



KORELASI KONDISI SOSIAL-EKONOMI WILAYAH TERHADAP TIMBULAN SAMPAH DI WILAYAH METROPOLITAN PROVINSI BALI

Iva Yenris Septiariva^a, Moh Rizal Ngambah Sagara^b, Mega Mutiara Sari^c, I Wayan Koko Suryawan^{c,*}

^aProgram Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Perencanaan Infrastruktur, Universitas Pertamina, Jakarta Selatan

^bProgram Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Bandung, Bandung

^cProgram Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

*corresponding author, email address: i.suryawan@universitaspertamina.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<i>Article History:</i> Received 6 May 2022 Accepted 20 May 2024 Online 30 Juni 2024 <i>Keywords:</i> Waste Generation Bali Human Development Index Education Income	Bali Metropolitan Area faces challenges in managing the increasing volume of waste generation. This research was inspired by the need to understand the dynamics behind urban waste production, particularly the role of socioeconomic factors such as the Human Development Index (HDI), income, and education level. The aim of this research is to examine the influence of HDI, income and education level on the volume of waste generation in the Metropolitan Area of Bali. This study aims to identify socioeconomic variables that contribute significantly to waste production, to inform more effective waste management strategies. This study uses multiple linear regression methodology to identify statistical relationships between HDI, income, and education level and the volume of waste generation. This method allows a comprehensive analysis of how each socioeconomic variable influences urban waste production. The research results show that HDI and education level have a significant influence on increasing the volume of waste generation in the area, while income does not show a significant influence. These findings highlight the complexity of the relationship between socioeconomic factors and waste production, as well as the need for a more mature approach in waste generation prediction modeling. This study concludes that improving the quality of human development and education play an important role in waste management strategies, reducing the environmental impact of generation waste in urban areas. These findings support the implementation of comprehensive environmental education programs and suggest more in-depth community surveys and social mapping to develop more effective and sustainable waste management strategies.

©2024 Magister Teknik Sipil Unsyiah. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Provinsi Bali, sebagai salah satu wilayah metropolitan dengan pertumbuhan penduduk tercepat di Indonesia, menghadapi tantangan yang kompleks dalam pengelolaan sampah sebagai akibat dari meningkatnya aktivitas pariwisata, pembangunan perumahan, dan ekspansi industri (Dhewantara dkk., 2019; Dwijendra, 2013). Peran penting wilayah metropolitan ini dalam perekonomian nasional, terutama sebagai pusat komersial dan pariwisata, menuntut strategi pengelolaan lingkungan yang inovatif dan berkelanjutan untuk menjaga keseimbangan antara perkembangan ekonomi dan pelestarian lingkungan (Dwijendra, 2013; Shahed Khan dkk., 1994). Perkembangan pesat di sektor perumahan, baik formal maupun informal, telah menyebabkan dampak lingkungan yang beragam, dengan peningkatan timbunan

sampah menjadi salah satu isu utama yang memerlukan perhatian serius (MacRae & Rodic, 2015). Pertumbuhan populasi dan pariwisata yang eksponensial mengindikasikan bahwa Bali akan menghadapi peningkatan volume sampah tahunan yang dapat memberikan tekanan besar pada sistem pengelolaan sampah yang ada, diperparah oleh pertumbuhan produk domestik bruto regional (Mutiaradkk., 2021; Septiariva & Suryawan, 2021; Suryawan, Wijaya, dkk., 2021; Suryawan & Lee, 2023b).

Penelitian-penelitian terdahulu telah mengungkapkan bahwa pengelolaan sampah yang efektif dipengaruhi oleh berbagai faktor pendorong yang mencakup aspek teknis, perlindungan lingkungan, nilai sumber daya limbah, hingga kesadaran publik (Alfian dkk., 2019; Phan dkk., 2023; Suryawan & Lee, 2023a; Yusbindar dkk., 2020; Marques dkk., 2014). Pentingnya pengelolaan sampah tidak hanya terletak pada aspek teknis, tetapi juga pada pemahaman mendalam tentang faktor-faktor sosial ekonomi yang berkontribusi pada timbulan sampah (Ibáñez-Forés dkk., 2018). Kapasitas pengelolaan sampah sangat bergantung pada timbulan sampah yang dihasilkan dari suatu wilayah (Hoque & Rahman, 2020).

Kota Denpasar sebagai ibu kota provinsi dengan jumlah penduduk terbanyak dan menjadi pusat kegiatan pemerintahan di Provinsi Bali memberikan kontribusi timbulan sampah terbesar dengan total 32,86% dari total timbulan sampah Provinsi Bali (Suryawan, Rahman, dkk., 2021). Kota Denpasar juga merupakan pusat pemerintahan provinsi dan dipenuhi dengan belanja dan kegiatan pariwisata lainnya di daerah Sanur, salah satu tujuan utama di Provinsi Bali. Penghasil sampah terbesar kedua adalah Kabupaten Badung dengan 17,36% (Suryawan, Rahman, dkk., 2021) merupakan pusat kawasan pariwisata di Provinsi Bali yang mencakup beberapa tujuan wisata terkenal seperti Desa Seminyak, Nusa Dua, dan Pantai Kuta. Kabupaten Badung juga merupakan kabupaten terkaya di Provinsi Bali dengan gaya hidup yang cukup konsumtif. Dengan kontribusi sampah rumah tangga yang semakin signifikan, terlihat bahwa sampah dari masyarakat lokal di Bali masih tergolong rendah karena perbedaan gaya hidup antara Provinsi Bali yang terletak di negara berkembang. Pertumbuhan timbulan sampah yang signifikan ini terkait erat dengan faktor-faktor sosial ekonomi, yang mencakup tingkat pendapatan dan pendidikan masyarakat (Sari dkk., 2022; Ulhasanah & Goto, 2018).

Oleh karena itu, penelitian ini dirancang untuk mengidentifikasi korelasi antara indeks pembangunan manusia, tingkat pendidikan, dan pendapatan dengan volume sampah yang dihasilkan di wilayah metropolitan Bali. Dengan memahami hubungan ini, penelitian ini bertujuan untuk menyediakan landasan bagi perencanaan pengelolaan sampah yang lebih efisien dan efektif yang akan mengakomodasi pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi yang dinamis di masa mendatang. Penelitian ini juga akan berkontribusi pada literatur yang ada dengan menyediakan wawasan baru tentang hubungan antara variabel sosial ekonomi dan pengelolaan sampah di wilayah yang mengalami perkembangan pesat. Hal ini penting, mengingat wilayah metropolitan seperti Bali membutuhkan pendekatan yang holistik dan terintegrasi untuk mengatasi tantangan lingkungan yang dihadapi. Sehingga, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang berharga bagi pembuat kebijakan dan stakeholder terkait dalam merumuskan strategi pengelolaan sampah yang tidak hanya menangani mas

2. KAJIAN PUSTAKA

Pengelolaan sampah menjadi salah satu isu lingkungan yang paling mendesak di era modern. Perubahan dalam pola konsumsi, dikombinasikan dengan urbanisasi dan industrialisasi yang bergerak dengan kecepatan tinggi, telah menyebabkan peningkatan volume sampah, yang menantang kapasitas pengelolaan sampah yang ada (Shamshad Khan dkk., 2022; Marshall & Farahbakhsh, 2013; Srivastava dkk., 2015). Sampah perkotaan tidak hanya mencakup sampah rumah tangga, tetapi juga limbah dari sektor komersial, institusional, kegiatan penyapuan jalan, proses konstruksi dan pembongkaran, serta limbah sanitasi (Duhan, n.d.; A. H. Khan dkk., 2022). Selain itu, sampah perkotaan sering kali mengandung materi yang dapat didaur ulang, zat beracun seperti cat dan pestisida, baterai bekas, obat-obatan, bahan organik yang dapat dikomposkan, dan sampah infeksius atau sampah medis seperti kapas bernoda darah dan jarum suntik sekali pakai (Sarwono dkk., 2021; Sharholly dkk., 2008; Suryawan dkk., 2022; Zahra dkk., 2022).

Untuk mengatasi masalah ini, berbagai model prediksi timbunan sampah telah dikembangkan. Model-model ini umumnya menggunakan faktor demografi dan sosial ekonomi untuk memprediksi volume sampah (Kolekar dkk., 2016). Pendekatan ini mempertimbangkan berbagai variabel independen yang, dalam sebagian besar model, meliputi data yang luas dan mendalam. Sementara beberapa model mengadopsi analisis bivariat yang hanya fokus pada satu variabel independen, validasi model-model ini sering kali bergantung pada data empiris dari pengelolaan sampah yang sebenarnya. Analisis ini bisa meliputi korelasi dan regresi, analisis runtun waktu, hingga perbandingan kelompok. Namun, dengan melibatkan banyak variabel independen dalam suatu model, dapat meningkatkan biaya penelitian. Hal ini dikarenakan kebutuhan akan sampel yang besar dan database yang diperbarui secara berkelanjutan dan jangka panjang. Dalam konteks ini, pentingnya model prediksi berbasis data menjadi sangat krusial (Noori dkk., 2009). Pemodelan matematis dan statistik memungkinkan peneliti untuk menyusun aturan dan metode yang dapat mengekstrak pengetahuan dari kumpulan data besar, sehingga pemangku kepentingan dapat membuat keputusan yang tepat dan efektif dalam mengelola sampah (Costanza & Ruth, 1998).

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini bertujuan untuk memahami dan mengkuantifikasi hubungan antara Indeks Pembangunan Manusia (IPM), pendapatan, dan tingkat pendidikan dengan jumlah timbunan sampah di wilayah metropolitan Provinsi Bali, khususnya di Kabupaten Badung, Kota Denpasar, dan Kabupaten Tabanan, seperti tertera pada Gambar 1. Dengan menggunakan data sekunder mengenai timbunan sampah yang diperoleh dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2021, penelitian ini berusaha membangun model prediktif yang dapat menjelaskan dan memprediksi pengaruh dari faktor-faktor sosioekonomi tersebut terhadap timbunan sampah (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021). Tabel 1 menunjukkan data penelitian.

Tabel 1. Data Penelitian

Tahun	Lokasi	IPM (Badan Pusat Statistik Provinsi Bali, 2022)	Pendapatan Tinggi (Badan Pusat Statistik Provinsi Bali, 2022)	Pendidikan Tinggi (Badan Pusat Statistik Provinsi Bali, 2022)	Timbunan Sampah (ton/hari) (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021)
2019	Kab. Badung	81.59	39.44	39.23	283.42
2020		81.6	38.75	41.21	281.24
2021		81.83	41.57	37.76	319.81
2019	Kota Denpasar	83.68	41.19	43.34	651.53
2020		83.93	40.53	42.73	663.26
2020	Kab. Tabanan	76.16	39.56	18.36	230.82
2021		76.17	39.84	18.36	230.82

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif dengan menggunakan analisis regresi linear berganda, suatu metode statistik yang memungkinkan peneliti untuk menilai pengaruh simultan dari beberapa variabel independen terhadap variabel dependen (Apriandy dkk., 2021; Kebaili dkk., 2022; Suryawan dkk., 2023). Dalam konteks penelitian ini, variabel dependen adalah jumlah timbunan sampah, sedangkan variabel independennya adalah IPM, pendapatan, dan tingkat pendidikan. Penelitian ini mengukur intensitas hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen dan mengevaluasi seberapa signifikan kontribusi masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen. Model regresi yang dikembangkan dalam studi ini dirumuskan oleh Persamaan 1.

$$WG = \beta_0 + \beta_1IPM + \beta_2PDT + \beta_3PDD \quad (1)$$

Di mana WG merepresentasikan estimasi jumlah timbunan sampah. Koefisien β_1 , β_2 , dan β_3 masing-masing mengukur besaran pengaruh IPM, pendapatan, dan pendidikan terhadap timbunan sampah. Koefisien intersep, β_0 , menunjukkan jumlah timbunan sampah ketika semua variabel independen bernilai nol, yang dalam konteks ini akan menunjukkan pengaruh dasar dari faktor-faktor lain yang tidak termasuk dalam model. Dalam menganalisis data, penelitian ini juga mempertimbangkan kemungkinan adanya varians yang tidak dapat dijelaskan oleh model regresi dan bagaimana varians ini mempengaruhi keseluruhan kesesuaian model. Oleh karena itu, uji ANOVA digunakan untuk menentukan apakah model secara keseluruhan secara signifikan menjelaskan variasi dalam jumlah timbunan sampah di antara wilayah yang berbeda.

Penelitian ini berusaha untuk menangkap kompleksitas dan dinamika dari faktor-faktor sosioekonomi yang mempengaruhi pengelolaan sampah di Bali. Dengan menilai dan memodelkan hubungan ini, penelitian berkontribusi pada pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana faktor-faktor seperti IPM, pendapatan, dan tingkat pendidikan dapat dimanfaatkan untuk merancang strategi pengelolaan sampah yang lebih efektif dan efisien. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi pembuat kebijakan, pengelola lingkungan, dan pihak-pihak terkait lainnya dalam upaya meningkatkan kualitas pengelolaan sampah di wilayah perkotaan Provinsi Bali.



Gambar 1. Peta Lokasi Studi Kota Denpasar (A), Kabupaten Tabanan (B), dan Kabupaten Badung (C)
(Google Maps, 2023)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2 menyajikan statistik deskriptif yang mencerminkan kondisi timbunan sampah dan beberapa variabel sosioekonomi penting dari wilayah studi yang meliputi Kabupaten Badung, Kota Denpasar, dan Kabupaten Tabanan. Berdasarkan data yang disajikan, rata-rata timbunan sampah di wilayah ini adalah 380,13 ton per hari, dengan standar deviasi yang cukup besar yaitu 192,00 ton, menunjukkan variabilitas dalam timbunan sampah antar lokasi. Ketiga lokasi ini dikenal sebagai daerah tujuan wisata utama, yang memberikan kontribusi signifikan terhadap volume sampah yang dihasilkan.. Khususnya, Kabupaten Badung, yang merupakan pusat pariwisata, menunjukkan bahwa partisipasi masyarakat lokal memiliki pengaruh yang besar terhadap pengelolaan sampah (Yuliastuti dkk., 2013). Hal ini diperkuat oleh data timbunan sampah tahun 2018 yang menunjukkan bahwa Kota Denpasar dan Kabupaten Badung adalah penghasil timbunan sampah terbesar di wilayah tersebut, dengan rata-rata 0,81 kg per kapita per hari dan 0,74 kg per kapita per hari. Selanjutnya, observasi terkini mengindikasikan adanya fluktuasi dalam timbunan sampah, dengan peningkatan di Kota Denpasar dan penurunan di Kabupaten Badung pada tahun 2019 (Widyarsana dkk., 2020).

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) rata-rata di wilayah studi mencapai nilai yang cukup tinggi yaitu 80,71, yang menggambarkan tingkat pembangunan manusia yang baik. Faktor ekonomi, diwakili oleh persentase pendapatan, menunjukkan bahwa 40,13% penduduk wilayah ini termasuk dalam kategori pendapatan tinggi. Sedangkan dari sisi pendidikan, 34,43% penduduk wilayah tersebut memiliki tingkat pendidikan tinggi. Penelitian ini menekankan pentingnya mempertimbangkan IPM dalam merancang program pembangunan yang ditargetkan untuk mengurangi kemiskinan dan meningkatkan kualitas layanan, termasuk pengelolaan sampah (Ferronato & Torretta, 2019). Efektivitas pengelolaan sampah sering kali terkendala oleh berbagai faktor seperti keterbatasan sumber daya, infrastruktur yang tidak memadai, perencanaan yang kurang efektif, serta rendahnya kesadaran dan pendidikan lingkungan. Hal ini terutama terjadi di negara-negara dengan pendapatan rendah atau menengah. Oleh karena itu, pendidikan, khususnya pendidikan lingkungan, menjadi sangat penting sebagai alat untuk meningkatkan kesadaran tentang pentingnya pengelolaan sampah yang baik dan berkelanjutan, terutama di negara-negara berkembang. Pendidikan lingkungan tidak hanya vital untuk generasi muda tetapi juga untuk mengisi kesenjangan pengetahuan antara generasi muda dan tua, yang akan memperkuat praktik pengelolaan sampah dan keberlanjutan lingkungan pada skala yang lebih luas.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Deskriptif Variabel dalam Penelitian

Variabel	Mean	Standard Deviation
Timbulan Sampah (ton/hari)	380,13	192,00
IPM	80,71	3,25
Pendapatan Tinggi	40,13	1,01
Pendidikan Tinggi	34,43	11,14

Tabel 3 menyajikan hasil perhitungan koefisien korelasi Pearson yang digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara variabel timbulan sampah, IPM, pendapatan, dan pendidikan di lokasi studi. Koefisien korelasi Pearson merupakan ukuran statistik yang menunjukkan seberapa kuat hubungan linear antara dua variabel. Nilai koefisien berkisar antara -1 hingga +1, dimana nilai mendekati +1 menunjukkan korelasi positif yang kuat, nilai mendekati -1 menunjukkan korelasi negatif yang kuat, dan nilai mendekati 0 menunjukkan tidak ada korelasi. Dari data yang disajikan, terlihat bahwa ada hubungan positif yang signifikan antara IPM dan timbulan sampah dengan koefisien korelasi 0,757, yang menunjukkan bahwa peningkatan dalam IPM cenderung berhubungan dengan peningkatan dalam jumlah timbulan sampah. Demikian juga, hubungan antara pendapatan dan timbulan sampah menunjukkan korelasi positif dengan koefisien 0,554, meskipun tidak signifikan pada tingkat kepercayaan 90%, yang mengindikasikan bahwa pendapatan mungkin memiliki hubungan dengan jumlah timbulan sampah, tetapi bukti ini kurang kuat. Sementara itu, pendidikan memiliki korelasi positif yang sangat kuat dengan IPM, dengan koefisien mencapai 0,982, menandakan bahwa tingkat pendidikan tinggi berkorelasi erat dengan IPM yang tinggi.

Penting untuk diperhatikan nilai signifikansi (Sig.) dalam menentukan apakah hubungan antara variabel-variabel tersebut secara statistik signifikan. Nilai signifikansi kurang dari 0,05 biasanya dianggap signifikan. Dalam konteks tabel ini, hubungan antara IPM dan timbulan sampah adalah signifikan pada tingkat 0,024, menunjukkan bahwa hubungan tersebut statistik signifikan pada tingkat kepercayaan 97,6%. Hubungan antara pendidikan dan timbulan sampah juga signifikan dengan nilai signifikansi 0,06, yang mendekati ambang signifikansi pada tingkat kepercayaan 90%.

Berdasarkan Tabel 4 yang disajikan, hasil perhitungan model estimasi untuk timbulan sampah di lokasi studi menunjukkan beberapa temuan penting dengan menggunakan regresi linear berganda. Koefisien untuk IPM adalah 285,981 dengan standard error 86,815 dan nilai t 3,294. Hal ini menunjukkan bahwa ada hubungan yang signifikan antara IPM dan timbulan sampah, dengan signifikansi statistik pada level 1% ($p\text{-value} < 0.05$), yang ditandai dengan dua bintang (**) di tabel. Ini menegaskan bahwa IPM memiliki pengaruh yang kuat dan positif terhadap volume timbulan sampah. Semakin tinggi nilai IPM suatu daerah,

semakin besar pula timbulan sampah yang dihasilkan. Sementara itu, variabel pendapatan tidak menunjukkan signifikansi statistik karena memiliki nilai t -1,13 dengan p -value 0,099, yang berada di atas ambang signifikansi konvensional 5%. Hal ini dapat diinterpretasikan bahwa pendapatan tidak memiliki pengaruh yang cukup kuat terhadap timbulan sampah pada tingkat kepercayaan 90%. Variabel pendidikan, yang memiliki koefisien -69,266 dan standard error 24,003, menunjukkan signifikansi pada level 10% (p -value < 0.10), yang ditandai dengan satu bintang (*). Ini mengindikasikan adanya hubungan negatif antara pendidikan dan timbulan sampah yang signifikan secara statistik, meskipun tingkat signifikansinya tidak setinggi IPM. Hal ini mungkin mengimplikasikan bahwa daerah dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi cenderung menghasilkan timbulan sampah yang lebih rendah.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Pearson Correlation Timbulan Sampah di Lokasi Studi

Variabel	Timbulan Sampah	IPM	Pendapatan	Pendidikan
Pearson Correlation	TimbulanSampah	1	0,757	0,554
	IPM	0,757	1	0,412
	Pendapatan	0,554	0,412	1
	Pendidikan	0,641	0,982	0,277

Meskipun variabel pendapatan tidak menunjukkan signifikansi statistik yang kuat pada tingkat kepercayaan konvensional, variabel ini mungkin masih menyimpan informasi penting yang mempengaruhi variabel dependen, yaitu timbulan sampah, yang tidak dapat diungkapkan hanya melalui analisis statistik. Variabel pendapatan bisa berperan sebagai kontrol dalam model untuk menyesuaikan pengaruh variabel lain. Ini penting karena pendapatan bisa berinteraksi dengan variabel lain seperti pendidikan dan IPM, yang dapat menyebabkan perubahan dalam pengaruh mereka terhadap timbulan sampah. Jika pendapatan dikeluarkan dari model, bisa jadi kita menghilangkan efek penting ini yang bisa mengarah pada interpretasi yang keliru tentang bagaimana variabel independen yang tersisa mempengaruhi timbulan sampah. Ada kemungkinan bahwa pendapatan memang memiliki pengaruh terhadap timbulan sampah, tetapi efeknya mungkin tidak linear atau mungkin dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak termasuk dalam model. Misalnya, pengaruh pendapatan terhadap timbulan sampah mungkin berbeda di berbagai tingkat pendapatan atau bisa jadi pengaruhnya termodifikasi oleh faktor-faktor seperti kebijakan pemerintah lokal, praktik pengelolaan sampah yang berbeda, atau perbedaan budaya dan perilaku sosial yang tidak diukur dalam model ini.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Model Estimasi untuk Timbulan Sampah di Lokasi Studi

Model	Unstandardized Coefficients B	Std. Error	Standardized Coefficients Beta	t
(Constant)**	-17826,081	4696,593		-3,796
IPM**	285,981	86,815	4,839	3,294
Pendapatan	-62,062	54,907	-0,327	-1,13
Pendidikan*	-69,266	24,003	-4,02	-2,886

***, **, *: signifikansi masing-masing pada tingkat 1%, 5% dan 10%.

Penelitian ini menunjukkan IPM berpengaruh nyata dalam meningkatkan timbulan sampah di Wilayah Metropolitan Provinsi Bali. Studi lain dalam pemodelan IPM lain juga menjelaskan bahwa pertumbuhan ekonomi dan pembangunan manusia sangat erat hubungannya, karena pembangunan manusia merupakan input dari pertumbuhan ekonomi tetapi pada gilirannya pertumbuhan ekonomi akan mengaktifkan/meningkatkan pembangunan (Trianggara dkk., 2016). Pembangunan manusia tidak hanya bertindak sebagai input untuk pertumbuhan ekonomi melalui peningkatan kapabilitas dan produktivitas

sumber daya manusia, tetapi juga pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan cenderung meningkatkan dan memperbaiki aspek-aspek pembangunan manusia. Hubungan yang erat antara IPM, pendapatan, dan pendidikan yang terlihat dalam model Tabel 4 menunjukkan bahwa ketiga variabel ini secara kolektif memiliki kontribusi besar terhadap penjelasan variasi timbulan sampah, dengan korelasi gabungan mencapai 90.6% seperti dijelaskan pada Tabel 5. Korelasi ini mengindikasikan bahwa model regresi yang dikembangkan sangat kuat dalam menjelaskan hubungan antara variabel-variabel sosioekonomi dengan volume timbulan sampah. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan wawasan penting yang dapat digunakan oleh para pembuat kebijakan untuk merancang strategi pengelolaan sampah yang lebih efektif, yang tidak hanya berfokus pada aspek teknis pengelolaan sampah, tetapi juga pada peningkatan kualitas pembangunan manusia dan ekonomi yang berkelanjutan serta ramah lingkungan.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Model Estimasi untuk Timbulan Sampah di Lokasi Studi

<i>Parameters</i>	<i>Value</i>
<i>R</i>	0,952
<i>R Square</i>	0,906
<i>Adjusted R Square</i>	0,811
<i>Std. Error of the Estimate</i>	83,37
<i>P-value ANOVA</i>	0,048

Hasil analisis yang dilakukan menegaskan bahwa terdapat penerimaan yang baik terhadap model yang dibangun berdasarkan variabel prediksi timbulan sampah yang terdiri dari IPM, pendapatan, dan tingkat pendidikan di wilayah perkotaan Provinsi Bali. Keterkaitan antara variabel-variabel tersebut dengan volume sampah yang dihasilkan mengindikasikan bahwa model yang diusulkan dapat dipercaya dalam memprediksi timbulan sampah berdasarkan indikator pembangunan manusia dan faktor sosioekonomi lainnya. Lebih lanjut, peningkatan IPM yang terbukti berpengaruh terhadap peningkatan timbulan sampah harus diinterpretasikan dengan pemahaman bahwa pembangunan manusia merupakan elemen sentral dari pertumbuhan ekonomi yang inklusif.. Peningkatan IPM diperlukan untuk menekankan bahwa manusia dan kemampuan mereka harus menjadi kriteria utama untuk menilai pembangunan (Minoglou dkk., 2017). Hal ini menunjukkan pentingnya mengintegrasikan aspek pembangunan manusia ke dalam strategi pengelolaan sampah, mengingat bahwa kemajuan dalam kesehatan, pendidikan, dan standar hidup memiliki implikasi langsung terhadap produksi sampah. IPM, yang merupakan ringkasan dari pencapaian rata-rata dalam dimensi kesehatan yang baik, pengetahuan, dan standar hidup yang layak, memberikan gambaran yang lebih luas mengenai kualitas pembangunan manusia. Walaupun IPM tidak secara eksplisit mencerminkan aspek-aspek seperti kesenjangan sosial, kemiskinan, keamanan manusia, dan pemberdayaan, variabel ini masih menjadi indikator yang kuat dalam mencerminkan bagaimana pembangunan manusia dapat mempengaruhi pola konsumsi dan produksi yang pada akhirnya berujung pada peningkatan volume sampah (Suryawan & Lee, 2023b, 2023a). Dengan demikian, penelitian ini menekankan bahwa dalam merancang kebijakan pengelolaan sampah, perlu ada pertimbangan mendalam terhadap cara pembangunan manusia yang berkelanjutan dapat berkontribusi terhadap pengurangan timbulan sampah. Strategi yang diterapkan tidak hanya harus berfokus pada aspek teknis, tetapi juga pada peningkatan kualitas hidup manusia secara holistik, yang akan mendukung upaya pengelolaan sampah yang lebih efisien dan berkelanjutan di masa depan. Tabel 6 memperlihatkan hasil Perhitungan ANOVA.

Tabel 6. Hasil Perhitungan ANOVA untuk Timbulan Sampah di Lokasi Studi

<i>Model</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>
<i>Regression</i>	200325,756	3	66775,25	9,607	0,048
<i>Residual</i>	20852,312	3	6950,771		
<i>Total</i>	221178,068	6			

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah mengungkapkan bahwa Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dan tingkat pendidikan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan volume timbulan sampah di wilayah perkotaan Provinsi Bali. Kedua variabel ini, yang mencerminkan aspek-aspek krusial dari pembangunan manusia, terbukti secara statistik mampu menjelaskan variasi dalam produksi sampah oleh masyarakat.

Pada saat yang sama, model yang dikembangkan menunjukkan bahwa ketika IPM, pendapatan, dan tingkat pendidikan dianalisis bersama-sama, mereka memiliki kemampuan prediktif yang kuat terhadap timbulan sampah. Ini menegaskan bahwa model yang diusulkan dapat diandalkan dalam mengidentifikasi faktor-faktor sosioekonomi yang mempengaruhi pengelolaan sampah di daerah urban. Namun, penelitian ini juga mengidentifikasi kebutuhan akan pengumpulan data yang lebih detail dan komprehensif. Survei masyarakat dan pemetaan sosial yang lebih luas diperlukan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang perilaku masyarakat dan faktor-faktor yang mempengaruhi praktik pengelolaan sampah mereka. Pendekatan ini akan sangat membantu dalam merancang dan menerapkan strategi pengelolaan sampah yang berkelanjutan, yang mampu beradaptasi dengan dinamika perubahan sosial ekonomi yang terjadi dengan sangat cepat di masyarakat saat ini.

Keterbatasan data yang ada tentang volume timbulan sampah saat ini merupakan tantangan tersendiri dalam penelitian. Dibutuhkan pendekatan yang berkelanjutan untuk mengumpulkan, memperbarui, dan menganalisis data tentang timbulan sampah, sehingga memungkinkan pemodelan yang lebih akurat dan prediksi yang lebih tepat tentang tren-tren di masa depan. Pemahaman ini penting karena dapat mendukung upaya-upaya dalam penanganan masalah sampah yang lebih efektif, serta menyediakan dasar bagi pembuatan kebijakan yang informasinya up to date dan relevan dengan kondisi terkini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, A., Fatimah, E., & Suhendrayatna, S. 2019. Tingkat Kepentingan Dan Kepuasan Masyarakat Terhadap Pengelolaan Sampah Berbasis 3r Di Provinsi Aceh. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*. 2(1), 38–47.
- Apriandy, F., Sugiarto, S., Saleh, S. M., & Lulusi, L. 2021. Model estimasi bangkitan pergerakan moda laut menggunakan metode regresi linier dan random forest. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*. 4(4), 197–204.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Bali. 2022. *Statistik Sosial dan Kependudukan Badan Pusat Statistik Provinsi Bali*. <https://bali.bps.go.id>
- Costanza, R., & Ruth, M. 1998. Using Dynamic Modeling to Scope Environmental Problems and Build Consensus. *Environmental Management*. 22(2), 183–195. <https://doi.org/10.1007/s002679900095>
- Dhewantara, P. W., Marina, R., Puspita, T., Ariati, Y., Purwanto, E., Hananto, M., Hu, W., & Soares Magalhaes, R. J. 2019. Spatial and temporal variation of dengue incidence in the island of Bali, Indonesia: An ecological study. *Travel Medicine and Infectious Disease*. 32, 101437. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2019.06.008>
- Duhan, M. S. n.d. *Understanding Solid Waste Management System in Gurugram City, Haryana (India)*. 12, 83–92.
- Dwijendra, A. 2013. Quality of affordable housing projects by public and private developers in Indonesia: The case of Sarbagita Metropolitan Bali. *Journal of Geography and Regional Planning*. 6(3), 69–81. <https://doi.org/10.5897/jgrp12.050>
- Ferronato, N., & Torretta, V. 2019. Waste Mismanagement in Developing Countries: A Review of Global Issues. In *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 16(6). <https://doi.org/10.3390/ijerph16061060>
- Google Maps. 2023. *Google Maps*. <https://www.google.com/maps/place>
- Hoque, M. M., & Rahman, M. T. U. 2020. Landfill area estimation based on solid waste collection prediction using ANN model and final waste disposal options. *Journal of Cleaner Production*. 256, 120387. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120387>

- Ibáñez-Forés, V., Coutinho-Nóbrega, C., Bovea, M. D., de Mello-Silva, C., & Lessa-Feitosa-Virgolino, J. 2018. Influence of implementing selective collection on municipal waste management systems in developing countries: A Brazilian case study. *Resources, Conservation and Recycling*. 134, 100–111. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.12.027>
- Kebaili, F. K., Baziz-Berkani, A., Aouissi, H. A., Mihai, F.-C., Houda, M., Ababsa, M., Azab, M., Petrisor, A.-I., & Fürst, C. 2022. Characterization and Planning of Household Waste Management: A Case Study from the MENA Region. *Sustainability*. 14(9). <https://doi.org/10.3390/su14095461>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2021. *Sistem informasi Pengelolaan Sampah Nasional*. <http://sipsn.menlhk.go.id>
- Khan, A. H., Sharholy, M., Alam, P., Al-Mansour, A. I., Ahmad, K., Kamal, M. A., Alam, S., Pervez, M. N., & Naddeo, V. 2022. Evaluation of cost benefit analysis of municipal solid waste management systems. *Journal of King Saud University - Science*. 34(4), 101997. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.101997>
- Khan, Shahed, Ketut, N., & Dwijendra, A. 1994. *Can we afford to neglect cultural appropriateness in providing affordable housing? A review of affordable housing provision in Bali, Indonesia*.
- Khan, Shamshad, Anjum, R., Raza, S. T., Ahmed Bazai, N., & Ihtisham, M. 2022. Technologies for municipal solid waste management: Current status, challenges, and future perspectives. *Chemosphere*. 288, 132403. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132403>
- 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. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.087>
- MacRae, G., & Rodic, L. 2015. The weak link in waste management in tropical Asia? Solid waste collection in Bali. *Habitat International*. 50, 310–316. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.09.002>
- Marques, R. C., da Cruz, N. F., Simões, P., Faria Ferreira, S., Pereira, M. C., & De Jaeger, S. 2014. Economic viability of packaging waste recycling systems: A comparison between Belgium and Portugal. *Resources, Conservation and Recycling*. 85, 22–33. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.12.015>
- Marshall, R. E., & Farahbakhsh, K. 2013. Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. *Waste Management*. 33(4), 988–1003. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.12.023>
- Minoglou, M., Gerassimidou, S., & Komilis, D. 2017. Healthcare Waste Generation Worldwide and Its Dependence on Socio-Economic and Environmental Factors. *Sustainability*. 9(2). <https://doi.org/10.3390/su9020220>
- Mutiara, M., Inoue, T., Harryes, R. K., Suryawan, W. K., Yokota, K., Notodarmojo, S., Priyambada, I. B., & Septiariva, I. Y. 2021. Potential of Waste to Energy Processing for Sustainable Tourism in Nusa Penida Island, Bali. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 10(200), 96–103. <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jbat>
- Noori, R., Abdoli, M. A., Farokhnia, A., & Abbasi, M. 2009. RETRACTED: Results uncertainty of solid waste generation forecasting by hybrid of wavelet transform-ANFIS and wavelet transform-neural network. *Expert Systems with Applications*. 36(6), 9991–9999. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.12.035>
- Phan, T. T. T., Nguyen, V. V., Nguyen, H. T. T., Chen, Y.-J., & Lee, C.-H. 2023. Evaluating citizens' willingness to participate in hypothetical scenarios towards sustainable plastic waste management. *Environmental Science & Policy*. 148, 103543. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.07.003>
- Sari, M. M., Inoue, T., Harryes, R. K., Suryawan, I. W. K., & Yokota, K. 2022. Potential of Recycle Marine Debris in Pluit Emplacement, Jakarta to Achieve Sustainable Reduction of Marine Waste Generation. *International Journal of Sustainable Development and Planning*. 17(1), 119–125.
- Sarwono, A., Septiariva, I. Y., Qonitan, F. D., Zahra, N. L., Sari, N. K., Fauziah, E. N., Ummatin, K. K., Amoa, Q., Faria, N., Wei, L. J., & Suryawan, I. W. K. 2021. Refuse Derived Fuel for Energy Recovery by Thermal Processes. A Case Study in Depok City, Indonesia. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*. 88(1), 12–23. <https://doi.org/10.37934/arfmts.88.1.1223>

- Septiariva, I. Y., & Suryawan, I. W. K. 2021. Development of water quality index (WQI) and hydrogen sulfide (H₂S) for assessment around suwung landfill, Bali Island. *Journal of Sustainability Science and Management*. 16(4), 137–148.
- Sharholly, M., Ahmad, K., Mahmood, G., & Trivedi, R. C. 2008. Municipal solid waste management in Indian cities – A review. *Waste Management*. 28(2), 459–467.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.02.008>
- Srivastava, V., Ismail, S. A., Singh, P., & Singh, R. P. 2015. Urban solid waste management in the developing world with emphasis on India: challenges and opportunities. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 14(2), 317–337. <https://doi.org/10.1007/s11157-014-9352-4>
- Suryawan, I. W. K., & Lee, C.-H. 2023a. Citizens' willingness to pay for adaptive municipal solid waste management services in Jakarta, Indonesia. *Sustainable Cities and Society*. 97.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104765>
- Suryawan, I. W. K., & Lee, C.-H. 2023b. Community preferences in carbon reduction: Unveiling the importance of adaptive capacity for solid waste management. *Ecological Indicators*. 157, 111226.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111226>
- Suryawan, I. W. K., Rahman, A., Septiariva, I. Y., Suhardono, S., & Wijaya, I. M. W. 2021. Life Cycle Assessment of Solid Waste Generation During and Before Pandemic of Covid-19 in Bali Province. *Journal of Sustainability Science and Management*. 16(1), 11–21.
<https://doi.org/10.46754/jssm.2021.01.002>
- Suryawan, I. W. K., Septiariva, I. Y., Fauziah, E. N., Ramadan, B. S., Qonitan, F. D., Zahra, N. L., Sarwono, A., Sari, M. M., Ummatin, K. K., & Wei, L. J. 2022. Municipal Solid Waste to Energy : Palletization of Paper and Garden Waste into Refuse Derived Fuel. *Journal of Ecological Engineering*. 23(4), 64–74.
- Suryawan, I. W. K., Septiariva, I. Y., Sari, M. M., Ramadan, B. S., Suhardono, S., Sianipar, I. M. J., Tehupeiory, A., Prayogo, W., & Lim, J.-W. 2023. Acceptance of Waste to Energy (WtE) Technology by Local Residents of Jakarta City, Indonesia to Achieve Sustainable Clean and Environmentally Friendly Energy. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*. 11(2), 1004.
- Suryawan, I. W. K., Wijaya, I. M. W., Sari, N. K., & Yenis, I. 2021. Potential of Energy Municipal Solid Waste (MSW) to Become Refuse Derived Fuel (RDF) in Bali Province, Indonesia. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 10(200).
- Trianggara, N., Rahmawati, R., & Yasin, H. 2016. Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia Menggunakan Spatial Panel Fixed Effect (Studi Kasus: Indeks Pembangunan Manusia Propinsi Jawa Tengah 2008 - 2013). *Jurnal Gaussian*. 5(1).
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/gaussian/article/view/11040>
- Ulhasanah, N., & Goto, N. 2018. Assessment of citizens' environmental behavior toward municipal solid waste management for a better and appropriate system in Indonesia: a case study of Padang City. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 20(2), 1257–1272.
<https://doi.org/10.1007/s10163-017-0691-4>
- Widyarsana, I. M. W., Damanhuri, E., & Agustina, E. 2020. Municipal solid waste material flow in Bali Province, Indonesia. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 22(2), 405–415.
<https://doi.org/10.1007/s10163-020-00989-5>
- Yuliasuti, I. A. N., Yasa, I. N. M., & Jember, I. M. 2013. Partisipasi Masyarakat Dalam Pengelolaan Sampah Di Kabupaten Badung. *E- Ekonomi Bisnis Universitas Udayana*. 02, 374–393.
<http://ojs.unud.ac.id/index.php/EEB/article/view/5380>
- Yusbindar, Y., Fatimah, E., & Suhendrayatna, S. 2020. Aspek Teknis Operasional Yang Mempengaruhi Timbulan Sampah Di Kecamatan Kota Sigli Kabupaten Pidie Dan Solusi Penanganannya. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*. 3(2), 118–127.
- Zahra, N. L., Septiariva, I. Y., Sarwono, A., Qonitan, F. D., Sari, M. M., Gaina, P. C., Ummatin, K. K., Arifianti, Q. A. M. O., Faria, N., Lim, J.-W., Suhardono, S., & Suryawan, I. W. K. 2022. Substitution Garden and Polyethylene Terephthalate (PET) Plastic Waste as Refused Derived Fuel (RDF). *International Journal of Renewable Energy Development*. 11(2), 523–532.
<https://doi.org/10.14710/ijred.2022.44328>