoor temperature prediction by IoT devices," in *IEEE International Congress on Internet of Things*, Milan, Italy, 2019, pp. 117–124. doi: [10.1109/ICIOT.2019.00030](https://doi.org/10.1109/ICIOT.2019.00030)
- [15] A. I. Abdul-Rahman and C. A. Graves, "Internet of things application using tethered msp430 to thingspeak cloud," in *IEEE Symposium on Service-Oriented System Engineering*, Oxford, UK, Apr. 2016, pp. 352–357. doi: [10.1109/SOSE.2016.42](https://doi.org/10.1109/SOSE.2016.42)
- [16] K. Margi and S. Pendawa, "Analisa dan penerapan metode single exponential smoothing untuk prediksi penjualan pada periode tertentu (studi kasus: Pt. Media Cemara Kreasi)," in *Seminar Nasional Teknologi dan Informatika*, Kudus, Indonesia, Sept. 2015, pp. 259–266.
- [17] J. O. Rawlings, S. G. Pantula, and D. A. Dickey, *Applied regression analysis: a research tool*. Springer Science & Business Media, 2001.