

Prediksi Potensi Timbulan Limbah Ampas Kopi sebagai Sumber Penghasil Senyawa Bioaktif di Kota Pekanbaru

Sri Mulyani^{1*}, Yulia Fitri¹, Selvia¹, Nofia Rahmadani¹, Dinda Lestari¹, dan Wahyu Meka²

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia; e-mail: yuliafitri@umri.ac.id

²Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

ABSTRAK

Prediksi yang akurat dari jumlah timbulan limbah ampas kopi sangat penting untuk pemanfaatan dan pengelolannya. Metode pemodelan sering digunakan untuk memprediksi timbulan sampah, akan tetapi belum ada penelitian yang membuat suatu model untuk memprediksi timbulan limbah ampas kopi, khususnya di kota Pekanbaru. Model dalam penelitian ini diusulkan untuk membangun pengaruh antara timbulan limbah ampas kopi dan parameter meteorologi (suhu, curah hujan dan kelembaban), jumlah cup terjual per hari, ukuran cup yang digunakan, jenis dan merek kopi, serta metode penyeduhan kopi. Multiple Linear Regression (MLR) metode stepwise digunakan untuk mengembangkan model prediksi timbulan limbah ampas kopi di kota Pekanbaru. Survei kuisioner dan wawancara dilakukan terhadap 90 gerai kopi yang ada di sejumlah lokasi di kecamatan kota Pekanbaru. Pengambilan sampel dilaksanakan berturut-turut selama 8 hari berdasarkan SNI 19-3964-1994. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sampah yang dihasilkan oleh gerai kopi bervariasi. Rata-rata limbah ampas kopi yang dihasilkan gerai kopi adalah 585,71% gram/hari. Model prediksi yang digunakan menghasilkan nilai rata-rata yang sama dengan rata-rata timbulan limbah ampas kopi hasil observasi, sehingga dapat disimpulkan bahwa seluruh model layak digunakan untuk prediksi timbulan limbah ampas kopi. Keakuratan hasil prediksi di uji dengan menggunakan nilai MAPE, MAD dan RMSE yang menunjukkan bahwa model D merupakan model terbaik. Koefisien determinasi (R^2) dari model D sebesar 0,836 untuk timbulan limbah ampas kopi dengan menggunakan variabel bebas yang dipilih (ukuran cup, jumlah cup, curah hujan dan kelembaban).

Kata kunci: Ampas kopi, Gerai kopi, Prediksi, *Multiple Linear Regression*, *Stepwise*, SPSS

ABSTRACT

Accurate prediction of the amount of coffee grounds waste generation is essential for its utilization and management. Modeling methods are often used to predict waste generation, but no research has created a model to predict coffee grounds waste generation, especially in Pekanbaru City. The model in this study is proposed to establish a relationship between coffee grounds waste generation and meteorological parameters (temperature, rainfall and humidity), number of cups sold per day, cup size used, coffee type and brand, and coffee brewing method. Multiple Linear Regression (MLR) stepwise method was used to develop a prediction model of coffee grounds waste generation in Pekanbaru city. Questionnaire surveys and interviews were conducted with 90 coffee outlets spread across all sub-districts of Pekanbaru city. Sampling in this study was conducted for 8 consecutive days based on SNI 19-3964-1994. The results of this study indicate that the waste generated by coffee outlets varies. The average coffee grounds waste generated by coffee outlets is 585.71% grams/day. The prediction model used produces the same average value as the average waste generation of coffee grounds from observations, so it can be concluded that the entire model is feasible to use for the prediction of waste generation of coffee grounds. The accuracy of the prediction results is tested using the MAPE, MAD and RMSE values which show that model D is the best model. The coefficient of determination (R^2) of model D is 0.836 for the generation of coffee grounds waste using the selected independent variables (cup size, number of cups, rainfall and humidity).

Keywords: Coffee grounds, Coffee shop, Prediction, Multiple Linear Regression, Stepwise, SPSS

Citation: Mulyani, S., Fitri, Y., Selvia, Rahmadani, N., Lestari, D., dan Meka, W (2024). Prediksi Potensi Timbulan Limbah Ampas Kopi sebagai Sumber Penghasil Senyawa Bioaktif di Kota Pekanbaru. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(6), 1412-1423, doi:10.14710/jil.22.6.1412-1423

1. PENDAHULUAN

Upaya memanfaatkan limbah sebagai bahan baku yang bermanfaat adalah di antara upaya pemerintah untuk mendukung pembangunan yang lebih baik serta menjaga keberlanjutan lingkungan, dengan mengubah barang yang tidak berguna menjadi barang yang berguna. Salah satu tren yang terus meningkat di Indonesia dan dunia adalah minat terhadap kopi, sehingga pengolahan kopi juga menjadi penting. Namun, proses pengolahan kopi menghasilkan limbah ampas kopi yang terus bertambah dan dapat menimbulkan bau serta tumpukan limbah jika tidak dikelola dengan baik (Sulaiman et al., 2016). Senyawa yang terkandung pada ampas kopi antara lain selulosa, hemiselulosa, lignin, abu, mineral, lemak, dan protein (Ballesteros et al., 2014). Banyaknya senyawa yang terkandung di dalamnya menunjukkan bahwa pemulihan dan penggunaannya sangat bermanfaat. Potensi pemanfaatan ampas kopi bermacam-macam, mulai dari energi, produk nutrisi, dan bahan bangunan (McNutt et al., 2018). Pengelolaan sampah di Indonesia sendiri sudah diatur melalui Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012 Tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Aturan tersebut mencakup strategi serta kebijakan terkait tata kelola sampah, pelaksanaan tata kelola sampah, imbalan, pengembangan serta implementasi teknologi, sistem informasi, partisipasi masyarakat serta upaya pembinaannya.

Produksi kopi Indonesia mencapai 762,3 ribu ton pada tahun 2020 dan dengan peningkatan yang sangat cepat menjadi 786,1 ribu ton pada tahun 2021 (BPS Indonesia, 2021). Semakin banyak produksi kopi, maka semakin bertambah pula jumlah limbah ampas kopi. Penelitian ini dilaksanakan di Kota Pekanbaru, satu di antara kota pusat perekonomian paling besar di Sumatra yang terkenal dengan tingkat pertumbuhannya, migrasinya, serta urbanisasinya yang tinggi (BPS Kota Pekanbaru, 2022a). Kota Pekanbaru terdiri dari 12 kecamatan yang mana jumlah penduduknya mencapai 1.007.540 jiwa (BPS Kota Pekanbaru, 2022b). Pekanbaru menjadi salah satu kota dengan perkembangan gerai kopi yang signifikan di Indonesia, sejak masa pandemi mulai tahun 2020 sampai pada puncaknya di tahun 2021 hingga saat ini. Hal ini dapat dibuktikan dengan pesatnya pemasaran gerai kopi secara *online* di media sosial Instagram dengan menampilkan suasana gerai kopi yang *instagramable* atau memiliki estetika desain bangunan yang bagus untuk menjadi tempat mengabadikan momen (Noprinah, 2022). Gerai kopi adalah tempat yang umumnya menyajikan minuman kopi dan biasanya juga menyediakan makanan ringan pendamping kopi. Gerai kopi beraneka ragam, mulai dari gerai kopi yang metode pembuatannya masih diseduh secara manual hingga gerai yang sudah menggunakan mesin. Jumlah gerai kopi yang memiliki izin Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) di kota Pekanbaru sebanyak 865 gerai yang tersebar di

seluruh kecamatan (Kementerian Koperasi dan Usaha Kecil dan Menengah Republik Indonesia, 2023).

Limbah ampas kopi adalah salah satu sumber sampah organik. Komposisi sampah organik mencapai 74% dari total sampah yang dihasilkan di Pekanbaru. Timbulan sampah di Pekanbaru tahun 2022 adalah 976,7 ton/hari (Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, 2022). Kota Pekanbaru belum memiliki pengelolaan khusus untuk sampah organik terkhusus limbah ampas kopi, sehingga limbah ampas kopi yang terkumpul langsung dibuang ke tempat sampah.

Pemahaman yang mendalam mengenai tingkat timbulan limbah ampas kopi menjadi kunci dalam menyusun alokasi sumber daya yang tepat untuk memastikan efisiensi pengumpulan, pengelolaan, pengolahan dan kegiatan terkait lainnya. Kota-kota di Indonesia termasuk Pekanbaru belum memiliki data timbulan limbah ampas kopi yang dapat digunakan sebagai acuan. Riset-riset terdahulu tentang gerai kopi yang ada di kota Pekanbaru berkaitan dengan strategi pemasaran dan keberlanjutan, pengaruh kualitas produk, analisis peluang dan tantangan usaha, promosi dan manajemen dari gerai kopi (Ahmad et al., 2022; Dandi et al., 2023; Dewantoro et al., 2021; Joesyiana et al., 2021; Rosianna et al., 2021; Syafrudin, 2022). Sampai sekarang, tidak ada peneliti yang meneliti terkait dengan upaya memprediksi potensi timbulan limbah ampas kopi yang dihasilkan oleh kegiatan operasional gerai kopi di kota Pekanbaru.

Langkah awal dalam pengelolaan sampah yaitu memperkirakan timbulan sampah dengan menggunakan data-data timbulan sampah sebagai dasar perhitungan, akan tetapi kurangnya data dan perubahan kondisi sosial ekonomi yang pesat dan sebagainya menyebabkan prediksi timbulan sampah menjadi hal yang sulit untuk dilakukan (Beigl et al., 2008; Pujiono, 2013). Penggunaan metode pemodelan sering menjadi pilihan untuk prediksi timbulan sampah dalam situasi yang seperti ini. Metodologi peramalan dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama yakni: (1) model deret waktu, (2) model berbasis data, dan (3) model faktor (Prasetyo et al., 2017).

Metode deret waktu melibatkan penggunaan data masa lalu untuk memprediksi apa yang mungkin terjadi dalam jangka waktu tertentu (Wardhani et al., 2022) dan model berbasis data menggunakan kecerdasan buatan. Kekurangan utama dari model deret waktu dan model berbasis data adalah kurangnya informasi penting mengenai faktor-faktor yang memiliki pengaruh pada timbulan sampah. Hal ini tentu menjadi kendala serius dalam upaya pengurangan timbulan sampah serta pengelolaan sampah secara komprehensif. Model-model ini masih dapat mengalami ketidakakuratan dalam prediksinya, terutama ketika beberapa variabel penjelas lain yang berpotensi berpengaruh tidak dimasukkan dalam analisis (Shan, 2010). Model faktor atau regresi dapat digunakan dalam prediksi timbulan sampah dan juga

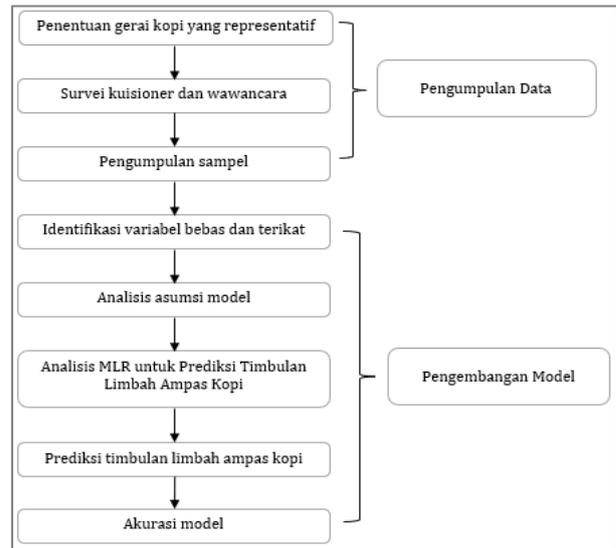
dapat digunakan untuk menganalisa variabel-variabel yang berpengaruh terhadap timbulan sampah (Ramesh et al., 2015). Pendekatan statistik yang sering dimanfaatkan untuk memprediksi timbulan sampah adalah pemodelan regresi yang didasarkan pada berbagai faktor dan variabel bebas lainnya. Kemampuannya dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang bertanggung jawab terhadap pertumbuhan sampah melalui pembangunan pengaruh menjadikan pemodelan regresi sebagai teknik yang lebih baik dibandingkan dengan pendekatan model lainnya (Garcia et al., 2015). Algoritma yang sederhana dan teori yang telah berkembang dengan baik telah mendorong model regresi sehingga banyak digunakan ditingkat kota atau komunitas untuk prediksi timbulan sampah harian atau tahunan (Aguilar et al., 2020; Kumar et al., 2017). Tinjauan terhadap 20 artikel penelitian yang berkaitan dengan metode pemodelan untuk prediksi timbulan sampah menyatakan bahwa teknik pemodelan regresi sebagai model terbaik (Kolekar et al., 2016).

Tingkat timbulan limbah ampas kopi dan pengaruhnya dengan variabel-variabel terkait belum ada diteliti sebelumnya. Penelitian sebelumnya hanya membahas mengenai kegiatan operasional gerai kopi dan pemanfaatan limbah ampas kopi. Penelitian ini mempertimbangkan parameter meteorologi seperti suhu, curah hujan, kelembaban, dan beberapa variabel lainnya seperti jumlah *cup* terjual per hari, ukuran *cup* yang digunakan, jenis dan merek kopi, serta metode penyeduhan untuk mengembangkan model untuk memprediksi timbulan limbah ampas kopi. Maka pada penelitian ini dikembangkan model untuk memperkirakan timbulan limbah ampas kopi. Peningkatan produksi kopi di tahun-tahun mendatang perlu diseimbangkan dengan pemanfaatan dan penggunaan limbah ampas kopi, yang merupakan sumber daya terbarukan kaya akan senyawa bioaktif. Bersama dengan aplikasi yang akan dikembangkan di masa depan, merupakan peluang yang menjanjikan untuk memanfaatkan limbah ampas kopi baik dalam bentuk energi, produk nutrisi, maupun sebagai bahan bangunan.

Limbah ampas kopi dipilih pada penelitian ini karena beberapa alasan yaitu: (1) potensi total timbulan ampas kopi yang melimpah dan bermanfaat dapat menjadi peluang jika dimanfaatkan dan diolah dengan baik, dan (2) penelitian ini diharapkan dapat memicu penelitian lebih lanjut mengenai limbah ampas kopi, meskipun penelitian ini dilakukan di Pekanbaru hasil penelitian ini bisa dijadikan tolak ukur dalam melakukan analisis komparatif dengan wilayah lain.

2. METODE PENELITIAN

Metodologi yang diterapkan untuk pengembangan model prediksi timbulan ampas kopi telah digambarkan pada Gambar 1. Metodologi ini dibagi menjadi dua bagian: pengumpulan data, dan pengembangan model.



Gambar 1. Alur Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, terdapat dua jenis data yang dilibatkan, yakni data primer serta sekunder. Survei kuisisioner dan wawancara dilakukan pada penelitian ini untuk mendapatkan data primer seperti massa limbah ampas kopi, jumlah *cup* terjual per hari, ukuran *cup* yang digunakan, jenis dan merek kopi, metode penyeduhan, dan informasi lain yang relevan. Responden dari survei kuisisioner dan wawancara ini adalah karyawan/pemilik/pimpinan gerai kopi. Data sekunder berupa data meteorologi (suhu, curah hujan dan kelembaban) diperoleh dari *Copernicus Climate Data Store* (CDS).

Ukuran sampel yang akan di survei dan wawancara diestimasi menggunakan metode slovin (persamaan 1) (Firdaus, 2021).

$$n = \frac{N}{1+N \cdot e^2} \dots \dots \dots (1)$$

Yang mana n merupakan ukuran sampel, N merupakan jumlah UMKM gerai kopi yang terdaftar di kota Pekanbaru, tingkat signifikan (e = 0,1). Populasi gerai kopi (N) adalah 865 gerai, dengan demikian jumlah sampel yang akan disurvei dan wawancara adalah 90 gerai kopi. Untuk ukuran sampel di setiap kecamatan dihitung menggunakan persamaan 2.

$$n_1 = \frac{X}{N} \times n \dots \dots \dots (2)$$

n_1 yaitu jumlah sampel per kecamatan, X adalah jumlah populasi di setiap kecamatan, N adalah total seluruh populasi, n adalah jumlah sampel. Jumlah sampel per kecamatan dapat dilihat pada Tabel 1. Pengambilan sampel dalam penelitian ini dilaksanakan secara berturut-turut selama 8 hari berdasarkan SNI 19-3964-1994, sehingga data hasil survei dan wawancara dari 90 gerai kopi sebesar 720 data. Beberapa penelitian sebelumnya data sampling 1 minggu digunakan untuk menghitung timbulan limbah (Pradina, 2022; Wulansari et al., 2019).

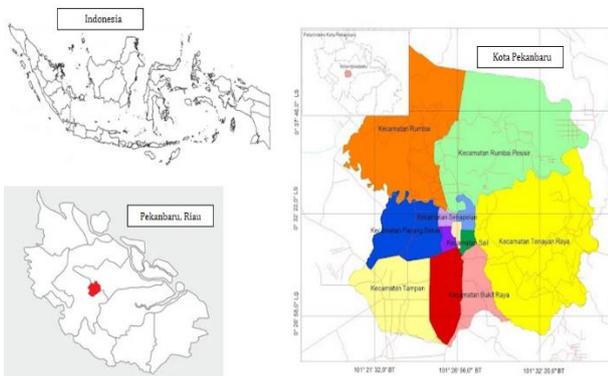
Pengumpulan sampel dilakukan untuk menghitung kuantitas ampas kopi yang dihasilkan oleh gerai kopi pada tanggal 30 Mei - 6 Juni 2023. Kecamatan Pekanbaru Kota tidak berkontribusi memberikan

sampel pada penelitian ini karena hanya ada 1 gerai kopi yang terdaftar dalam UMKM. Pengumpulan sampel dilakukan dengan memberikan kantong plastik kepada masing-masing gerai kopi dan karyawan/pemilik/pimpinan gerai kopi diberikan arahan untuk mengumpulkan limbah ke dalam kantong plastik tersebut. Hari berikutnya kantong plastik tersebut diambil, ditimbang, dicatat, dan kantong plastik baru disediakan untuk pengumpulan hari berikutnya. Dokumentasi timbulan limbah ampas kopi yang dihasilkan dilakukan selama periode penelitian. Hasil yang diperoleh selanjutnya di analisis untuk mengidentifikasi variabel yang akan digunakan untuk pengembangan model.

Tabel 1. Populasi Gerai Kopi di Kota Pekanbaru

No	Kecamatan	Jumlah Sampel
1	Tampan	24
2	Bukit Raya	5
3	Sail	1
4	Sukajadi	5
5	Senapelan	7
6	Rumbai	7
7	Pekanbaru Kota	0
8	Lima Puluh	6
9	Payung Sekaki	12
10	Tenayan Raya	8
11	Rumbai Pesisir	3
12	Marpoyan Damai	12
Total Sampel		90

Sumber data diolah dengan excel



Gambar 2. Wilayah Penelitian

2.2. Pengembangan Model

2.2.1. Identifikasi Variabel Bebas dan Terikat

Dalam penelitian ini, parameter meteorologi, jumlah *cup* terjual per hari, ukuran *cup* yang digunakan, jenis dan merek kopi, dan metode penyeduhan sebagai variabel bebas sedangkan data timbulan limbah ampas kopi (gram/hari) sebagai variabel terikat. Selama survei kuisioner beberapa variabel dianalisis, tujuh variabel dipilih berdasarkan literatur dan yang memiliki pengaruh terhadap timbulan sampah. Variabel bebas yang dipertimbangkan dalam penelitian ini adalah suhu, curah hujan, kelembaban (Perera et al., 2020), jumlah *cup* terjual per hari (Palmieri et al., 2021), jenis dan merek kopi, metode penyeduhan (Skubina et al., 2021), dan ukuran *cup* yang digunakan. Deskripsi dari variabel yang dipilih disajikan pada Tabel 2. Variabel pertama

yang dipilih adalah suhu, karena penelitian sebelumnya melaporkan adanya pengaruh antara suhu dengan timbulan sampah sebesar 33,9% (Perera et al., 2020). Variabel bebas kedua adalah curah hujan, karena sebagian orang cenderung mengkonsumsi minuman hangat saat cuaca buruk atau saat hujan untuk memberikan kehangatan. Kelembaban ditetapkan sebagai variabel bebas ketiga, karena ampas kopi cenderung menyerap kelembaban dari lingkungan sekitarnya, yang pada akhirnya mempengaruhi tingkat timbulan sampah sebesar 25,4% (Perera et al., 2020). Variabel keempat yang dipilih adalah jumlah *cup* terjual per hari, jika penjualan meningkat maka limbah juga meningkat seperti penelitian Palmieri (2021). Variabel bebas kelima yaitu jenis dan merek kopi, jenis kopi yang paling banyak diminati adalah espresso (90,6%) dan cappuccino (84,1%). Variabel keenam adalah metode penyeduhan, 44,4% orang melaporkan bahwa metode penyeduhan kopi penting bagi mereka dan penggunaan metode penyeduhan yang berbeda akan menghasilkan jumlah limbah yang berbeda pula (Skubina et al., 2021; Tavares et al., 2020). Variabel ketujuh serta terakhir yang dipilih dalam penelitian ini adalah ukuran *cup* yang digunakan, karena jika gerai kopi menggunakan ukuran *cup* yang lebih besar maka timbulan ampas kopi juga bisa meningkat.

Tabel 2. Deskripsi Variabel Bebas

Nama Variabel	Simbol	Keterangan	Satuan
Suhu	X1	Data meteorologi	°C
Curah hujan	X2	Data meteorologi	mm
Kelembaban	X3	Data meteorologi	g/m ³
Jumlah <i>cup</i> terjual per hari	X4	Banyaknya penjualan minuman kopi per hari	<i>Cup</i>
Jenis dan merek kopi	X5	Jenis dan merek kopi yang ada di gerai kopi	-
Metode penyeduhan	X6	Proses pembuatan minuman kopi	-
Ukuran <i>cup</i> yang digunakan	X7	Volume atau kapasitas <i>cup</i>	ml
Timbulan limbah ampas kopi	Y	Jumlah limbah ampas kopi yang dihasilkan gerai kopi	g/hari

Sumber data diolah dengan excel

Tabel distribusi frekuensi digunakan untuk mengklasifikasikan data pada sebuah tabel didasarkan pada berbagai kelas ataupun kategori kategori tertentu (Siagian et al., 2000). Seluruh variabel diberikan bobot untuk memudahkan analisis statistik dan pengembangan model (Tabel 3). Bobot 8 sampai 1 untuk jumlah *cup*, dan bobot 2 sampai 1 untuk parameter meteorologi, ukuran *cup*, jenis kopi, metode penyeduhan. Misalnya, bobot 8 menandakan bahwa gerai kopi tersebut menjual 86-97 *cup*/hari dan 1 menandakan bahwa gerai kopi menjual 2-13 *cup*/hari. Nilai yang tinggi pada variabel adalah untuk menunjukkan tingkat kepentingan variabel terhadap tingkat timbulan limbah ampas kopi. Pendekatan serupa juga pernah dilakukan pada penelitian tentang timbulan sampah kota (Khan et al., 2016; Kumar et al., 2017).

Tabel 3. Distribusi Gerai Minuman Berdasarkan Variabel Bebas

Variabel Bebas	Bobot	Persentase
Suhu		
27,65 - 27,75	1	40%
27,751 - 27,85	2	60%
Curah Hujan		
0,24 - 0,244	1	13%
0,245 - 0,255	2	87%
Kelembaban		
84,3 - 84,5	1	29%
84,51 - 85,5	2	71%
Jumlah Cup		
2 - 13	1	8%
14 - 25	2	34%
26 - 37	3	21%
38 - 49	4	12%
50 - 61	5	11%
62 - 73	6	2%
74 - 85	7	4%
86 - 97	8	7%
Jenis Kopi		
Bubuk	1	70%
Giling	2	30%
Metode Penyeduhan		
Seduh	1	68%
Mesin	2	32%
Ukuran Cup		
170 - 210	1	83%
211 - 250	2	17%

Sumber data diolah dengan excel

2.2.2. Analisis Asumsi Model

Metode *Multiple Linear Regression* (MLR) awalnya diperkenalkan oleh Sir Francis Galton (1822-1911) pada tahun 1877 sebagai model statistika dalam proses analisis data (Susanti et al., 2019). Asumsi-asumsi dasar dalam MLR sebagai berikut : (i) Tidak terdapat multikolinearitas (Ghodang, 2021), (ii) uji normalitas variabel yang digunakan, untuk melihat suatu variabel, distribusinya normal ataukah tidak, dan (iii) residual harus memiliki distribusi yang normal dan memenuhi asumsi homoskedastisitas yaitu varian dari residual harus konstan (Ervina et al., 2023).

Baiknya suatu model adalah yang tak terdapat korelasi di antara variabel-variabel bebasnya, jika ada korelasi artinya akan muncul masalah multikolinearitas (Santi et al., 2020). Masalah multikolinearitas dapat diidentifikasi menggunakan beberapa metode. Metode pertama adalah korelasi pearson antara variabel-variabel bebas. Metode kedua adalah *variation inflation factor* (VIF), agar bebas dari masalah multikolinearitas maka nilai VIF > 0,10 (Duli, 2019). Matriks korelasi dikembangkan dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi koefisien korelasi pearson antara variabel bebas serta bisa diketahui melalui Tabel 4. Nilai koefisien yang didapat divalidasi menggunakan nilai kritis korelasi pearson (r tabel). Koefisien korelasi dianggap valid apabila angka korelasi pearson di atas angka r tabel (Priyatno, 2014). Dalam penelitian ini, r tabel nya adalah 0,175 pada tingkat signifikan 5%.

Tabel 4. Matriks Korelasi dari Variabel-Variabel Bebas

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
X1	1						
X2	-0,35	1					
X3	-0,82	0,77	1				
X4	-0,11	0,09	0,15	1			
X5	-0,16	0,24	0,24	0,68	1		
X6	-0,20	0,21	0,24	0,99	0,89	1	
X7	-0,18	0,17	0,23	0,67	0,20	0,17	1

Sumber data diolah dari hasil SPSS

Uji Kolmogorov-Smirnov dan histogram dilakukan untuk analisis normalitas pada taraf signifikansi 0,05. Hasil ujinya tersaji dalam Tabel 5. Hipotesis normalitas ditolak apabila angka *Asymp.Sig* < 0,05. Tabel 5 memperlihatkan bahwasanya angka *Asymp.Sig* 0,200, jadi bisa ditarik kesimpulan bahwasanya baik variabel bebas maupun variabel terikat berdistribusi normal .

Tabel 5. Uji Normalitas

		Unstandardized Residual
N		90
Normal	Mean	,0000000
Parameters ^{a,b}	Std. Deviation	136,80475384
Most Extreme	Absolute	,059
Differences	Positive	,059
	Negative	-,042
Test Statistic		,059
Asymp. Sig. (2-tailed)		,200 ^{c,d}

Sumber data diolah dari hasil SPSS

Kelayakan model regresi tergantung pada residual/*error term* (ϵ), semakin kecil residual akan semakin baik persamaan regresi dalam memprediksi data (Santoso, 2009). Residual dapat didefinisikan sebagai selisih dari nilai variabel bebas yang sebenarnya (Y_i) dengan nilai variabel bebas yang diprediksi (\hat{Y}_i) (Nursiyono et al., 2016). *Normal Probability plot* dan histogram dapat digunakan untuk menilai normalitas residual. *Scatter plot* antara variabel terikat yang diprediksi dan residual terstandarisasi dapat digunakan untuk mengevaluasi asumsi homoskedastisitas.

2.2.3. Analisis MLR untuk Prediksi Timbulan Limbah Ampas Kopi

Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa analisis statistik dapat dilakukan menggunakan teknik analisis MLR untuk pengembangan model yang dapat memprediksi variabel terikat, yaitu timbulan limbah ampas kopi dalam satuan gram/hari. Penentuan hipotesis dilakukan sebagai langkah awal dalam membangun model MLR. Hipotesis dalam penelitian ini adalah jumlah limbah ampas kopi yang diperoleh diperkirakan akan dipengaruhi oleh variabel bebas yang dipilih.

Langkah kedua adalah menggunakan metode kuadrat terkecil untuk melakukan estimasi terhadap parameter yang tidak diketahui (koefisien regresi dan intersep). Pemodelan dengan cara menyesuaikan persamaan (3) terhadap data yang diperoleh melalui analisis statistik menggunakan metode MLR dipakai

untuk mengetahui pengaruh antara variabel bebas dengan variabel terikat.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \dots \dots \dots (3)$$

Dimana Y adalah variabel terikat, β_0 adalah intersep, β_i ($i = 1, 2, 3, \dots, k$) adalah koefisien regresi, X_i ($i = 1, 2, 3, \dots, k$) adalah variabel bebas, dan ε adalah residual.

Sum of Squares of residuals or Error (SSE) adalah jumlah selisih kuadrat antara nilai aktual (Y_i) dan nilai prediksinya (\hat{Y}_i). Nilai SSE yang rendah menunjukkan model yang baik untuk prediksi (Ferraguti et al., 2020). Persamaan SSE dapat dilihat pada persamaan (4).

$$SSE = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \dots \dots \dots (4)$$

Koefisien regresi yang signifikan secara statistik perlu ditentukan untuk mengembangkan model regresi (Hair Jr et al., 2019). *Software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versi 25.0 dipakai untuk analisis statistik yang diperlukan untuk pengembangan model. Data sampel dari 90 gerai kopi yang representatif selama 1 minggu, total 720 data digunakan dalam penelitian untuk pengembangan setiap model. Pembangunan model menggunakan metode *stepwise* karena metode ini menambahkan variabel pada dua tingkat signifikansi yaitu menambah atau menghapus variabel (Popli et al., 2021). Langkah ketiga yaitu menentukan kelayakan model untuk memprediksi variabel terikat dengan melakukan uji statistik. Oleh karena itu, untuk menguji pengaruh variabel secara simultan digunakan *F-test statistic* (persamaan (5)) dengan menguji hipotesis "semua parameter koefisien regresi sama dengan nol".

$$F = \frac{(SS_{YY} - SSE)/k}{SSE/[n - (k+1)]} \dots \dots \dots (5)$$

dimana $SS_{YY} = \sum (Y_i - \bar{Y})^2$, k adalah jumlah variabel bebas yang digunakan dalam model, dan n adalah jumlah sampel.

Penelitian ini mengandalkan hasil analisis varians yang disajikan melalui uji ANOVA. Korelasi antara variabel terikat dan parameter koefisien (β_k) diidentifikasi melalui uji-t pada $\alpha=0,05$.

Tingkat kesesuaian antara timbulan limbah hasil observasi dan prediksi timbulan limbah dapat dilihat melalui nilai Koefisien determinasi (R^2) (Abdulredha et al., 2018). Rumus R^2 dapat dilihat pada persamaan (6).

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SS_{YY}}; 0 < R^2 < 1 \dots \dots \dots (6)$$

Kelemahan penggunaan R^2 adalah bias pada jumlah variabel bebas yang dilibatkan kedalam model, ketika variabel bebas bertambah akan menyebabkan peningkatan pada R^2 . Jadi, sebagai alternatif dari penggunaan R^2 dianjurkan menggunakan *Adjusted R²* (persamaan (7)) karena nilai *Adjusted R²* bisa mengalami kenaikan ataupun penurunan jika dilakuakn penambahan variabel bebas pada model (Riyanto et al., 2020). *Adjusted R²* bertujuan untuk memberikan tingkat perkiraan yang lebih baik dari model yang digunakan (Raykov et al., 2012).

$$R_a^2 = 1 - \left[\frac{(n-1)}{n-(k+1)} \right] (1 - R^2) \dots \dots \dots (7)$$

2.3. Akurasi Model

Jika ada perbedaan antara nilai prediksi dengan nilai aktual, maka itu dinamakan kesalahan prediksi, yang merupakan ukuran akurasi model. Penelitian ini menggunakan tiga prediksi untuk mengevaluasi keakuratan model yang diusulkan. Hasil pengujian untuk persamaan (8)-(10) harus mendekati nol untuk kinerja model yang baik (Azadi et al., 2015).

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) = $\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100 \dots \dots \dots (8)$

Mean Absolute Deviation (MAD) = $\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |A_t - F_t| \dots \dots \dots (9)$

Root Mean Square Error (RMSE) = $\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2} \dots \dots \dots (10)$

dimana A_t adalah nilai aktual, F_t yaitu angka prediksi, sementara n yaitu total sampel.

MAPE dipakai untuk menunjukkan akurasi dalam persentase kesalahan, semakin dekat dengan nol maka semakin baik kinerja model. MAD menyatakan ketepatan dalam unit data dan RMSE untuk mengukur besaran error rata-rata, semakin kecil nilainya maka keakuratan model semakin baik dalam memprediksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Persamaan MLR

Koefisien untuk masing-masing variabel bebas diprediksi berdasarkan data sampel menggunakan *Software* SPSS. Regresi yang dilakukan menggunakan metode *stepwise* dan menghasilkan 6 model prediksi (Model A-Model F) untuk timbulan limbah ampas kopi. Hasil matrik korelasi yang menunjukkan nilai *beta coefficient, unstandardized (B)*, dan nilai *p-value* untuk semua model disajikan pada Tabel 5.

Model regresi dipastikan mempunyai akurasi untuk mengestimasi, mempunyai konsistensi serta tak bias dengan memenuhi asumsi-asumsi yang telah di sebutkan diatas (poin 2.2.2). Korelasi antara variabel-variabel bebas mempengaruhi variasi koefisien dalam sebuah model (Ghinea et al., 2016). Tabel 4 menunjukkan bahwa variabel bebas tidak berkorelasi tinggi, kecuali variabel metode penyeduhan (X6) yang berkorelasi terhadap jumlah cup (X4) dan jenis kopi (X5). Hasil analisis kolinearitas menggunakan VIF atau *tolerance* (Tabel 6) digunakan untuk mendukung keputusan tidak adanya multikolinearitas. Nilai VIF pada Tabel 6 menunjukkan nilai yang kurang dari 10 untuk variabel bebas pada model A, B, C, dan D, akan tetapi model E dan F teridentifikasi mengalami masalah multikolinearitas pada salah satu variabelnya yaitu variabel kelembaban. Multikolinearitas menandakan bahwa dalam model tersebut terdapat kolinearitas antar variabel bebasnya. Jika variabel-variabel bebas dalam suatu model memiliki pengaruh yang linier, maka estimasi koefisien regresi dan statistik tidak dapat mengidentifikasi dengan baik pengaruh dari

setiap variabel (Popli et al., 2021). Penelitian ini menggunakan model A, B, C dan D sebagai model prediksi. Persamaan regresi untuk timbulan limbah ampas kopi diberikan pada persamaan (11) sampai persamaan (14).

$$Y_1 = -1398,304 + 10,535X_7 \dots\dots\dots (11)$$

$$Y_2 = -949,509 + 6,726X_7 + 7,486X_4 \dots\dots\dots (12)$$

$$Y_3 = 2250,352 + 7,067X_7 + 7,376X_4 - 13127,867X_2 \dots\dots\dots (13)$$

$$Y_4 = -20358,178 + 6,897X_7 + 7,246X_4 - 27774,235X_2 + 310,486X_3 \dots\dots\dots (14)$$

Tabel 5. Hasil Matriks Korelasi untuk Metode yang Digunakan dalam Penelitian

Model	Include IV	Unstandar-dized (B)	Beta Coefficient	p-Value
A	(Constant)	-1398,304		0,000
	Ukuran Cup	10,535	0,832	0,000
B	(Constant)	-949,509		0,000
	Ukuran Cup	6,726	0,531	0,000
C	(Constant)	2250,352		0,055
	Ukuran Cup	7,067	0,558	0,000
D	(Constant)	-20358,17		0,015
	Ukuran Cup	6,897	0,545	0,000
E	(Constant)	-164119,4		0,000
	Ukuran Cup	7,046	0,556	0,000
F	(Constant)	-161348,9		0,000
	Ukuran Cup	6,666	0,526	0,000
	Jumlah Cup	7,195	0,433	0,000
	Curah Hujan	-54897,79	-0,541	0,000
	Kelembaban	1098,444	0,681	0,000
	Suhu	2915,683	0,376	0,000
	Jenis Kopi	94,923	0,116	0,007

Sumber data diolah dari hasil SPSS

Tabel 6. Analisis Kolinearitas

Model	Collinearity Statistics		Keterangan
	Tolerance	VIF	
A	(Constant)		
	Ukuran Cup	1,000	1,000
B	(Constant)		
	Ukuran Cup	,555	1,803
C	(Constant)		
	Ukuran Cup	,541	1,848
D	(Constant)		
	Ukuran Cup	,538	1,860
E	(Constant)		
	Ukuran Cup	,536	1,866
	Jumlah Cup	,546	1,831
	Curah Hujan	,182	5,496
	Kelembaban	,069	14,538
	Suhu	,147	6,804
F	(Constant)		
	Ukuran Cup	,515	1,941
	Jumlah Cup	,538	1,859
	Curah Hujan	,182	5,509
	Kelembaban	,069	14,558
	Suhu	,147	6,804
	Jenis Kopi	,900	1,111

Sumber data diolah dari hasil SPSS

Uji F yang dilakukan terhadap model prediksi menghasilkan *p-value* = 0,000, (Tabel 7) nilai ini lebih rendah dari taraf signifikan ($\alpha = 0,05$). Jadi dapat ditarik kesimpulan bahwasanya setidaknya ada salah satu koefisien regresi tidak nol, sehingga hipotesis nol ditolak dan menandakan bahwa model tersebut valid secara statistik.

Tabel 7. Tabel ANOVA untuk Tingkat Timbulan Limbah Ampas Kopi

Model	Sum of squares	df	Mean Square	F	Sig.	
A	Regression	8794935,224	1	8794935,224	197,731	,000
	Residual	3914185,481	88	44479,380		
	Total	12709120,705	89			
B	Regression	10226418,914	2	5113209,457	179,179	,000
	Residual	2482701,791	87	28536,802		
	Total	12709120,705	89			
C	Regression	10432002,995	3	3477334,332	131,329	,000
	Residual	2277117,710	86	26478,113		
	Total	12709120,705	89			
D	Regression	10622719,963	4	2655679,991	108,192	,000
	Residual	2086400,742	85	24545,891		
	Total	12709120,705	89			
E	Regression	10890102,693	5	2178020,539	100,578	,000
	Residual	1819018,011	84	21654,976		
	Total	12709120,705	89			
F	Regression	11043437,585	6	1840572,931	91,715	,000
	Residual	1665683,120	83	20068,471		
	Total	12709120,705	89			

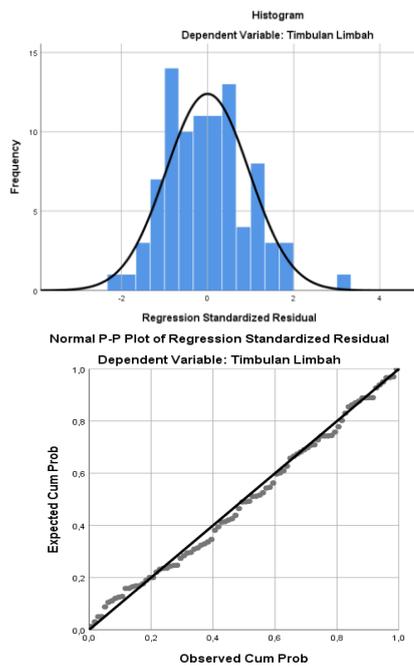
Sumber data diolah dari hasil SPSS

Pengaruh variabel secara simultan diuji dengan uji F, sementara uji T dipakai untuk melihat pengaruh variabel secara parsial. Hasil uji T (Tabel 5) untuk seluruh variabel bebas yang digunakan signifikan secara statistik dan diharapkan dapat mempengaruhi prediksi timbulan limbah ampas kopi, hal tersebut terlihat dari angka *p-value* yang nilainya di bawah $\alpha = 0,05$.

3.2. Penilaian Model MLR untuk Prediksi Timbulan Limbah Ampas Kopi

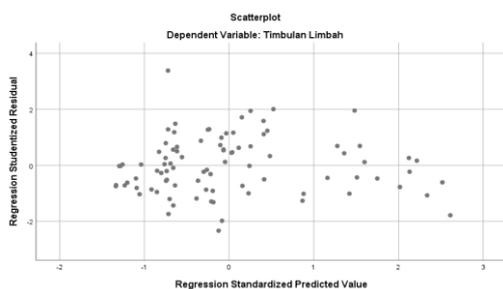
Model MLR yang dipakai pada penelitian ini layak dijadikan model prediksi, hal ini ditandai dengan model tidak multikolinearitas dan seluruh variabel yang digunakan secara keseluruhan terdistribusi normal (Tabel 5). Histogram dan *normal probability plot* (Gambar. 3) digunakan untuk validasi asumsi normalitas dari residual regresi. Histogram dari variabel terikat berbentuk seperti gunung dengan titik pusat di angka nol dan beragam antara -2 dan 4, serta tidak ada *outliers* yang menunjukkan bahwa distribusi normal dari residual. *normal probability plot* (p-p plot) digunakan untuk memeriksa asumsi normalitas. Gambar. 3 menunjukkan titik-titik yang sangat dekat dengan garis lurus atau titik-titik

tersebut hampir membentuk pola linier yang menunjukkan asumsi normalitas terpenuhi.



Gambar 3. Plot Residual untuk Asumsi Normalitas [(a) Plot Histogram Timbulan Limbah Ampas Kopi; (b) Plot Probabilitas Normal dari Timbulan Limbah Ampas Kopi]

Scatter plot digunakan untuk memeriksa asumsi homoskedastisitas antara residual regresi terstandarisasi dan nilai prediksi regresi terstandarisasi. Gambar 4 menunjukkan plot residual untuk timbulan limbah ampas kopi. Plot tersebut menunjukkan bahwa asumsi homoskedastisitas terpenuhi karena nilai residual tidak mengikuti pola tertentu dengan nilai prediksi. Model yang diusulkan tidak didasarkan pada data deret waktu sehingga residual dinyatakan bebas.



Gambar 4. Plot Residual untuk Asumsi Homoskedastisitas Timbulan Limbah Ampas Kopi

Nilai R^2 dari persamaan 4 model (A, B, C serta D) secara berurutan adalah 0,692, 0,805, 0,821, 0,836 (Gambar. 5). Variabel ukuran *cup* sebagai faktor utama dalam model A menunjukkan pengaruhnya terhadap timbulan limbah ampas kopi sebesar 69,2%. Model B menunjukkan nilai 80,5% disebabkan model dengan dua kombinasi variabel yaitu variabel ukuran *cup* dan jumlah *cup*. Nilai R^2 sebesar 82,1% untuk model C dengan kombinasi tiga variabel yaitu ukuran

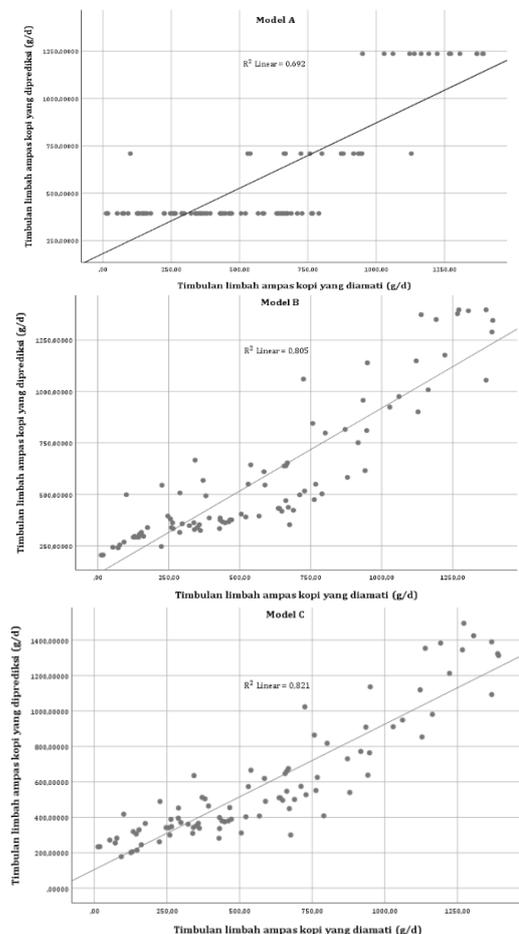
cup, jumlah *cup* dan curah hujan. Ukuran *cup*, jumlah *cup*, curah hujan dan kelembaban digunakan dalam model D dan menghasilkan nilai R^2 sebesar 83,6%. Nilai *adjusted* R^2 model adalah sebesar 0,689, 0,800, 0,815, 0,828 untuk model A, B, C serta D secara berurutan (Tabel 7), lebih kecil dari nilai R^2 .

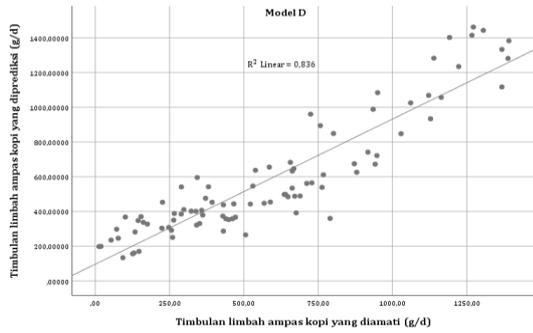
Tabel 7. Ringkasan Model untuk Timbulan Limbah Ampas Kopi

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
A	,832 ^a	,692	,689	210,901	
B	,897 ^b	,805	,800	168,928	
C	,906 ^c	,821	,815	162,720	
D	,914 ^d	,836	,828	156,671	
E	,926 ^e	,857	,848	147,156	
F	,932 ^f	,869	,859	141,663	2,126

Sumber data diolah dari hasil SPSS

Standar dalam mengevaluasi nilai R^2 adalah minimal mencapai 0,75 atau lebih tinggi. Namun, jika nilai R^2 melebihi 0,90 maka dapat diartikan sebagai pencapaian yang sangat baik dalam menganalisis data (Haaland, 2020). Model A menghasilkan nilai R^2 yang kurang dari nilai standar minimum yaitu sebesar 0,692. Nilai R^2 model B, C dan D memenuhi standar dan dari ketiga model ini, model D merupakan model yang lebih sesuai dengan data, karena semakin tinggi nilai R^2 dan *adjusted* R^2 maka semakin baik model tersebut.





Gambar 5. Scatter Plot Timbulan Limbah Ampas Kopi yang Diamati dan Diprediksi

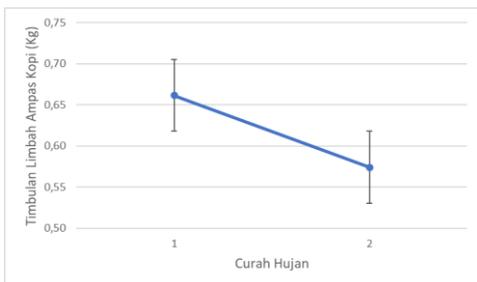
3.3. Analisis Variabel-Variabel Bebas

Tinjauan terhadap koefisien persamaan (persamaan (11) sampai persamaan (14)) dari berbagai variabel bebas dari model yang dikembangkan menunjukkan bahwa jumlah *cup* adalah faktor yang penting dalam memprediksi timbulan limbah ampas kopi. Hasil penelitian ini mengungkap adanya peningkatan pengaruh jumlah *cup* terhadap timbulan limbah ampas kopi (Gambar. 6). Jumlah *cup* berkontribusi sebesar 35,1% terhadap timbulan limbah ampas kopi. Pengaruh berbagai variabel bebas terhadap timbulan limbah ampas kopi ditunjukkan pada Gambar 7 (a-c).



Gambar 6. Pengaruh Jumlah Cup dengan Timbulan Limbah

Koefisien parameter dari 4 persamaan model bertanda positif yang menunjukkan bahwa timbulan limbah ampas kopi meningkat seiring peningkatan parameter kecuali parameter curah hujan. Hal ini berarti semakin tinggi curah hujan, semakin sedikit limbah ampas kopi yang dihasilkan [Gambar. 6(b)]. Variabel curah hujan berkontribusi sebesar 0,19%, hasil ini senada dengan temuan Perera et al., (2020), yang memperlihatkan bahwasanya pengaruh antara curah hujan dan timbulan sampah memiliki pengaruh yang kecil.



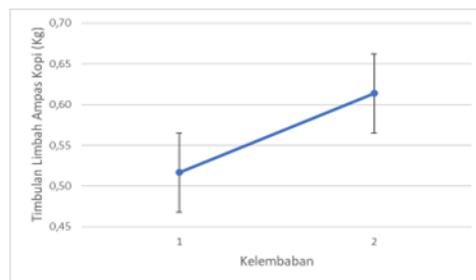
Gambar 7. Pengaruh Curah Hujan dengan Timbulan Limbah

Timbulan limbah ampas kopi ditemukan meningkat seiring dengan meningkatnya ukuran *cup* yang digunakan [Gambar. 6(c)]. Penelitian ini mengungkapkan bahwa timbulan limbah ampas kopi mengalami peningkatan sejalan dengan bertambahnya ukuran *cup* yang digunakan. Ditemukan pengaruh positif antara ukuran *cup* dan jumlah limbah ampas, semakin besar ukuran *cup* yang digunakan semakin tinggi pula jumlah limbah ampas kopi yang dihasilkan. Kontribusi ukuran *cup* terhadap timbulan ampas kopi adalah sebesar 45,34%. Temuan ini mengindikasikan bahwa ukuran *cup* memiliki peran paling penting dalam menentukan jumlah limbah yang dihasilkan.



Gambar 8. Pengaruh Ukuran Cup dengan Timbulan Limbah

Pengaruh antara kelembaban dan timbulan limbah ampas kopi ditunjukkan pada Gambar. 6(d). Sama halnya dengan ukuran *cup*, timbulan limbah ampas kopi meningkat seiring peningkatan kelembaban yang memiliki pengaruh sebesar 3,34% terhadap timbulan limbah ampas kopi. Perera et al., (2020) melaporkan bahwa kelembaban memiliki pengaruh terhadap timbulan sampah, hal ini berarti bahwa hasil penelitian ini relevan dengan penelitian terdahulu.



Gambar 9. Pengaruh Kelembaban dengan Timbulan Limbah

3.4. Prediksi Timbulan Limbah Ampas Kopi

Prediksi timbulan limbah ampas kopi disajikan dalam bentuk statistik deskriptif. Statistik deskriptif yaitu teknik statistik yang berguna dalam menggambarkan kumpulan data yang diperoleh, kemudian disajikan dengan ringkas untuk memberikan inti dari kumpulan data yang ada (Yamin, 2021). Empat model (A, B, C dan D) prediksi yang telah digunakan dianalisa kesesuaian hasil prediksinya, dan dirangkum dalam statistik deskriptif pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Statistik Deskriptif Tingkat Timbulan Limbah Ampas Kopi

Descriptive Statistics	Timbulan Hasil Observasi	Hasil Prediksi			
		Model A	Model B	Model C	Model D
Min	12,88	392,57	205,19	171,89	133,64
Max	1391,50	1235,34	1396,43	1494,78	1461,87
Mean	585,71	585,71	585,71	585,71	585,71
Std. Dev	377,89	314,36	338,97	342,36	345,48

Sumber data diolah dari hasil SPSS

Hasil penelitian ini mengungkapkan tingkat timbulan limbah ampas kopi berkisar antara 12,88 hingga 1391,50 gram/hari. Rata-rata limbah ampas kopi yang dihasilkan oleh gerai kopi adalah sebesar 585,71 gram/hari (*Std.Dev.* 377,89). Model prediksi yang digunakan menghasilkan nilai rata-rata yang sama dengan rata-rata timbulan limbah ampas kopi hasil observasi, sehingga dapat disimpulkan bahwa seluruh model layak digunakan untuk prediksi timbulan limbah ampas kopi.

3.5. Penilaian Akurasi Prediksi

Hasil uji akurasi model prediksi timbulan limbah ampas kopi untuk MAPE, MAD dan RMSE disajikan pada Tabel 12. Ketiga metode akurasi ini banyak digunakan untuk membandingkan kinerja teknik prediksi. MAPE menghitung tingkat rata-rata kesalahan dalam prediksi sebagai *presentase* dari nilai aktual (Ramadhan et al., 2023). Nilai MAPE terkecil dihasilkan pada model D yaitu 0,72, sedangkan model A menghasilkan nilai MAPE terbesar (1,30). Metode MAD mengukur tingkat ketepatan prediksi dengan menghitung rata-rata dari nilai absolut setiap kesalahan prediksi, sehingga memberikan gambaran tentang sejauh mana prediksi mendekati nilai aktual (Wardhani et al., 2022). Model D menunjukkan nilai MAD terkecil daripada 3 model lainnya yaitu 1,42. Rata-rata selisih kuadrat antara nilai prediksi dan nilai aktual adalah fungsi dari RMSE (Ramadhan et al., 2023). Nilai RMSE terkecil dihasilkan oleh model D dengan angka 16,05.

Tabel 12. Hasil Uji Akurasi

	RMSE	MAD	MAPE
Model A	21,98	1,90	1,30
Model B	17,51	1,52	0,79
Model C	16,77	1,45	0,80
Model D	16,05	1,42	0,72

Sumber data diolah dari hasil excel

Penilaian kinerja model didasarkan pada nilai uji akurasi, semakin kecil nilai MAPE, MAD dan RMSE suatu model maka semakin baik kinerja model tersebut (Mitchell, 1997; Ramadhan et al., 2023). Keseluruhan model menghasilkan nilai akurasi yang baik sehingga keseluruhan model dapat digunakan untuk model prediksi, akan tetapi model D menunjukkan nilai akurasi lebih kecil dari 3 model lainnya untuk ketiga uji akurasi yang dilakukan.

Sehingga model D lebih baik dan dapat digunakan secara efektif untuk prediksi timbulan limbah ampas kopi dalam praktik yang sebenarnya.

4. KESIMPULAN

Pengembangan model untuk prediksi timbulan limbah ampas kopi dalam penelitian ini menggunakan teknik MLR. Tujuh variabel digunakan dalam pengembangan model. Hasil penelitian memperlihatkan bahwasanya variabel ukuran serta jumlah *cup* berpengaruh terbesar pada timbulan limbah ampas kopi. Metode *stepwise* menghasilkan enam model yang dapat digunakan untuk prediksi akan tetapi dua model terindikasi masalah multikolinearitas. Nilai R^2 dari empat model terbaik sebesar 0,692, 0,805, 0,821, 0,836. Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa model D adalah model dengan kinerja yang lebih baik dengan nilai MAPE, MAD dan RMSE berturut-turut sebesar 0,72, 1,42 dan 16,05.

Model yang dikembangkan dapat membantu penelitian selanjutnya sebagai referensi mengenai limbah ampas kopi, dan dapat dijadikan sebagai pertimbangan untuk pemanfaatan dan penggunaan limbah ampas kopi yang merupakan sumber daya terbarukan kaya akan senyawa bioaktif. Akurasi prediksi model dapat ditingkatkan dengan identifikasi dan penyertaan variabel bebas lainnya yang berpengaruh.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulredha, M., Al Khaddar, R., Jordan, D., Kot, P., Abdulridha, A., & Hashim, K. (2018). Estimating solid waste generation by hospitality industry during major festivals: A quantification model based on multiple regression. *Waste Management*, 77, 388–400.
- Aguilar, J. A. A., Valencia, M. N. R., & Vera, R. A. A. (2020). Forecast generation model of municipal solid waste using multiple linear regression. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 6(1), 1–14.
- Ahmad, I., Kusumah, A., Hinggo, H. T., Zaki, H., Ramadhan, R. R., Sulistyandari, & Hardilawati, W. L. (2022). Strategi Keberlanjutan Usaha Coffee Shop OFFTRACK Pekanbaru. *ABDIMAS EKODIKSOSIORA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Ekonomi, Pendidikan, Dan Sosial Humaniora*, 2(2), 48–52.
- Azadi, S., & Karimi-Jashni, A. (2015). Verifying the performance of artificial neural network and multiple linear regression in predicting the mean seasonal municipal solid waste generation rate: A case study of Fars province, Iran. *Waste Management*, 14–23.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia. (2021). *Statistik Kopi Indonesia 2021*. BPS-Statistics Indonesia. Indonesia.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Pekanbaru. (2022a). *Kota Pekanbaru Dalam Angka 2022*. BPS Kota Pekanbaru. Pekanbaru.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Pekanbaru. (2022b). *Kota Pekanbaru dalam Angka 2023*. BPS Kota Pekanbaru. Pekanbaru.
- Ballesteros, L. F., Teixeira, J. A., & Mussatto, S. I. (2014). Chemical, Functional, and Structural Properties of Spent Coffee Grounds and Coffee Silverskin. *Food*

- and *Bioprocess Technology*, 7(12), 3493–3503.
- Beigl, P., Lebersorger, S., & Salhofer, S. (2008). Modelling municipal solid waste generation : A review. *Waste Management*, 28, 200–214.
- Dandi, L., Afwa, A., & Hasan, H. (2023). The Influence of Store Atmosphere and Social Media Promotion on Purchase Decisions At Coffee Shop in Pekanbaru (Case Study Rehat Coffe). *Jurnal Apresiasi Ekonomi*, 11(1), 158–166.
- Dewantoro, D. H., Wisnalmawati, & Istanto, Y. (2021). Pengaruh Kualitas Produk Terhadap Loyalitas Pelanggan Dimediasi oleh Kepuasan Pelanggan (Survai Pada Coffe Shop Fihl Pekanbaru). *Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH 2021)*, 21–28.
- Duli, N. (2019). *Metodologi Penelitian Kuantitatif: Beberapa Konsep Dasar Untuk Penulisan Skripsi & Analisis Data Dengan SPSS*. Deepublish. Yogyakarta.
- Ervina, N., Azwar, K., & Susanti, E. (2023). *Variabel Makroekonomi Yang Mempengaruhi Pergerakan Ihsq Di Masa Pandemi Covid-19*. Widina Bhakti Persada. Bandung.
- Ferraguti, F., Sabattini, L., Bonfe, M., & V, V. (2020). *Human-Friendly Robotics 2019*. Springer Nature Switzerland AG. Switzerland.
- Firdaus, M. M. (2021). *Metodologi Penelitian Kuantitatif; Dilengkapi Analisis Regresi Ibm Spss Statistics Version 26.0*. CV. DOTPLUS Publisher. Bengkalis.
- Garcia, I. O., Esteban, O. K., Martin, C., Arenaza, A. M. M., & Vicario, A. A. (2015). Identification of influencing municipal characteristics regarding household waste generation and their forecasting ability in Biscay. *Waste Management*, 39, 26–34.
- Ghinea, C., Drăgoi, E. N., Comăniță, E. D., Gavrilescu, M., Câmpean, T., Curteanu, S., & Gavrilescu, M. (2016). Forecasting municipal solid waste generation using prognostic tools and regression analysis. *Journal of Environmental Management*, 182, 80–93.
- Ghodang, H. (2021). *Ekonometrika Dasar (Teori dan Konsep Pendekatan Matematika)*. PT. Penerbit Mitra Grup. Medan.
- Haaland, P. D. (2020). *Experimental Design in Biotechnology*. CRC Press. New York.
- Hair Jr, J. F., Page, M., & Brunsveld, N. (2019). *Essentials of Business Research Methods*. Routledge Taylor & Francis Group. New York.
- Joesyiana, K., Prihastuti, A. H., & Susanti, D. (2021). The Opportunities and Challenges Analysis of the Coffee Shop Business during the Covid Pandemic 19 in Pekanbaru. *Jurnal Pendidikan Ekonomi (JUPE)*, 10(1), 1–8.
- Kementerian Koperasi dan Usaha Kecil dan Menengah Republik Indonesia, D. (2023). *Data UMKM*. Kementerian Koperasi Dan UKM. <http://umkm.depkop.go.id/>
- Khan, D., Kumar, A., & Samadder, S. R. (2016). Impact of socioeconomic status on municipal solid waste generation rate. *Waste Management*.
- Kolekar, K. A., Hazra, T., & Chakrabarty, S. N. (2016). A Review on Prediction of Municipal Solid Waste Generation Models. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 238–244.
- Kumar, A., & Samadder, S. R. (2017). An empirical model for prediction of household solid waste generation rate – A case study of Dhanbad, India. *Waste Management*, 1–13.
- McNutt, J., & He, Q. (S). (2018). Spent coffee grounds: A review on current utilization. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 1–38.
- Noprinah, J. (2022). Dramaturgi Profesi Barista di Norma Coffee Shop dan Cipadas Coffee Shop Pekanbaru. *Jom Fisip*, 9, 1–15.
- Nursiyono, J. A., & Nadeak, P. P. . (2016). *Setetes Ilmu Regresi Linier*. Media Nusa Creative. Malang.
- Palmieri, N., Fernando, A. L., Suardi, A., Bagnato, V., Pari, R., Stefanoni, W., Latterini, F., Alfano, V., Bergonzoli, S., & Lazar, S. (2021). The Coffee Grounds: Insights By Coffee Shops. *European Biomass Conference and Exhibition, April*, 26–29.
- Peraturan Pemerintah Nomor 81 tahun 2012 tentang pengelolaan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga.
- Perera, C. L., & Fernando, M. (2020). Comparison of Multiple Linear Regression and Artificial Neural Network Models for the Prediction of Solid Waste Generation in Sri Lanka. *Ibai Publishing*, 13(1), 3–25.
- Popli, K., Park, C., Han, S. M., & Kim, S. (2021). Prediction of solid waste generation rates in urban region of Laos using socio-demographic and economic parameters with a multi linear regression approach. *Sustainability (Switzerland)*, 13(303).
- Pradina, R. F. P. (2022). *Analisis Timbulan Minyak Jelantah Di Tengah Pandemi Covid-19 Di Duku Ngringin, Condongcatu, Depok*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Prasetyo, A., & Arifin, M. Z. (2017). *Analisis Biaya Pengelolaan Limbah Makanan Restoran*. Indocamp. Jakarta.
- Priyatno, D. (2014). *Spss 22 Pengolahan Data Terpraktis*. CV Andi Offset. Yogyakarta.
- Pujiono. (2013). Opnimalisasi Prasarana, Sarana Dan Pemanfaatan Sampah Di Kelurahan Uentenaga Bawah, Kecamatan Ampana Kota, Kabupaten Tojo Una-Una. *Jurnal Maroso*, 1(1).
- Ramadhan, R. F., S, W., Saputri, F. R., Pasaribu, J. S., Almaliki, M. F., Prabiantissa, C. N., Fianty, M. I., Mansyur, S. H., & others. (2023). *Kecerdasan Buatan Digital*. Global Eksekutif Teknologi. Padang.
- Ramesh, N., Vennila, G., Bari, J. A., Ramesh, S., & MageshKumar, P. (2015). Energy production through organic fraction of municipal solid waste— A multiple regression modeling approach. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 1–8.
- Raykov, T., & Marcoulides, G. A. (2012). *Basic Statistics: An Introduction with R*. Rowman & Littlefield Publishers. United Kingdom.
- Riyanto, S., & Hatmawan, A. A. (2020). *Metode Riset Penelitian Kuantitatif*. Deepublish. Yogyakarta.
- Rosianna, C., Febrina, C., Winanda, Y., & Fionasari, D. (2021). Analysis Of Coffee Shop Marketing Strategy In Increasing Sales During The Covid-19 Period In Pekanbaru City. *Research In Accounting Journal*, 1(3), 350–361.
- Santi, I. H., & Sudiasmo, F. (2020). *Perceived Usefulness Dan Perceived Ease Of Use Terhadap Behavioral Intention To Use Dan Actual Usage Pada Aplikasi Identifikasi Jenis Kulit Wajah*. Jakad Media Publishing. Surabaya.
- Santoso, S. (2009). *Panduan Lengkap Menguasai Statistik dgn SPSS 17 + CD*. PT Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Shan, C. S. (2010). Projecting municipal solid waste: The case of Hong Kong SAR. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(11), 759–768.
- Siagian, D., & Sugiarto. (2000). *Metode statistika*. Gramedia

- Mulyani, S., Fitri, Y., Selvia, Rahmadani, N., Lestari, D., dan Meka, W (2024). Prediksi Potensi Timbulan Limbah Ampas Kopi sebagai Sumber Penghasil Senyawa Bioaktif di Kota Pekanbaru. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(6), 1412-1423, doi:10.14710/jil.22.6.1412-1423
- Pustaka Utama. Jakarta.
- Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, S. (2022). *Timbulan dan Komposisi Sampah Kota Pekanbaru*. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- Skubina, E. C., Pielak, M., Sałek, P., Ginter, R. K., & Owczarek, T. (2021). Consumer Choices and Habits Related to Coffee Consumption by Poles. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 1–21.
- SNI 19-3964-1994. (1994). *Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan*. Badan Standar Nasional Indonesia.
- Sulaiman, I., & Muzaiifa, M. (2016). *Potensi Limbah Kopi Sebagai Bahan Baku Pektin*. Syiah Kuala University Press. Banda Aceh.
- Susanti, D. S., Sukmawaty, Y., & Salam, N. (2019). *Analisis Regresi dan Korelasi*. CV IRDH. Malang.
- Syafrudin, I. (2022). Analisis Strategi Manajemen Operasi Pada Coffee Shop Di Pekanbaru. In *Skripsi*. Universitas Islam Riau.
- Tavares, M. P. d F., & Mourad, A. L. (2020). Coffee beverage preparation by different methods from an environmental perspective. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 25(7), 1356–1367.
- Wardhani, A. K., Israwan, F., Hardiansyah, A., Setiawan, J., Wahyuddin, S., Khikmah, L., Ilham, A., & Nurmuslimah, S. (2022). *Teknik Peramalan Pada Teknologi Informasi*. PT Global Eksekutif Teknologi. Sumatera Barat.
- Wulansari, D., Ekayani, M., & Karlinasari, L. (2019). Kajian Timbulan Sampah Makanan Warung Makan. *ECOTROPIC*, 13(2), 125–134.
- Yamin, S. (2021). *Tutorial Statistik Spss, Lisrel, Warppls, & Jasp (Mudah & Aplikatif)*. Dewangga Energi Internasional Publishing. Jawa Barat.