

# Pengembangan Model dan Simulasi Berbasis Agen untuk Adopsi Layanan Bank Sampah di Kota Semarang

Halim Qista Karima<sup>1</sup>, Bertha Maya Sopha<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
JL. Grafika No.2, Yogyakarta, 55281

Penulis untuk Korespondensi/E-mail: halim.qista.k@mail.ugm.ac.id

**Abstrak** - Pemerintah Kota Semarang melakukan pembentukan bank sampah untuk menekan jumlah sampah di tempat pembuangan akhir. Masih banyak masyarakat di Kota Semarang yang belum mengikuti program tersebut. Pada penelitian ini dilakukan pemodelan untuk meningkatkan partisipasi masyarakat dalam mengelola sampah. Keikutsertaan masyarakat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu *intention*, *social norm*, jarak menuju *recyclingsiteagent* dan *outcome*. *Intention* seseorang dalam melakukan pengelolaan sampah secara signifikan dipengaruhi oleh *awareness of consequences*, *ascription of responsibility* dan *personal norm*. Pemodelan dan skenario menggunakan metode *agent based modeling*, menghasilkan usulan kebijakan yaitu dengan mendirikan empat bank sampah. Melalui keputusan tersebut mampu menghasilkan 93% partisipasi rumah tangga dalam mengelola sampah dan 2,4 ton sampah yang dikumpulkan hingga periode ke 60 minggu.

**Abstract** - Semarang government has established a Waste Bank to reduce the amount of waste in landfills. There are still many people in Semarang who have not participated in this program. This research modeling aims to increase public participation in managing waste. Public participation is influenced by intention, social norm, and distance to recycling site agents as well as the outcome. An intention to of managing waste is significantly influenced by awareness of consequences, the ascription of responsibility and personal norm. In this study using agent-based modeling. The results obtained from this model and scenarios are the intervention to establishing four Waste Bank. It produced 93% of households participating in managing waste and 2.4 tons of garbage collected in the 60 weeks.

**Keywords** – *Agent-based modeling, Norm Activation Model, Waste Separation Behavior, Bank Sampah, Semarang.*

## PENDAHULUAN

Sampah menjadi permasalahan di beberapa negara termasuk Indonesia. Permasalahan sampah ini dapat dijumpai di beberapa kota besar di Indonesia salah satunya di kota Semarang. Produksi sampah di kota Semarang saat ini mencapai angka 1.200 ton per hari. Hal tersebut menjadi perhatian Pemerintah kota Semarang agar jumlah sampah bisa ditekan. Pengelolaan sampah berbasis masyarakat terus dikembangkan oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH) kota Semarang. Salah satu yang saat ini gencar dilaksanakan adalah pembentukan bank sampah di setiap kelurahan. Hingga saat ini tercatat ada 220 bank sampah di seluruh Kota Semarang. Jumlahnya lebih banyak dari jumlah kelurahan di kota Semarang yaitu 177,

meski demikian belum semua masyarakat kota Semarang mampu ikut berpartisipasi dalam kegiatan bank sampah tersebut [1].

Kota Semarang menunjuk kelurahan Tinjomoyo sebagai kelurahan percontohan peduli sampah. Terdapat tiga bank sampah yang telah didirikan sampai tahun 2019. Pendirian bank sampah sebagai bentuk kegiatan sosial kemasyarakatan, namun tidak dipungkiri bahwa kegiatan tersebut membutuhkan biaya operasional sebagai penggerak kegiatan. Kegiatan tersebut juga diharapkan mampu meningkatkan kesejahteraan / perekonomian pengurus dan anggota bank sampah. Untuk memperoleh pendapatan yang maksimal diperlukan strategi bagi masing-masing bank sampah. Pada tingkatan bank sampah dapat melakukan strategi

penentuan harga dan layanan. Pada tingkatan investor, dapat menambah jumlah bank sampah akan mempermudah akses layanan bagi masyarakat sehingga memperbanyak jumlah partisipasi masyarakat. Namun banyaknya bank sampah juga dapat menimbulkan persaingan antar bank sampah dan mempengaruhi pendapatan antar bank sampah.



Gambar 1. Lokasi Bank Sampah 1, 2 & 3 di Kelurahan Tinjomoyo

Berdasarkan uraian diatas maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini yaitu faktor apa saja yang mempengaruhi perkembangan jumlah partisipasi masyarakat dan kebijakan apa yang efektif untuk meningkatkan pendapatan masing - masing bank sampah, persentase partisipasi masyarakat, dan jumlah sampah yang dapat ditekan. Tujuan dari penelitian ini adalah membangun model simulasi untuk adopsi layanan bank sampah. Mengevaluasi intervensi dan memberi rekomendasi untuk meningkatkan partisipasi masyarakat, pendapatan bank sampah dan jumlah sampah yang dapat ditekan.

Perkembangan model yang menjelaskan tentang *behavior* seseorang dalam melakukan pengelolaan sampah telah berkembang dari segi penentuan *variable* keputusan *behavior* dan metode model estimasi yang digunakan. Beberapa peneliti telah mengkaji variabel penentu keputusan *behavior* seseorang untuk melakukan pengelolaan sampah yaitu dengan menggunakan *Theory Planed Behavior* (TPB), *Norm Activation Model* (NAM) serta kondisi demografis seseorang. Metode estimasi yang digunakan untuk memodelkan *variable* tersebut diantaranya Regresi, *Structural Equation Modeling* (SEM) dan *Agent Based Modeling* (ABM).

Menurut [2] menguji metode TPB, NAM dan *facilities accessibility* untuk menentukan *behavior* seseorang dalam mengelola sampah. *Theory of Planned Behavior* (TPB) menyatakan bahwa selain sikap dan norma subjektif, seseorang juga mempertimbangkan kontrol perilaku [4]. Metode NAM digunakan karena metode tersebut merupakan metode yang menjelaskan tentang kesatuan antara kesadaran, tanggung jawab, dan norma personal yang mempengaruhi intensi dan perilaku individu dalam pro lingkungan [3]. Dari penelitian tersebut dinyatakan bahwa *behavior* signifikan dipengaruhi oleh fasilitas dan stimulus pemerintah dalam menunjang kemudahan melakukan kegiatan tersebut. Kontrol perilaku dalam TPB tidak signifikan mempengaruhi *intention behavior* seseorang. Sedangkan *personal norm* dan *social norm* mempengaruhi terhadap *intention behavior* secara signifikan.

Pada penelitian *behavior* pro lingkungan tidak ada jaminan bahwa seseorang dengan *intention* tinggi maka akan melakukan *behavior* sesuai dengan *intention* [5]. Sehingga untuk memodelkan *behavior* beberapa peneliti menambahkan faktor lain yang mempengaruhi *behavior* seseorang. Pada penelitian [6] menegaskan bahwa *social norms* mempengaruhi secara langsung terhadap *behavior*. Selain itu jarak tempuh menuju *recycling agent* juga menjadi faktor yang mempengaruhi secara langsung. Menurut [7] menjelaskan bahwa jarak penampungan sampah mempengaruhi seseorang untuk membuang sampah, semakin dekat jarak tempat pengolahan sampah maka akan semakin tinggi kemungkinan seseorang melakukan perilaku pengolahan sampah. Selain itu, *outcome* (keuntungan finansial) dari penjualan sampah merupakan faktor yang signifikan mempengaruhi *behavior* seseorang dalam partisipasi kegiatan bank sampah [5].

Menurut [8] telah memodelkan dengan *multi agent based simulation* didasarkan metode TPB dengan faktor keputusan masing-masing jenis *agent* yang berbeda. Menurut [9] bahwa ABM adalah suatu metode untuk mempelajari suatu sistem yang terdiri dari *agent* yang saling berinteraksi dan memunculkan sifat baru karena interaksi dan mampu merepresentasikan individu atau *agent* dalam sebuah sistem sosial yang dinamis. Sifat baru yang muncul tersebut tidak bisa disimpulkan secara sederhana dengan menyatukan semua sifat yang dimiliki oleh *agent*. Menurut [10] telah memodelkan dan mensimulasikan kesediaan seseorang dalam melakukan pengelolaan sampah.

Model simulasi yang telah dibangun yaitu model dengan *multi agent based modeling* yaitu memiliki lebih dari satu jenis *agent* yang dimodelkan yaitu *resident agent*, *environmental sanitation agent* dan *recycling site agent*. *Resident agent* memiliki tiga *behavior* yaitu tidak mengumpulkan sampah, mengumpulkan sampah dan menjual sampah. Didasarkan dengan *Theory Planned Behavior*, ketiga *behavior resident agent* dipengaruhi oleh *cost*, *profit*, *time cost* dan *awareness*.

### METODE PENELITIAN

Subjek penelitian adalah orang-orang yang memiliki kewenangan dalam keluarga dalam mengelola sampah serta keuangan keluarga dan masyarakat yang berdomisili di Kota Semarang. Adapun yang menjadi objek penelitian adalah layanan bank sampah yang berada di Kelurahan Tinjomoyo dan sekitarnya.

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan utama pengerjaan. Berikut tahapan-tahapan yang dilakukan agar tujuan pemodelan tercapai:

#### Model Konseptual

Model konseptual pengambilan keputusan adopsi layanan bank sampah yang bersifat teoritis. Adapun model konseptual yang digunakan pada penelitian ini adalah model konseptual yang didasari penelitian sebelumnya, data empiris dan observasi. Model konseptual selanjutnya disusun pada ODD *protocol*. ODD atau *Overview, Design Concepts, and Detail* merupakan cara mendesain model, serta menggambarkan elemen dari konsep desain yang dibangun dalam *Agent Based Modeling*.

#### Implementasi Model di Net Logo

Pada tahap ini dilakukan proses *coding* dari spesifikasi model yang telah dibangun ke dalam perangkat lunak *Net Logo*.

#### Verifikasi dan Validasi Model

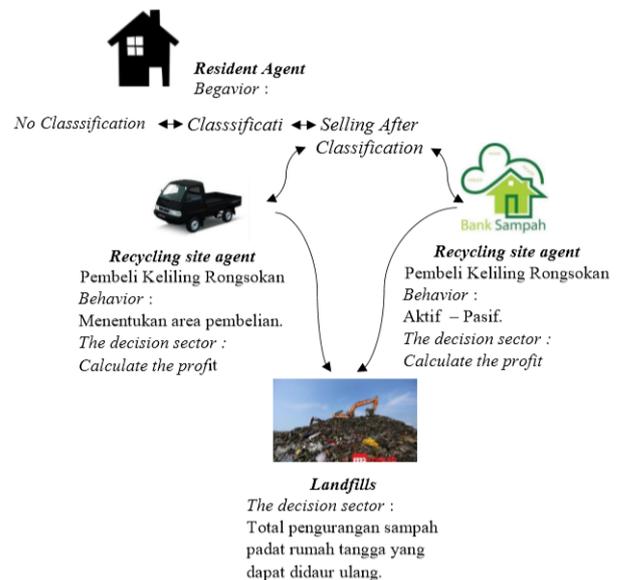
Verifikasi dilakukan untuk melihat kesesuaian implementasi model di *Net Logo* dengan rancangan model. Adapun tes verifikasi yang dilakukan adalah *structural debugging* dan uji kasus sederhana. Kemudian dilakukan validasi model, untuk menguji kepercayaan tingkat *representation* model terhadap sistem nyata. Pengujian model validasi dengan menggunakan *extreme condition test* dan dibandingkan dengan teori terdahulu.

#### Model Skenario

Pada tahapan ini dilakukan uji coba dan analisa skenario mengenai pemilihan jenis intervensi yang dapat dilakukan agar jumlah partisipasi meningkat. Keluaran tahapan ini adalah intervensi yang efektif digunakan untuk memicu perkembangan nasabah bank sampah.

### HASIL PEMBAHASAN

Pemodelan adopsi layanan bank sampah melibatkan beberapa *stakeholder* diantaranya *agent household*, bank sampah dan pengepul keliling. Setiap *agent* memiliki *behavior* masing-masing, dapat dilihat pada Gambar 2,

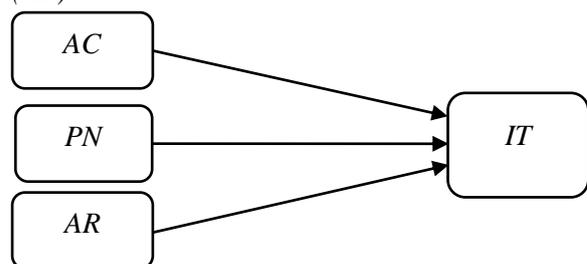


Gambar 2. Model konseptual adopsi layanan Bank Sampah

#### Model Spesifikasi

##### Model Estimasi Nilai Intention

*Norm Activation Model* (NAM) terdiri dari variabel *dependent* yaitu *intention (IT)* dan variabel *independent* yaitu *awareness of consequence (AC)*, *personal norm (PN)* dan *ascription of responsibility (AR)*.



Gambar 3. Model konseptual Norm Activation Model

Berdasarkan pengujian anova diketahui nilai signifikansi pengaruh variabel *independent* terhadap *dependentvariable* secara bersama sama adalah 0,000 lebih kecil dari 0,05. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh *Personal Norm, Awareness of Consequences* dan *Ascription of Responsibility terhadap Intention*. Dari pengujian tersebut, maka diperoleh persamaan regresi linear berganda sebagai berikut:

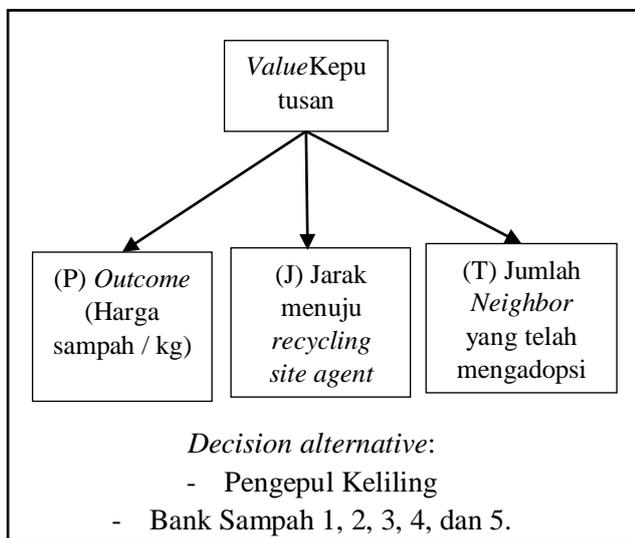
$$IT = -6,602 + 0,608 AC + 0,406 AR + 0,414 PN \quad (1)$$

Keterangan:

- IT : *Intention*(3-15)
- AC : Nilai *Awareness of Consequences* (3-15)
- AR : Nilai *Ascription of Responsibility*(3-15)
- PN : Nilai *Personal Norm*(3-15)

**Model Penentuan Keputusan Alternatif**

Untuk menentukan alternatif bank sampah terbaik, *agenthousehold* mempertimbangkan beberapa variabel keputusan diantaranya *outcome* [5], jarak menuju *recycling site agent* dan pengaruh *neighbor* [7]. Untuk mengetahui bobot dari masing-masing variabel maka dilakukan pengumpulan data *matriks pairwise comparison* antar variabel dan perhitungan bobot variabel dengan menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process (AHP)*



Gambar 4. Kerangka keputusan pemilihan Bank Sampah

Masing-masing responden mengisi *matriks pairwise comparison*, sehingga memiliki bobot variabel yang berbeda antara responden (*agent*) satu dengan yang lain. Berikut perhitungan bobot variabel keputusan:

Tabel 1. *Matriks Pairwise Comparison*

|   | T  | J    | P    | Normalisasi |      |      | Bobot |
|---|----|------|------|-------------|------|------|-------|
| T | 1  | 1/7  | 1/3  | 0,09        | 0,10 | 0,08 | 0,09  |
| J | 7  | 1    | 3    | 0,64        | 0,68 | 0,69 | 0,67  |
| P | 3  | 1/3  | 1    | 0,27        | 0,23 | 0,23 | 0,24  |
|   | 11 | 1,48 | 4,33 | 1           | 1    | 1    | 1     |

Untuk mengetahui responden mengisi dengan benar dan konsisten maka dilakukan pengujian konsistensi sebagai berikut:

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (2)$$

$$= \frac{3,007 - 3}{3 - 1}$$

$$= 0,004$$

$$CR = CI / 0,58$$

$$CR = 0,006$$

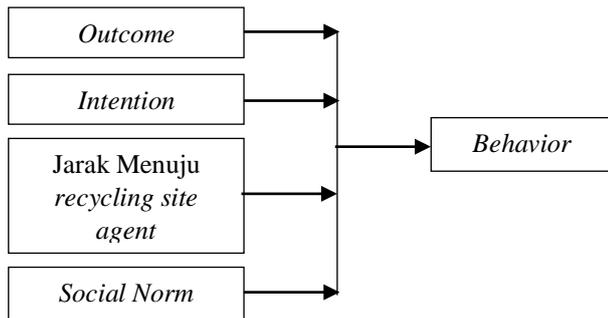
Berdasarkan hasil perhitungan nilai konsistensi, nilai konsistensi CR yaitu 0,006 kurang dari 0,1 atau  $CR < 0,1$  maka hasil perhitungan tersebut dinyatakan konsisten. Perhitungan tersebut diulang untuk setiap responden. Dari 103 responden hanya 73 responden bobot dinyatakan konsisten.

**Model Prediksi Behavior Classification dan No Classification**

Menentukan persamaan probabilitas *agenthousehold* dalam menentukan *behavior* mengumpulkan sampah/*classification*. Nilai probabilitas diperoleh dari persamaan regresi *linear logistic*.

Setelah dilakukan pengujian *goodness of fit* dinyatakan bahwa model yang dibangun mampu memprediksi *behavior* dengan baik. Maka diperoleh persamaan untuk menentukan probabilitas, sebagai berikut:

$$\pi (1) = \frac{\exp (-6,04 + 0,433 IT - 0,12 J + 3,11 N + 0,002 P)}{1 + \exp (-6,04 + 0,433 IT - 0,12 J + 3,11 N + 0,002 P)} \quad (3)$$



Gambar 5. Model keputusan dengan Regresi Linear Logistik Biner

**Model Konseptual ODD**

Purpose

Purpose dari model ini adalah memodelkan sistem adopsi layanan bank sampah oleh masyarakat berdasarkan *behavior* seseorang, guna mengevaluasi menentukan intervensi sebagai upaya peningkatan pendapatan bank sampah, persentase partisipasi masyarakat, dan jumlah sampah yang dapat ditekan.

Entities state variables dan scale

Entities:

Agent Household:

- AC : Nilai Awareness of Consequences
- AR : Nilai Ascription of Responsibility
- PN : Nilai Personal Norm
- Bs : *behavior* "NC"(no classification), "C" (classification) dan "SAC" (selling after classification).

- t : lama waktu seseorang untuk mengumpulkan sampah hingga dijual
- K : nilai tertinggi dari *alternative* keputusan
- D : bank sampah yang dipilih ditunjukkan sebagai nomor bank sampah "0 1 2 3 4 5"
- Y : status *agent household* menjual (SAC) pada (nomor bank sampah) "SAC0 SAC1 SAC2 SAC3 SAC4 SAC5 SAC6 t"
- BP : bobot pengaruh harga
- BJ : bobot pengaruh jarak
- BN : bobot pengaruh lingkungan / tetangga

Agent Bank Sampah:

- Rv : Pendapatan masing-masing bank sampah per periode waktu (Rv1, Rv2, Rv3, Rv4, Rv5)
- p : Harga sampah per kilogram (p1, p2, p3, p4, p5)

x dan y : Koordinat Lokasi

AT : Status kepemilikan alat transportasi

Agent Pengepul Keliling:

p : Harga sampah per kilogram (p6)

Rv : pendapatan pengepul sampah per periode

Koordinat Lokasi: *Random*

Scale:

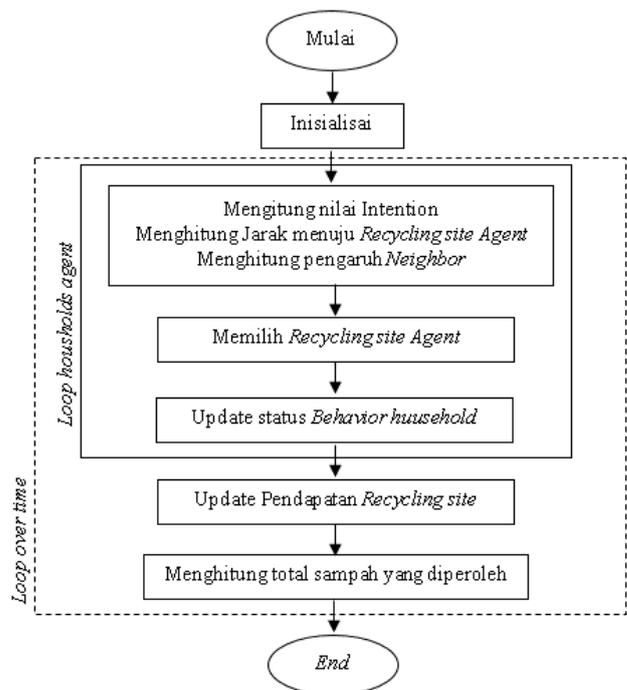
Waktu : 1 *tick* = 2 minggu

Luas : 1 *patch* = 27 meter

Process Overview dan Scheduling Process

Overview

Simulasi dilakukan dari proses inialisasi kondisi awal. *Agent household*: memiliki 3 *behavior* yaitu, tidak mengklasifikasikan sampah (NC), mengklasifikasi sampah (C) dan menjual sampah setelah klasifikasi (SAC). Dari *behavior* tidak mengklasifikasikan sampah ke mengklasifikasikan sampah ditentukan oleh nilai probabilitas yang diperoleh dari fungsi persamaan regresi *linear logistic*. Dari mengklasifikasikan sampah menuju mengumpulkan sampah, ditentukan berdasarkan *threshold* waktu yang ditentukan. *Agent Bank Sampah* memiliki 2 (dua) *behavior* yaitu aktif dan pasif. Aktif berarti melayani penjemputan pada batas area tertentu, sedangkan pasif yaitu tidak melayani penjemputan sampah. *Agent* pengepul sampah keliling memiliki *behavior* berpindah secara *random* ke setiap *household*



Gambar 6. Flow chart proses simulasi model

### Design Concept

Bagian ini menjelaskan bagaimana model mengimplementasikan serangkaian konsep dasar yang penting untuk merancang model ABM. Berikut merupakan penjelasan bagian-bagian dari *design concept*:

*Basic principles* pada model ini yaitu keputusan seseorang *agent household* dalam adopsi layanan bank sampah. Keputusan *agent household* dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu *intention*, *social norm*, *outcome*, dan jarak menuju bank sampah. *Agent household* akan memilih bank sampah yang paling menguntungkan baginya dengan membandingkan jarak, *price* dan pengaruh sosial.

*Emergence* dalam model ini yaitu pendapatan yang dihasilkan oleh masing-masing *agent* bank sampah dan pengepul keliling, persentase *agent house hold* yang berpartisipasi dalam layanan bank sampah dan jumlah sampah yang mampu dikumpulkan. Selain dari hasil numerik, juga menghasilkan pola persebaran *behavior agent household* yang terjadi akibat masing-masing keputusan *behavior house hold*. *Agent household* memiliki perilaku adaptif dengan *behavior* antara lain *no classification*, *classification* dan *selling after classification*. *Agent household* juga akan memutuskan bank sampah yang menjadi *alternative* terbaik baginya. Keputusan bank sampah dipilih dari beberapa *alternative agent* bank sampah berdasarkan variabel keputusan yang telah ditentukan. Interaksi yang ada dalam model yaitu interaksi antara *agent* bank sampah dan *agent household*, *agent household* dan *agent household* yang lain. Interaksi *agent household* dan bank sampah yaitu jika suatu bank sampah memiliki alat transportasi maka akan mengubah jarak *agent household* ke bank sampah tersebut menjadi nol, hal ini didasari oleh sistem penjemputan yang dilakukan bank sampah. Interaksi antara *agent household* yaitu jumlah adopter pada *agent household* di sekitarnya akan mengubah jumlah *value* dari pengaruh *social norm*.

Terdapat beberapa proses stokastik untuk memodelkan beberapa kondisi yang sulit dimodelkan pada model ini. Proses stokastik digunakan pada penentuan jumlah sampah yang ditabung/dijual, dilakukan pendekatan *random* dengan distribusi normal. Selain itu, lama waktu (*threshold*) *agent* rumah tangga dalam mengumpulkan sampah, dilakukan *random* dengan distribusi normal. *Output* dari model yang digunakan untuk dilakukan pengamatan yaitu

berupa grafik data. Grafik kumulatif pendapatan setiap bank sampah, grafik persentase *agent household* yang melakukan klasifikasi sampah dan menjualnya, serta total sampah yang dapat dikumpulkan dan dikelola. Kondisi awal yang dimodelkan pada *agenthousehold* yaitu koordinat lokasi, *value* dari *awareness of consequences*, *ascription of responsibility*, *personal norm*, bobot pengaruh jarak, *outcome*, dan *social norm* serta *behavior* awal *agent household*.

### Input Data

*Input* pada model ini yaitu jumlah bank sampah, koordinat awal bank sampah, harga sampah pada bank tersebut dan status kepemilikan transportasi.

### Sub model

*Sub model* menjelaskan spesifikasi model untuk estimasi nilai *intention* seseorang dalam adopsi layanan bank sampah. Menentukan keputusan *behavior* adopsi layanan bank sampah ditentukan oleh nilai probabilitas yang diperoleh dari persamaan *linear logistic*. Sedangkan untuk menentukan *alternative* bank sampah yang dipilih berdasarkan perkalian *value* dan bobot pengaruh variabel masing-masing *agent household*.

### **Verifikasi dan Validasi Model**

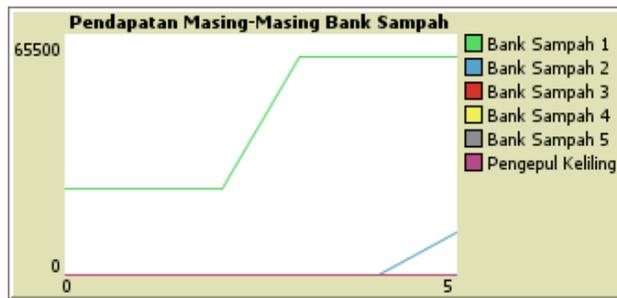
Verifikasi dilakukan untuk melihat kesesuaian implementasi model di Net Logo dengan rancangan model konseptual. Adapun tes verifikasi yang dilakukan adalah menguji model dengan kasus sederhana. Kasus sederhana terdiri dari 8 *agent household* dan 2 *agent* bank sampah. Hal ini juga memastikan *syntax* yang ditulis tidak ada permasalahan *debugging*.



Gambar 7. Hasil simulasi pada uji verifikasi

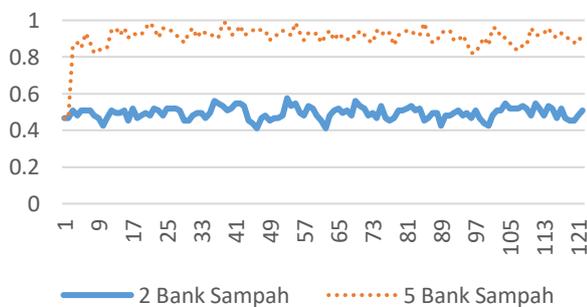
Pada Gambar 8 dapat dilihat *output* pendapatan yaitu adanya kenaikan pendapatan pada bank

sampah 2, Jika dilihat pada Gambar 7 terdapat rumah berwarna hijau yang berarti sedang menabung sampah, sehingga *behavior* tersebut dianggap telah sesuai yang diinginkan. Terdapat penurunan jumlah partisipasi masyarakat, bahwa terdapat 2 *agent household* yang tidak mengumpulkan sampah. Dari beberapa uraian tersebut, disimpulkan bahwa pergantian *behavior* model telah berhasil digambarkan dengan baik dan menghasilkan *output* yang diharapkan.

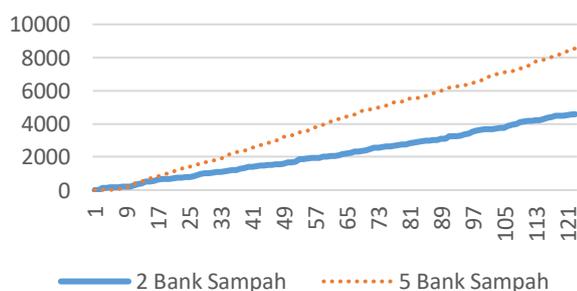


Gambar 8. *Output* pendapatan bank sampah pada uji validasi

Tahap validasi model digunakan untuk membangun kepercayaan tingkat *representation* model terhadap sistem nyata. Pengujian yang dilakukan menggunakan *extreme condition test* dan dibandingkan dengan teori yang sudah ada atau penelitian terdahulu.

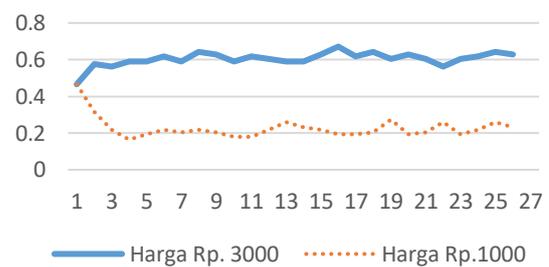


Gambar 9. Persentase partisipasi *agent household* pada uji *extreme condition* jumlah bank sampah

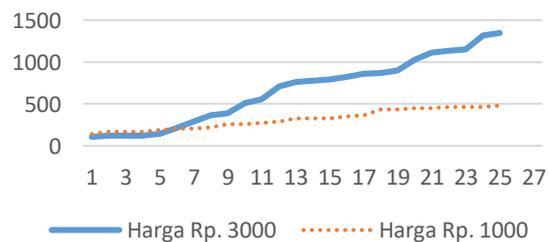


Gambar 10. Jumlah sampah yang terkumpul pada uji *extreme condition* jumlah bank sampah

Dari uji *extreme condition* pada jumlah bank sampah menunjukkan hasil yang berbeda antara pengujian 2 dan 5 bank sampah. Dengan 5 bank sampah persentase partisipasi *agent household* dan jumlah sampah yang dikelola lebih besar dari pada pengujian dengan 2 bank sampah. Sehingga banyaknya bank sampah dan jarak menuju bank sampah akan mempengaruhi tingkat adopsi layanan bank sampah oleh *agent household*. Hal tersebut juga dikemukakan oleh [6]. Akses kemudahan mendapatkan layanan pengelolaan bank sampah juga dapat mempengaruhi *behavior* seseorang dalam melakukan pengelolaan sampah [2].



Gambar 11. Persentase *agent household* pada uji *extreme condition* perubahan harga



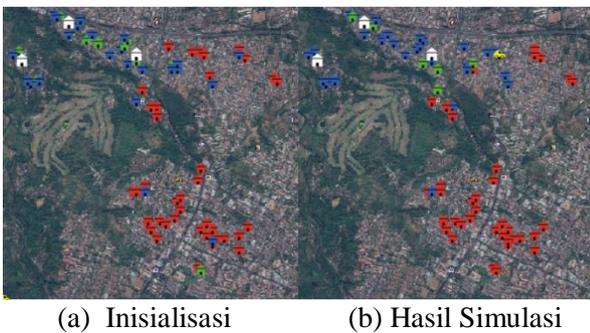
Gambar 12. Jumlah sampah yang terkumpul pada uji *extreme condition* perubahan harga

Uji *extreme condition* juga dilakukan pada *outcome* yang dihasilkan dari pengelolaan sampah. *Outcome* bagi *agent household* yaitu besaran harga sampah per Kg. Diperoleh hasil bahwa terdapat perbedaan antara harga Rp 3.000 dan Rp 1.000. Dengan harga Rp3.000 persentase partisipasi *agent household* dan jumlah sampah lebih tinggi dari pada harga Rp1.000. Dengan demikian bahwa *outcome* berpengaruh pada tingkat adopsi layanan bank sampah. Menurut [5] dan [11] menjelaskan bahwa *outcome* bagi *agent household* mempengaruhi keputusan seseorang untuk mengelola sampah.

### Skenario Model

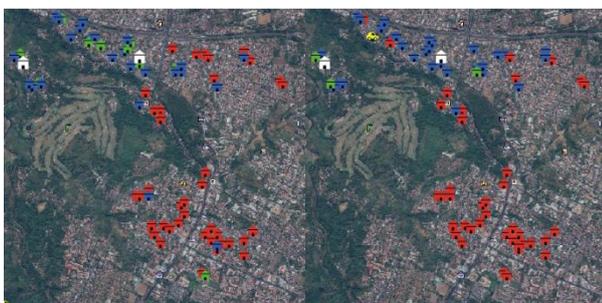
Model simulasi skenario dilakukan untuk mengetahui jenis intervensi yang dapat dilakukan agar nilai tujuan *performance indeks* meningkat. Beberapa data *input* akan diuji coba untuk mencari

intervensi yang lebih baik yaitu dengan 4 skenario pengujian. Pada skenario 1 dilakukan evaluasi terhadap kondisi yang saat ini terjadi tanpa adanya perubahan pada inisialisasi kondisi. Skenario 2 mengubah jumlah bank sampah menjadi 2 unit, dengan koordinat seperti pada Gambar 14. Skenario 3 yaitu mengubah inisialisasi kondisi banksampah menjadi 3 dengan koordinat pada Gambar 15. Skenario 4 yaitu mengubah dengan menambah banksampah menjadi 4 dengan koordinat pada Gambar 16. Koordinat bank sampah ditunjukkan pada *icon* rumah dengan warna putih. Sedangkan rumah dengan warna merah merupakan *agent household* dengan *behavior no classification*, warna biru yaitu *classification* dan warna hijau *selling after classification*.



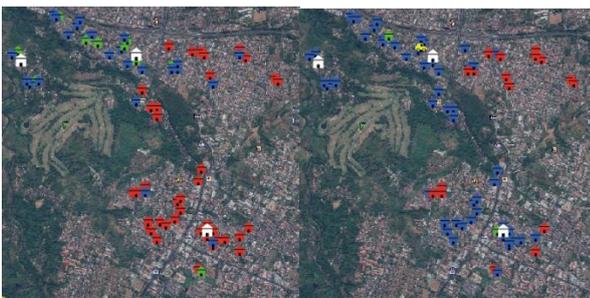
(a) Inisialisasi (b) Hasil Simulasi

Gambar 13. Skenario 1



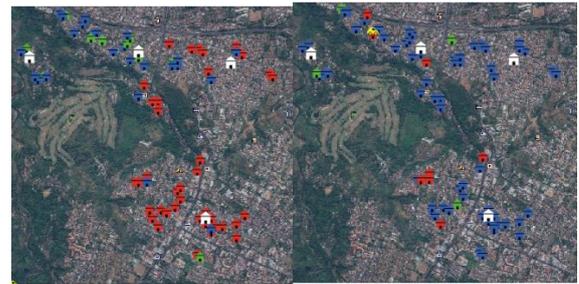
(a) Inisialisasi (b) Hasil Simulasi

Gambar 14. Skenario 2



(a) Inisialisasi (b) Hasil Simulasi

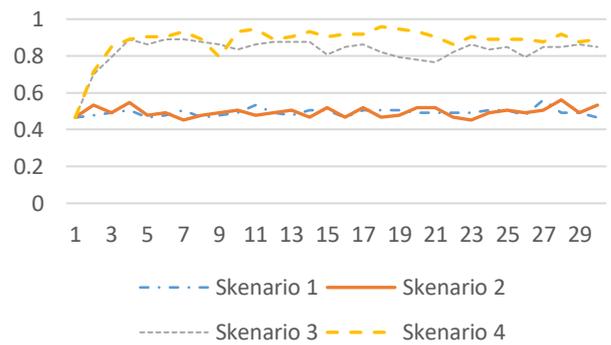
Gambar 15. Skenario 3



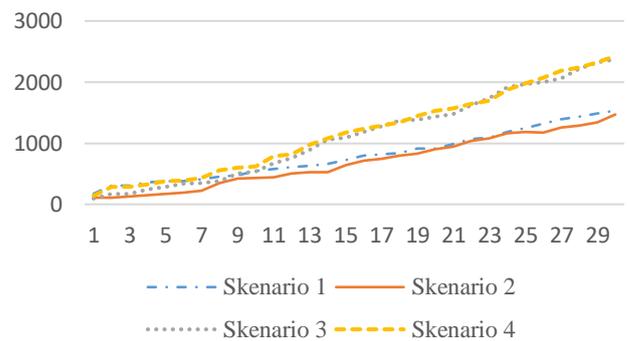
(a) Inisialisasi (b) Hasil Simulasi

Gambar 16. Skenario 4

Perbandingan hasil skenario dilakukan untuk menentukan intervensi yang lebih baik dari beberapa skenario yang telah diujikan. Terdapat 4 skenario simulasi model. Perbandingan skenario model ditunjukkan dengan persentase partisipasi *agent household* yang melakukan pengelolaan sampah dan jumlah sampah yang dapat dikumpulkan. Perbandingan ditunjukkan pada Gambar 17. dan Gambar 18.



Gambar 17. Perbandingan persentase partisipasi *agent household* yang mengelola sampah



Gambar 18. Perbandingan hasil jumlah sampah yang dapat dikumpulkan

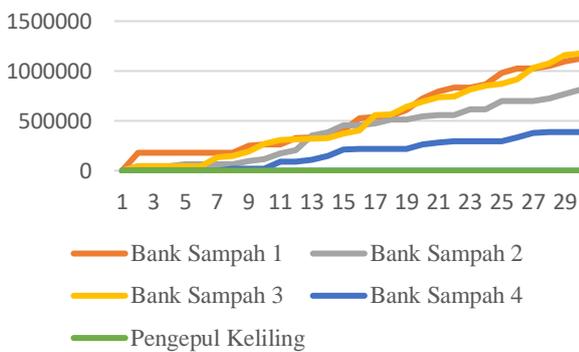
Berdasarkan hasil perbandingan diatas maka *scenario 4* merupakan *scenario* terbaik dari beberapa *scenario* yang lain. Skenario 4 yaitu

dengan menambah jumlah bank sampah pada koordinat tertentu.

Tabel 2. Hasil perbandingan dengan skenario 4

| Bank Sampah | Koor. x | Koor. y | Price | Alat transportasi |
|-------------|---------|---------|-------|-------------------|
| 1           | 45      | 84      | 1700  | 1                 |
| 2           | 6       | 82      | 1700  | 0                 |
| 3           | 69      | 24      | 1700  | 0                 |
| 4           | 78      | 80      | 1600  | 0                 |

Dari hasil simulasi diperoleh pola persebaran *agent* yang telah berpartisipasi mengelola sampah pada Gambar 16. *Agent household* didominasi oleh *agent* dengan keputusan *alternative* bank sampah 1 dan 3, dapat dilihat pada grafik Gambar 19. Bank sampah 1 & 3 merupakan bank sampah dengan pendapatan tertinggi.



Gambar 19. Pendapatan pada masing - masing bank sampah pada skenario 4

### KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan mengembangkan model berbasis *agent* pada adopsi layanan bank sampah di Kota Semarang. Model didasarkan pada perilaku masyarakat yang berbeda-beda. Perilaku seseorang dalam mengelola sampah dipengaruhi oleh *intention*, *sosial norm*, jarak menuju *recyclingsiteagent* dan *outcome*. Melalui metode *Norm Activation Model*, *intention* seseorang dalam melakukan pengelolaan sampah secara signifikan dipengaruhi oleh *awareness of consequences*, *ascription of responsibility* dan *personal norm*. Sedangkan keputusan seseorang dalam menentukan *alternative* bank sampah dipengaruhi oleh *sosial norm*, jarak menuju *recyclingsiteagent* dan *outcome* masing-masing *recycliIng site agent*.

Intervensi dan evaluasi bank sampah pada Kelurahan Tinjomoyo dan sekitarnya, diperoleh

hasil dengan membangun 4 bank sampah dengan rincian 2 unit di kelurahan Tinjomoyo, 1 di kelurahan Sumurboto dan 1 di kelurahan Ngesrep. Dengan keputusan tersebut mampu menghasilkan persentase partisipasi rumah tangga yang turut serta mengelola sampah sebesar 93% dan 2,4 ton sampah yang dikumpulkan hingga periode ke 60 minggu.

### REFERENSI

- [1]. E. Y. Fajlin, "Produksi sampah kota semarang 1.200 ton per hari, 46 hektar TPA Jatibarang bakal penuh", *Tribunjateng.com*, 2019. (online accessed 18 November 2019)
- [2]. B. Zhang, K. Lai, B. Wang, Z. Wang, "From intention to action: How do personal attitudes, facilities accessibility, and government stimulus matter for household waste sorting?", *Journal of Environmental Management*, vol. 233, pp. 447-458, 2019.
- [3]. R. Wall, D. P. Wright, A. G. Mill, "Comparing and combining theories to explain proenvironmental intentions", *environment and behavior*, vol. 39(6), pp. 731-753, 2007.
- [4]. I. Ajzen, "Perceived behavioral control, self-efficacy, locus of control, and the theory of planned behavior", *Journal of Applied Social Psychology*, vol. 32, pp. 665-683, 2002.
- [5]. R. D. Astuti, U. Linarti, "Analisis pengaruh faktor dalam TPB dan *outcome* terhadap niat warga bergabung di bank sampah (Studi kasus di kota Yogyakarta)", *Seminar Nasional Teknologi Terapan 2018 (SNTT)*, Yogyakarta, 2018.
- [6]. M. F. Sorkun, "How do social norms influence recycling behavior in collectivistic society? A case study from Turkey", *Waste Management*, vol. 80, pp. 359 – 370, 2018.
- [7]. J. Sotamenou, S. D. Jaeger, S. Rousseau, "Drivers of legal and illegal solid waste disposal in the Global South - The case of households in Yaoundé (Cameroon)", *Journal of Environmental Management*, vol. 240, pp. 321-330, 2019.
- [8]. M. Luo, X. Song, S. Hu, Chen, D., "Towards the sustainable development of waste household appliance recovery systems in china : an agent-based modeling

- approach”, *Journal of cleaner production*, vol. 220, pp. 431-444, 2019.
- [9]. R. Axelrod, L. Testation, “A Guide For Newcomers to Agent Based Modeling in The Social Sciences, Kenneth L. Judd and Leigh Testation (eds.)”, *Handbook of Computational Economics*, vol. 2, 2006.
- [10]. X. Meng, Z. Wen, Y. Qian, “Multi-agent based simulation for household solid waste recycling behavior”, *Resource, conservation and recycling*, vol. 128, pp. 535-545, 2018.
- [11]. L. Xu, M. Ling, Y. Wu, “Economic incentive and social influence to overcome household waste separation dilemma: A field intervention study”, *Waste Management*, vol. 77, pp. 522-531, 2018.