

## ANALISIS MODEL DINAMIK DALAM PENGANGKUTAN SAMPAH DI KOTA BANGKALAN

**Sarah Agustina Zalukhu dan Mohammad Mirwan**

Prodi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

e-mail : [agustina.zalukhu@gmail.com](mailto:agustina.zalukhu@gmail.com)

### ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jumlah armada pengangkutan sampah yang ditinjau dari aspek teoritis dengan menggunakan model dinamik. Penelitian ini dilakukan dengan simulasi model untuk mengetahui sistem pengangkutan sampah pada sarana saat ini dengan pengolahan data aktual. Untuk dapat menyempurnakan efisiensi perencanaan pada sistem pengangkutan sampah dilakukan skenario hasil 5 tahun mendatang. Parameter yang digunakan untuk mendapatkan hasil jumlah armada pengangkutan sampah ialah parameter jumlah penduduk, timbulan sampah, jarak tempuh, usia armada, kapasitas truk, ritasi dan kondisi TPA. Proses menjalankan simulasi model pada skripsi ini digunakan alat bantu berupa software STELLA agar dapat memberikan hasil jumlah armada juga kebutuhan ritasi untuk pengangkutan sampah. Dari hasil simulasi model jumlah armada yang didapat yaitu 11 unit truk yang berkapasitas 6 m<sup>3</sup> dengan kebutuhan ritasi perhari sebanyak 19 ritasi. Pengadaan armada untuk perencanaan sistem pengangkutan sampah dilakukan penambahan armada 2 tahun sekali atau dengan penambahan ritasi sebagai pengoptimalan pelayanan.*

**Kata kunci :** *Pengangkutan sampah, model dinamik dan software STELLA*

### ABSTRACT

*This study aims to determine the amount of waste transportation fleets were evaluated from the theoretical aspects by using a dynamic model. This research was conducted with simulation models to determine the waste transport system at this time means the actual data processing. In order to enhance the efficiency of the system of waste transportation planning is done scenario results next 5 years. The parameters used to obtain the results of waste transport fleet size is a parameter of population, waste generation, mileage, age of the fleet, the capacity of the truck, ritasi and landfill conditions. The process of running the simulation in this thesis is used tools such as STELLA software in order to deliver the results of the fleet also needs ritasi for waste transportation. From the results of the simulation model of the fleet were obtained are 11 trucks with a capacity of 6 m<sup>3</sup> per day ritasi needs as much as 19 ritasi. Fleet procurement for waste transportation system planning to do additional fleet of 2 years, or with the addition of ritasi as optimization services.*

**Keywords:** *Transportation of waste, the dynamic model and software STELLA*

## PENDAHULUAN

Kota Bangkalan dapat dikatakan adalah kota yang saat ini dalam proses pengembangan. Kota Bangkalan memiliki potensi yang cukup baik ke depannya dikarenakan Kota Bangkalan adalah pintu masuk pulau Madura. Perkembangan kota yang terus berjalan diiringi dengan meningkatnya jumlah penduduk, total penduduk di Kota Bangkalan sebanyak 79.091 jiwa (BPS Bangkalan 2013). Dengan banyaknya penduduk Kota Bangkalan tidak dapat terhindari dari masalah persampahan, hal ini akan berdampak pada meningkatnya timbulan sampah maka pengelolaan sampah yang baik sangat diperlukan agar tidak terjadi penurunan kualitas lingkungan akibat masalah tersebut.

Pengangkutan sampah adalah sub-sistem persampahan yang bertugas membawa sampah dari lokasi pemindahan atau dari sumber sampah secara langsung menuju Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Kota Bangkalan memiliki 13 kelurahan. Rata – rata masyarakat Kota Bangkalan membuang sampah 2,5 m<sup>3</sup>/hari (BLH Bangkalan 2016). Banyaknya sampah yang dihasilkan namun masih kurang didukung oleh sarana dan prasarana yang ada.

Tujuan penelitian ini adalah Untuk menentukan jumlah armada pengangkutan sampah yang ditinjau dari aspek teoritis di Kota Bangkalan dengan menggunakan model dinamik.

Menurut Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 33 Tahun 2010 tentang Pedoman Pengelolaan Sampah, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat yang terdiri atas sampah rumah tangga maupun sampah sejenis sampah rumah tangga. Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 33 Tahun 2010, Pengelolaan

sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi perencanaan, pengurangan dan penanganan sampah dimana bertujuan untuk meningkatkan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan serta menjadikan sampah sebagai sumber daya. Penanganan sampah ialah perlakuan terhadap sampah untuk memperkecil atau menghilangkan masalah yang ada kaitannya dengan lingkungan, yang dapat berbentuk membuang sampah saja atau mengembalikan (*recycling*) sampah menjadi bahan - bahan yang bermanfaat (Tato, 2012).

## Teknik oprasional pengelolaan sampah

Teknik oprasional pengelolaan sampah terdiri dari pewadahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan dan pemrosesan akhir sampah. Pada sistem pewadahan sampah ditempatkan sesuai dengan karakteristiknya yaitu menurut jenis, bentuk, sifat dan pengadaan. Pola pewadahannya ada 2 yaitu pola individual dan pola komunal baik secara langsung atau tidak langsung. Sistem pengumpulan sampah memiliki pola individual dan komunal baik secara langsung atau tidak langsung, untuk perencanaan oprasional pengumpulan perlu diperhatikan rotasi pengumpulann antara 1 – 4 kali/hari dengan perodesasi 1 hari, 2hari atau maksimal 3 hari sekali tergantung komposisi sampahnya. Pada penyediaan prasarana dan sarana pengumpulan perlu diperhatikan jenis dan volume sarana pengumpulan. Untuk menghitung kebutuhan alat pengumpul ada beberapa perumusan yaitu :

- Menghitung jumlah alat angkut secara langsung (truk)
 
$$\frac{(T_s \text{ Jalan} + T_s \text{ Taman})/\text{hari}}{\text{Kapasitas truk} \times 1,2 \times \text{ritasi}}$$

Sumber : Lampiran II Peraturan Menteri PU,2013

Pengolahan sampah dilakukan dengan meliputi kegiatan pemadatan, pengomposan, daur ulang dan mengubah sampah menjadi sumber energi. Teknologi pengolahan yang diterapkan dapat berupa energi pengolahan secara fisik, kimia, biologis, termal maupun teknologi lainnya. Teknologi fisik berupa pengurangan ukuran sampah (pencacahan), pemadatan, pemisahan secara magnetis, massa-jenis dan opik. Teknologi pengolahan secara kimia berupa pembubuhan bahan kimia atau bahan lain agar memudahkan proses pengolahan selanjutnya. Teknologi pengolahan secara biologis berupa pengolahan secara aerobik dan/atau secara anaerobik seperti proses pengomposan dan biogasifikasi. Teknologi pengolahan secara termal berupa insenerasi, pirolisis dan gasifikasi serta pengolahan sampah dapat pula dilakukan dengan menggunakan teknologi lain sehingga dihasilkan bahan bakar. Tempat pembuangan akhir sampah (TPA) merupakan sarana fisik untuk berlangsungnya kegiatan pembuangan akhir sampah berupa tempat yang digunakan untuk mengkarantinakan sampah kota secara aman

### **Sistem Pengangkutan sampah**

Pemindahan dan pengangkutan sampah dimaksudkan sebagai kegiatan operasi yang dimulai dari titik pengumpulan terakhir dari suatu siklus pengumpulan sampai ke TPA atau TPST pada pengumpulan dengan pola individual langsung atau dari tempat pemindahan/penampungan sementara (TPS, TPS 3R, SPA) atau tempat penampungan komunal sampai ke tempat pengolahan/pembuangan akhir (TPA/TPST). Metoda pengangkutan serta peralatan yang akan dipakai tergantung dari pola pengumpulan yang dipergunakan. Sedangkan pelaksana adalah pengelola kebersihan dalam suatu

kawasan atau wilayah, badan usaha dan kemitraan. Sangat tergantung dari struktur organisasi di wilayah yang bersangkutan (Lampiran II, Permen PU, 2013).

### **Model Dinamik**

Model dinamika sistem mencakup seperangkat metode konseptual dan numerik yang digunakan untuk memahami struktur dan perilaku sistem yang kompleks dari waktu ke waktu. Selain itu, pemodelan berguna membuat integrasi pemodelan menjadi sederhana. Permodelan sistem dinamik dapat membantu manusia untuk melihat sistem secara keseluruhan (Fuchs, 2006). Selain itu, model dinamik juga dapat dihubungkan dengan aspek kualitatif dalam konteks waktu skala panjang sehingga dapat mewakili fenomena yang terjadi dibandingkan dengan model *time series* lainnya (Neto, 2006)

### **Langkah Perumusan Model**

Pemodelan sistem dinamik dapat memanfaatkan prosedur lima langkah untuk merumuskan model yaitu diagram *causal loop* digunakan untuk mengurangi kompleksitas sistem dalam kajian dan sangat penting bagi pelaku keseluruhan sistem. *Stock-flow* biasanya dikembangkan berdasarkan pada *causal loop* dan divisualisasikan melalui perangkat lunak profesional untuk simulasi kuantitatif, penting untuk membangun kepercayaan di dalamnya. Serangkaian tes karena itu telah disarankan untuk validasi model sistem dinamik. Setelah melalui tiga langkah pengujian, disepakati bahwa model dapat diandalkan untuk analisis dasar menjalankan simulasi dan analisis skenario. Analisis simulasi untuk membantu memahami sistem apa adanya sedangkan analisis skenario menawarkan wawasan alternatif pengelolaan yang berpotensi akan memperbaiki perilaku

sistem saat ini (Yuan dalam Agustia, 2013).

### Simulasi Model dengan Software

Perancangan model dirancang berdasarkan proses visualisasi yang memungkinkan pembuatan model membuat konsep, mendokumentasikan, mensimulasikan dan menganalisis model sistem dinamik. Software yang digunakan memberikan cara yang lebih fleksibel untuk membangun berbagai model simulasi dari *causal loop* atau *stock-flow* diagram.

Ikonografi yang ada disusun untuk mensimulasi proses dinamik dari suatu sistem. *Stock* mewakili penjumlahan dari sebuah komponen sistem, baik secara spasial maupun temporal (misalnya populasi, limbah yang dihasilkan). *Flow* menyatakan komponen mengalir kedalam atau keluar dari *stock* dan *converter* memodifikasi tingkat perubahan dan konversi satuan (Dyson, 2005).

### Batasan Penyusunan Model

Batasan sistem (*system boundary*) menggambarkan sifat-sifat yang diciptakan di dalam keadaan batas tanpa tergantung faktor luar. (Wahid, 2015).

Pada setiap membuat model perlu diperhatikan batasan yang digunakan pada model, berikut adalah batasan yang digunakan pada penelitian ini :

- a. Rute pengangkutan sampah  
Rute pengangkutan yang digunakan ialah rute yang melayani Kota Bangkalan.
- b. Ritasi pengangkutan sampah  
Yang memiliki 19 kebutuhan ritasi perhari dengan rit (rotasi) pengangkutan 2 - 3 kali yang disesuaikan dengan timbulan sampah yang dihasilkan.
- c. Waktu pengangkutan sampah

Waktu pengangkutan sampah perlu memperhatikan tingkat kepadatan lalu lintas. Ada 2 shif pagi dan sore.

- d. Kapasitas truk  
Kapasitas truk yang digunakan 6 m<sup>3</sup> karena hanya truk yang berkapasitas tersebut saja yang dapat menuju ke lokasi TPA.
- e. Usia truk pengangkutan  
Usia teknis truk 5 – 7 tahun, dimana truk harus diganti maksimal pada usia 10 tahun dengan perawatan jika penggunaan truk yang setiap hari harus mengangkut dengan jarak  $\geq 30$  km.
- f. Jarak tempuh pengangkutan sampah  
Jarak tempuh pengangkutan sampah disesuaikan dengan rute pengangkutan juga lokasi menuju TPA.
- g. Pola pengumpulan dan pengangkutan  
Pada pola pengumpulan dan pengangkutan digunakan pola individual manual (*door to door*). model
- h. Pembiayaan  
Biaya perlu direncanakan pada konsep pemodelan. Sistem perencanaan pembiayaan digunakan untuk menentukan alternatif perencanaan hasil pemodelan yang lebih efisien.

### METODE PENELITIAN

#### Peralatan dan Bahan

Penelitian ini menggunakan model dinamik dengan alat perangkat lunak profesional yaitu *software Stella*. Pada penelitian ini menggunakan bahan berupa data primer dan data sekunder sebagai berikut :

Data primer :

- a. Jumlah dan kelayakan armada pengangkutan di Kota Bangkalan.
- b. Rata-rata jarak tempuh pengangkutan sampah di Kota Bangkalan.
- c. Lokasi TPA Kota Bangkalan.



Data sekunder :

- a. Sistem pengelolaan sampah Kota Bangkalan.
- b. Jumlah penduduk Kota Bangkalan
- c. Jumlah timbunan sampah di Kota Bangkalan.
- d. Ritasi pengangkutan sampah di Kota Bangkalan.
- e. Kapasitas Armada Pengangkutan.
- f. Data armada pengangkutan sampah di Kota Bangkalan

### Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jumlah armada pengangkutan sampah Kota Bangkalan menggunakan model dinamik dengan *software Stella*. Penelitian dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Klik *Start – All Program –Stella*. Pilih Halaman “ Model” pada *stella* untuk memulai simulasi model dengan menggunakan icon yang ada, seperti pada gambar berikut
- b. Double klik pada icon *stock, flow, dan converter* untuk mengubah nama icon, seperti :  
*Stock* = Jumlah Armada  
*Flow* = tingkat penambahan dan pengurangan armada  
*Converter* = sistem (variable) yang berpengaruh terhadap *stock*
- c. Klik *connector* – klik pada icon yang saling berhubungan (contoh: jumlah armada dengan total armada)
- d. Double klik pada icon *stock, flow, dan converter* untuk memasukan model dengan data yang dimiliki. Contoh : pada tingkat penambahan armada isi dengan nominal yang didapat dari data.
- e. Isi semua dengan model data yang dimiliki hingga tidak ada tanda (?) pada icon agar model bisa dijalankan. Persamaan model pada icon yang sudah terisi dapat dilihat pada equation.

- f. Klik icon Grafik (  ) pada halaman kerja, lalu double klik pada grafik untuk memasukkan variable yang akan ditampilkan pada grafik. Untuk mengeluarkan hasil model pada grafik “Ctrl R”.
- g. Klik icon table (  ) , untuk mengeluarkan hasil pemodelan dengan table. Cara mengeluarkan hasil running sama dengan grafik yaitu “ Ctrl R”.
- h. Setelah hasil *running* sudah didapat dilakukan verifikasi dan validasi model, dengan memilih menu “ *Run* “ lalu pilih “*Check unit*” maka akan keluar pernyataan pada gambar dibawah ini, setelah itu bisa dilanjutkan verifikasi model.
- i. Setelah semua simulasi di “*check unit*” lalu di verifikasi, sebelum itu data di *save* dan di backup. Selanjutnya buka kembali *software stella* klik *file - open* – pilih file *stella* yang sebelumnya sudah di *save* dengan menekan “*shift*” bersamaan dengan mengklik file. maka akan keluar icon seperti pada gambar, lalu pilih “*Verify/Repair Model*” klik OK. Setelah klik “*ok*” pada *model diagnostic options* maka selanjutnya klik “*start*” pada *model verification*. Simulasi model dikatakan valid oleh software jika hasil *model verification* seperti pada gambar diatas.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil running model untuk mengetahui jumlah armada pengangkutan sampah yang sesuai untuk pengoptimalan pelayanan ialah :

**Tabel 1** Pengaruh timbulan sampah terhadap jumlah armada dan kebutuhan ritasi

Thn	Timbulan m <sup>3</sup>	Jumlah Armada	
		Kondisi Eksisting	hasil running
2016	290	9	11
		Kebutuhan Ritasi	
		19	19

Output hasil running yang ditunjukkan tabel 1 bahwa jumlah armada pada kondisi eksisting dengan hasil *running* memiliki perbedaan. Perbedaan terlihat pada jumlah armada yang seharusnya melayani pengangkutan sampah di kota Bangkalan ialah 11 armada (truk), maka jika disesuaikan dengan hasil *running* perlu adanya penambahan 2 armada (truk) pengangkutan sampah di Kota Bangkalan. Penambahan 2 armada tersebut disebabkan karena timbulan sampah yang meningkat hingga menurut model perlu adanya penambahan armada namun pada output juga dihasilkan kebutuhan ritasi. Pada hasil lainnya dapat diketahui juga kebutuhan ritasi yang sesuai dengan timbulan yang ada di Kota Bangkalan. Jumlah armada dan kebutuhan ritasi yang sudah diketahui pada hasil *running* digunakan sebagai acuan untuk simulasi model pada skenario hasil untuk 5 tahun mendatang. Hasil penelitian yang didapat pada hasil running model dengan dibuat skenario untuk mengetahui kebutuhan armada yang sesuai pada pelayanan untuk perencanaan 5 tahun mendatang di Kota Bangkalan dengan bantuan *software stella* dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 2** Pengaruh jumlah penduduk terhadap timbulan samoah, jumlah penduduk dan kebutuhan ritasi

NO	Tahun	Jumlah penduduk	Timbulan (m <sup>3</sup> )	Jumlah armada (truck)	Kebutuhan ritasi
1	2015	80880	185	11	15
2	2016	81786	290	11	19
3	2017	82702	455	12	30
4	2018	83628	713	12	48
5	2019	84565	1103	13	74
6	2020	85512	1725	13	115

Dari proyeksi jumlah penduduk dilakukanlah proyeksi terhadap timbulan sampah di tahun mendatang hal ini merupakan dasar dari perencanaan, perancangan dan pengkajian sistem pengelolaan pesampahan. Variasi ini terutama disebabkan karena jumlah penduduk yang meningkat yang menyebabkan, tingkat hidup masyarakat yang makin besar, cara hidup dan mobilisasi penduduk (Damanhuri, 2008). Oleh sebab itu dari faktor utama yaitu jumlah penduduk yang meningkat sangat berpengaruh pada variabel lain yang dihasilkan. contoh peningkatan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.

Hasil output model didapat jumlah armada yang sesuai dengan timbulan sampah yang dihasilkan, maka dari output tersebut dilakukan simulasi kembali dengan bantuan *software stella* untuk mengetahui output hasil 5 tahun kemudian. Hasil skenario jumlah penduduk 5 tahun mendatang pada gambar 1 yang meningkat hingga seperti membentuk siku yang menunjukkan semakin naik dari tahun ke tahun.



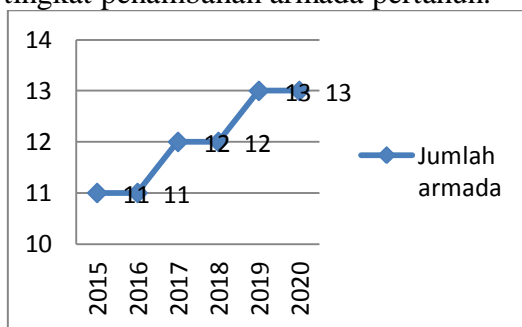
**Gambar 1** Grafik hubungan tahun proyeksi terhadap jumlah penduduk

Simulasi model pada gambar 2 menggunakan variabel jumlah penduduk dan timbulan sampah yang memiliki hubungan *causal loop* positif, logika ini kemudian ditampilkan pada gambar 2. Simulasi model dua variabel ini menunjukkan pola identik yaitu semakin naik dari tahun ke tahun.



**Gambar 2** Grafik hubungan tahun proyeksi terhadap jumlah penduduk dan timbulan sampah

Faktor yang mempengaruhi yaitu faktor laju pertumbuhan dari sektor industri, perdagangan, pertanian, dan pertumbuhan ekonomi. Hasil gambar grafik diatas merupakan hasil dari running model yang dapat dilihat hasilnya pada tabel 2. Selain jumlah penduduk dan timbulan sampah yang menunjukkan hasil dengan pola identik ada juga kebutuhan armada yang mengalami kenaikan kebutuhan yang sama. Kenaikan ini otomatis terjadi karena timbulan sampah yang meningkat di tiap tahunnya dan juga adanya variabel tingkat penambahan armada pertahun.



**Gambar 3** Grafik hubungan tahun proyeksi dengan jumlah armada pengangkutan sampah Ketersediaan armada yang cukup merupakan salah satu faktor yang mendukung dalam perencanaan

pengangkutan sampah. Kebutuhan armada yang meningkat setiap tahunnya mengakibatkan meningkat pula pelayanan pengangkutan sampah yang ada di Kota Bangkalan. Peningkatan armada terjadi 2 tahun sekali, hal tersebut membantu pengoptimalan pelayanan. Hasil peningkatan armada dari tahun 2016 hingga 2020 dapat dilihat pada tabel 2. Sarana pengumpulan dan pengangkutan sampah harus sesuai dengan kondisi setempat juga memperhatikan ketentuan dan pedoman yang berlaku dengan sistem pelayanan persampahan yang tersedia (Lampiran II Permen PU, 2013).

### KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan data dan pembahasan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan model dinamik yang ada pada simulasi model ini bertujuan untuk penyempurnaan sistem pengangkutan sampah Kota Bangkalan dengan data – data yang akurat karena didapat dari dinas terkait. Model dinamik mampu menentukan jumlah armada pengangkutan sampah yang efisien dalam pelayanan pengangkutan sampah menuju TPA dan jumlah armada yang dibutuhkan untuk pengoptimalan pelayanan pengangkutan sampah memerlukan 11 unit armada yang dibutuhkan untuk mengangkut sampah sebanyak 290 m<sup>3</sup>.
2. Jumlah armada pengangkutan sampah yang sesuai pelayanan mempengaruhi juga atas kebutuhan ritasi di Kota Bangkalan, namun kebutuhan ritasi di Kota Bangkalan setelah di dapat hasil sudah efisien dengan timbulan sampah yang ada yaitu ada 19 ritasi.
3. Hasil dari running model di proyeksi agar mengetahui perencanaan jumlah armada dan kebutuhan ritasi yang efisien dengan peningkatan

jumlah penduduk dan timbulan sampah untuk 5 tahun mendatang di Kota Bangkalan. Peningkatan armada dapat dilakukan 2 tahun dengan pengadaan 1 armada pengangkutan sampah.

### Saran

Saran untuk menyempurnakan penelitian sebagai berikut :

1. Sebaiknya dilakukan pengoptimalan armada pengangkutan sampah dari Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Bangkalan agar pelayanan pengangkutan sampah lebih optimal. Namun jika tidak memungkinkan untuk penambahan armada bisa dilakukan dengan penambahan ritasi pengangkutan atau bisa juga jika dilihat dari aspek pembiayaan dengan penambahan SDM (personil) pengangkutan agar lebih efisien dan murah.
2. Pada pemodelan perlu memperhatikan beberapa hal yaitu rute pengangkutan, ritasi, jarak tempuh, kondisi jalan, waktu pengangkutan, pola pengumpulan dan pengangkutan, usia armada, dan aspek biaya. Hal ini sangat perlu agar dapat mengatasi kendala yang akan dihadapi pada batasan atau pun kondisi eksisting.
3. Dalam menentukan jumlah pengangkutan armada sebaiknya tidak mengabaikan kondisi eksisting, batasan model dan memperhatikan syarat pengangkutan sampah yang sesuai, juga tetap melibatkan sistem operasional pengolahan sampah yang berhubungan dengan pengangkutan yaitu sistem pengumpulan.
4. Dalam menggunakan model dinamik untuk pengolahan data dan *running* model perlu hati-hati dalam *input* data dan simulasi model karena satu kesalahan *input* saja akan mempengaruhi hasil *running* dan hasil *output*.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agustia, Y. P. (2013). *Model Sistem Dinamik pada Pengembangan Pengelolaan Sampah Kecamatan Gubeng Kota Surabaya*. Thesis. Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Badan Lingkungan Hidup Kota Bangkalan. (2016). *Timbulan sampah per hari*.
- Badan Pusat Statistik Kota Bangkalan (2013). *Bangkalan dalam angka*.
- Barlas, Y. (1996). Formal Aspects of Model Validity and Validation in System Dynamics. *System Dynamics Review*, 12, 183-201.
- Damanhuri, E Dan Tri Padmi. (2008), *Diktat Kuliah Pengelolaan Sampah Bagian 2 Sumber, Karakteristik dan Timbulan Sampah*. Program Studi Teknik Lingkungan FTSL, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Fuchs, H. U. (2006). System Dynamics Modeling In Science and Engineering. *System Dynamics Conference at the University of Puerto Rico Resource Center for Science and Engineering*. Mayaguez.
- Kementerian Pekerjaan Umum (2013). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Lampiran II Tahun 2013, *Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*.
- Neto, A. D. C. L., Legey, L. F. L., Araya, M. C. G., Jablonski, S. (2006). A System Dynamics Model for the Enviromental Management of the Sepetiba Bay Watershed, Brazil *Enviromental Manage* 38, 879-888.
- Tato. S. (2012). Analisis Sistem Pengelolaan Sampah di



- Perumahan Bumi Tamalarea Permai (BTP) Kota Makasar.
- Wahid, Abdul. (2015). *System Dynamics*. Pengantar Sistem Dinamik. Departemen Teknik Gas dan Petrokimia FTUI. Universitas Indonesia.
- Yunita. A. T. (2014). *Alternatif Sistem Pengangkutan Sampah Kota Tuban dengan Stagecoach Dynamic Programing*. Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional, Jawa Timur.