

# Multikriteria Analisis dalam Pemilihan Alat Pengumpul Sampah dengan Pembobotan Kombinasi Hasil Analisis Hierarchy Process (AHP) dan Time Motion Study (TMS)

Mochammad Chaerul<sup>1</sup>, Syiffa Rahmania<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Rekayasa Infrastruktur Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung; e-mail: m.chaerul@ftsl.itb.ac.id

<sup>2</sup>Program Magister Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

## ABSTRAK

Pengumpulan sampah merupakan salahsatu tahapan dalam suatu sistem pengelolaan sampah suatu kota. Efektifitas dan efisiensi pengumpulan sampah dipengaruhi oleh jenis alat yang digunakan. Pemilihan alat pengumpul sampah dipengaruhi oleh berbagai macam kriteria. Salahsatu metode multikriteria analisis yang paling sering digunakan adalah *Analysis Hierarchy Process* (AHP). Multikriteria tersebut bukan saja terbatas pada aspek teknis dan non-teknis semata tetapi juga aspek operasional masing-masing alat yang dapat didekati dengan metode *Time Motion Study* (TMS). Di banyak kasus, kedua metode multikriteria tersebut digunakan secara terpisah dan berdiri sendiri. Paper ini mencoba menggabungkan kedua metode tersebut dengan cara memberikan bobot untuk masing-masing parameter dari hasil kedua metode tersebut yang telah dinormalisasi untuk memilih 3 (tiga) alternatif alat pengumpul sampah, yaitu: gerobak, becak motor, dan truk yang digunakan di Kota Payakumbuh, Sumatera Barat sebagai studi kasus. Untuk aplikasi metode AHP, dipilih kelompok responden masyarakat, petugas pengumpul sampah, pemerintah dan akademisi dengan mempertimbangkan kriteria teknis, sosial, ekonomi, dan lingkungan. Penilaian rerata global dari seluruh kelompok responden menempatkan gerobak sebagai alat terbaik dengan nilai 0,381, dibandingkan becak motor (0,356) dan truk (0,263). Sedangkan dengan metode TMS, yang mempertimbangkan keseluruhan tahapan operasional masing-masing alat pengumpul sampah didapat nilai kecepatan dan efisiensi pengumpulan sampah tertinggi adalah untuk becak motor, yaitu masing-masing sebesar 56,32 m/menit dan 49,53 kg/menit, dibandingkan untuk truk dan gerobak. Urutan prioritas alat pengumpul yang terbaik bisa saja berbeda ketika bobot masing-masing parameter tersebut dirubah. Penggabungan kedua metode tersebut menghasilkan pilihan yang lebih baik dan dapat dijadikan sebagai pertimbangan bagi pengambil keputusan sehingga dapat diperoleh alat pengumpul sampah yang dianggap lebih efektif dan efisien, terutama dalam mendukung tercapainya universal akses di sektor persampahan.

**Kata kunci:** Alat pengumpul sampah, *Analysis Hierarchy Process*, *Time Motion Study*, teknis, non-teknis, operasional, normalisasi, bobot

## ABSTRACT

*Waste collection is a part of municipal solid waste management system in a city. Effectiveness and efficiency of the waste collection is influenced by the type of vehicle used. Selection of the vehicle is affected by several criterion. Multicriteria analysis approach frequently used is Analysis Hierarchy Process (AHP). The multicriteria analysis is not limited to technical and non-technical aspects but also the operational aspect that can be approached by Time Motion Study (TMS) method. In many cases, the two multicriteria analysis methods are used separately and independently. The paper aims to combine the methods in order to select 3 alternative vehicles namely cart, motorized tricycle, and truck used in Payakumbuh City, West Sumatera Province as a case study. Using AHP method, respondents were selected to represent the community, the labor, the government officer, and academics to asses the vehicle by considering technical, social, economic and environmental criteria. As a global result, cart is choosen as the best vehicle with score of 0.381, compared with motorized tricycle (0,356) and truck (0.263). In other hand, using TMS method considering overall operational stages of respective vehicles results the motorized tricycle as the best vehicle with the highest speed and efficiency, which are 56.32 m/min and 49.53 kg/min, respectively, compared to the truck and cart. Combining the AHP and TMS methods is performed by giving the weight to each parameter from the normalized results of the each method. The order of priority as the best vehicle may vary depend on the weight given for each parameter. Merging AHP and TMS methods results better option and proposes better consideration for the decision makers in order to obtain the vehicle more effective and efficient, especially for supporting the achievement of universal access in waste management.*

**Keywords:** Waste collector vehicle, *Analysis Hierarchy Process*, *Time Motion Study*, technical, non-technical, operational, normalization, the weight.

**itation:** Chaerul, M. dan Rahmania, S. (2019). Multicriteria analysis dalam pemilihan alat pengumpul sampah dengan pembobotan kombinasi hasil *Analysis Hierarchy Process* (AHP) dan *Time Motion Study* (TMS) *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 222-230, doi:10.14710/jil.17.2.222-230

## 1. Pendahuluan

Perkembangan kota yang pesat menyebabkan semakin bertambahnya jumlah penduduk sehingga akan menambah produksi dan volume sampah yang ada, yang berbanding lurus dengan perkembangan dan penambahan jumlah penduduk. Bentes (2014) menjelaskan bahwa peningkatan jumlah timbulan sampah mendorong pengelola sampah untuk menemukan suatu sistem pengelolaan sampah yang efisien, yaitu sistem pengelolaan sampah yang layak secara teknis, efektif pada sudut pandang lingkungan dan sesuai dengan prinsip ekonomi berkelanjutan.

Berdasarkan Undang-Undang No. 18 tahun 2008, pengelolaan sampah terdiri dari tahapan pengurangan dan penanganan sampah. Salah satu tahapan dalam penanganan sampah adalah pengumpulan sampah. Pada tahap ini dibutuhkan fasilitas berupa alat pengumpul yang antara lain berupa gerobak, becak motor, mobil *pick up*, *dump truck* dan lain-lain. Perbedaan alat yang digunakan akan mempengaruhi besarnya kecepatan pengumpulan sampah, sehingga mempengaruhi efisiensi pengumpulan sampah. Selain aspek operasional alat pengumpul, terdapat beberapa kriteria teknis dan non-teknis yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan alat pengumpul sampah. Oleh karena itu, menjadi penting dilakukan analisis multikriteria dalam pemilihannya.

Metode *Analysis Hierarchy Process* (AHP) dan *Time Motion Study* (TMS) merupakan contoh metode yang dapat mengakomodir analisis multikriteria. Seringkali, kedua metode tersebut digunakan secara terpisah dan berdiri sendiri. Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan kedua metode tersebut dan menggabungkan hasil dari kedua metode tersebut dalam pemilihan alat pengumpul sampah.

Menurut Arazo (2007), salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk menentukan efisiensi transfer sampah dalam hal kecepatan dan waktu perjalanan selama periode pengumpulan adalah dengan menggunakan metode TMS. Pendekatan TMS merupakan suatu tinjauan dari aspek teknis (efisiensi pengumpulan berdasarkan kecepatan rata-rata). Dengan metode TMS, Rochaeni dkk (2013) dan Nurdiani (2017) menemukan bahwa variabel yang mempengaruhi kecepatan rata-rata pengumpulan yaitu jenis alat pengumpul, lebar jalan dan jenis pewadahan. Sedangkan studi TMS oleh Dang dkk (2018) menjelaskan bahwa jenis wadah mempengaruhi efisiensi operasi pengumpulan sampah. Essien dan Udo (2013) juga melakukan penelitian mengenai pengaruh dari *time loss/wasted time* dalam efisiensi pengangkutan sampah dengan sistem *Hauled Container System* (HCS) di Nigeria.

Metode *Analysis Hierarchy Process* (AHP) merupakan suatu metode yang terstruktur terkait dengan pengambilan keputusan pada suatu permasalahan yang terdiri dari banyak alternatif dan skenario (Saaty, 2004). Penelitian mengenai AHP pada sistem pengelolaan sampah telah dilakukan oleh Hung dkk (2007), Chaerul dan Susangka (2011),

Milutinovic dkk (2014) dll. Beberapa penelitian lain menjadikan berbagai macam faktor teknis, ekonomi, sosial masyarakat dan lingkungan juga menjadi pertimbangan dalam perencanaan pengelolaan sampah (Beni dkk, 2014 dan Irawan dan Yudono, 2014).

Sebagai studi kasus, penelitian ini dilakukan di Kota Payakumbuh yang merupakan salah satu kota berkategori kota sedang di Propinsi Sumatera Barat dengan kepadatan penduduk kategori sedang dengan luas 80,43 km<sup>2</sup> dan jumlah penduduk Kota Payakumbuh sebesar 127.826 jiwa yang tersebar pada 5 kecamatan. Berdasarkan UPTD Pengelolaan Sampah Provinsi Sumatera Barat (2014), prediksi total timbulan sampah di Kota Payakumbuh sekitar 15.368 ton/tahun, atau setara dengan 0,33 kg/orang/hari. Sedangkan menurut Dinas Lingkungan Hidup (2017), persentase pelayanan sampah yang dapat dilakukan oleh pemerintah Kota Payakumbuh adalah sebesar 88%. Sistem pengumpulan sampah di Kota Payakumbuh menggunakan 3 jenis alat pengumpul, yaitu gerobak, becak motor dan truk yang mengumpulkan sampah dari sumber menuju TPS, Transfer Depo dan TPA yang dikelola oleh pemerintah.

Seperti halnya Kota lain di Indonesia, pembiayaan untuk pengumpulan dan pengangkutan sampah berkontribusi dominan dalam sistem pengelolaan sampah di Kota Payakumbuh, sehingga, dirasakan penting dilakukan pemilihan alat pengumpul sampah yang paling tepat. Pemilihan alat pengumpul sampah ini mempertimbangkan berbagai macam kriteria meliputi teknis, non-teknis, dan operasional, yang dapat meningkatkan efisiensi pengumpulan sampah sehingga dapat mewujudkan slogan Kota Payakumbuh sebagai kota "BATIAH" (Bersih, Aman, Tertib, Indah, Asri, dan Harmonis).

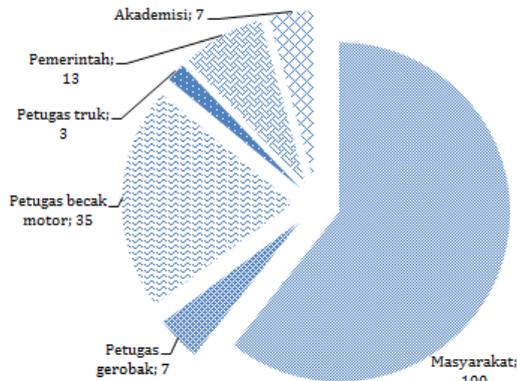
## 2. Metodologi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah TMS dan AHP, dan dilanjutkan dengan penggabungan diantara keduanya. Penelitian ini melibatkan berbagai macam stakeholder terkait pengelolaan sampah di Kota Payakumbuh, yaitu: pemerintah, petugas pengumpulan sampah, masyarakat dan akademisi. Obyek penelitian ini adalah terhadap 3 (tiga) alat pengumpul sampah yang dominan tersedia di Kota Payakumbuh, yaitu: gerobak, becak motor dan *dump truck*.

### 2.1 Metode *Time Motion Study*

Pengumpulan sampah di Kota Payakumbuh menggunakan gerobak, becak motor dan *dump truck* yang dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup dan masing-masing kecamatan. Metode TMS digunakan untuk mengetahui operasional dari masing-masing alat selama pengumpulan sampah. Setiap alat pengumpul memiliki elemen gerak yang berbeda selama proses pengumpulan sampah. Sebelum dilakukan pengukuran detail, seluruh elemen gerak dari masing-masing alat telah teridentifikasi melalui observasi lapangan.

Jumlah alat pengumpul sampah yang dilakukan observasi detail aktivitas geraknya disesuaikan dengan proporsi jumlah yang tersedia di Kota Payakumbuh. Perhitungan jumlah sampel dilakukan menggunakan metode slovin dengan tingkat kepercayaan 90%, sehingga didapat jumlah sampel seperti yang ditunjukkan **Tabel 1** berikut.



**Gambar 1.** Komposisi Responden AHP

**Tabel 1.** Jumlah Sampel untuk TMS

Alat kumpul	Jumlah di Kota Payakumbuh	Sampel
Gerobak	7	7
Becak motor	54	35
Dump truck	3	3
TOTAL	64	45

Dengan metode TMS dilakukan perhitungan waktu pengumpulan sampah, jarak tempuh pengumpulan sampah dan timbulan sampah yang terkumpul. Selanjutnya, akan didapatkan nilai kecepatan rata-rata pengumpulan sampah yang dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan per jumlah timbulan sampah yang dikumpulkan. Suatu alat pengumpul sampah dianggap ideal manakala memiliki pengumpulan sampah tercepat dengan jumlah sampah terkumpul paling banyak.

## 2.2 Metode Analysis Hierarchy Process

Metode AHP digunakan untuk dekomposisi masalah dengan menentukan kriteria dan subkriteria yang digunakan. Kriteria utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aspek teknis, aspek sosial, aspek ekonomi dan aspek lingkungan. Metode AHP dapat digunakan untuk membuat penilaian kualitatif dari stakeholder menjadi bentuk kuantitatif.

Pada penelitian ini, penilaian terhadap alat pengumpul sampah dilakukan dengan menggunakan metode sampling kuesioner dalam bentuk wawancara langsung dengan berbagai stakeholder berjumlah 165 responden dengan sebaran latar belakang yang dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut. Petugas pengumpulan sampah yang dijadikan

responden dalam metode AHP ini sama dengan yang di observasi elemen gerakannya dalam metode TMS.

Melalui kuisisioner, responden diminta untuk memilih alat pengumpul sampah yang dianggap terbaik berdasarkan paparan multikriteria yang ada. Multikriteria ini membentuk proses hierarki analisis, dengan tujuan utama (*goal*) berada di kedudukan paling atas, dan diikuti dengan kriteria utama, subkriteria, dan alternatif solusi permasalahan seperti terlihat pada **Gambar 2** berikut.

Pada tiap kriteria dan subkriteria setingkat dibandingkan dan membentuk matriks perbandingan berpasangan, yang selanjutnya diberikan nilai yang menunjukkan hubungan perbandingan antar tiap elemen. Penilaian untuk perbandingan berpasangan menggunakan sistem 7-skala sebagai berikut:

- 1 : Bila kedua elemen sama-sama penting
- 3 : Bila satu elemen sedikit lebih penting dibanding elemen lain
- 5 : Bila satu elemen lebih penting dibanding elemen lain
- 7 : Bila satu elemen sangat lebih penting dibanding elemen lain

Angka 2, 4, 6 dapat diberikan bila kepentingan satu elemen dibanding elemen lain berada diantara range tersebut. Satu per nilai diatas diberikan bila satu elemen lebih tidak penting dibanding elemen lain.

Untuk menilai konsistensi penilaian dari setiap responden dalam memberikan bobot pada tiap kriteria, subkriteria dan alternatif maka dihitung rasio konsistensinya. Data bisa dikatakan konsisten ketika rasio konsistensi kurang dari atau sama dengan 10%. Rasio konsistensi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$CI = (\lambda_{maks} - n) / (n - 1) \quad (1)$$

$$CR = CI / RI \quad (2)$$

dimana:

CI = indeks konsistensi

$\lambda_{maks}$  = hasil perhitungan matrik dibagi elemen

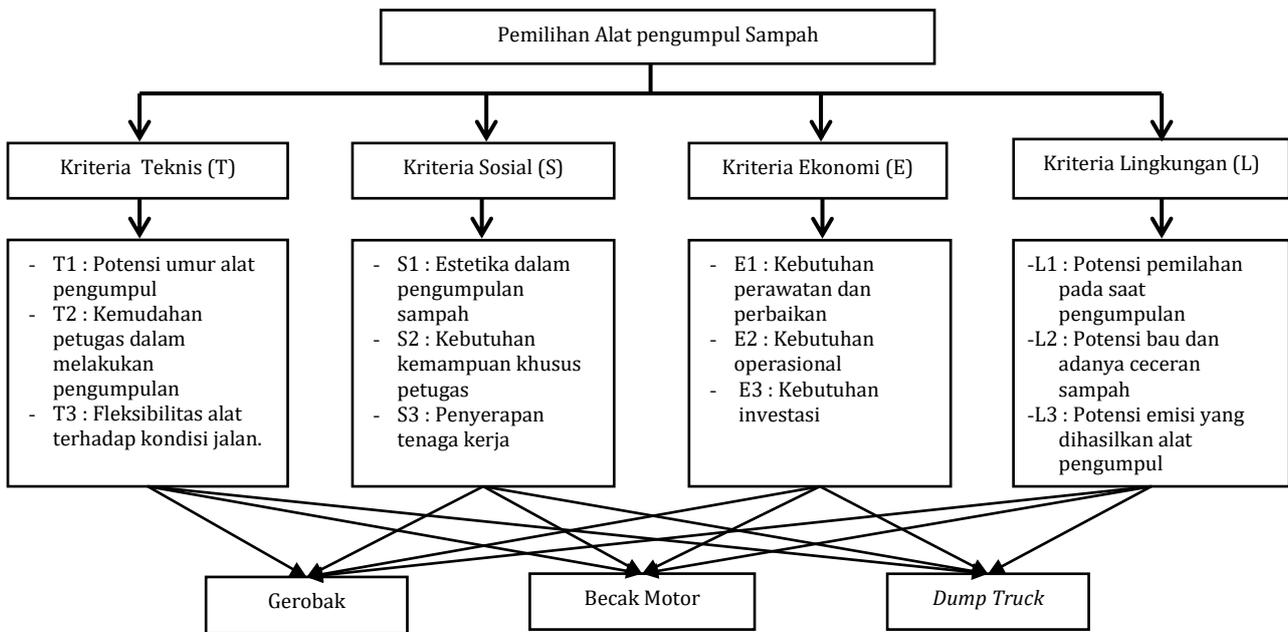
n = elemen

CR = rasio konsistensi

RI = indeks random konsistensi (**Tabel 2**)

## 2.3 Metode Penggabungan AHP dan TMS

Metode AHP digunakan untuk memilih alat pengumpul sampah dengan mempertimbangkan aspek teknis dan non-teknis. Sedangkan metode TMS dipergunakan untuk melihat aspek operasional dari masing-masing alat selama proses pengumpulan sampah. Aspek operasional merupakan mendetailkan dari aspek teknis yang dipertimbangkan di metode AHP. Hasil dari kedua metode selanjutnya digabung dengan menggunakan metode pembobotan.



Gambar 2. Diagram Hierarki Metode AHP

Tabel 2. Indeks Random Konsistensi

n	1 dan 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RI	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,49	1,51	1,54	1,56

Nilai bobot yang berbeda bisa saja dipilih oleh pengambil keputusan. Ketika pengambil keputusan lebih memprioritaskan suatu aspek maka nilai bobot aspek tersebut akan lebih besar daripada aspek yang lain. Secara ideal, pemberian bobot untuk masing-masing aspek ini dapat dilakukan melalui konsensus dari berbagai stakeholder sebagai pengambil keputusan. Pada penelitian ini, penulis melakukan berbagai macam simulasi pemberian bobot untuk memperlihatkan perbedaan hasil dalam pemilihan alat pengumpul sampah.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Time Motion Study

Secara umum, elemen gerak dari setiap alat pengumpul sampah terbagi menjadi 7 (tujuh), yaitu:

1. Membawa alat menuju titik pengumpulan pertama
2. Pengumpulan sampah
3. Membawa alat diantara titik pengumpulan
4. Membawa alat menuju TPS, Transfer Depo atau TPA
5. Antri pembongkaran
6. Pembongkaran sampah dari alat pengumpul
7. Waktu terbuang (*wasted time*).

Elemen gerak pengumpulan sampah (elemen gerak No. 2) dipengaruhi oleh jenis wadah sampah yang digunakan dan diletakkan oleh penghasil sampah. Seperti halnya kondisi di Indonesia, terdapat 3 (tiga) variasi wadah sampah yang digunakan di Kota Payakumbuh dengan elemen gerak yang berbeda. Ketujuh elemen gerak untuk setiap alat pengumpul dan elemen gerak untuk variasi wadah pengumpul sampah dapat dilihat pada **Gambar 3**

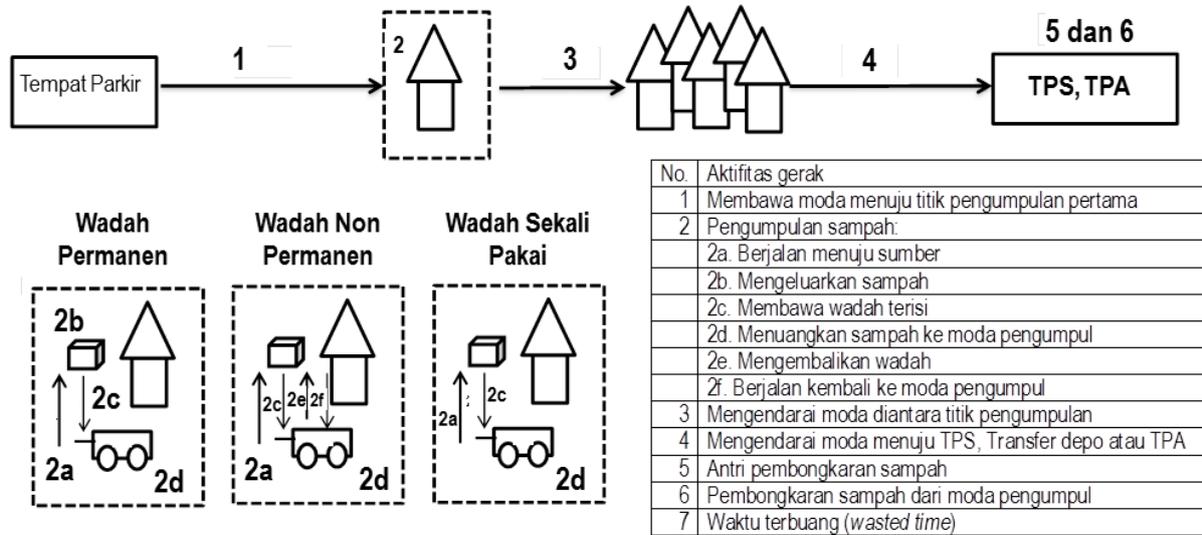
berikut. Untuk kasus Kota Payakumbuh, elemen gerak antri pembongkaran sampah (*unloading*) dan *wasted time* tidak teridentifikasi selama survey karena titik bongkar yang relatif luas dan pekerja memiliki kedisiplinan tinggi dalam bekerja.

Hasil penelitian dengan pendekatan TMS dijelaskan dalam bentuk kecepatan rata-rata (m/menit) dan efisiensi (kg/menit) tiap alat pengumpul berdasarkan masing-masing elemen geraknya. Hasil yang didapatkan terlihat pada **Tabel 3** berikut. Dari Tabel tersebut terlihat bahwa elemen gerak yang memakan waktu dominan untuk setiap alat pengumpul adalah perjalanan alat dari pool menuju titik pengumpul pertama dan dari titik pengumpul terakhir menuju ke titik bongkar. Tentunya, kecepatan pergerakan dari gerobak akan jauh lebih lambat daripada alat bermesin lainnya. Sedangkan pergerakan becak motor lebih cepat dibandingkan truk. Hal ini dipengaruhi oleh lebar jalan yang dilalui dan adanya titik-titik kemacetan yang mengakibatkan pergerakan truk sampah lebih lambat.

Di Kota Payakumbuh, untuk daerah yang menggunakan wadah sampah permanen, seperti pasangan bata, hanya dilayani dengan truk sampah. Sedangkan daerah dengan wadah sampah semi permanen (seperti keranjang, ban bekas, *whellie bin* dll) dan sekali pakai (berupa plastik keresek) dilayani dengan ketiga alat pengumpul. Terdapat inovasi dari Pemerintah Kota Payakumbuh untuk membuat tiang gantungan di pinggir jalan sebagai tempat menyimpan wadah sampah sekali pakai, yang memungkinkan petugas pengumpul dengan alat becak motor mengambil wadah sampah tersebut

tanpa harus turun dari motornya. Hal ini dapat mengurangi elemen gerak pengumpulan sampahnya dan meningkatkan jumlah sampah yang mampu

dikumpulkan petugas per satuan waktu (kg/menit), seperti yang terlihat pada **Tabel 4** berikut.



Gambar 3. Elemen Gerak dari Pengumpulan Sampah

Tabel 3. Nilai Kecepatan dan Efisiensi Rata-rata Tiap Alat Pengumpul

No	Elemen Gerak	Gerobak		Becak Motor		Truk	
		m/mnt	kg/mnt	m/mnt	kg/mnt	m/mnt	kg/mnt
1	Membawa alat menuju titik pengumpulan pertama	36,09	-	226,33	-	97,37	-
2	Pengumpulan sampah	-	-	-	-	-	-
	Wadah Permanen						
2a	Berjalan menuju sumber	-	-	-	-	6,67	-
2b	Mengeluarkan sampah	-	-	-	-	-	2,88
2c	Membawa wadah terisi	-	-	-	-	1,72	4,82
2d	Menuangkan sampah ke alat pengumpul	-	-	-	-	-	3,96
	Wadah Non Permanen						
2a	Berjalan menuju sumber	19,79	-	4,66	-	9,75	22,97
2c	Membawa wadah terisi	4,02	32,30	12,64	68,35	6,00	13,91
2d	Menuangkan sampah ke alat pengumpul	7,85	48,69	-	88,67	-	57,36
2e	Mengembalikan wadah	26,39	-	12,95	-	16,13	-
2f	Berjalan kembali ke alat pengumpul	-	-	9,18	-	12,67	-
	Wadah sekali pakai (dengan turun alat)						
2a	Berjalan menuju sumber	28,07	-	27,87	-	7,33	-
2c	Membawa wadah terisi	6,69	14,43	14,44	15,47	6,50	4,92
2d	Menuangkan sampah ke alat pengumpul	-	50,41	-	58,80	-	9,27
2d	Menuangkan sampah ke alat pengumpul	-	-	4,67	12,70	-	-
3	Mengendarai alat diantara titik pengumpulan	13,53	19,57	14,51	52,71	6,46	165,41
4	Mengendarai alat menuju TPS / Transfer Depo / TPA	18,33	17,28	235,91	73,49	160,76	92,18
5	Antri pembongkaran	-	-	-	-	-	-
6	Pembongkaran sampah dari alat pengumpul	-	13,43	-	26,04	-	24,35
7	Wasted Time	-	-	-	-	-	-
	Rata-rata	18,85	28,02	56,32	49,53	30,12	36,55

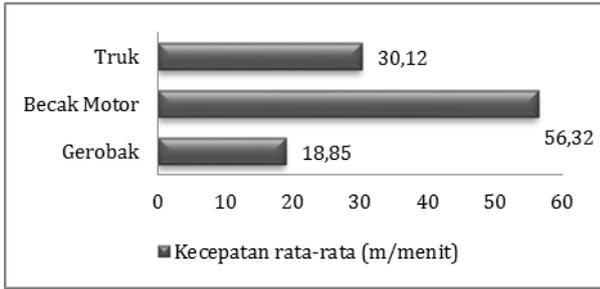
Tabel 4. Pengaruh Pengambilan Wadah Sampah di Sumber

Cara Pengambilan	Jenis Alat	Total Waktu (menit)	Total Jarak (meter)	Kecepatan (m/menit)	Berat sampah (kg)	Kinerja (kg/menit)
Tanpa turun alat	Becak Motor	0,13	0,56	4,46	1,51	11,99
	Gerobak	0,19	1,58	8,36	1,72	9,11
Dengan turun alat	Becak Motor	0,17	2,67	15,86	1,44	8,56
	Truk	0,88	4,28	4,87	1,68	1,92

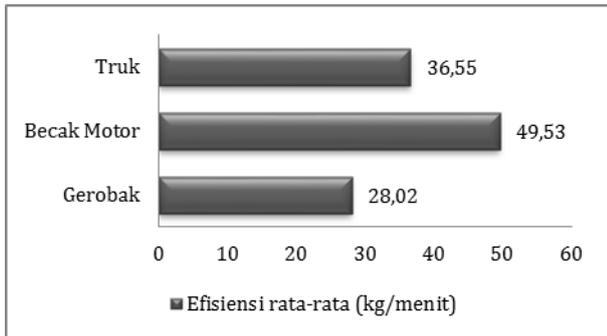
Secara keseluruhan, perbandingan kecepatan dan efisiensi rata-rata tiap alat terlihat pada **Gambar 4** dan **Gambar 5** berikut. Nilai yang didapat untuk kecepatan dan efisiensi inilah yang digunakan untuk menentukan alat pengumpul sampah terbaik di Kota Payakumbuh berdasarkan metode TMS.

Dengan menggunakan metode TMS, dapat disimpulkan bahwa kecepatan rata-rata terbaik dimiliki oleh alat pengumpul becak motor, yaitu sebesar 56,32 m/menit. Sedangkan efisiensi pengumpulan sampah terbaik juga dimiliki oleh alat becak motor, dengan nilai sebesar 49,53 kg/menit. Dengan tetap mempertimbangkan kecepatan rata-

rata dan efisiensi pengumpulannya, maka untuk kasus Kota Payakumbuh ranking alat terbaik selanjutnya adalah truk, dan diikuti oleh alat gerobak sampah.



Gambar 4. Perbandingan Kecepatan Tiap Alat Pengumpul



Gambar 5. Perbandingan Efisiensi Tiap Alat Pengumpul

Studi elemen gerak terhadap pengumpulan dan pengangkutan sampah telah dilakukan di beberapa lokasi. Waktu yang dibutuhkan untuk membongkar isi muatan menjadi yang dominan untuk 3 lokasi studi di Kota Malang yang menggunakan metode TPS sistem kontainer tetap (Cendy dkk, 2017).

Studi TMS untuk sistem pengumpulan dan pengangkutan juga dilakukan di Negara lain. Kecepatan pembongkaran sampah di Vietnam tergantung pada kemampuan pekerja (Chi dkk, 2010). Sedangkan di banyak negara yang sedang berkembang, waktu perjalanan menjadi yang dominan dalam keseluruhan siklus pengumpulan dan pengangkutan sampah, bahkan pada kisaran 30-40% (Aremu dkk, 2011).

### 3.2 Hasil Analysis Hierarchy Process

#### Penilaian berdasarkan kelompok stakeholder

Kelompok stakeholder masyarakat dan petugas lebih memilih becak motor sebagai alat pengumpul

sampah yang paling sesuai untuk Kota Payakumbuh. Alat pengumpul sampah sebagai prioritas berikutnya adalah gerobak dan truk. Sedangkan untuk kelompok stakeholder pemerintah dan akademisi, alat pengumpul sampah yang lebih dipilih adalah gerobak, disusul becak motor dan truk. Perbedaan prioritas masing-masing stakeholder dipengaruhi oleh perbedaan kepentingan (Chaerul dan Susangka, 2011). Stakeholder pemerintah dan akademisi lebih menaruh perhatian pada perlindungan lingkungan sehingga alat angkut yang dipilih adalah gerobak yang berpotensi menghasilkan dampak lingkungan yang lebih kecil.

Secara global, seluruh kelompok stakeholder lebih memilih gerobak sebagai alat pengumpul sampah yang paling baik untuk diaplikasikan di Kota Payakumbuh. Nilai CR secara keseluruhan menunjukkan dibawah 10%, yang berarti hasil penghitungan yang dilakukan konsisten dan bisa diterima untuk suatu pengambilan keputusan. Hasil penilaian alat pengumpul sampah pada setiap kelompok responden dan nilai konsistensinya dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

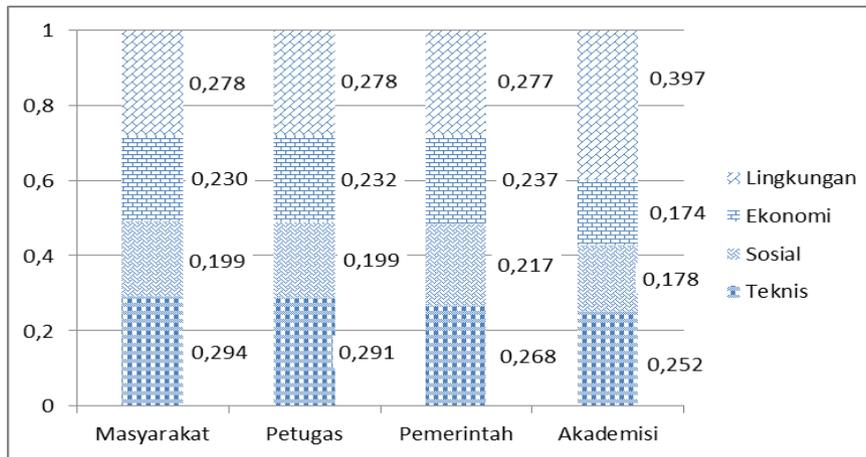
#### Penilaian berdasarkan kriteria

Penilaian dilakukan untuk mengetahui kriteria yang paling menjadi pertimbangan dalam pemilihan alat pengumpul sampah bagi responden. Kriteria yang digunakan pada pemilihan alat pengumpul sampah Kota Payakumbuh ini meliputi kriteria teknis, sosial, ekonomi dan lingkungan. Hasil penilaian berdasarkan kriteria terlihat pada Gambar 6 berikut.

Kriteria teknis menjadi prioritas tertinggi pada kelompok masyarakat dan petugas pengumpulan sampah. Sedangkan kelompok pemerintah dan akademisi memilih kriteria lingkungan sebagai prioritas utama pertimbangan pemilihan alternatif alat pengumpul sampah. Adanya kesamaan prioritas kriteria pada kelompok pemerintah dan akademisi dapat disebabkan oleh kesamaan latar belakang keilmuan dan pemahaman terhadap pengelolaan sampah. Kemiripan yang dengan penempatan prioritas diatas juga dihasilkan untuk beberapa kasus pemilihan dalam sistem pengelolaan sampah di suatu Kota (Chandra dkk, 2015, Alfons dan Padmi, 2018, Astuti dkk, 2011).

Tabel 5. Penilaian Alat Pengumpul Sampah oleh Seluruh Kelompok Stakeholder

Alternatif	Masyarakat		Petugas		Pemerintah		Akademisi		Rerata	
	Bobot	CR	Bobot	CR	Bobot	CR	Bobot	CR	Bobot	CR
Gerobak	0,369		0,368		0,379		0,407		0,381	
Becak Motor	0,370	0,079	0,378	0,082	0,372	0,066	0,304	0,042	0,356	0,067
Truk	0,261		0,254		0,249		0,289		0,263	



Gambar 6. Perbandingan Bobot Kriteria Tiap Kelompok Responden

**Penilaian berdasarkan subkriteria**

Penilaian dilakukan untuk mengidentifikasi subkriteria yang menjadi pertimbangan utama bagi tiap kelompok responden dalam menentukan alat pengumpul sampah yang paling baik untuk kondisi Kota Payakumbuh. Pada **Gambar 7** diperlihatkan nilai prioritas yang merupakan nilai bobot global subkriteria pada tiap kelompok responden. Untuk kelompok responden masyarakat, petugas, dan pemerintah, terdapat 3 subkriteria yang dianggap paling penting dalam pemilihan alat pengumpul sampah, yaitu:

- S1 (estetika dalam proses pengumpulan sampah),
- T3 (fleksibilitas operasional alat pengumpul terutama terhadap proses pengumpulan sampah), dan
- L2 (potensi timbulnya bau dan ceceran sampah selama pengumpulan sampah)

Sedangkan kelompok responden akademisi memberikan penekanan yang berbeda dengan ketiga kelompok responden lainnya. Kelompok responden akademisi menilai lebih penting subkriteria T1 (umur layan alat pengumpul), L3 (potensi emisi yang dihasilkan), dan S3 (penyerapan tenaga kerja) dibandingkan subkriteria lain dalam memilih alat pengumpul sampah.

**3.3 Hasil Penggabungan TMS dan AHP**

Untuk menggabungkan hasil dari TMS dan AHP, maka diperlukan nilai yang ternormalisasi. Karena hasil dari AHP sudah dinormalisasi maka hasil dari TMS yang selanjutnya perlu dinormalisasi. Dari hasil AHP diatas, diperoleh bahwa alat pengumpul sampah yang dinilai paling baik untuk diaplikasikan di Kota Payakumbuh ini adalah becak motor, disusul gerobak dan truk.

Seperti yang telah dijelaskan di bagian sebelumnya bahwa terdapat 2 parameter yang dihasilkan dari pendekatan TMS, yaitu kecepatan rata-rata (m/menit) dan efisiensi pengumpulan sampah (kg/menit), sehingga normalisasi juga dilakukan terhadap 2 parameter hasil TMS tersebut (**Tabel 6**). Dari Tabel tersebut terlihat bahwa dari parameter kecepatan, becak motor memiliki nilai

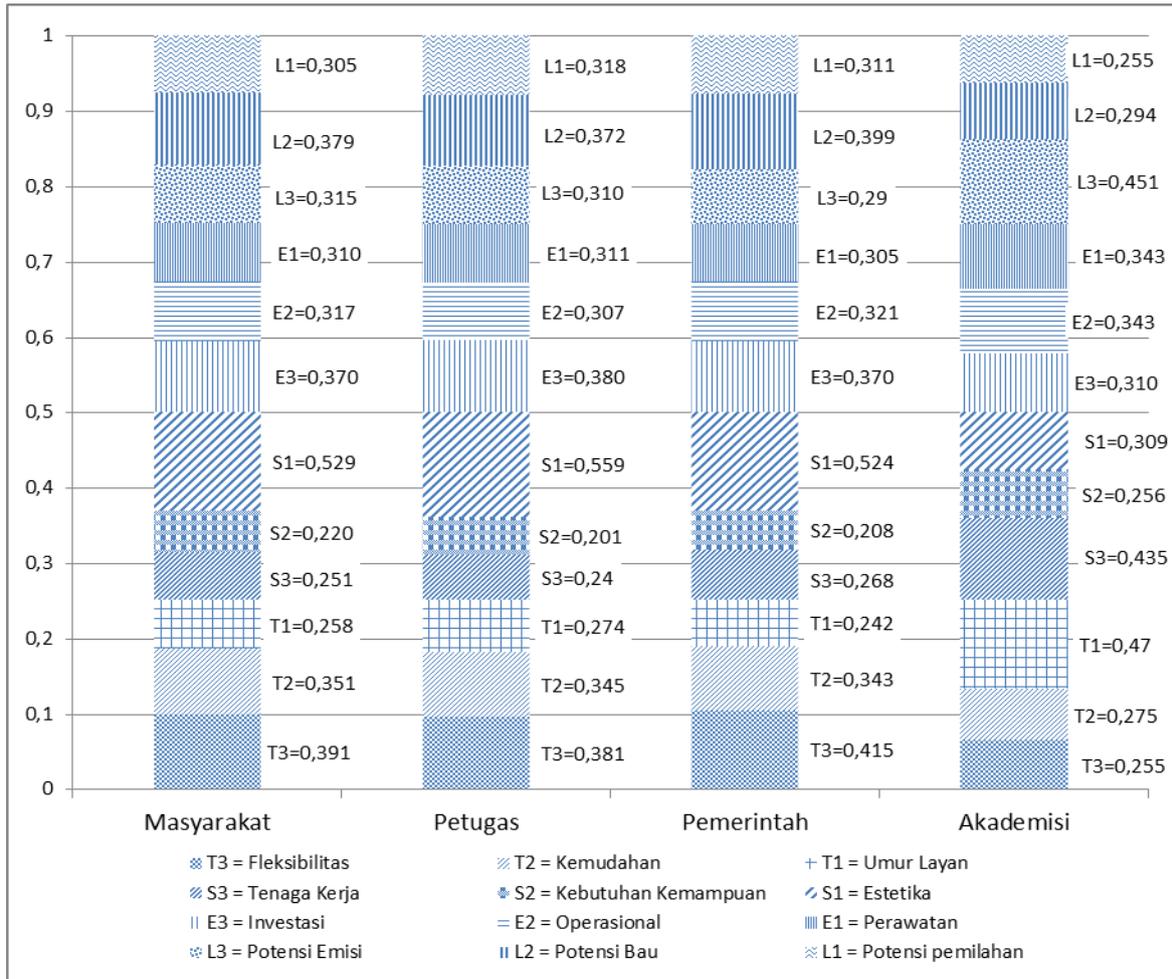
ternormalisasi yang paling baik, disusul truk dan gerobak. Pola yang sama didapat untuk parameter efisiensi. Setelah hasil dari kedua metode (AHP dan TMS) dinormalisasi maka selanjutnya dilakukan simulasi pembobotan untuk setiap hasil AHP dan TMS tersebut.

Terdapat 3 simulasi pembobotan dilakukan yang dapat dilihat pada **Tabel 7** berikut. Pembobotan untuk setiap parameter dapat dimodifikasi sesuai dengan pertimbangan pengambil keputusan pemilihan alat pengumpul sampah.

Untuk paper ini, setiap simulasi menempatkan suatu parameter memiliki bobot yang jauh lebih dominan dibandingkan bobot parameter yang lain. Sebagai contoh, simulasi 1 menempatkan parameter multikriteria yang didapat dari metode AHP memiliki bobot yang dominan (yaitu 70%) dibandingkan bobot untuk parameter lainnya (yaitu masing-masing sebesar 15%). Hasil dari ketiga simulasi tersebut dapat dilihat pada **Tabel 8** berikut.

Dari Tabel 8 tersebut terlihat bahwa becak motor akan tetap terpilih sebagai alat pengumpul sampah yang paling baik untuk semua simulasi pembobotan. Akan tetapi alat pengumpul kedua yang terbaik akan berbeda untuk setiap simulasi. Simulasi pertama menempatkan gerobak sebagai prioritas alat pengumpul sampah, disusul oleh truk. Sedangkan untuk simulasi kedua dan ketiga menempatkan truk sampah sebagai alat pengumpul kedua yang terbaik, disusul oleh gerobak sampah.

Hasil setelah pembobotan untuk penggabungan kedua metode tersebut akan menghasilkan urutan prioritas yang berbeda dibandingkan bila hanya mempertimbangkan salahsatu metode saja. Penggabungan kedua metode dapat mengakomodir pengambil keputusan yang ingin menggabungkan metode pendekatan yang berbeda dalam satu simulasi. Metode AHP lebih bersifat kualitatif berdasarkan persepsi stakeholder, sedangkan metode TMS lebih bersifat kuantitatif berdasarkan pengukuran riil di lapangan. Dengan penggabungan kedua metode tersebut diharapkan dapat diperoleh alat pengumpul sampah yang memang paling optimal untuk kondisi suatu kota.



Gambar 7. Perbandingan Bobot Subkriteria Tiap Kelompok Responden

Tabel 6. Normalisasi Hasil dari Metode TMS

No.	Parameter	Hasil dari TMS			Normalisasi Hasil TMS			Total Nilai Ternormalisasi
		Gerobak	Becak Motor	Truk	Gerobak	Becak Motor	Truk	
1.	Kecepatan	18,85	56,32	30,12	0,179	0,535	0,286	1
2.	Efisiensi	28,02	49,53	36,55	0,246	0,434	0,320	1

Tabel 7. Pembobotan Metode AHP dan TMS

Metode	Parameter	Pembobotan Simulasi ke- (%)		
		1	2	3
AHP	Multikriteria	70%	15%	15%
TMS	Kecepatan	15%	70%	15%
	Efisiensi	15%	15%	70%

Tabel 8. Hasil Simulasi Pembobotan Metode AHP dan TMS

Metode	Parameter	Alat pengumpul			Hasil Simulasi 1			Hasil Simulasi 2			Hasil Simulasi 3		
		Gerobak	Becak Motor	Truk	Gerobak	Becak Motor	Truk	Gerobak	Becak Motor	Truk	Gerobak	Becak Motor	Truk
AHP	Multikriteria	0,381	0,356	0,263	0,267	0,249	0,184	0,057	0,053	0,039	0,057	0,053	0,039
TMS	Kecepatan	0,179	0,535	0,286	0,027	0,080	0,043	0,125	0,374	0,200	0,027	0,080	0,043
	Efisiensi	0,246	0,434	0,320	0,037	0,065	0,048	0,037	0,065	0,048	0,172	0,304	0,224
	Total				0,330	0,395	0,275	0,219	0,493	0,288	0,256	0,438	0,307

#### 4. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan dapat diambil dari hasil penelitian yang telah dilakukan, antara lain:

1. Pemilihan alat pengumpul sampah yang paling baik untuk suatu wilayah dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, baik yang sifatnya kualitatif maupun kuantitatif. Secara kualitatif dapat didekati dengan metode AHP, sedangkan secara kuantitatif dapat diukur melalui pengukuran lapangan dengan metode TMS.
2. Secara kualitatif, berbagai macam kelompok stakeholder memiliki preferensi (kriteria dan sub kriteria) yang berbeda dalam pemilihan alat pengumpul sampah yang paling baik. Secara global, hasil AHP gabungan stakeholder di Kota Payakumbuh menunjukkan urutan prioritas dalam pemilihan alat pengumpul sampah adalah gerobak, disusul oleh truk, dan becak motor.
3. Secara kuantitatif pengukuran di lapangan dengan menggunakan metode TMS, didapat hasil bahwa baik dari parameter kecepatan (meter/menit) maupun efisiensi (kg/menit) didapat urutan prioritas pemilihan alat pengumpul sampah di Kota Payakumbuh adalah becak motor, disusul oleh truk dan gerobak.
4. Untuk menggabungkan hasil AHP dan TMS, metode pembobotan dapat diaplikasikan dengan menempatkan bobot yang berbeda untuk setiap parameter multikriteria, kecepatan dan efisiensi. Pengambil keputusan dapat mengambil proporsi bobot yang berbeda untuk setiap parameter.

#### DAFTAR PUSTAKA

Alfons, A.B. dan T. Padi. 2018. Multi-Criteria Analysis for Selecting Solid Waste Management Concept, Case Study: Rural Area Lake Region, Jayapura. Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology, 2(1): 88-101.

Arazo, R.O. 2007. Efficiency of the Solid Waste Management System of MOSCAT. Los Banos: Phillipine Council for Agriculture, Forestry and Natural Resources Research and Development, Los Banos, Laguna (Phillipine) Department of Science and Technology.

Aremu, A.S. and J.R. Mihelcic, B.F. Sule. 2011. Trip Time Model for Municipal Solid Waste Collection Applicable to Developing Countries. Journal Environmental Technology, 32(15): 1749-1754.

Astuti, P. dan T.G. Amran, Hardono. 2011. Pemilihan Alternatif Pengelolaan Sampah dengan Metode ANP dan BOCR di Dinas Kebersihan Propinsi DKI Jakarta. Jurnal Teknik Industri, 6(1): 87-94.

Beni, M.T. dan I.G.B. Arjana, R. Ramang. 2014. Pengaruh Faktor-Faktor Sosial-Ekonomi Terhadap Perilaku

Pengelolaan Sampah Domestik di Nusa Tenggara Timur. Jurnal Ilmu Lingkungan, 12(1): 1-11.

Chaerul, M. dan A. Susangka. 2011. Pemilihan teknologi Pengomposan Sampah Kota dengan Pendekatan Analytic Hierarchy Process. Jurnal Purifikasi ITS, Vol. 12 No. 1 Juli 2011. Hal 71-78.

Chamdra, S. dan M.R. Pellokila, R. Ramang. 2015. Analisis Pengolahan Sampah di Kupang dengan Proses Hirarki Analitik dan Metode Valuasi Kontingensi. Jurnal Manusia dan Lingkungan, 22(3): 350-356.

Chi, N.K. and N.M. Tam, D.N. Phuog. 2010. Study Method on Time and Motion of Solid Waste Collection and Transportation: nCase Study in 6 Sites of Hanoi. Vietnam Journal of Science and Technology, 48(2): 79-89.

Dang, N.H. and L.T. Tuong Vi, T.V. Chi Mai, Y. Matsui. 2018. Scenario Analysis on Operation Efficiency for Waste Collection and Transport: A case study in Da Nang City, Vietnam. Journal of Environmental and Social Sciences, 5(1): 134-148.

Dinas Lingkungan Hidup Kota Payakumbuh. 2017. Pengelolaan Persampahan dan Kebersihan.

Essien, O.E and J.C. Udo. 2013. Estimating Time Loss Effects on Municipal Solid Waste Collection Using Haul Container System in Uyo Nigeria. American Journal of Engineering Research, 2(10): 369-377.

Hung, M.L and H.W. Ma, W.F. Yang. 2007. A Novel Sustainable Decision Making Model for Municipal Solid Waste Management. Waste Management, 27(2): 209-219.

Irawan, A.B., dan A.R.A. Yudono. 2014. Studi Kelayakan Penentuan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPA) di Pulau Bintan Propinsi Kepulauan Riau. Jurnal Ilmu Lingkungan, 12(1): 1-11.

Milutinovic, B. and G. Stefanovic, M. Dassisti, D. Markovic. 2014. Multi-criteria Analysis As A Tool For Sustainability Assessment of A Waste Management Model. Energy, 74: 190-201.

Nurdiani, D.A. 2017. Studi Efisiensi Sistem Pengumpulan dan Pemandahan Sampah di Kota Bandung dengan Pendekatan Time Motion Study. Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Rochaeni, A. and E. Damanhuri, A. Azmi. 2013. Time and Motion Study for Solid Waste Collecting System by Handycart in KPAD Residential Bandung City. Proceeding of International Conference on Sustainable Infrastructure and Built Environment (SIBE), Faculty of Civil and Environmental Engineering, ITB. 19-20 November 2013.

Saaty, T.L. 2004. Decision Making-The Analytic Hierarchy and Network Process. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 13(1): 1-35.

UPTD Pengelolaan Sampah Provinsi Sumatera Barat. 2014. Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Regional Provinsi Sumatera Barat.