

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kawasan perkotaan dimana kegiatan yang dimiliki oleh suatu kawasan yaitu bukan pertanian, serta memiliki fungsi kawasan didominasi oleh permukiman, layanan jasa pemerintahan, layanan sosial, dan kegiatan ekonomi yang menjadikan kawasan perkotaan memiliki daya tarik penduduk yang tinggal pada sekitar perkotaan tersebut untuk melakukan kegiatan perekonomian. Berdasarkan data (United Nations, 2020), pada tahun 2020 bahwa 55% populasi yang terdapat di seluruh dunia menempati kawasan perkotaan dan diprediksikan akan terus meningkat mencapai 68% populasi yang ada di seluruh dunia pada tahun 2050. Peningkatan populasi penduduk pada kawasan perkotaan merupakan bagian dari salah satu isu penting perencanaan perkotaan di negara berkembang, seperti halnya pada kota-kota yang ada di Indonesia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik tahun 2010, sekitar 49,8% penduduk Indonesia tinggal di perkotaan dan jumlah tersebut akan terus meningkat mencapai 60% pada tahun 2025 (Badan Pusat Statistik, 2010).

Kota merupakan wilayah dimana terdapat konsentrasi jumlah penduduk dan tingkat kepadatannya lebih tinggi diantara wilayah sekitarnya. Hal ini mengakibatkan kota sebagai pusat aktivitas kehidupan manusia, dimana aktivitas tersebut kemudian menghasilkan sampah. Berdasarkan data (UNEP-DTIE, 2013), menunjukkan pada tahun 2013 lebih dari setengah penduduk bumi yang tinggal di kawasan perkotaan mengonsumsi sekitar 75% sumber daya bumi. Dengan tingginya konsumsi sumber daya akan menimbulkan timbulan sampah yang besar. Menurut Chen (2018) keberadaan timbulan sampah yang belum ditangani dengan tepat akan berakibat buruk terhadap kualitas lingkungan dan kualitas hidup penduduk yang tinggal di kawasan perkotaan tersebut. Tantangan utama dari meningkatnya populasi ialah buangan sampah yang meningkat, mengumpulkan dan mendaur ulang sampah (Cherubini et al., 2009). Sedangkan pada penelitian (Ezeah & Roberts, 2012), dari akibat dari peningkatan jumlah penduduk, urbanisasi dan

pembangunan ekonomi yang massif dapat menghasilkan peningkatan produksi sampah, sehingga tantangan dalam mengelola persampahan tersebut semakin besar.

Negara - negara maju telah melakukan kegiatan pengolahan sampah yang lebih terpadu. Salah satu negara yang berhasil dengan inovasi pengelolaan dan pengolahan sampahnya yaitu, Jepang. Jepang melakukan kegiatan pengolahan kembali terhadap sampah yang dapat didaur ulang, dan proses daur ulang tersebut dikelola oleh perusahaan produk yang bersangkutan (Sembiring & Nitivattananon, 2010). Sedangkan di Eropa membuat panduan dasar pengelolaan sampah yang harus diikuti setiap negara anggotanya. Salah satu contohnya adalah Belanda yang berhasil mengelola sampahnya dengan teknologi pembakaran sampah yang modern agar tidak menimbulkan dampak yang merugikan kesehatan. Proses pembakaran tersebut dapat menghasilkan energi listrik sehingga memiliki manfaat lainnya (Das et al., 2019). Menurut Agensi perlindungan lingkungan (EPA) Amerika Serikat menjelaskan status generasi limbah padat dan menyarankan urutan metode pengelolaan limbah padat yang diminati terkait dengan manajemen dan kontrol limbah padat berwawasan lingkungan yaitu kegiatan pengurangan pada sumber terdaftar sebagai metode yang paling disukai, daur ulang dan pengomposan, pembuangan di fasilitas pembakaran dan pengolahan di tempat pembuangan akhir sampah sebagai kegiatan terakhir yang diminati.

Menurut data *United Nation Environment Program* (2017) pada negara-negara Asia Tenggara, Indonesia merupakan negara yang menghasilkan jumlah sampah kota tertinggi yaitu \pm 64 juta ton/tahun. Dengan persentase 66,39% dari total seluruh sampah yang dihasilkan negara Indonesia dibuang dan diangkut ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yang pada umumnya pengelolaan sampah masih menggunakan sistem *open dumping* (KLHK, 2017). Kota-kota yang terdapat di Indonesia saat ini sebagian besar dalam hal pengelolaan persampahan masih menggunakan paradigma konvensional yaitu dengan pendekatan kumpul-angkut-buang (Puspa, 2017). Pendekatan ini memperlihatkan bahwa masyarakat sebagai penghasil timbulan sampah langsung membuang sampah tersebut ke tempat pembuangan sampah sementara, serta dilanjutkan ke tempat pemrosesan akhir tanpa adanya kegiatan pemilahan ataupun pengurangan sampah dari sumbernya. Paradigma konvensional ini akan menyebabkan volume sampah pada TPA (Tempat

Pemrosesan Akhir) akan semakin tinggi serta banyak menimbulkan dampak negatif lainnya, baik untuk penduduk kota serta lingkungan kota. Open dumping dapat menimbulkan masalah lain bagi lingkungan maupun bagi kesehatan warga yang ada di sekitar lokasi TPA (Damanhuri et al., 2009). Masalah yang ditimbulkan dari sampah yang tidak tertangani dengan baik adalah masalah estetika, polusi udara (bau), polusi air, polusi tanah, serta menjadi tempat berkembangnya penyakit. Permasalahan sampah menjadi hal yang sangat penting untuk ditangani.

Kota Pangkalpinang merupakan salah satu kota yang saat ini sedang berkembang, sebagai Ibukota Provinsi Kepulauan Bangka Belitung yang memiliki luas $\pm 118,40 \text{ km}^2$ dan jumlah penduduk sebanyak 212.727 jiwa (BPS Kota Pangkalpinang Tahun 2019). Kota Pangkalpinang terbagi menjadi 7 Kecamatan. Kota Pangkalpinang sebagai ibukota tersebut memiliki kepadatan penduduk adalah 1.797 jiwa/ km^2 . Berdasarkan data DLH Kota Pangkalpinang Tahun 2019 timbulan sampah yang dihasilkan oleh penduduk Kota Pangkalpinang sekitar ± 168 ton/harinya dengan 63% sampah tersebut dihasilkan dari rumah tangga. Timbulan sampah tersebut belum sepenuhnya terkelola di sumber serta di TPS dan diangkut ke TPA tanpa adanya pengolahan sampah, sampah tersebut masuk ke TPA Parit Enam yang masih menggunakan sistem *open dumping*, yang menyebabkan daya tampung pada TPA Parit Enam akan semakin terbatas. Oleh karena itu, diperlukan suatu solusi yang dapat diimplementasikan dalam mengatasi permasalahan sampah melalui konsep pengolahan (reduksi) sampah di sumber dalam hal ini pada TPS 3R dan Bank Sampah. Hal ini bertujuan untuk mengurangi timbulan sampah yang diangkut ke TPA Parit Enam.

Pengelolaan sampah diperkotaan khususnya dalam hal ini merupakan permasalahan yang kompleks dan dinamis. Kompleks permasalahan sampah disebabkan oleh pengaruh dari berbagai aspek terkait pengelolaan sampah. Sedangkan dinamis karena jumlah timbulan sampah yang dihasilkan oleh penduduk Kota Pangkalpinang akan terus meningkat seiring berjalannya waktu. Sistem dinamik merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan terkait pengelolaan sampah. Sistem dinamik merupakan alternatif dalam penyelesaian permasalahan sampah di perkotaan karena dapat menyederhanakan struktur sistem yang kompleks dan rumit (Bala et al., 2017). Dengan pendekatan sistem dinamik,

stakeholder terkait dapat menggunakan pengalamannya dalam pengambilan keputusan dan membuat suatu kebijakan berdasarkan simulasi model dan perilaku sistem yang sedang dihadapi (Rahayu et al., 2013). Penelitian ini sendiri dilakukan dalam hal pengembangan model komprehensif yang mempertimbangkan hubungan dinamis antara pengurangan sampah, usia pakai TPA, dan total biaya pengelolaan sampah khususnya di Kota Pangkalpinang berdasarkan pendekatan pemodelan Sistem Dinamik (SD). Berdasarkan dari uraian diatas maka perlu untuk dilakukan penelitian *Pengaruh Reduksi Sampah Rumah Tangga Berbasis Program 3R di Kota Pangkalpinang Menggunakan Pemodelan Sistem Dinamik*.

1.2 Perumusan Masalah

Pengelolaan persampahan merupakan salah satu kebutuhan pelayanan yang sangat penting serta perlu disediakan oleh pemerintah khususnya di kota kota yang sedang berkembang seperti Kota Pangkalpinang. Permasalahan yang terjadi pada Kota Pangkalpinang sama halnya terjadi pada kawasan perkotaan di Indonesia lainnya yaitu, peningkatan populasi penduduk yang cepat mengakibatkan peningkatan timbulan sampah. Dengan paradigma kumpul-angkut-buang mengakibatkan penumpukkan sampah serta cepatnya *overload* yang terjadi pada Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPAS) Parit Enam yang melayani timbulan sampah Kota Pangkalpinang. Pada umumnya pengelolaan sampah yang diterapkan di TPA Parit Enam masih menggunakan sistem *open dumping*. Pada penelitian Suntari et al (2018), menunjukkan bahwa sistem *open dumping* ialah sistem pembuangan sampah dengan cara membuang pada lahan TPA yang telah disediakan tanpa tindak lanjut. Selain itu, pengelolaan sampah berdasarkan sistem *open dumping* mengakibatkan pencemaran lingkungan antara lain polusi air, tanah, dan udara serta menjadikan tumpukkan sampah tersebut sebagai sumber penyakit (Ali et al., 2014).

Berdasarkan data dari DLH Kota Pangkalpinang tahun 2019, indeks timbulan sampah per orang pada tahun 2019 mencapai 2,67 liter/orang/hari atau setara dengan 974,55 liter/orang/tahun. Timbulan sampah yang dihasilkan di Kota Pangkalpinang mencapai ± 168 ton/harinya dengan 63% sampah tersebut dihasilkan dari rumah tangga. Pemerintah Kota Pangkalpinang melaksanakan program untuk

mengatasi permasalahan sampah melalui pendekatan reduksi timbulan sampah. Kegiatan reduksi sampah dilakukan melalui Bank Sampah, TPS 3R. Alternatif solusi permasalahan sampah dengan melakukan pengolahan sampah sejak dari sumber sampah dan dapat mengurangi beban pemerintah daerah dalam hal pengangkutan dan penyediaan sarana dan prasarana pembuangan sampah (Elza, 2019). Saat ini, upaya pengurangan sampah pada sumber masih belum maksimal. Padahal, pengurangan pada sumber mempengaruhi keadaan pengelolaan sampah itu sendiri. Penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan karena masalah sampah khususnya di perkotaan memiliki sifat yang kompleks dan dinamis, maka diharapkan dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik dapat disusun suatu model pengelolaan sampah yang kemudian dapat dijadikan sebagai model dasar dalam proses pengambilan keputusan *stakeholder* terkait. Oleh karena itu, perlu adanya kajian lebih lanjut terkait kebijakan pengurangan sampah saat ini terhadap keberlangsungan pengelolaan sampah di Kota Pangkalpinang, dilihat dari usia TPA dan kebutuhan pembiayaannya. Penelitian ini berupaya untuk menjawab permasalahan utama:

Pengaruh reduksi sampah rumah tangga berbasis program 3R di Kota Pangkalpinang menggunakan pemodelan sistem dinamik.

1.3 Tujuan dan Sasaran

1.3.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis konsep pengelolaan sampah rumah tangga berbasis program 3R yang sebaiknya diterapkan Kota Pangkalpinang serta menjadikan model sistem dinamik yang disusun menjadi dasar dalam pengambilan kebijakan.

1.3.2 Sasaran

Untuk mencapai tujuan diatas, terdapat beberapa sasaran yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penyusunan model sistem pengelolaan sampah di Kota Pangkalpinang yang menggunakan model sistem dinamik
2. Pengembangan skenario model yang berkaitan dengan target pengelolaan sampah rumah tangga berbasis program 3R di Kota Pangkalpinang.

3. Analisis keluaran model untuk mengetahui efek dari pengurangan sampah berbasis program 3R yang digunakan pada Kota Pangkalpinang.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini terdiri dari dua bagian, antara lain ruang lingkup materi dan ruang lingkup wilayah. Pada kedua ruang lingkup penelitian ini memiliki peran dalam membatasi cakupan penelitian agar dapat fokus terhadap tema, topik, serta tujuan pada penelitian ini.

1.4.1 Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah yang menjadi fokus pada penelitian ini adalah Kota Pangkalpinang. Kota Pangkalpinang merupakan ibukota Provinsi Kepulauan Bangka Belitung yang memiliki luas wilayah keseluruhan mencapai 118,41 km². Luasan Kota Pangkalpinang hanya sebesar 0,72 persen dari total keseluruhan luas wilayah Provinsi dan merupakan wilayah kota/kabupaten terkecil di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 1.1** Peta Administasi Kota Pangkalpinang memiliki batas-batas wilayah sebagai berikut:

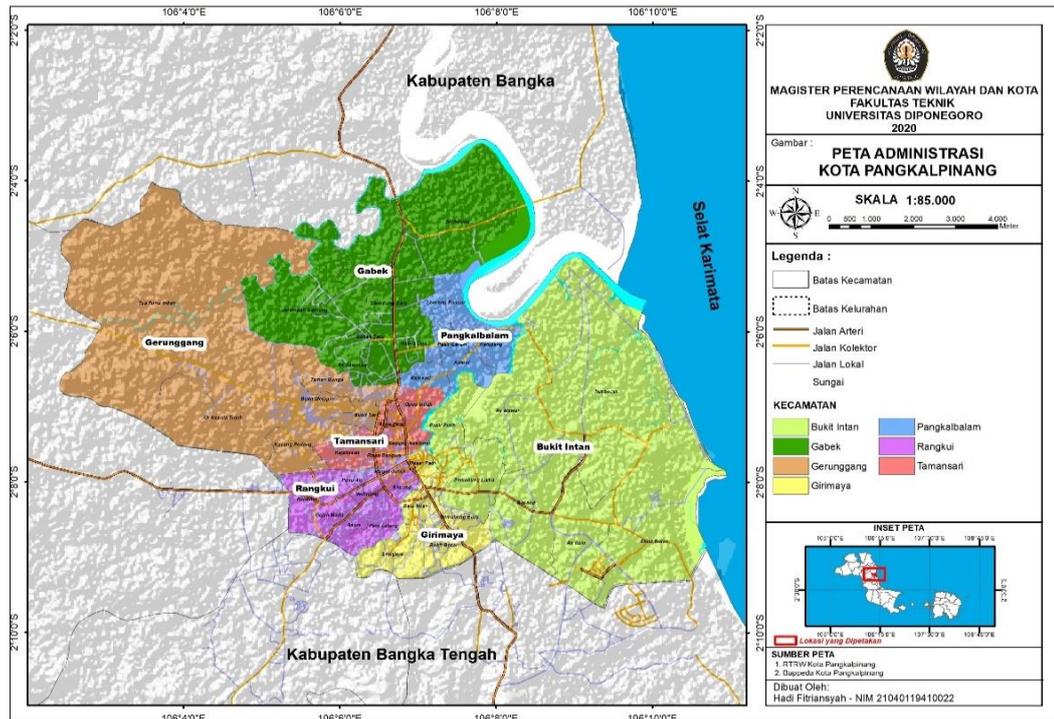
- Sebelah Utara : Kabupaten Bangka
- Sebelah Timur : Selat Karimata
- Sebelah Selatan : Kabupaten Bangka Tengah
- Sebelah Barat : Kabupaten Bangka

Wilayah Kota Pangkalpinang terdiri dari 7 kecamatan dan 42 kelurahan, rincian kecamatan dan kelurahan tersebut adalah sebagai berikut:

TABEL I.1
Luasan Kecamatan di Kota Pangkalpinang

No	Kecamatan	Luas Wilayah (km ²)	Kelurahan
1.	Rangkui	5,02	8
2.	Bukit Intan	35,66	7
3.	Girimaya	4,74	5
4.	Pangkalbalam	4,68	5
5.	Gabek	34,20	6
6.	Tamansari	3,18	5
7.	Gerunggang	30,93	6
Total		118,41	42

Sumber: Kota Pangkalpinang dalam angka, 2020



Sumber: Data RTRW Kota Pangkalpinang Tahun 2011-2031

GAMBAR 1.1
Peta Administrasi Kota Pangkalpinang

1.4.2 Ruang Lingkup Materi

Adapun ruang lingkup materi pada penelitian ini antara lain:

1. Wilayah kajian penelitian adalah Kota Pangkalpinang.
2. Kajian penelitian ditinjau dari subsistem teknik operasional dan pembiayaan.
3. Sampah yang dimaksud pada penelitian ini adalah sampah rumah tangga yang masuk ke Bank Sampah, masuk ke TPS, dan diangkut ke TPA Parit Enam.
4. Model dinamik yang dikembangkan berdasarkan data kuantitatif dari literatur terkait dan instansi terkait.
5. Teknologi yang digunakan untuk pengurangan sampah pada penelitian adalah biodigester dan komposting. Serta tidak spesifik pada kedetailan teknologinya.
6. Analisis pada penelitian ini menggunakan pendekatan analisis skenario/kebijakan.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Teoritis

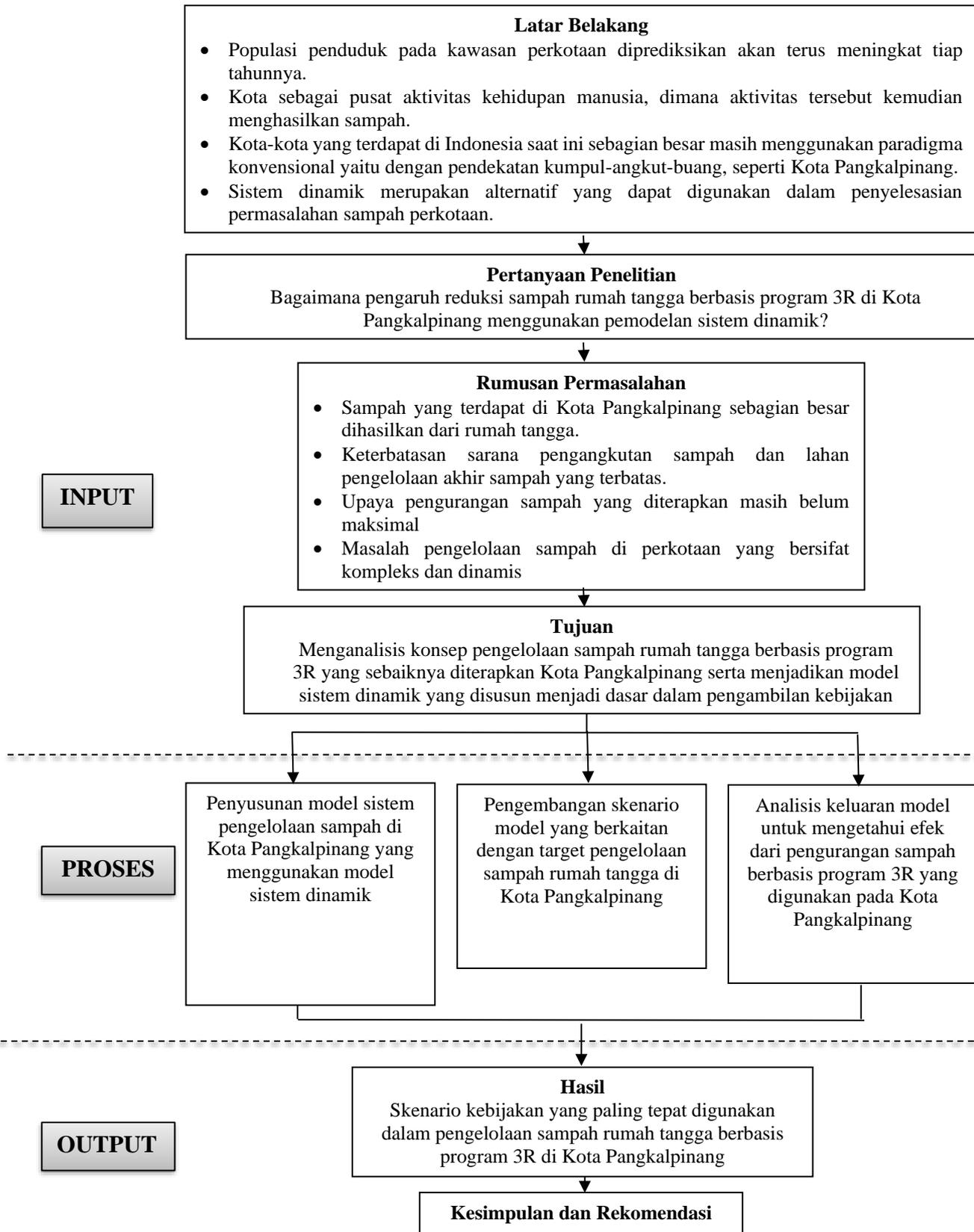
Penelitian ini diharapkan dapat memberika kontribusi bagi ilmu pengetahuan khususnya di perencanaan wilayah dan kota. Kontribusinya adalah mnegidentifikasi dan menyelesaikan permasalahan khususnya sampah perkotaan melalui pengembangan model komprehensif berdasarkan pendekatan sistem dinamik.

1.5.2 Manfaat Praktis

Studi ini memberikan wawasan kepada para pemangku kepentingan tentang betapa pentingnya permasalahan sampah perkotaan dalam keberlangsungan pengelolaan sampah. Kemudian studi ini dapat menjadi acuan dasar bagi para pengambil keputusan dalam menentukan kebijakan dan strategi yang tepat untuk keberlangsungan pengelolaan sampah perkotaan.

1.6 Kerangka Penelitian

Proses yang ada dalam kerangka penelitian “*Pengaruh Reduksi Sampah Rumah Tangga Berbasis Program 3R di Kota Pangkalpinang Menggunakan Pemodelan Sistem Dinamik*” dapat dijelaskan pada **Gambar 1.2** di bawah ini



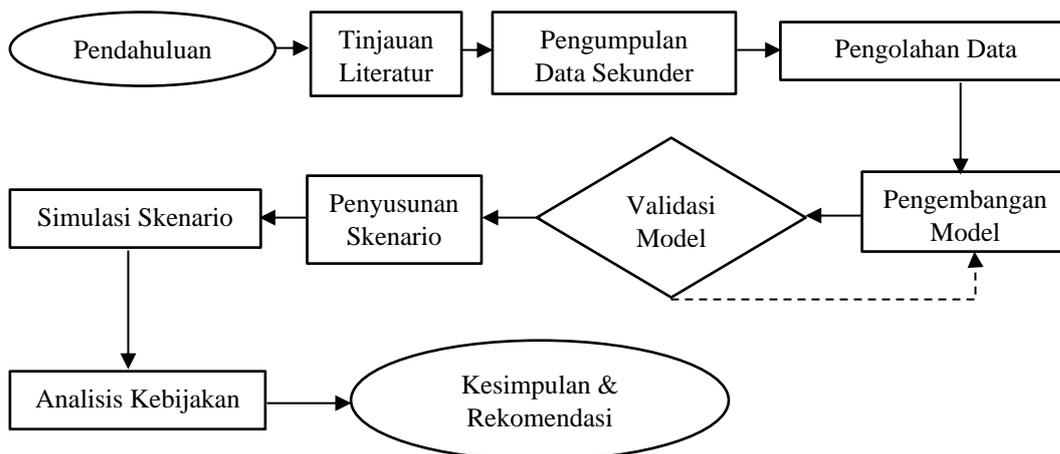
Sumber: Kajian Penulis, 2020

GAMBAR 1.2
Kerangka Penelitian

1.7 Metodologi Penelitian

1.7.1 Pendekatan dan Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada wilayah administrasi Kota Pangkalpinang pada Tahun 2020. Penelitian ini dimana tujuan akhir pada penelitian adalah konsep pengelolaan sampah rumah tangga berbasis program 3R yang sebaiknya diterapkan Kota Pangkalpinang serta menjadikan model sistem dinamik yang disusun menjadi dasar dalam pengambilan kebijakan. Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif merupakan pendekatan yang bersifat filsafat positivisme yang sifatnya objektif, terukur, rasional, konkrit/empiris dan sistematis. Pada penelitian ini terdapat proses yang akan dilakukan dalam pengerjaan penelitian meliputi: (1) kajian literatur terkait teori dasar pengelolaan sampah serta melihat kondisi eksisting pengelolaan sampah Kota Pangkalpinang untuk mengidentifikasi masalah dan teori dasar dalam mengembangkan model; (2) mengumpulkan data sekunder di Kota Pangkalpinang khususnya yang berkaitan dengan pengelolaan sampah; (3) melakukan penyusunan model sistem dinamis menggunakan perangkat lunak Powersim Studio 2005; (4) melakukan simulasi serta validasi model; (5) menentukan alternatif kebijakan yang terkait dan melakukan evaluasi. Dapat dilihat pada **Gambar 1.2** mengilustrasikan skema tahapan pemodelan sistem dinamis.



Sumber: Kajian Penulis, 2020

GAMBAR 1.3
Skema Tahapan Pemodelan Sistem Dinamis

1.7.2 Teknik Pengumpulan Data & Kebutuhan Data

Kajian literatur yang telah dilakukan terkait persampahan, penanganan sampah di Kota Pangkalpinang dan model dinamik bersumber dari e-books, jurnal dan bahan bacaan lain yang terkait dilakukan dalam hal penunjang penelitian, agar didapatkan dasar-dasar konsep yang dapat membantu dalam hal pengembangan model serta sebagai pengambilan keputusan pada penelitian ini. Pada dasarnya penelitian ini garis besar menggunakan data sekunder yang merupakan data hasil penelitian atau survei yang telah dilakukan sebelumnya. instansi terkait lokasi pengambilan data sekunder antara lain: Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, Dinas Lingkungan Hidup Kota Pangkalpinang, Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Pangkalpinang. Berikut dibawah ini data sekunder yang akan digunakan pada penelitian ini.

TABEL I.2
Rincian Data Sekunder

No.	Kebutuhan Data	Sumber Data	Tujuan Pengambilan Data
1.	Populasi dan fraksi pertumbuhan penduduk Kota Pangkalpinang	BPS Kota Pangkalpinang, literatur terkait	Mengetahui besaran timbunan sampah yang dihasilkan di Kota Pangkalpinang dan memproyeksikannya.
2.	Total timbunan sampah di Kota Pangkalpinang (/hari & /tahun)	Dinas Lingkungan Hidup Kota Pangkalpinang, literatur	Mengetahui besaran sampah yang harus ditangani di Kota Pangkalpinang.
3.	Total timbunan sampah yang diangkut ke TPA (/hari & /tahun)	Dinas Lingkungan Hidup Kota Pangkalpinang	Mengetahui banyaknya beban sampah yang diangkut dan harus ditangani di TPA Parit Enam.
4.	Kapasitas tampung TPA serta Panjang usia TPA Parit Enam	Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Kepulauan Bangka Belitung	Mengetahui kapasitas/kemampuan TPA Parit Enam dalam menampung sampah yang masuk.
5.	Satuan biaya kegiatan pengelolaan persampahan	Literatur terkait yang dilanjutkan pengolahan dengan <i>MS.Excel</i>	Mengetahui berapa banyak biaya yang dikeluarkan dalam pengelolaan sampah (/M ³)
6.	Pola penanganan sampah	Literatur terkait	Mengetahui pola penanganan sampah sebelum masuk ke TPA
7.	Potensi daur ulang dan pengomposan dari timbunan sampah yang dihasilkan	Dinas Lingkungan Hidup Kota Pangkalpinang, literatur	Mengetahui berapa banyak reduksi sampah yang telah dilakukan sebelum masuk ke TPA
8.	Kapasitas pewadahan dan pengangkutan sampah	Dinas Lingkungan Hidup Kota Pangkalpinang	Mengetahui tingkat pelayanan kegiatan pengelolaan sampah di Kota

No.	Kebutuhan Data	Sumber Data	Tujuan Pengambilan Data
			Pangkalpinang, serta merencanakan fasilitas yang harus ditambahkan untuk menunjang kegiatan pengelolaan sampah

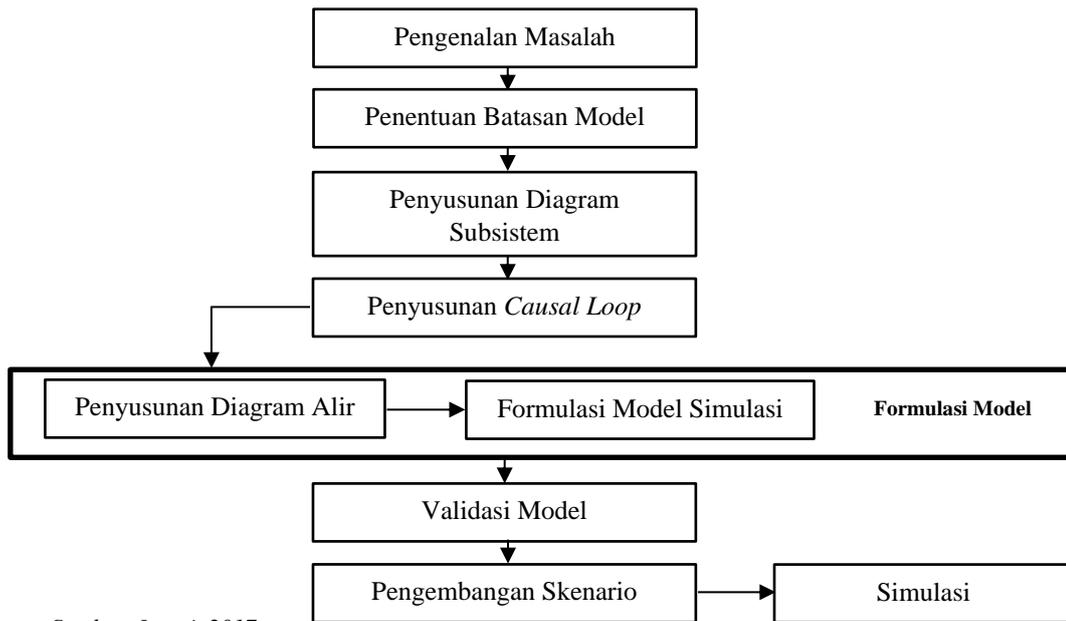
Sumber: Kajian Penulis, 2020

1.7.3 Teknik Analisis Data

Pada penelitian diawali dari tinjauan Pustaka yang berkaitan dengan topik bertujuan untuk mengidentifikasi masalah. Identifikasi masalah tersebut diikuti dengan melakukan pengembangan hipotesis dinamis yang menjelaskan suatu permasalahan yang terjadi. Pengembangan model yang dilakukan dibantu dengan menggunakan perangkat lunak Powersim Studio 2005 yang kemudian dievaluasi serta diuji validitas dari model yang dikembangkan dengan membandingkan hasil simulasi dengan data historis. Setelah suatu model dianggap valid, kemudian dilakukan penentuan skenario alternatif yang dapat meningkatkan kualitas pengelolaan sampah di Kota Pangkalpinang. Skenario alternatif yang disimulasikan dalam sistem dinamik, sehingga skenario yang dihasilkan dapat digunakan sebagai analisis kebijakan di Kota Pangkalpinang.

1. Pengembangan Model

Tahap awal dalam melakukan pendekatan pemodelan sistem dinamis ialah identifikasi masalah yang diikuti dengan pengembangan hipotesis dinamis yang didalamnya menjelaskan penyebab dari masalah yang telah dilakukan identifikasi. Selanjutnya suatu hipotesis dinamis tersebut dilakukan konversi menjadi diagram *causal loop* atau diagram *stock flow*. Konversi tersebut dibuat melalui hubungan antar berbagai komponen yang tergabung didalam sistem. Pemodelan sistem dinamik pada penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak Powersim Studio 2005. Berikut dibawah ini tahapan dalam melakukan pemodelan sistem dinamik.



GAMBAR 1.4
Tahapan Pengembangan Model

a. Pengenalan Masalah

Pengenalan suatu masalah berfungsi untuk dapat menghasilkan komponen model yang digunakan untuk struktur dasar pengembangan model dalam hal ini dapat sebagai solusi dalam sistem pengelolaan sampah. Komponen model pada penelitian ini berdasarkan informasi yang telah dikumpulkan terkait dengan sistem pengelolaan sampah. Pengenalan masalah berdasarkan dengan informasi yang dikumpulkan terkait dengan hal yang mempengaruhi pola penanganan sampah. Dalam hal melakukan identifikasi dikaitkan pada pola berpikir yang sistematis berdasarkan pada hubungan komponen sistem, pola tertentu, suatu proses dan konteks tertentu. Dalam hal identifikasi juga harus memperhitungkan tiga tahap; suatu sistem (*what*), subsistem (*how*), dan sistem yang lebih makro (*why*) (Marshall, 2013).

b. Penentuan Batasan Model

Pada tahapan ini dilakukan penentuan Batasan suatu model sebelum melakukan penyusunan model yang akan dibuat. Batasan model menjelaskan terkait batasan suatu analisis yang didasarkan pada permasalahan yang akan dikaji yang meliputi semua interaksi sebab-akibat yang berhubungan langsung dengan permasalahan yang telah diidentifikasi sebelumnya. Berikut dibawah ini dijelaskan batasan model pada penelitian yang akan dilakukan.

1. Melakukan pemodelan dasar atau *baseline*. Model ini didasarkan pada kondisi saat ini Kota Pangkalpinang, yaitu tahun 2020 terkait dengan populasi penduduk, timbulan sampah yang dihasilkan, serta jumlah sampah yang diolah dan diangkut ke TPA.
2. Model dasar atau *baseline*, selanjutnya dilakukan simulasi dan akan mendapatkan hasil simulasi berupa populasi penduduk dan timbulan sampah yang akan dilakukan uji validitas dan dibandingkan dengan data historis (data sekunder dari instansi terkait). Hasil dari model dasar tersebut dapat dikatakan sebagai skenario dasar atau skenario *Business as Usual* (BaU).
3. Dalam hal penentuan skenario alternatif berdasarkan pada RTRW Kota Pangkalpinang 2011-2031, RPJPD Kota Pangkalpinang tahun 2007-2026, RPJMD Kota Pangkalpinang tahun 2018-2023 dan dokumen RENSTRA tahun 2018-2023 terkait persampahan Kota Pangkalpinang. Dalam hal pemodelan untuk skenario alternatif menggunakan model dasar atau *baseline*, selanjutnya dilakukan perubahan berupa peningkatan maupun pengurangan nilai variabel yang berkaitan.
4. Hasil simulasi pada skenario dasar (BaU) dibandingkan dengan skenario alternatif. Hasil dari perbandingan tersebut akan menunjukkan pengaruh reduksi sampah rumah tangga berbasis program 3R terhadap kondisi pemrosesan akhir ke TPA. Dari perbandingan hasil tiap skenario, maka akan diketahui skenario alternatif yang paling tepat untuk diimplementasikan di Kota Pangkalpinang.

c. Penyusunan Diagram Submodel

Pada tahapan penyusunan diagram submodel akan menjelaskan model secara keseluruhan bertujuan mewakili hubungan antara bagian sistem dari situasi yang diteliti (Intani, 2017). Submodel pada penelitian ini yaitu submodel populasi, timbulan sampah, kebutuhan infrastruktur terkait persampahan, dan pembiayaan.

1) Submodel Jumlah Penduduk

Pada submodel ini, akan disusun model jumlah penduduk/populasi berdasarkan pada kelahiran, kematian, guna mengetahui pertumbuhan penduduk di Kota Pangkalpinang

2) Submodel Timbulan Sampah

Timbulan sampah dihasilkan dari populasi yang dikalikan pada timbulan sampah per orang per hari. Dalam membuat suatu keputusan terkait pengelolaan sampah perkotaan yang tepat terdapat faktor penting antaranya, total volume sampah dan komposisi sampah (Cherian, 2012).

3) Submodel TPS

Pada submodel ini, akan diterapkan kebijakan yang diimplementasi di Kota Pangkalpinang guna mendukung peningkatan kualitas pengelolaan sampah terkait infrastruktur sampah yang akan dibutuhkan. Penambahan unit/kapasitas TPST/TPS 3R, biodigester, kegiatan bank sampah sebagai variabel yang dianggap penting dalam peningkatan kualitas penanganan sampah di Kota Pangkalpinang. Pada akhirnya submodel ini dapat mengetahui berapa jumlah sampah yang akan dibawa ke TPA dan dapat dilihat pemenuhan target yang telah ditetapkan pada pemerintah daerah.

4) Submodel Pengangkutan

Pada submodel ini menggambarkan proses sampah dari TPS ke TPA Parit Enam yang melayani sampah Kota Pangkalpinang. Submodel ini dipengaruhi oleh beberapa variabel antara lain, timbulan sampah yang diangkut, kapasitas sarana pengangkutan sampah, dan jumlah ritasi.

5) Submodel Pemrosesan Akhir

Pada submodel ini akan dilakukan simulasi terkait jumlah timbulan sampah yang akan masuk ke TPA setiap tahunnya serta jumlah sampah yang akan masuk ke *landfill*. Dari penggambaran tersebut dapat diketahui usia pakai TPA yang menjadikan parameter pengaruh pengurangan sampah dan kebijakan yang akan diimplementasikan oleh pemerintah Kota Pangkalpinang.

6) Submodel Pembiayaan

Pada submodel ini terkait biaya operasional dan *maintenance*, investasi merupakan variabel yang akan menentukan kebijakan yang akan diterapkan oleh Kota Pangkalpinang yang dibuat pada analisis kebijakan.

d. Penyusunan Diagram *Causal Loop*

Penyusunan diagram *causal loop* digunakan dalam memetakan suatu hubungan kausal (sebab-akibat) setiap variabel yang terdapat pada suatu sistem yang dapat

dikatakan kompleks. Diagram *causal loop* dikatakan suatu hipotesa asumsi yang dibuat agar dapat memahami serta menjelaskan bagan sistem objek yang diteliti.

e. Formulasi Model Simulasi

Berdasarkan penyusunan diagram *causal loop*, maka dilakukan formulasi model simulasi, yang terdiri dari diagram alir dan model matematis. Pembuatan model simulasi penelitian ini menggunakan bantuan *software* Powersim Studio 2005.

2. Simulasi dan Validasi Model

Pada penelitian ini validasi suatu model dilakukan berdasarkan *behaviour test*, yaitu validasi dilakukan melalui keluaran model yang dibandingkan dengan data aktual yang telah dikumpulkan sebelumnya (instansi terkait). Untuk metode yang digunakan adalah *mean absolute percentage error* (MAPE). Uji ini digunakan guna mengetahui kesesuaian data hasil simulasi dengan data aktual. Berikut dibawah ini persamaan dari metode *mean absolute percentage error* (MAPE).

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^i \frac{|X_i - X_d|}{X_d}}{i} \times 100\%$$

Keterangan:

X_i = data estimasi/simulasi

X_d = data aktual/eksisting

i = jumlah data

Menurut Thahir dalam Amri (2014) kriteria ketepatan model dengan metode uji MAPE adalah:

- MAPE < 5% = sangat tepat
- 5% < MAPE < 10% = tepat
- MAPE > 10% = tidak tepat

3. Pengembangan Skenario dan Analisis Kebijakan

Pada tahap ini, akan dilakukan pengembangan skenario yang akan diterapkan pada model yang telah memenuhi syarat validitas. Instrumen-instrumen kebijakan serta variabel prediksi dimasa depan digunakan dalam mengembangkan skenario. Simulasi skenario dilakukan pada model dinamik yang telah disusun bertujuan agar mengetahui pengaruh intervensi dari beberapa variabel kedalam sebuah sistem terkait pada peningkatan kualitas pengelolaan sampah di Kota Pangkalpinang. Hasil

yang didapat dari simulasi skenario dapat melihat mengestimasi kapasitas pengelolaan sampah yang bertujuan untuk evaluasi dan menentukan kebijakan yang dianggap tepat dalam meningkatkan pemanfaatan TPA saat ini, seperti peningkatan efektivitas pengangkutan serta meningkatnya kapasitas sampah yang dapat ditangani melalui program 3R. Menurut Louml (2012) model simulasi, digunakan dalam memprediksi kebutuhan pengelolaan sampah yang harus ditingkatkan agar dapat mencapai target yang telah ditetapkan oleh pemerintah atau *stakeholder*. Dari beberapa skenario alternatif yang telah disusun kemudian dianalisis dan disimpulkan skenario yang dianggap tepat dalam peningkatan kualitas pelayanan pengelolaan sampah di Kota Pangkalpinang. Mengenai penyusunan diagram kausal, formulasi dan validasi suatu model, serta penyusunan skenario akan dijelaskan pada **Bab IV**.

1.8 Sistematika Penulisan

Laporan tesis ini berisi lima bab yang dapat dijelaskan berikut dibawah ini.

BAB I PENDAHULUAN

Bab I meliputi latar belakang, rumusan permasalahan, tujuan dan sasaran, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian, dan kerangka penelitian.

BAB II LITERATUR PENGELOLAAN SAMPAH DAN SISTEM DINAMIK

Bab II membahas tentang tinjauan Pustaka yang berfokus pada sistem pengelolaan sampah, upaya pengurangan & penanganan sampah, penanganan sampah berbasis program 3R, serta membahas literatur yang mendukung analisis pada penelitian ini seperti pengembangan model dinamik.

BAB III GAMBARAN UMUM

Bab III menjelaskan gambaran umum kondisi eksisting yang berkaitan dengan pengelolaan sampah di Kota Pangkalpinang.

BAB IV ANALISIS MODEL SISTEM DINAMIK PENGELOLAAN SAMPAH RUMAH TANGGA BERBASIS PROGRAM 3R

Bab IV menjelaskan pengembangan model menggunakan model sistem dinamik, validasi model yang dikembangkan, penyusunan skenario model yang berkaitan dengan target pengelolaan sampah, serta penentuan skenario terpilih.

BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Bab V menjelaskan berisi tentang kesimpulan dari pembahasan yang mengacu pada tujuan penelitian serta rekomendasi.