

**PENGARUH FAKTOR-FAKTOR
EKONOMI DAN KEPENDUDUKAN TERHADAP
TIMBULAN SAMPAH DI IBU KOTA PROVINSI JAWA DAN
SUMATERA**

***THE INFLUENCE OF ECONOMIC AND DEMOGRAPHIC
FACTORS TO WASTE GENERATION IN CAPITAL CITY OF JAVA
AND SUMATERA***

Gita Prajati¹⁾, Tri Padmi²⁾, dan Benno Rahardyan³⁾

Program Magister Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha no 10 40132

¹gitaprajati@yahoo.co.id, ²tripadmi@gmail.com, ³benno.rahardyan@gmail.com

Abstrak: *Pertumbuhan penduduk, industrialisasi, urbanisasi dan pertumbuhan ekonomi mempengaruhi limbah padat perkotaan. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi pola-pola lokal terkait perkembangan persampahan di Jawa dan Sumatera, menganalisis hubungan antara variabel ekonomis dan demografi terhadap timbulan sampah, serta proyeksi timbulan sampah menggunakan uji model di pusat-pusat pertumbuhan. Penelitian ini melakukan analisis kluster, kuadran dan tipologi kelas untuk mengetahui pola karakteristik dan timbulan di Jawa dan Sumatera. Kemudian dilakukan analisis hubungan antara variabel demografi dan ekonomi terhadap timbulan sampah dan uji model Daskalopoulos, Khajuria serta pengembangan model Khajuria. Berdasarkan hasil analisis kluster, kuadran dan klasen typology diperoleh tiga pola timbulan di ibu kota provinsi Jawa dan Sumatera. Hasil analisis hubungan variable menunjukkan bahwa indeks harga konsumen, jumlah penduduk dan PDRB mempengaruhi timbulan sampah. Hasil uji coba model Daskalopoulos menunjukkan timbulan sampah di Jawa dan Sumatera dapat dijelaskan sebesar 33,7% oleh indeks harga konsumen per kategori. Hasil uji coba model Khajuria menunjukkan timbulan sampah di Jawa dan Sumatera dapat dijelaskan sebesar 42,5% oleh jumlah penduduk, PDRB, dan lama sekolah. Hasil uji pengembangan model Khajuria menunjukkan timbulan sampah di Jawa dan Sumatera dapat dijelaskan oleh jumlah penduduk, PDRB, lama sekolah, angka melek huruf, kepadatan penduduk dan pertumbuhan ekonomi sebesar 65,6%. Proyeksi timbulan sampah dilakukan menggunakan pengembangan model Khajuria dan persamaan diskriminan. Hasil proyeksi timbulan sampah menunjukkan bahwa kota Pangkalpinang dan Tanjungpinang merupakan kota dengan timbulan sampah tertinggi per lima tahun ke depan. Biaya pengelolaan sampah yang dibutuhkan oleh kedua kota tersebut cukup besar, yaitu di atas 0,8% dari PDRB.*

Kata kunci: *timbulan sampah, uji model, proyeksi, PDRB*

Abstract: *Population growth, industrialization, urbanization and economic growth increasing municipal solid waste. The purposes of this study were to identify patterns associated local waste development in Java and Sumatra, to analyze the relationship between economic and demographic variable to waste generation and to do the projection of waste generation using test models. Cluster, quadrant and Tipologi kelas analysis was done to determine the pattern of characteristics and waste generation in Java and Sumatra. Then analyzed the relationship between economic and demographic variables against waste generation and also performed Daskalopoulos, kahjuria and development of Khajuria model test. Based on cluster, quadrant and tipologi kelas analysis, there are three patterns of waste generation in Java and Sumatera. Population, consumer price index and GDP indicate the amount of waste generations. The test result of Daskalopoulos model was waste generation in Java and Sumatra can be explained 33.7% by consumption expenditure per category. The test result of Khajuria model was waste generation in Java and Sumatra can be explained 42.5% by total population, GDP, and school's period. The development of Khajuria model showed that waste generation in Java and Sumatra can be explained 65.6% by total population, GDP, school's period, literacy, economic growth and population density. Waste generations projected by the development of Khajuria model. Waste generation's projection showed that Tanjungpinang and*

Pangkalpinang are cities with the highest waste generation in per five years. The cost that is spent for waste management also bigger in these city, above 0.8% from the GDP.

Keywords: *Waste generation, test model, projection, GDP*

PENDAHULUAN

Pengelolaan limbah padat terus menjadi tantangan besar di daerah perkotaan seluruh dunia, terutama di kota-kotadinegara-negara berkembang. Adanya pertumbuhan penduduk, industrialisasi, urbanisasi dan pertumbuhan ekonomi, mengakibatkan terjadinya peningkatan yang signifikan dari jumlah limbah padat perkotaan di seluruh dunia (Kaushal dkk., 2012). Selain itu, meningkatnya daya beli masyarakat terhadap berbagai jenis bahan pokok dan hasil teknologi juga memberikan kontribusi yang besar terhadap kuantitas dan kualitas sampah yang dihasilkan (Jaelani dkk., 2011).

Limbah padat telah menunjukkan korelasi positif dengan pembangunan ekonomi pada skala dunia (Kaushal dkk., 2012). Limbah padat yang dihasilkan secara global pada tahun 1997 adalah sekitar 0,49 milyar ton dengan tingkat perkiraan pertumbuhan tahunan 3,2-4,5% di negara maju dan 2-3% di negara berkembang (Johari dkk., 2012). Penelitian yang dilakukan di kota berkembang Kowur, India menunjukkan bahwa sampah di kota ini mengalami kenaikan sebesar 3274,5 kg per hari dibandingkan tahun-tahun sebelumnya (Bhavannarayana dkk., 2011). Pengelolaan sampah di Beijing, Tiongkok menunjukkan bahwa pembangunan ekonomi dan pertumbuhan penduduk telah meningkatkan timbulan sampah dari 2.960.000 ton pada tahun 2000 menjadi 6,20 juta ton pada tahun 2007, berfluktuasi menjadi 6,35 juta ton pada tahun 2010 (Wang dan Wang, 2013).

Beberapa teori juga menyebutkan bahwa ada keterkaitan langsung antara tingkat pendapatan suatu negara dengan jumlah sampah yang mereka hasilkan. Negara-negara dengan tingkat pendapatan rendah akan menghasilkan sampah yang lebih sedikit daripada negara dengan pendapatan tinggi (Hoornweg dan Bhada-Tata, 2012). Indonesia termasuk ke dalam kategori negara berkembang dengan tingkat pendapatan negara rendah sedang. Berbagai upaya dilakukan pemerintah untuk mendorong pembangunan ekonomi Indonesia. *Masterplan* Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI) merupakan sebuah *roadmap* yang disusun sebagai upaya untuk melakukan transformasi ekonomi untuk mendorong aktivitas perekonomian sekaligus mempercepat pertumbuhan ekonomi untuk meningkatkan daya saing.

Untuk mendukung transformasi ekonomi tersebut, saat ini dikembangkan sebuah konsep percepatan dan perluasan pembangunan ekonomi Indonesia, yaitu konsep pengembangan koridor ekonomi Indonesia. Saat ini sudah teridentifikasi 6 koridor ekonomi yang mencakup sebagian besar wilayah Indonesia yaitu secara spesifik: Sumatera bagian Timur–Barat Laut Jawa, Jawa bagian Utara, Kalimantan, Sulawesi, Jawa bagian Timur–Bali–Nusa Tenggara, serta Kepulauan Maluku dan Papua (Kementerian Keuangan Republik Indonesia, 2011).

Program MP3EI harus didukung oleh pengelolaan sampah yang lebih baik. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa pertumbuhan ekonomi berbanding lurus dengan jumlah timbulan sampah yang dihasilkan. Jika sistem pengelolaan sampah di Indonesia tidak mampu mengimbangi hal tersebut, maka dapat memicu masalah kesehatan dan lingkungan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu strategi yang tepat dalam hal pengelolaan sampah.

Suatu sistem model sosio-ekonomi-lingkungan untuk pengelolaan sampah dapat memprediksi jumlah timbulan sampah yang dihasilkan sesuai dengan kondisi ekonomi, kependudukan, dan intervensi kebijakan yang diterapkan. Sistem model yang dihasilkan inilah yang nantinya dapat dijadikan dasar dalam perencanaan kapasitas dari fasilitas sistem pengelolaan sampah (Adlina, 2013). Weng (2009) membuat suatu sistem model sosio-ekonomi-lingkungan untuk pengelolaan sampah yang mempertimbangkan aspek perubahan gaya hidup dalam hal sosioekonomi, kependudukan, dan intervensi kebijakan yang diterapkan. Sedangkan Daskalopoulos (1998) menggunakan variabel populasi dan standar hidup rata-rata dalam suatu negara sebagai variabel utama yang mempengaruhi kuantitas dan komposisi timbulan sampah. Selain menggunakan sistem model sosio-ekonomi-lingkungan, dapat pula digunakan aplikasi GIS.

Aplikasi ini dapat mempermudah sistem pengelolaan, pengawasan dan pengaturan pada saat proses pengumpulan dan pengangkutan sampah. Penelitian menggunakan aplikasi GIS pernah dilakukan di kota Can Tho, Vietnam oleh Thanh dkk (2009).

Penelitian mengenai pemodelan sosio-ekonomi-lingkungan pernah dilakukan oleh Adlina (2013) untuk daerah Jawa Barat. Penelitian tersebut menggunakan tiga buah uji model, yaitu uji model Khajuria, uji model Daskalopoulos dan uji model Weng. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa ketepatan masing-masing uji model tersebut dengan data asli adalah 90,32 % untuk uji model Daskalopoulos, 67,76 % untuk uji Khajuria dan 68,9 % untuk uji Weng. Berdasarkan hal tersebut, maka pada penelitian ini akan dilakukan identifikasi faktor-faktor ekonomi dan kependudukan terhadap timbulan sampah di Jawa dan Sumatera. Pulau Jawa dan Sumatera dipilih karena kedua pulau ini termasuk ke dalam koridor ekonomi pada program MP3EI.

Penelitian ini memiliki maksud untuk mengembangkan sistem model ekonomi-lingkungan yang nantinya dapat dijadikan dasar dalam perencanaan kapasitas dari fasilitas pengelolaan sampah. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi pola-pola lokal terkait perkembangan persampahan di Jawa dan Sumatera, menganalisis hubungan antara variabel ekonomis dan demografi terhadap timbulan sampah, serta proyeksi timbulan sampah menggunakan uji model di pusat-pusat pertumbuhan.

METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Pengumpulan data difokuskan pada data-data yang berhubungan dengan data kependudukan, ekonomi, dan lingkungan. Pengumpulan dilakukan dengan cara pengambilan data melalui dinas terkait, yaitu BPS dan Dinas Kebersihan. Kota yang termasuk ke dalam wilayah penelitian adalah Banda Aceh, Medan, Pekanbaru, Padang, Palembang, Bengkulu, Jambi, Pangkal Pinang, Tanjung Pinang, Bandar Lampung, Serang, DKI Jakarta, Bandung, Semarang, Yogyakarta dan Surabaya. Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah penduduk, kepadatan penduduk, indeks harga konsumen, PDRB, laju pertumbuhan ekonomi, laju pertumbuhan penduduk, rata-rata lama sekolah, angka melek huruf, dan indeks pembangunan manusia.

Data sekunder diperoleh melalui instansi-instansi terkait seperti Badan Pusat Statistik, Dinas Kebersihan, Badan Lingkungan Hidup, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kementerian Pekerjaan Umum. Data persampahan yang diperoleh melalui instansi-instansi tersebut diverifikasi terlebih dahulu untuk mengetahui data dengan tingkat keakuratan lebih baik. Kemudian data tersebut yang akan dipergunakan dalam analisis lebih lanjut. Analisis yang digunakan untuk verifikasi data-data tersebut adalah analisis variansi nilai. Selanjutnya pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software statistik IBM SPSS *Statistics* 20.

Untuk evaluasi tipologi kota, dilakukan analisis cluster, kuadran dan *tipologi klassen*. Analisis cluster dilakukan berdasarkan timbulan sampah kota, karakteristik kota dan kegiatan ekonomi kota. Setelah diperoleh klasifikasi kota berdasarkan ketiga hal tersebut, dilakukan analisis ANNOVA dan diskriminan untuk mengetahui perbedaan antar cluster yang telah terbentuk. Kemudian hasil analisis pengklasifikasian kota berdasarkan timbulan sampah dibandingkan dengan SNI.

Analisis regresi dilakukan untuk mengetahui hubungan yang terjadi antara variable ekonomi dan kependudukan. Kemudian pada penelitian ini dilakukan uji model yang nantinya dapat digunakan sebagai dasar perencanaan pengelolaan sampah. Daskalopoulos dkk. (1998) memproyeksikan timbulan sampah dengan mengkaitkannya pada pengeluaran konsumsi yang telah terbagi atas jenis-jenis konsumsinya. Model digambarkan dalam **Persamaan 1**.

$$MSW = \beta_x RTCE_n \quad (1)$$

MSW yaitu timbulan sampah dan RTCE yaitu *related total consumption expenditures*. Dengan β yaitu koefisien dari masing-masing variabel.

Sedangkan Khajuria dkk. (2010) memproyeksikan timbunan sampah berdasarkan aspek jumlah populasi, PDRB, dan tingkat *illiteracy*. Model Khajuria dapat digambarkan dalam **Persamaan 2**.

$$WG = \alpha + ((\beta_1 \times X_1) + (\beta_2 \times X_2) + (\beta_3 \times X_3)) \quad (2)$$

dimana WG merupakan timbunan sampah, x_1 yaitu jumlah penduduk, x_2 yaitu PDRB, dan x_3 yaitu angka melek huruf. Dengan β merupakan koefisien dari masing-masing variabel dan α adalah konstanta. Kemudian dilakukan pengembangan dari model Khajuria. Faktor pertumbuhan ekonomi dan angka melek huruf ditambahkan ke dalam model linier Khajuria sehingga menjadi seperti **Persamaan 3**.

$$WG = a + ((b_1 \times X_1) + (b_2 \times X_2) + (b_3 \times X_3) + (b_4 \times X_4) + (b_5 \times X_5)) \quad (3)$$

dimana WG adalah timbunan sampah, X_1 adalah jumlah penduduk, X_2 adalah PDRB, X_3 adalah angka melek huruf, X_4 adalah lama sekolah dan X_5 adalah pertumbuhan ekonomi. Sedangkan a merupakan konstanta dan b merupakan koefisien dari masing-masing faktor.

Untuk proyeksi timbunan sampah dapat dilakukan berdasarkan persamaan diskriminan yang diperoleh dari analisis diskriminan. Proyeksi total timbunan sampah dilakukan per lima tahun ke depan. Hasil proyeksi sampah dapat digunakan untuk menghitung jumlah kebutuhan truk sampah dan TPS serta biaya pengelolaan sampah per lima tahun ke depan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Verifikasi Data

Berdasarkan hasil analisis variansi nilai dapat diambil kesimpulan bahwa data timbunan yang diperoleh melalui Badan Pusat Statistik mayoritas memiliki nilai rasio yang lebih besar dari 1,15. Oleh karena itu, pada penelitian ini diputuskan untuk tidak mempergunakan data timbunan dari Badan Pusat Statistik. Dikarenakan adanya keterbatasan data timbunan dari masing-masing kota di tahun yang sama, maka untuk evaluasi tipologi kota dipergunakan data timbunan tahun 2012 yang diperoleh melalui Kementerian Pekerjaan Umum. Selain itu, data timbunan sampah yang diperoleh dari Kementerian Pekerjaan Umum memiliki nilai rasio yang lebih baik bila dibandingkan dengan data dari Badan Pusat Statistik. Sedangkan untuk analisis uji model akan digunakan data dari Dinas Pemerintah Daerah dan Badan Lingkungan Hidup dengan rentang waktu dari tahun 2004 hingga 2012.

Evaluasi Tipologi Kota

Klasifikasi kota berdasarkan kegiatan ekonominya menunjukkan bahwa mayoritas kota dengan kegiatan ekonomi industri/ perdagangan, pelabuhan/ perdagangan dan perkebunan/ perdagangan terklasifikasi ke dalam klaster dengan timbunan sampah sedang. Kota Yogyakarta merupakan satu-satunya kota yang terklasifikasi ke dalam kelompok kota dengan timbunan sampah rendah. Hal ini dikarenakan Kota Yogyakarta dalam beberapa tahun terakhir mengalami peningkatan dalam usaha untuk mengurangi volume sampah kota. Salah satu cara yang dilakukan oleh kota ini untuk mengurangi volume sampah adalah dengan meningkatkan jumlah Bank Sampah. Selain itu, jumlah penduduk Kota Yogyakarta mengalami penurunan semenjak terjadinya peristiwa gempa pada tahun 2006.

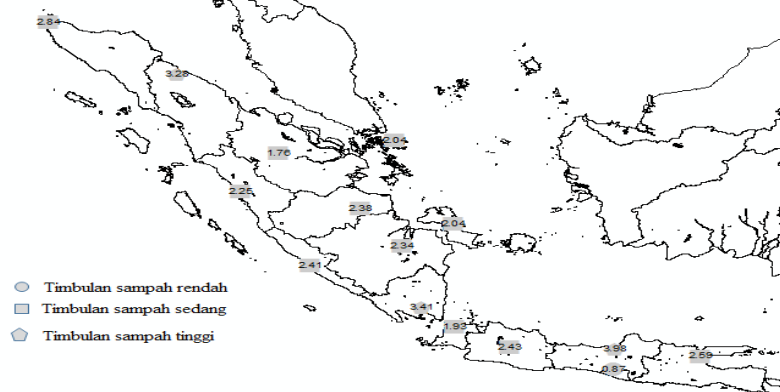
Sedangkan kota yang terklasifikasi ke dalam klaster dengan timbunan sampah tinggi adalah Kota Semarang (kegiatan ekonomi industri/ perdagangan), Medan (perkebunan/ perdagangan) dan Bandar Lampung (pelabuhan/ perdagangan). Kota Semarang dan Medan masuk ke dalam kota dengan timbunan sampah tinggi dikarenakan kedua kota ini memiliki tingkat pelayanan sampah yang cukup rendah yaitu dibawah 50%. Sedangkan Kota Bandar Lampung terklasifikasi ke dalam klaster timbunan sampah tinggi dikarenakan adanya penambahan jumlah penduduk akibat bergabungnya dua kota kecil, yaitu Tanjungkarang dan Teluk Betung.

Pengklasifikasian kota berdasarkan pembagian kuadran kepadatan penduduk dan timbunan sampah terbagi atas empat kelompok. Kelompok I merupakan kelompok kota dengan timbunan sampah tinggi (3,13 l/o/h) dan kepadatan penduduk rata-rata menengah tinggi, yaitu 4234

orang/km². Sedangkan kelompok II merupakan kelompok kota yang memiliki timbulan sampah tinggi (3,0 l/o/h) dan kepadatan penduduk rata-rata tinggi, yaitu 15684 orang/km². Kelompok III merupakan kelompok kota yang memiliki timbulan rendah (2,14 l/o/h) dan kepadatan penduduk rata-rata rendah, yaitu 2077 orang/km². Kelompok IV merupakan kelompok kota yang memiliki timbulan sampah rendah (0,87 l/o/h) dan kepadatan penduduk tinggi, yaitu 12092 orang/km². Berdasarkan hasil analisis kuadran kepadatan penduduk dan timbulan sampah dapat diambil kesimpulan bahwa kota-kota dengan timbulan sampah tinggi memiliki kepadatan penduduk yang tinggi pula. Untuk analisis tipologi klassen, diperoleh hasil berupa pola-pola. Pola A, yaitu *daerah cepat-maju dan cepat-tumbuh*, kota yang memiliki tingkat pertumbuhan ekonomi yang lebih tinggi dibanding rata-rata kota lain di Jawa dan Sumatera. Timbulan rata-rata yang dimiliki oleh kelompok kota ini adalah 2,42 l/o/h. Pola B, yaitu *daerah berkembang cepat*, daerah yang memiliki tingkat pertumbuhan ekonomi menengah. Timbulan rata-rata yang dimiliki oleh kelompok kota ini adalah 2,59 l/o/h. Pola C, *daerah relatif tertinggal* adalah daerah yang memiliki tingkat pertumbuhan ekonomi dan PDRB yang rendah. Timbulan rata-rata yang dimiliki oleh kelompok kota ini adalah 2,24 l/o/h. Pola D, *daerah maju tapi tertekan*, daerah yang memiliki PDRB tinggi, tetapi tingkat pertumbuhan ekonominya rendah. Timbulan rata-rata yang dimiliki oleh kelompok kota ini adalah 3,32 l/o/h.

Berdasarkan karakteristik kota, dilakukan analisis kluster dua kelompok dan tiga kelompok. Hasil analisis kluster dua kelompok memperlihatkan bahwa kluster 1 yang merupakan kelompok kota dengan timbulan sampah rata-rata rendah (2,31 l/o/h). Sedangkan kluster 2 yang merupakan kelompok kota dengan timbulan sampah rata-rata tinggi (3,29 l/o/h). Kemudian untuk hasil analisis kluster tiga kelompok menunjukkan bahwa kluster 1 merupakan kelompok kota dengan timbulan sampah rata-rata rendah (2,21 l/o/h), kluster 2 merupakan kelompok kota dengan timbulan sampah rata-rata sedang (2,59 l/o/h), dan kluster 3 merupakan kelompok kota dengan timbulan sampah rata-rata tinggi (3,23 l/o/h).

Berdasarkan klasifikasi hasil analisis kluster, kuadran dan tipologi klassen, pola timbulan di Jawa dan Sumatera ada tiga. Pola 1 merupakan kelompok kota dengan timbulan sampah rendah dan pertumbuhan ekonomi rendah. Mayoritas kegiatan utama dari kelompok kota ini adalah pelabuhan/perdagangan. Pola 2 merupakan kelompok kota dengan timbulan sampah tinggi, pertumbuhan ekonomi rendah dan kepadatan penduduk yang tinggi. Mayoritas kota dari kelompok ini memiliki kegiatan utama industri/perdagangan dan perkebunan/perdagangan. Pola 3 merupakan kelompok kota dengan timbulan sampah, pertumbuhan ekonomi dan PDRB tinggi. Mayoritas kota dari kelompok ini kegiatan ekonomi adalah industri/perdagangan.



Gambar 1. Peta Klasifikasi Kota berdasarkan timbulan sampah

Kemudian klasifikasi kota dilakukan berdasarkan timbulan sampah, hasilnya tertera pada **Gambar 1**. Kluster 1 yang merupakan kelompok kota dengan timbulan sampah sedang (2,31 l/o/h), kluster 2 yang merupakan kelompok kota dengan timbulan sampah rendah (0,88 l/o/h) dan kluster 3 yang merupakan kelompok kota dengan timbulan sampah tinggi (3,56 l/o/h). Variabel pembeda antara ketiga kluster berdasarkan hasil diskriminan adalah PDRB, kepadatan penduduk dan laju pertumbuhan penduduk. Hasil klasifikasi kota berdasarkan timbulan sampah

dibandingkan dengan peraturan SNI 19-3964-1994 dan SNI 19-3983-1995, seperti yang tertera pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Perbandingan timbulan sampah antara SNI 19-3983-1995 dan hasil analisis

Klasifikasi kota	Jumlah Penduduk (jiwa)	Timbulan Sampah (l/o/h)	
		SNI 19-3983-1995	Hasil Analisis
Sedang	100000 – 500000	2,75 - 3,25	2,3 ± 0,56
Kecil	< 100000	2,5 – 2,75	-

Hasil analisis menunjukkan bahwa timbulan sampah untuk kota sedang memenuhi kriteria dari SNI 19-3983-1995 walaupun nilai timbulan sampah reratanya berada di batas bawah SNI 19-3983-1995.

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi timbulan sampah adalah pertumbuhan ekonomi. Sebagian besar kota sedang dalam penelitian ini, masuk ke dalam kategori daerah relatif tertinggal. Kota-kota yang termasuk ke dalam kategori ini memiliki PDRB dan pertumbuhan ekonomi yang rendah. Nilai PDRB dan pertumbuhan ekonomi yang rendah mengakibatkan timbulan sampah kota tersebut juga rendah.

Hubungan Timbulan Sampah terhadap Variabel ekonomi dan kependudukan

Berdasarkan hasil analisis regresi, indeks harga konsumen berbanding lurus dengan timbulan sampah. Hasil analisis memperlihatkan bahwa semakin tinggi indeks harga konsumen suatu kota maka timbulan sampahnya juga cenderung tinggi. Kota Banda Aceh dan Tanjung Pinang memiliki tren regresi positif, dimana kenaikan nilai indeks harga konsumen juga akan meningkatkan timbulan sampah di ketiga kota tersebut. Begitu pula dengan analisis hubungan antara PDRB AHK dan timbulan sampah. Semakin tinggi nilai PDRB maka nilai timbulan sampah juga cenderung meningkat. Tren regresi positif terjadi antara nilai PDRB dan timbulan sampah untuk kota Pekanbaru, Tanjung Pinang dan Pangkal Pinang. Untuk analisis hubungan antara jumlah penduduk dan timbulan sampah, nilai timbulan sampah cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di suatu wilayah. Terkecuali untuk kota Yogyakarta dimana timbulan sampahnya mengalami penurunan dikarenakan jumlah penduduk yang menurun.

Uji Coba Model

Untuk hasil analisis uji coba model Daskalopoulos *R-squared* sebesar 0,337. Hal ini menunjukkan bahwa pengeluaran konsumsi per kategori hanya mampu menjelaskan timbulan sampah di ibu kota provinsi Jawa dan Sumatera sebesar 33,7%.

Sedangkan hasil analisis uji coba model Khajuria menghasilkan *R-squared* sebesar 0,219. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah penduduk, PDRB, dan lama sekolah hanya mampu menjelaskan timbulan sampah di ibu kota provinsi Jawa dan Sumatera sebesar 42,5%. Kemudian untuk analisis pengembangan model Khajuria menunjukkan *R-squared* sebesar 0,656. Hal ini berarti kemampuan jumlah penduduk, PDRB, lama sekolah, angka melek huruf dan pertumbuhan ekonomi untuk menjelaskan timbulan sampah di ibu kota provinsi Jawa dan Sumatera hanya sebesar 65,6%.

Proyeksi Timbulan Sampah

Proyeksi timbulan sampah dilakukan dengan menggunakan persamaan yang dibentuk oleh uji model pengembangan Khajuria seperti yang tertera pada **Persamaan 4**. Variabel penduduk tidak dimasukkan ke dalam **Persamaan 4** dikarenakan variabel ini memiliki nilai signifikan yang paling besar bila dibandingkan dengan variabel-variabel lainnya.

$$WG = -44,877 - 5,076 \times 10^{-9} \text{ PDRB} + 0,40 \text{ AMH} - 2,518 \text{ Lama Sekolah} + 0,000104 \text{ Kepadatan Penduduk} + 0,066 \text{ LPE} \quad (4)$$

Sedangkan proyeksi timbulan sampah untuk Kota Pekanbaru dan Semarang dihitung menggunakan hasil uji pengembangan model Khajuria yang dilakukan untuk masing-masing kedua kota tersebut. Hal ini dilakukan karena nilai signifikan yang dimiliki oleh kedua kota ini lebih besar bila dibandingkan dengan nilai signifikan yang dimiliki oleh hasil uji pengembangan model Khajuria secara umum. Proyeksi timbulan sampah Kota Pekanbaru dapat dihitung menggunakan **Persamaan 5** dan Semarang menggunakan **Persamaan 6**.

$$WG = -490,2-4 \times 10^{-6} \text{ Penduduk} - 1,69 \times 10^{-7} \text{ PDRB} + 4,87 \text{ AMH} + 0,80 \text{ Lama Sekolah} - 0,035 \text{ LPE} \quad (5)$$

$$WG = -61,29 + 8,47 \times 10^{-8} \text{ PDRB} - 0,49 \text{ AMH} - 5,05 \text{ Lama Sekolah} - 0,00054 \text{ Kepadatan Penduduk} - 0,20 \text{ LPE} \quad (6)$$

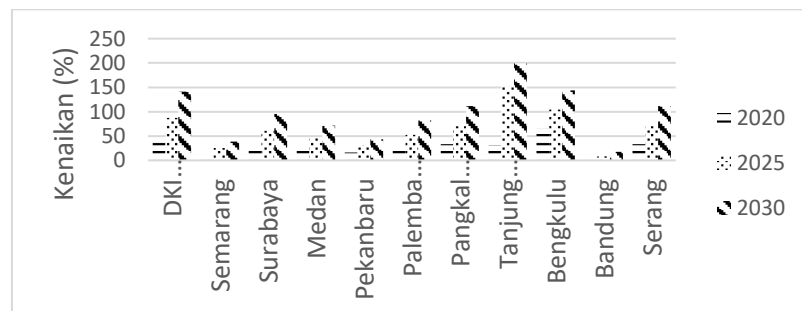
Kemudian untuk Kota Yogyakarta, Padang, Banda Aceh dan Jambi dihitung dengan menggunakan persamaan diskriminan seperti yang tertera pada **Persamaan 7**. Persamaan diskriminan berfungsi untuk mengetahui kelompok timbulan dari ke empat kota tersebut di tahun mendatang. Setelah kelompok timbulan dari masing-masing kota diketahui, total timbulan sampah dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan 7**.

$$Z = -7,540 - 0,000001 X_1 + 0,000001 X_2 - 0,050 X_3 + 1,885 X_4 - 0,000162 X_5 + 0,240 X_6 + 0,022 X_7 \quad (7)$$

Dengan Z merupakan skor diskriminan, X_1 adalah jumlah penduduk, X_2 adalah PDRB, X_3 adalah indeks harga konsumen, X_4 adalah pertumbuhan ekonomi, X_5 adalah kepadatan penduduk, X_6 adalah laju pertumbuhan penduduk dan X_7 adalah IPM.

Setelah kluster timbulan sampah dari masing-masing kota diketahui, timbulan sampah total dapat dihitung. Perhitungan timbulan sampah total dapat dilakukan menggunakan **Persamaan 8**. **Gambar 2** memperlihatkan kenaikan timbulan sampah per lima tahun ke depan dari ke enam belas ibu kota provinsi di Jawa dan Sumatera.

$$\text{Timbulan sampah total} = \text{jumlah penduduk} \times \text{timbulan rerata kluster} \quad (8)$$



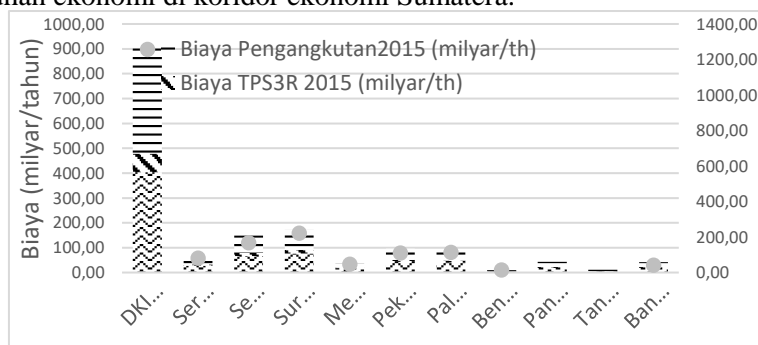
Gambar 2. Kenaikan Timbulan Sampah Per Lima Tahun

Tabel 2. Proyeksi jumlah truk sampah dan TPS per lima tahun ke depan

Kota	Tahun	Truk		TPS	
		Jumlah Kebutuhan (unit)	Kenaikan (%)	Jumlah Kebutuhan (unit)	Kenaikan (%)
Pekanbaru	2015	145	16,04	436	16,04
	2020	168		506	
Serang	2015	92	33,34	277	33,34
	2020	123		370	
Palembang	2015	139	24,83	418	24,83
	2020	174		522	
DKI Jakarta	2015	1370	12,20	4111	12,20
	2020	1910		4569	
Surabaya	2015	260	6,4	1014	6,4
	2020	337		1079	

Berdasarkan hasil proyeksi timbulan sampah, jumlah kebutuhan truk sampah dan TPS serta biaya pengelolaan sampah dapat dihitung. **Tabel 2** memperlihatkan jumlah kebutuhan dan kenaikan dari truk sampah dan TPS. Berdasarkan **Tabel 2** dapat disimpulkan bahwa dapat dilihat bahwa kota-kota sedang seperti Serang dan Pekanbaru membutuhkan jumlah truk sampah dan TPS yang lebih besar bila dibandingkan dengan kota-kota besar seperti DKI Jakarta dan Surabaya.

Biaya pengelolaan sampah dibagi menjadi tiga tahap, yaitu biaya pengangkutan, biaya pengomposan dan biaya pengelolaan TPA. Besaran biaya pengelolaan TPA dibagi menjadi tiga asumsi, yaitu Rp. 150.000,-, Rp. 200.000,- dan Rp. 250.000,- per ton sampah. Selain tiga asumsi biaya tersebut, perhitungan biaya pengelolaan sampah juga dihitung menggunakan KSNP-SPP tahun 2006. Berdasarkan **Gambar 3** menunjukkan biaya pengelolaan sampah yang dikeluarkan oleh masing-masing ibu kota provinsi di Jawa dan Sumatera di tahun 2015 dan 2020. Dari **Gambar 3** dapat dilihat juga bahwa biaya pengelolaan sampah mengalami kenaikan, walaupun kenaikan tersebut tidak terlalu tinggi. Kota-kota besar di Jawa seperti DKI Jakarta, Bandung dan Surabaya mengalokasikan dana lebih besar untuk pengelolaan sampah. Hal ini dikarenakan total timbulan sampah yang dihasilkan oleh kota-kota ini lebih besar bila dibandingkan dengan kota lainnya. Dari **Gambar 3** dapat diambil kesimpulan bahwa pusat-pusat pertumbuhan ekonomi di koridor ekonomi Jawa mengalokasikan dana yang lebih besar bila dibandingkan dengan pusat-pusat pertumbuhan ekonomi di koridor ekonomi Sumatera.



Gambar 3. Biaya Pengelolaan Sampah di Koridor Ekonomi Jawa dan Sumatera

Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan biaya pengelolaan sampah di beberapa ibu kota provinsi di Jawa dan Sumatera.

Tabel.3 Proyeksi biaya pengelolaan sampah berdasarkan KSNP-SPP 2006

Kota	Tahun	Biaya Total Pengelolaan Sampah (milyar/thn)	PDRB (milyar/thn)	Rasio Biaya pengelolaan terhadap PDRB
DKI Jakarta	2015	902,85	519174,08	0,0017
	2020	1258,35	787319,49	0,0016
Serang	2015	61,04	284,75	0,2144
	2020	81,39	442,29	0,1840
Semarang	2015	149,45	11731,19	0,0127
	2020	167,82	17325,71	0,0097
Pangkalpinang	2015	42,93	41,81	1,0268
	2020	55,35	65,52	0,8448
Tanjungpinang	2015	11,61	84,51	0,1374
	2020	15,23	117,13	0,1301

Tabel 3 memperlihatkan bahwa kota-kota sedang dan berkembang seperti Serang dan Pangkalpinang mengalokasikan dana lebih besar dari PDRB mereka untuk biaya pengelolaan

sampah bila dibandingkan dengan Kota besar seperti DKI Jakarta. Hal ini dikarenakan kedua kota ini merupakan kota-kota dengan nilai PDRB yang lebih kecil bila dibandingkan dengan DKI Jakarta. Dari **Tabel 3** dapat dilihat bahwa walaupun total timbulan sampah dan biaya pengelolaan sampah mengalami kenaikan, rasio biaya pengelolaan terhadap PDRB mengalami penurunan. Pertumbuhan ekonomi akan memicu pertambahan nilai PDRB yang dihasilkan oleh daerah. PDRB yang tinggi dapat menutupi besaran biaya yang dikeluarkan untuk pengelolaan sampah. Oleh karena itu, biaya pengelolaan sampah tidak akan menjadi permasalahan di masa yang akan datang.

KESIMPULAN

Hasil Klasifikasi kota berdasarkan analisis klaster, kuadran dan tipologi kelas menunjukkan ada tiga pola timbulan sampah di enam belas ibu kota provinsi Jawa dan Sumatera. Sedangkan hasil uji model Daskalopoulos dan Khajuria tidak mampu menjelaskan timbulan sampah dengan baik dan tidak dapat digeneralisasi penggunaannya di ibu kota provinsi Jawa dan Sumatera. Pengembangan model Khajuria dan persamaan diskriminan dapat digunakan untuk memperoleh proyeksi timbulan sampah. Hasil perhitungan proyeksi sampah dapat digunakan untuk menghitung jumlah kebutuhan truk sampah dan TPS serta biaya pengelolaan sampah. Kota-kota dengan proyeksi timbulan sampah besar memiliki kebutuhan akan truk sampah dan TPS yang besar pula. Kemudian kota-kota dengan proyeksi timbulan sampah besar per lima tahun ke depan, mengalokasikan dana untuk biaya pengelolaan sampah cukup besar, yaitu di atas 0,8% dari PDRB.

ACKNOWLEDGEMENT

Penelitian ini diselenggarakan oleh Institut Teknologi Bandung

DAFTAR PUSTAKA

- Adlina, A. (2013): *Identifikasi Pengaruh Faktor-Faktor Sosioekonomi Dan Kependudukan Terhadap Timbulan Sampah Di Jawa Barat*, Tesis Program Magister, ITB.
- Bhavannarayana, C., Prakash, K.S. dan Saritha, V. (2011) : Estimation of Municipal Solid Waste Generation – A Case Study, *International Journal of Research and Reviews in Pharmacy and Applied science*, **2(3)**, 473-481.
- Daskalopoulos, E., Badr, O., dan Probert, S.D. (1998) : Municipal Solid Waste: A Prediction Methodology for the Generation Rate and Composition in the European Union Countries and the United States of America, *Journal of Resources, Conservation, and Recycling*, **24**, 155-166.
- Hoorweg, D. dan Bhada-Tata, P. (2012) : *What A Waste A Global Review of Solid Waste Management*, Washington, Urban Development & Local Government Unit World Bank.
- Jaelani, A., H. I. Purwanti dan M. R. Aziz. (2011); *Pemanfaatan komposter sederhana sebagai solusi alternatif mengatasi sampah di perumahan pedesaan kota pekalongan*, Tesis Program Magister, Fakultas Pertanian Universitas Pekalongan.
- Johari, A., Ahmed, S. I., Hashim, H., Alkali, H. dan Ramli, M. (2012) : Economic and environmental benefits of landfill gas from municipal solid waste in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **16**, 2907–2912.
- Kaushal, R. J., Varghese, G. K., dan Chabukdhara, M. (2012) : Municipal solid waste management in india-current state and future challenges: a review, *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, **4 (04)**, 1473.
- Kementerian Keuangan Republik Indonesia (2011) : Masterplan Percepatan Dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia 2011-2025. Lampiran Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2011.
- Khajuria, A., Yamamoto, Y., dan Morioka, T. (2010) : Estimation of municipal solid waste generation and landfill area in asian developing countries, *Journal of Environmental Biology*, **31(5)**, 649-654.