

## **BAB II**

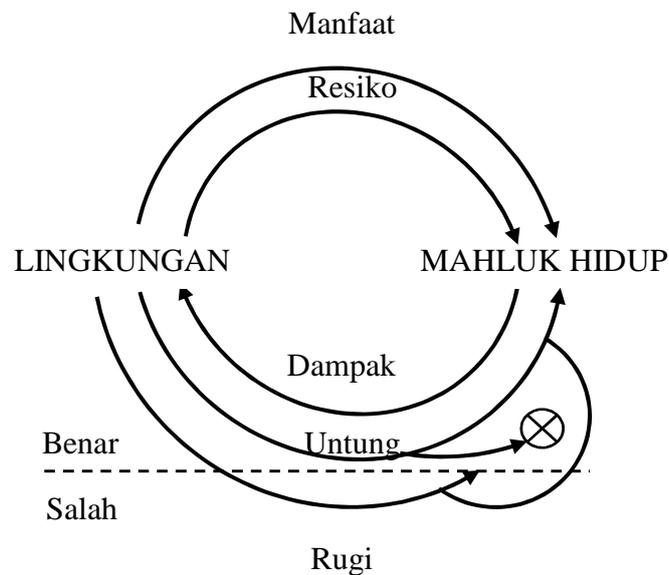
### **TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan tentang deskripsi teoritis yang menjawab pertanyaan penelitian. Sub bab pertama menjelaskan tentang manajemen lingkungan yang berkaitan dengan pengelolaan sampah. Sub bab kedua menjelaskan mata rantai sampah harus dipotong pada sumbernya. Sub bab ketiga berisi tentang dampak pencemaran yang diakibatkan oleh sampah. Sub bab keempat menjelaskan teori dan hasil penelitian yang berhubungan dengan permodelan yang berhubungan dengan pengelolaan sampah. Sub bab kelima menjelaskan tentang pemanfaatan teknologi informasi dan sub bab keenam menjelaskan peranan teknologi informasi dalam pengelolaan lingkungan .

#### **1.1. Hubungan Manajemen Lingkungan dengan Pengelolaan Sampah**

Mengapa lingkungan perlu dikelola (di *manage*), karena lingkungan adalah tempat kita hidup dan tergantung serta memiliki keterbatasan. Lingkungan bisa ada tanpa manusia, tetapi manusia tidak bisa hidup tanpa sumber daya alam yang merupakan bagian dari lingkungan (Hadi 2014:vii). Lingkungan hidup adalah sistem yang merupakan kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan dan mahluk hidup termasuk didalamnya manusia dengan perilakunya yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta mahluk hidup lainnya (Hadi 2013:3).

Manajemen lingkungan merupakan sebuah teori yang timbul berdasarkan adanya perubahan kualitas lingkungan (Puteri.R 2015:18). Tindakan manusia dalam memanfaatkan alam ini menimbulkan dampak berupa perubahan. Pada gambar dibawah ini nampak hubungan antara makhluk hidup dengan alam. Makhluk hidup membutuhkan alam untuk mempertahankan eksistensinya. Makhluk hidup memperoleh manfaat dari kehadiran alam. Yang disebut resiko adalah beban biaya atau upaya yang dilakukan untuk memperoleh manfaat tersebut.



**Gambar 1. Posisi Manusia dan Lingkungan**

Sumber: Hadi, 2013:5

Hubungan antara manusia dengan alam dimana ada pertimbangan benar dan salah yang disebut sebagai etika, moral dan nilai-nilai. Aspek etika memang tergantung pada kelompok manusia atau manusia sebagai individu. Apakah memiliki etika atau apakah jika memiliki masih dipergunakan sebagai pedoman

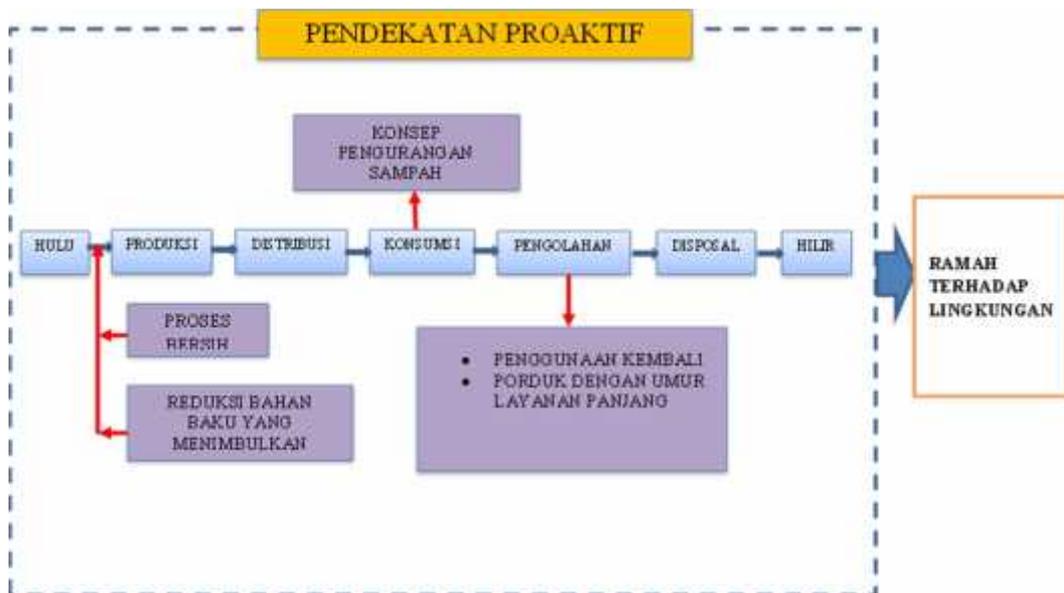
dalam bertindak dan bertingkah laku dalam mendayagunakan dan memanfaatkan alam.

Permasalahan lingkungan bukanlah permasalahan yang sederhana, tidak hanya permasalahan alam itu sendiri, tetapi juga terpengaruh oleh kegiatan manusia (Keraf 2010:1). Dalam memandang pentingnya moral/ perilaku/etika manusia yang menjadi dasar perlakuan manusia terhadap lingkungan. Antroposentrisme merupakan paham yang menjadi dasar kesalahan cara pandang manusia terhadap alam sehingga alam menjadi alat pemuas kebutuhan manusia.

Paul Shrivastava (1998) dalam Hadi (2014:xii) membagi konsep manajemen lingkungan menjadi dua yaitu manajemen tradisional dan manajemen ekosentris. Perbedaan dari kedua manajemen tersebut dapat dilihat dari tujuan, nilai, produk, sistem produksi, organisasi, lingkungan dan fungsi bisnis. Dari aspek tujuan manajemen tradisional berorientasi pada pertumbuhan ekonomi, keuntungan finansial dan kepentingan stakeholder (pemangku kepentingan terbatas). Sedangkan manajemen eco-sentries mendasarkan pada keberlanjutan kehidupan dan kepentingan stakeholders (pemangku kepentingan yang lebih luas).

Manajemen tradisional dan manajemen ekosentris memiliki pandangan yang berbeda dalam memanfaatkan lingkungan guna memenuhi kebutuhan manusia. Manajemen tradisional masih bertumpu pada pemanfaatan lingkungan secara penuh untuk memenuhi kebutuhan manusia tanpa memikirkan masa depan lingkungan. Sedangkan manajemen ekosentris memanfaatkan lingkungan yang seimbang dengan alam dan menggunakan prinsip keberlanjutan.

Berkaitan terbentuknya sampah ada 2 (dua) pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengendalikan akibat adanya sampah, yaitu pendekatan proaktif dan pendekatan reaktif (Damanhuri 2008). Pendekatan proaktif yaitu upaya agar sampah yang dihasilkan serendah mungkin dalam proses penggunaan bahan, dengan tingkat bahaya yang serendah mungkin. Pendekatan proaktif merupakan strategi yang diperkenalkan sebagai proses bersih atau teknologi bersih yang bersasaran pada pengendalian atau reduksi terjadinya sampah melalui penggunaan teknologi yang lebih bersih dan yang akrab lingkungan.



**Gambar 2. Konsep Pendekatan Proaktif Timbulan Sampah**

Sumber: Analisa penulis 2017

Konsep proaktif dapat melingkupi pengaturan penggunaan bahan serta limbahnya, penghematan bahan baku. Pemakaian kembali bahan baku tercecer yang masih bisa dimanfaatkan pemanfaatan teknologi yang digunakan agar limbah yang dihasilkan seminimal mungkin.

Pendekatan reaktif yaitu penanganan sampah yang dilakukan setelah sampah tersebut terbentuk. Konsep ini mengandalkan pada teknologi pengolahan dan penanganan sampah, agar residu yang dihasilkan aman dilepas kembali ke lingkungan. Konsep pengendalian sampah secara reaktif tersebut kemudian diperbaiki melalui kegiatan pemanfaatan kembali residu atau sampah secara langsung (reuse), dan/atau melalui sebuah proses terlebih dahulu sebelum dilakukan pemanfaatan (recycle) terhadap sampah tersebut.

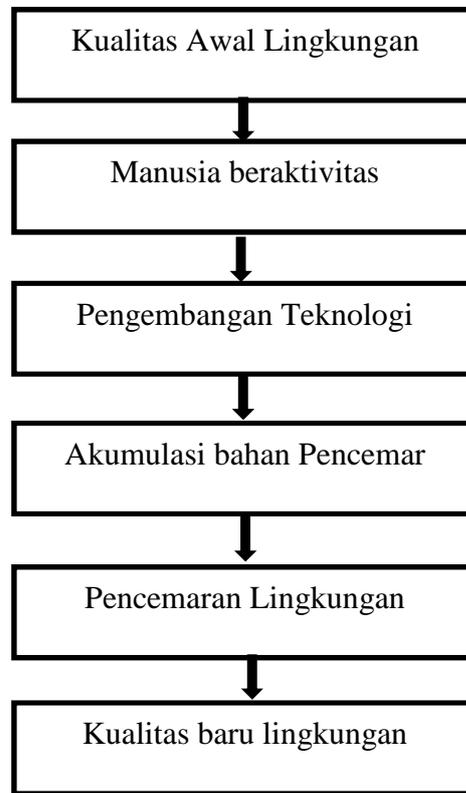


**Gambar 3. Konsep Pendekatan Reaktif Timbulan Sampah**

Sumber: Analisa penulis 2017

Manusia sangat berperan dalam mencegah terjadinya dampak pengelolaan lingkungan yang tidak baik. Dengan berbagai upaya, mereka dapat mengurangi dan mengendalikan terjadinya pencemaran, baik itu pencemaran udara, air, maupun tanah. Jika tidak dikendalikan, pencemaran lingkungan dapat mengakibatkan berbagai macam masalah, seperti kerusakan lingkungan, punahnya berbagai makhluk hidup, dan kesehatan manusia.

Dalam penelitian Puteri R, (2015:18) menggambarkan siklus perubahan lingkungan akibat aktivitas manusia sebagai berikut:



**Gambar 4. Siklus Perubahan Lingkungan**

Sumber: Amsyari 1995 dalam Puteri.R, 2015

Kaitan antara sampah dan bagaimana mengelolanya dapat dilihat dari definisi sampah tersebut. Seperti dalam penelitian Puteri R (2015:24) yang mengutip pernyataan McDougall (2001:1) mendefinisikan sampah sebagai sesuatu yang kurang berguna dan bernilai, atau sisa-sisa yang tidak berguna. Sampah sendiri menurut Undang-Undang No 18 Tahun 2008 adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat.

Menurut undang-undang tersebut terdapat dua kelompok utama dalam pengelolaan sampah, kelompok pertama yaitu pengurangan sampah (*waste*

*minimization*), yang terdiri dari pembatasan terjadinya sampah, guna -ulang dan daur-ulang. Sedangkan kelompok ke dua adalah penanganan sampah (*waste handling*), yang terdiri dari, pemilahan dalam bentuk pengelompokan dan pemisahan sampah sesuai dengan jenis, jumlah, dan/atau sifat sampah. Pengumpulan dalam bentuk pengambilan dan pemindahan sampah dari sumber sampah ke tempat penampungan sementara atau tempat pengolahan sampah terpadu. Pengangkutan dalam bentuk membawa sampah dari sumber dan/atau dari tempat penampungan sampah sementara atau dari tempat pengolahan sampah terpadu menuju ke tempat pemrosesan akhir. Pengolahan dalam bentuk mengubah karakteristik, komposisi, dan jumlah sampah Pemrosesan akhir sampah: dalam bentuk pengembalian sampah dan/atau residu hasil pengolahan sebelumnya ke media lingkungan secara aman.

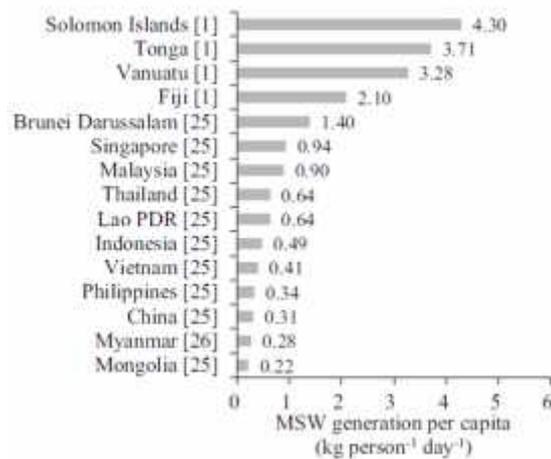
Lebih lanjut Damanhuri (2008:6) menjelaskan bahwa Undang-Undang Nomor 18 tahun 2008 menegaskan bahwa pengurangan sampah dilakukan sebelum sampah tersebut terwujud dari sumbernya, misalnya melalui penghematan penggunaan bahan. Kewajiban pengurangan sampah ditujukan bukan saja bagi konsumen, tetapi juga ditujukan pada produsen produk. Di Indonesia, upaya mereduksi sampah dari sumbernya masih belum mendapat perhatian yang baik karena dianggap rumit dan tidak menunjukkan hasil yang nyata dalam waktu singkat. Upaya mereduksi sampah sebetulnya akan menimbulkan manfaat jangka panjang seperti, mengurangi biaya pengelolaan dan investasi, mengurangi potensi pencemaran air dan tanah, Memperpanjang usia

TPA, mengurangi kebutuhan sarana sistem kebersihan, menghemat pemakaian sumber daya alam.

Dari definisi tersebut sudah jelas bahwa sampah adalah sisa dari kegiatan sehari-hari manusia, oleh karena itu jumlah penduduk yang semakin banyak salah satu dampaknya mengakibatkan peningkatan jumlah timbulan sampah.

Jumlah timbulan sampah yang dihasilkan oleh rumah tangga dan sejenis rumah tangga di negara maju mencapai 521,95-759,2 kg per orang per tahun. Sedangkan dinegara berkembang 109.5-525.6 kg per orang per tahun (Karak et al. 2012:1511). Dalam penelitiannya Kawai & Tasaki (2015) menyampaikan bahwa timbulan sampah merupakan indikator tekanan lingkungan yang sangat penting sebagai pengaruh aktivitas manusia. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan suatu cara untuk mengelolanya (*Manage*) sehingga tidak menimbulkan dampak yang mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas lingkungan.

Timbulan sampah di beberapa negara berkembang yang dihasilkan sumber domestik dan non domestik menurut penelitian (Kawai & Tasaki 2015) adalah sebagai berikut.



**Gambar 5. Timbulan Sampah di negara Berkembang**

Sumber:(Kawai & Tasaki 2015)

## 1.2. Memotong Mata Rantai Sampah dari Sumber Tumpukan

Sampah merupakan produk kita sebagai manusia. Dalam siklus keseharian, manusia dihadapkan pada suatu pilihan produk mulai dari yang kurang menimbulkan dampak sampai yang sangat menimbulkan dampak pada lingkungan ( Hadi 2013:131). Lebih lanjut ( Hadi 2013:) dalam bukunya Manusia dan Lingkungan memberikan contoh, seperti bentuk *snack* dalam dos akan banyak menimbulkan sampah berupa kertas dos, plastik dan makanan sisa sehingga sampah tersebut akan membebani lingkungan. Berbeda ketika penyajiannya menggunakan piring dan tanpa menggunakan plastik, tentu sampah yang ditinggalkan tidak sebanyak ketika menggunakan dos.

Ilustrasi diatas merupakan bibit dari persoalan lingkungan yang ditimbulkan oleh sampah. Damanhuri (2008) menyampaikan bahwa di Indonesia, upaya mengurangi sampah masih belum mendapat perhatian yang baik karena dianggap sulit dan tidak menunjukkan hasil yang nyata dalam waktu singkat .Upaya

mereduksi tersebut mengandung pengertian bahwa pengurangan konsumsi sampah dari manusia sebagai individu. Akan tetapi upaya pengurangan sampah terus dilakukan baik oleh Pemerintah maupun oleh kelompok masyarakat pada sumber tumpukan sampah, hal ini dilakukan untuk memotong mata rantai sumber sampah agar tidak terus menjadi persoalan.

Volume sampah terus meningkat setiap tahunnya, sehingga mengakibatkan dampak yang ditimbulkan oleh sampah juga terus meningkat, oleh sebab itu diperlukan pengelolaan sampah yang bijak, dan peran serta masyarakat untuk memotong mata rantai pada sumber tumpukan sampah yang dapat menimbulkan persoalan.

Sumber sampah perkotaan yang dikelola oleh Pemerintah Kota di Indonesia sering dikategorikan dalam beberapa kelompok. (Damanhuri 2010) yaitu:

1. Sampah dari rumah tinggal: merupakan sampah yang dihasilkan dari kegiatan atau lingkungan rumah tangga atau sering disebut dengan istilah sampah domestik. Dari kelompok sumber ini umumnya dihasilkan sampah berupa sisa makanan, plastik, kertas, karton atau/ dos, kain, kayu, kaca, daun, logam, dan kadang-kadang sampah berukuran besar seperti dahan pohon. Praktis tidak terdapat sampah yang biasa dijumpai di negara industri, seperti mebel, TV bekas, kasur dan lain-lain. Kelompok ini dapat meliputi rumah tinggal yang ditempati oleh sebuah keluarga, atau sekelompok rumah yang berada dalam suatu kawasan permukiman, maupun unit rumah tinggal yang berupa rumah susun. Dari rumah tinggal

juga dapat dihasilkan sampah golongan B3 (bahan berbahaya dan beracun), seperti misalnya baterai, lampu, sisa obat-obatan, oli bekas, dan lain-lain.

2. Sampah dari daerah komersial: sumber sampah dari kelompok ini berasal dari pertokoan, pusat perdagangan, pasar, hotel, perkantoran, dan lain-lain. Dari sumber ini umumnya dihasilkan sampah berupa kertas, plastik, kayu, kaca, logam, dan juga sisa makanan. Khusus dari pasar tradisional, banyak dihasilkan sisa sayur, buah, makanan yang mudah membusuk. Secara umum sampah dari sumber ini adalah mirip dengan sampah domestik tetapi dengan komposisi yang berbeda.
3. Sampah dari perkantoran atau institusi: sumber sampah dari kelompok ini meliputi perkantoran, sekolah, rumah sakit, lembaga pemasyarakatan, dan lain-lain. Dari sumber ini potensial dihasilkan sampah seperti halnya dari daerah komersial non pasar.
4. Sampah dari jalan / taman dan tempat umum: sumber sampah dari kelompok ini dapat berupa jalan kota, taman, tempat parkir, tempat rekreasi, saluran drainase kota, dll. Dari daerah ini umumnya dihasilkan sampah berupa daun / dahan pohon, pasir / lumpur, sampah umum seperti plastik, kertas, dan lain-lain.
5. Sampah dari industri dan rumah sakit yang sejenis sampah kota: kegiatan umum dalam lingkungan industri dan rumah sakit tetap menghasilkan sampah sejenis sampah domestik, seperti sisa makanan, kertas, plastik, dan lain-lain.

Sampah juga dikelompokan menurut komposisinya. Dengan mengetahui komposisi sampah dapat ditentukan cara pengolahan yang tepat dan yang paling efisien sehingga dapat diterapkan proses pengolahannya. Berdasarkan komposisinya sampah dapat dikelompokan sebagai berikut:

1. Sampah organik yaitu sampah yang cepat terdegradasi (cepat membusuk), terutama yang berasal dari sisa makanan. Sampah yang membusuk (garbage) adalah sampah yang dengan mudah terdekomposisi karena aktivitas mikroorganisme. Dengan demikian pengelolaannya menghendaki kecepatan, baik dalam pengumpulan, pembuangan, maupun pengangkutannya. Pembusukan sampah ini dapat menghasilkan bau tidak enak, seperti ammoniak dan asam-asam volatil lainnya. Selain itu, dihasilkan pula gas-gas hasil dekomposisi, seperti gas metan dan sejenisnya, yang dapat membahayakan keselamatan bila tidak ditangani secara baik. Penumpukan sampah yang cepat membusuk perlu dihindari. Sampah kelompok ini kadang dikenal sebagai sampah basah, atau juga dikenal sebagai sampah organik. Kelompok inilah yang berpotensi untuk diproses dengan bantuan mikroorganisme, misalnya dalam pengomposan atau gasifikasi.
2. Sampah non organik atau sampah yang tidak membusuk, umumnya terdiri atas bahan-bahan kertas, logam, plastik, gelas, kaca, dan lain-lain. Kelompok sampah ini dikenal pula sebagai sampah kering yang sebaiknya didaur ulang, apabila tidak maka diperlukan proses lain untuk memusnahkannya, seperti pembakaran. Namun pembakaran juga

memerlukan penanganan lebih lanjut, dan berpotensi sebagai sumber pencemaran udara yang bermasalah, khususnya bila mengandung plastik PVC.

3. Sampah berbahaya adalah semua sampah yang mengandung bahan beracun bagi manusia, flora, dan fauna. Sampah ini pada umumnya terdiri atas zat kimia organik maupun anorganik serta logam-logam berat, yang kebanyakan merupakan buangan industri. Sampah jenis ini sebaiknya dikelola oleh suatu badan yang berwenang dan dikeluarkan ke lingkungan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Sampah jenis ini tidak dapat dicampurkan dengan sampah kota biasa.

### **2.2.1 Pengelolaan Sampah**

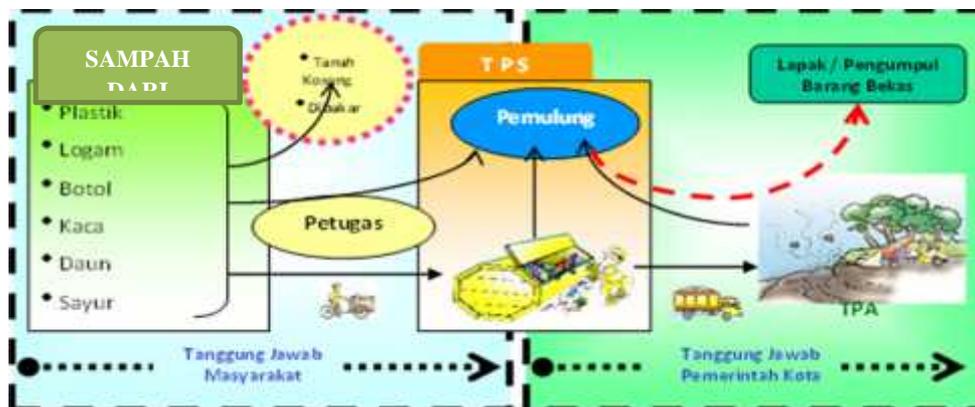
Undang-undang Nomor 18 Tahun 2008 mendefinisikan pengelolaan sampah yaitu kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Pengelolaan sampah menurut Hadiwiyoto 1983 dalam (Jamaluddin 2016:5) adalah usaha untuk mengatur atau mengelola sampah dari proses pengumpulan, pemisahan, pemindahan, pengangkutan, sampai pengolahan dan pembuangan akhir.

Sebagaimana yang disampaikan (Damanhuri 2010) bahwa pengelolaan sampah mempunyai beberapa tujuan mendasar seperti, meningkatkan kesehatan lingkungan dan masyarakat, melindungi sumber daya alam, melindungi fasilitas sosial dan ekonomi dan menunjang pembangunan sektor strategis. Keberhasilan pengelolaan sampah, bukan hanya tergantung aspek teknis saja, akan tetapi mencakup juga aspek non teknis, seperti bagaimana mengatur sistem agar dapat

berfungsi, bagaimana lembaga atau organisasi yang sebaiknya mengelola, bagaimana pembiayaan sistem tersebut dan yang tak kalah pentingnya adalah bagaimana melibatkan masyarakat penghasil sampah dalam aktivitas penanganan sampah.

Pengelolaan sampah perkotaan di Indonesia masih menggunakan pola menngangkut dan membuang. Sampah dari rumah atau area komersial dikumpulkan pada Tempat Penampungan Sementara (TPS) yang dikoordinasi oleh RT atau RW atau pengelola setempat. Setelah sampah sampai ke tempat penampungan sementara kemudian dimasukan kedalam “*container*” yang kemudian diangkut menggunakan truk ke TPA.

Sikap resisten masyarakat terhadap fasilitas pembuangan sampah dalam delapan tahun terakhir ini makin meningkat. Tahun 1999, masyarakat mulai protes atas keberadaan TPA Bantar Gebang, Bekasi yang telah mulai beroperasi sejak tahun 1992. Sistem *sanitary landfill* yang dijanjikan tidak dilaksanakan dengan baik, alasanya karena keterbatasan tanah urug sehingga yang dilaksanakan adalah sistem *open dumping* ( Hadi 2014:288).



**Gambar 6. Paradigma Lama Pengelolaan Sampah**

Sumber: Bintek PU, 2013

Seperti yang terlihat pada gambar 6, sampah yang berasal dari sumber kemudian dikumpulkan, ada juga yang dibuang pada tanah kosong dan dibakar pada sembarang tempat. Menurut (Damanhuri 2010) bahwa sumber sampah dibagi Paradigma lama masih menganut cara bahwa sampah yang sudah dibuang dan diangkut ke TPS menjadi tanggung jawab masyarakat, sedangkan dari TPS menuju TPA menjadi tanggung jawab pemerintah.

Di negara-negara maju, seperti Amerika Serikat dan Kanada fenomena penolakan keberadaan fasilitas pembuangan sampah telah muncul sejak awal tahun 1980 an yang disebut *not in my backyard* (NIMBY) *syndrom*. Artinya, jangan menempatkan fasilitas sampah di sekitar pemukiman saya (Hadi 2014;288).

Pada masa reformasi sekarang ini *social acceptance* (penerimaan sosial) dari sebuah pengelolaan fasilitas pembuangan sampah menjadi hal yang sangat penting, apalagi kalau pengoperasiannya di tengah-tengah permukiman penduduk. Di samping memperbaiki pengelolaan sampah pada bagian hilir pengelola sebaiknya juga mencari terobosan-terobosan pengelolaan dari sumbernya atau dari hulu. Suatu pendekatan atau paradigma baru harus dipahami dan diikuti yaitu sampah dapat dikurangi, digunakan kembali dan atau di daur ulang, yang sering disebut 3R (*Reuse, Recycle, Reduce*).

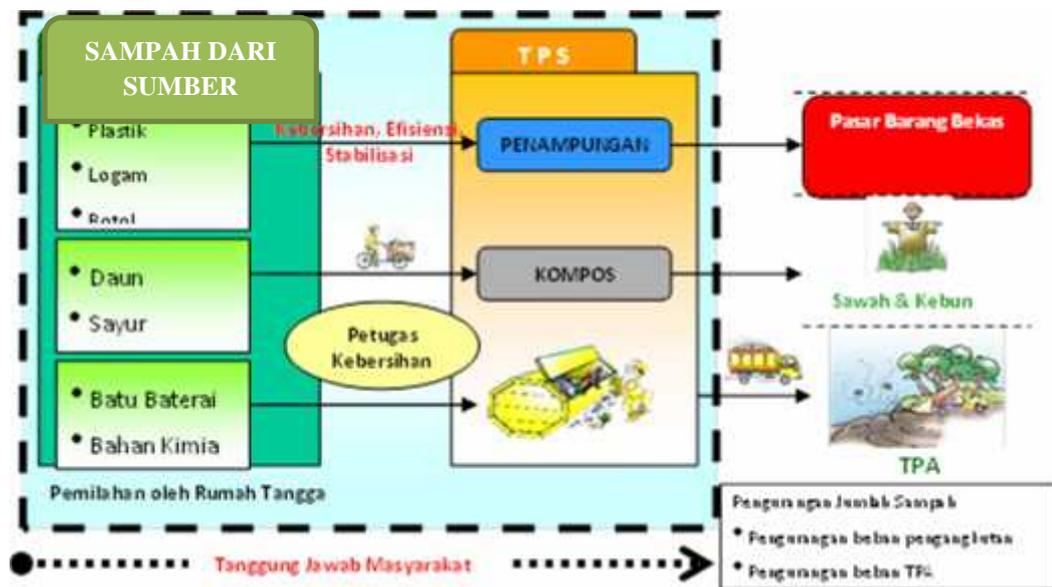
Perihal seperti ini bukan merupakan sesuatu yang baru karena sudah banyak dilakukan di beberapa negara dan berhasil meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah yang signifikan. Dengan mengurangi sampah sejak dari sumbernya, maka beban pengelolaan sampah akan berkurang, anggaran dan fasilitas yang dapat

dimanfaatkan semakin efisien. Beban pencemaran dapat dikurangi dan lebih jauh lagi dapat turut menjaga kelestarian lingkungan sehingga tercipta pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

Berbagai permasalahan sampah sering memunculkan pemikiran untuk mengembangkan pemikiran baru untuk merubah paradigma dari pembuangan sampah menjadi pengelolaan material seperti yang dilakukan di Amerika dan negara-negara maju lainnya seperti Denmark, Swiss, Jepang (Thorneloe et al. 2005). Paradigma baru ini merubah sampah yang selama ini lebih banyak di buang ke TPA, menjadi suatu material yang berharga untuk bahan daur ulang, dijadikan pupuk organik atau kompos, bahkan dapat digunakan sebagai sumber energi untuk pembangkit listrik. Seperti negara Demark misalnya sampah yang dihasilkan sebagian di daur ulang dan dipakai untuk pembangkit listrik dan sumber pemanas ruangan, serta dikelola untuk dijadikan kompos dan sisanya dibuang ke TPA .

Di Indonesia sendiri keberadaan Bank Sampah terus mengalami perkembangan. Bank sampah pada dasarnya merupakan wadah dari masyarakat yang ingin menjual sampah an organik seperti plastik,kardus, kaleng botol dan sebagainya. Apabila pengelolaan bank sampah diperluas cakupanya dan dikembangkan dengan memanfaatkan teknologi yang berkembang saat ini, maka dapat meningkatkan nasabah dan keuntungan bagi pengelola. Apabila model seperti ini dapat diterapkan diperkotaan dan dilakukan dibanyak tempat, maka sumbangannya memotong mata rantai sampah di sumbernya akan cukup signifikan (Hadi 2013:127).

Melalui paradigma baru ini pengelolaan sampah tidak lagi merupakan satu rangkaian yang hanya berakhir di TPA (*one-way street*), tetapi lebih merupakan satu siklus yang sejalan dengan konsep ekologi. Energi baru yang dihasilkan dari hasil penguraian sampah maupun proses daur-ulang lainnya tidak hilang percuma. Berdasarkan perhitungan Direktorat Bintel-Dept. PU (2013), bila konsep pengelolaan sampah terpadu dengan strategi 3-M (Mengurangi, Menggunakan kembali, Mendaur-ulang) atau sering disebut 3R *Reduce, Reuse, Recycle* dilaksanakan, maka sampah yang masuk ke TPA berupa residu hanya sebesar 15%. Sampah yang dapat dikomposkan 40%, didaur-ulang 20%, dan dibakar dengan menggunakan insinerator 25%.



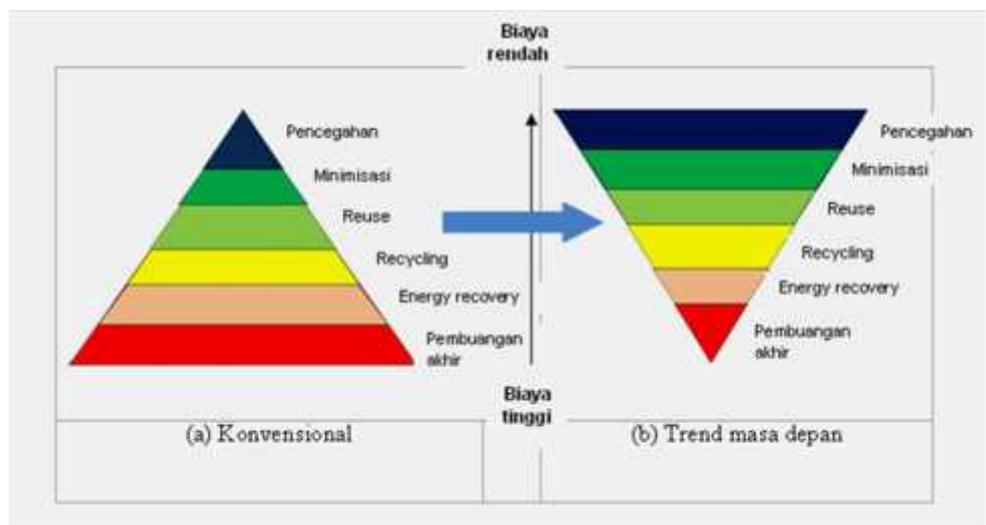
**Gambar 7. Paradigma Baru Pengelolaan Sampah**

Sumber: Bintel PU, 2013

Pada gambar 7 terlihat sampah sudah di bedakan menjadi tiga yaitu, (a) sampah an organik contohnya plastik, jenis logam, dan kertas ,(b) sampah organik seperti sayur, daun, (c) sampah yang berbahaya seperti batere, dan bahan kimia

lainya. Paradigma ini menjadikan sampah bisa di kelola pada sumbernya, sampah an organik dikelola dengan potensi pasar barang bekas dan sampah organik dapat dijadikan pupuk kompos, sedang sampah yang berbahaya dikelola dengan perizinan. Cara Pandang atau paradigma pengelolaan sampah yang baru ini tidak lagi merupakan satu rangkaian yang hanya berakhir di TPA (*one-way street*), tetapi lebih merupakan satu siklus yang sejalan dengan konsep ekologi. Potensi baru yang dihasilkan dari hasil penguraian sampah maupun proses daur-ulang lainnya tidak hilang percuma.

Paradigma baru penanganan sampah juga sejalan dengan pemikiran Themelis (2012) yaitu pengembangan hirarki pengelolaan sampah di tingkat pembuangan, seperti yang tersaji pada gambar berikut:



**Gambar 8. Hirarki Pengelolaan Sampah Perkotaan**

Sumber : (Themelis 2012)

Tingkat yang lebih tinggi dari pembuangan akhir adalah *energy recovery*, dimana sampah dipandang sebagai sumber daya yang dapat menghasilkan energi. Penerapannya lazim dilakukan di TPA yang difasilitasi dengan sistem pengumpul dan konversi energi dari gas metana yang terbentuk selama sampah ditimbun.

Proses anaerobik yang secara alami berlangsung di dalam timbunan sampah mampu mengubah sampah organik biodegradable menjadi gas metana. Bila tidak dikelola dan dimanfaatkan, gas metana dari TPA akan teremis ke atmosfer, dan menjadi salah satu penyebab terjadinya pemanasan global. Hierarki berikutnya adalah daur ulang sampah untuk menghasilkan produk baru (*recycling*), yang disusul dengan hierarki dengan tingkatan lebih tinggi, yaitu pemanfaatan kembali sampah (*reuse*). Hirarki lebih tinggi berikutnya adalah minimisasi, yaitu mengurangi timbunan sampah semaksimal mungkin. Sedangkan hierarki tertinggi dalam penanganan sampah kota adalah sedapat mungkin mencegah terbentuknya sampah (*prevention*).

### **2.2.2 Partisipasi Masyarakat**

Pengantar berubahnya paradigma pengelolaan sampah dari tanggung jawab pemerintah kepada masyarakat, menumbuhkan kesadaran yang luas tentang perlunya partisipasi masyarakat dalam keseluruhan proses dan program pengelolaan sampah. Partisipasi muncul sebagai kata yang banyak diungkapkan ketika berbicara tentang pengelolaan sampah. Meskipun demikian, partisipasi masyarakat belum sepenuhnya dihayati dan dilaksanakan oleh stakeholders pembangunan khususnya dalam hal pengelolaan sampah, baik dari kalangan pemerintah, swasta, LSM, dan masyarakat. Bahkan di kalangan masyarakat sendiri masih gamang menghadapi praktek partisipasi dalam melaksanakan setiap tahapan pengelolaan sampah di lingkungannya.

Partisipasi merupakan komponen penting dalam pembangkitan kemandirian dan proses pemberdayaan (Craig dan May, 1995 dalam Hikmat, 2004). Lebih

lanjut Hikmat (2004) menjelaskan pemberdayaan dan partisipasi merupakan strategi yang sangat potensial dalam rangka meningkatkan ekonomi, sosial dan transformasi budaya. Proses ini, pada akhirnya akan dapat menciptakan pembangunan yang berpusat pada rakyat.

Partisipasi menurut Hoofsteede (1971) yang dikutip oleh Purbathin Hadi (2015) berarti "*The taking part in one or more phases of the process*" atau mengambil bagian dalam suatu tahap atau lebih dari suatu proses, dalam hal ini proses pengelolaan sampah. Sedangkan menurut Fithriadi, dkk. (1997) Partisipasi adalah pokok utama dalam pendekatan pembangunan yang terpusat pada masyarakat dan berkesinambungan serta merupakan proses interaktif yang berlanjut.

Prinsip dalam partisipasi adalah melibatkan atau peran serta masyarakat secara langsung, dan hanya mungkin dicapai jika masyarakat sendiri ikut ambil bagian, sejak dari awal, proses dan perumusan hasil. Keterlibatan masyarakat akan menjadi penjamin bagi suatu proses yang baik dan benar.

Lebih lanjut Purbathin Hadi (2015) mengemukakan, melibatkan masyarakat secara langsung akan membawa dampak penting, yaitu : (1) Terhindar dari peluang terjadinya manipulasi. Keterlibatan masyarakat akan memperjelas apa yang sebenarnya dikehendaki oleh masyarakat; (2) Memberikan nilai tambah pada legitimasi rumusan perencanaan karena semakin banyak jumlah mereka yang terlibat akan semakin baik; dan (3) Meningkatkan kesadaran dan keterampilan politik masyarakat.

Banyak definisi yang dikemukakan para ahli tentang partisipasi. Namun secara harfiah, partisipasi berarti "turut berperan serta dalam suatu kegiatan", "keikutsertaan atau peran serta dalam suatu kegiatan", "peran serta aktif atau proaktif dalam suatu kegiatan". Menurut Purbathin Hadi (2015:6) Partisipasi dapat didefinisikan secara luas sebagai "bentuk keterlibatan dan keikutsertaan masyarakat secara aktif dan sukarela, baik karena alasan-alasan dari dalam dirinya (intrinsik) maupun dari luar dirinya (ekstrinsik) dalam keseluruhan proses kegiatan yang bersangkutan".

Pentingnya partisipasi dalam pengelolaan sampah yaitu menumbuhkan kesadaran bahwa sampah dihasilkan oleh masyarakat, sehingga segala kegiatan manusia hendaknya berupaya meminimalkan penumpukan sampah. Keberhasilan upaya pengelolaan sampah akan dipengaruhi adanya partisipasi dari masyarakat.

### **2.3 Dampak Pencemaran Akibat Sampah**

Sampah merupakan salah satu penyebab pencemaran lingkungan, yang umumnya terdiri dari komposisi sisa makanan, daun, plastik, kertas, kain bekas, karet dan lain – lain. Bila dibuang dengan cara ditumpuk saja maka akan menimbulkan bau dan gas yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Bila dibakar akan menimbulkan pengotoran udara (Song et al. 2014:8).

Undang-Undang No 18 Tahun 2008 mendefinisikan sampah adalah sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Dalam kenyataannya banyak pengelola kebersihan menghadapi berbagai masalah antara lain bau, lalat, debu, tebaran sampah. Di TPA, jika sampah ditimbun dalam beberapa waktu masalah yang timbul adalah kontaminasi air tanah (*leachate*).

Sampah berdasarkan sumbernya terbagi menjadi sampah rumah tangga (domestik) dan sampah sejenis rumah tangga (non domestik). Sampah rumah tangga adalah sampah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga sehari-hari. Sedangkan sampah sejenis rumah tangga adalah sampah yang dihasilkan dari kawasan komersial, fasilitas umum, fasilitas sosial, kawasan industri.

Tempat- tempat umum adalah tempat yang dimungkinkan banyaknya orang berkumpul dan melakukan kegiatan. Tempat – tempat tersebut mempunyai potensi yang cukup besar dalam memproduksi sampah termasuk tempat perdagangan seperti pertokoan dan pasar. Jenis sampah yang dihasilkan umumnya berupa sisa – sisa makanan, sayuran busuk, sampah kering, abu, plastik, kertas, dan kaleng- kaleng serta sampah lainnya.

Berbagai macam sampah yang telah disebutkan diatas hanyalah sebagian kecil saja dari sumber- sumber sampah yang dapat ditemukan dalam kehidupan sehari - hari. Hal ini menunjukkan bahwa kehidupan manusia tidak akan pernah lepas dari sampah. Terutama penumpukan sampah yang terjadi di tempat-tempat umum seperti di pasar-pasar. Di pasar-pasar yang setiap harinya digunakan untuk berdagang antara penjual dengan pembeli tentunya tidak lepas dari sampah yang dihasilkannya.

Santoso (2008) menyebutkan bahwa dampak sampah bila tidak dikelola dan ditinjau dari segi keseimbangan lingkungan, kesehatan, keamanan dan pencemaran, dapat menimbulkan berbagai gangguan antan lain: 1) Sampah dapat menimbulkan pencemaran udara karena mengandung gas-gas yang terjadi dan bau yang tidak sedap, daerah becek dan kadang-kadang berlumpur terutama apabila

musim penghujan datang; 2) Sampah yang bertumpuk-tumpuk dapat menimbulkan kondisi fisik dan kimia yang tidak sesuai dengan lingkungan normal, yang dapat mengganggu kehidupan di lingkungan sekitarnya; 3) Di sekitar daerah pembuangan sampah akan terjadi kekurangan oksigen, keadaan ini disebabkan karena selama proses perombakan sampah menjadi senyawa-senyawa sederhana diperlukan oksigen yang diambil dari udara di sekitarnya. Karena kekurangan oksigen dapat menyebabkan kehidupan flora dan fauna menjadi terdesak; 4) Gas-gas yang dihasilkan selama degradasi (pembusukan) sampah dapat membahayakan kesehatan karena kadangkala proses pembusukan ada mengeluarkan gas beracun; 5) Dapat menimbulkan berbagai penyakit terutama yang dapat ditularkan oleh lalat atau serangga lainnya, binatang-binatang seperti tikus dan anjing; dan 6) Secara estetika sampah tidak dapat digolongkan sebagai pemandangan yang nyaman untuk dinikmati.

Permasalahan dari sisi manajemen sendiri tidak tersedianya prasarana dan sarana pengelolaan sampah yang memadai, sumber daya manusia yang terbatas, peraturan yang masih belum ditaati, dan anggaran pemerintah yang masih kecil. Permasalahan tersebut akan berdampak pada pelayanan yang kurang sesuai dengan harapan masyarakat. Perilaku masyarakat juga masih sulit berubah dalam membuang sampah yang belum pada tempatnya (Bintek PU 2013), sehingga dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan seperti pencemaran udara (bau), pencemaran air dan pencemaran tanah.

Pengelolaan sampah sebagai bahan pencemar, memang dapat dilakukan dengan berbagai cara, namun demikian, bila masih memungkinkan, upaya

pencegahan jauh lebih baik dan efektif untuk dilaksanakan. Upaya pencegahan dapat dilakukan, bila semua pihak memahami dampak negatif membuang sampah sembarangan, tidak hanya terhadap lingkungan tetapi juga terhadap kesehatan manusia.

Upaya pencegahan dan pengelolaan sampah telah diatur oleh pemerintah baik oleh Pemerintah Pusat maupun Pemerintah Daerah dengan mengeluarkan Undang-undang dan Peraturan Daerah sebagai acuan yang harus dilaksanakan oleh para pelaku yang berpotensi untuk mencemari lingkungan. Pencegahan pencemaran sampah, walaupun sudah dilakukan, akan tetapi persoalan sampah masih tetap belum dapat diselesaikan dan masih selalu menjadi permasalahan. Pembuangan sampah (limbah) yang dilakukan secara sembarangan akan mencemari lingkungan; bahkan bila dibuang di tempat yang telah disediakan (tempat sampah) juga masih merupakan masalah.. Sampah selalu dianggap sebagai permasalahan yang sangat mengganggu; dengan dampak yang beranekaragam, baik terhadap kesehatan maupun estetika dan keindahan kota (pemukiman).

Berbagai potensi dampak yang ditimbulkan oleh pengelolaan sampah yang kurang baik antara lain:

**a. Pencemaran Udara**

Pencemaran udara merupakan suatu kondisi dimana kehadiran satu atau lebih substansi kimia, fisik, biologi di atmosfer dalam jumlah yang membahayakan. Berbahaya terhadap kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan, mengganggu estetika dan kenyamanan serta merusak properti .

Naryono (2013) mendefinisikan pencemaran udara sebagai kerusakan terhadap kualitas udara. Kerusakan kualitas ini disebabkan oleh berbagai sumber yang merusak makhluk hidup maupun benda mati. Pencemaran udara dapat bersumber antara lain dari asap kendaraan bermotor, asap pabrik, limbah industri, limbah rumah tangga dan lain-lain. Sampah rumah tangga ataupun industri dalam bentuk padatan yang di buang dengan sembarangan juga dapat menyebabkan pencemaran. Sampah padat organik dapat dengan mudah diuraikan oleh jamur atau bakteri. Namun, sampah padatan sintesis pada umumnya tidak dapat diuraikan oleh dekomposer (bakteri dan jamur) pada suatu ekosistem. Sehingga, hal ini akan membuat sampah tersebut menumpuk dan menimbulkan banyak masalah .

Sampah yang menumpuk dan tidak segera terangkut merupakan sumber bau tidak sedap yang memberikan efek buruk bagi kawasan sekitarnya. Pembakaran sampah juga dapat menyebabkan gangguan udara pada lingkungan. Sarana pengangkutan yang tidak tertutup berpotensi menimbulkan masalah bau di sepanjang jalur yang di lalui pengangkutan tersebut.

Pada TPA terjadi pelepasan zat (partikel dan gas) dari hasil pemrosesan sampah yang tidak sempurna, diantaranya berupa partikulat SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, Hidrokarbon dan lai-lain (Joko Mulyo Hartono, 2013). Proses dekomposisi sampah di TPA secara terus menerus akan berlangsung yang menghasilkan gas seperti CO,CO<sub>2</sub>,CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, dan lain-lain. Gas tersebut secara langsung akan mencemari udara yang merugikan terhadap kesehatan manusia di sekitarnya.

## **b. Pencemaran Air**

Menurut Fardiaz (1992:19) dalam Yusuf (2014) bahwa “ pencemaran air adalah penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya”, umumnya, air yang sudah tercemar memiliki beberapa ciri yaitu seperti perubahan warna, bau, dan rasa. Pencemaran Air adalah masalah yang saat ini sulit untuk dihindari terutama di daerah padat penduduk dan disekitar tempat industri.

Sebab terjadinya pencemaran ini tidak lain karena adanya aktivitas yang dilakukan manusia, baik itu karena individu yang membuang sampah sembarangan ataupun pihak industri yang tidak bertanggung jawab dalam membuang limbah industri tanpa melakukan penyaringan terlebih dahulu dan ada juga pencemaran yang karena alam itu sendiri. Pencemaran air di lokasi TPA dapat terjadi saat sarana pengumpulan sampah yang terbuka terkena hujan.

Aliran air lindi (*leachate*) masuk ke saluran atau tanah di sekitarnya dapat mengakibatkan pencemaran, pada lahan yang terletak di kemiringan kecapatan aliran air tanah akan cukup tinggi, sehingga dimungkinkan terjadi cemar terhadap sumur penduduk di sekitar yang mempunyai elevasi lebih rendah. Pencemaran air yang di akibatkan oleh sampah juga terjadi di sungai.

Dalam obeservasinya Tri Harningsih (2013) menyampaikan bahwa sampah yang dibuang sembarangan di sungai akan menyebabkan aliran air di sungai terhambat. Selain itu juga sampah juga akan menyebabkan sungai cepat dangkal dan akhirnya memicu terjadinya banjir di musim penghujan, sampah juga membuat sungai tampak kotor menjijikan dan terkontaminasi. Lebih lanjut Yusuf

(2014) menyapaikan bahwa keadaan air yang ada di sungai-sungai, danau, dan laut yang berada di Indonesia, sebagian besar sudah terkontaminasi oleh berbagai bakteri-bakteri buruk seperti mikroorganisme patogen yang ditimbulkan dari berbagai aktifitas manusia, sampah-sampah rumah tangga yang dibuang ke sungai, limbah-limbah dari kegiatan rumah tangga yang di buang ke sungai. Kegiatan seperti ini secara tidak langsung telah mencemari air, sehingga air sungai, danau, laut, yang seharusnya bisa kita gunakan untuk keperluan sehari-hari namun kini kita tidak bisa menggunakan sesuai fungsinya.

Persoalan paling pelik pada manusia akan timbul jika air sungai itu dimanfaatkan sebagai sumber air minum. Disamaping itu pencemaran air dari sungai memiliki potensi “ intrusi “ pada sumur penduduk, apabila sungai itu melewati daerah permukiman. Penyimpangan syarat kualitas air minum dapat menyebabkan bermacam-macam penyakit. Jenis penyakit yang timbul tergantung pada keadaan fisik air seperti, temperatur, warna, bau, rasa, dan kekeruhan juga kualitas kimiawi seperti pH, BOD, COD dan sebagainya (Hadi, 2013:171).

### **c. Pencemaran Tanah**

Pencemaran tanah merupakan keadaan di mana materi fisik, kimia, maupun biologis masuk dan merubah susunan alamiah tanah. Penyebab pencemaran tanah yaitu diantaranya adanya sampah yang sulit terurai oleh mikro organisme dan bersumber dari wilayah pemukiman penduduk. Sampah ini merupakan hasil dari berbagai kegiatan seperti perdagangan (pasar,hotel,restoran), kelembagaan (kantor, sekolah), serta lingkup wisata. Bentuk dari sampah ini bermacam-macam, antara lain kantong plastik, kaleng bekas minuman instan, botol plastik

air mineral. (Vallero & Vallero 2011) menjelaskan bahwa terjadinya pencemaran tanah karena adanya aktivitas manusia, adanya kegiatan konstruksi, industri, pertanian dan transportasi.

Pecemaran tanah terjadi karena adanya kontaminan kimia yang masuk ke dalam tanah sehingga dapat menyebabkan kerusakan alam. Ketika suatu zat berbahaya/beracun telah mencemari permukaan tanah, maka ia dapat menguap, tersapu air hujan dan atau masuk ke dalam tanah. Pencemaran yang masuk ke dalam tanah kemudian terendap sebagai zat kimia beracun di tanah. Zat beracun di tanah tersebut dapat berdampak langsung kepada manusia ketika bersentuhan atau dapat mencemari air tanah dan udara di atasnya.

Apabila tanah sudah tercemar, maka tanah akan kehilangan kemampuannya dalam menjaga keseimbangan alam. Tanah yang berfungsi sebagai tempat berkembangnya beberapa makhluk hidup dan mikroorganisme akan kehilangan perannya karena pencemaran tanah. Tanah yang tercemar akan mengalami penurunan kesuburan sehingga kurang maksimal apabila dijadikan sebagai lahan pertanian. Apabila hal ini terjadi terus-menerus, tanah akan kehilangan produktivitasnya (tidak dapat digunakan untuk pertanian). Hal ini akan semakin menyulitkan manusia untuk memenuhi kebutuhan pangan. Untuk itu diperlukan upaya-upaya untuk mengatasi pencemaran tanah secara komprehensif.

## **2.4 Permodelan Kaitannya dengan Pengelolaan Sampah**

Permodelan merupakan representasi dari suatu sistem dalam bentuk yang dapat diterima untuk menggambarkan bagaimana karakteristik dari suatu sistem. Permodelan rekayasa merupakan representasi dari dunia nyata, disajikan dalam

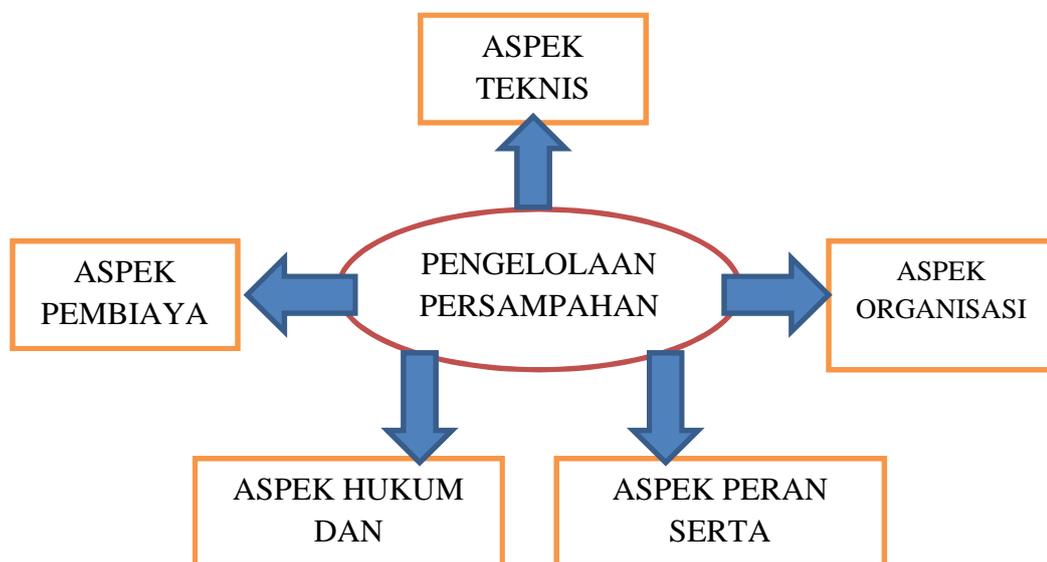
bentuk persamaan matematik yang mudah dipahami dan diselesaikan secara analitik atau dengan perangkat lunak program komputer yang tersedia sehingga lebih menarik untuk dipelajari dan dipraktikkan (Purwanto, 2005:1).

Menurut Agustini (2009:9) model pengelolaan sampah di Indonesia ada 2 (dua) macam yaitu urugan dan tumpukan. Model pertama merupakan cara yang paling sederhana, yaitu sampah dibuang di lembah atau cekungan tanpa memberikan perlakuan. Urugan atau model buang dan pergi ini bisa saja dilakukan pada lokasi yang tepat, yaitu bila tidak ada pemukiman di bawahnya, tidak menimbulkan polusi udara, polusi pada air sungai, longsor, atau estetika dan model ini biasanya dilakukan pada daerah yang volume sampahnya tidak begitu besar. Adapun pengolahan yang kedua yaitu cara tumpukan, model ini bisa dilaksanakan secara lengkap sebenarnya sama dengan teknologi aerobik. Hanya saja tumpukan perlu dilengkapi dengan unit saluran air buangan, pengolahan air buangan (leachate), dan pembakaran eksek gas metan (*flare*). Namun, model buangan secara lengkap ini umumnya tidak dapat dipenuhi, tergantung dari kondisi keuangan dan kepedulian pejabat daerah setempat akan kesehatan lingkungan dan masyarakat.

(Demirbas 2011) menyampaikan bahwa pengelolaan sampah adalah pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, daur ulang atau pembuangan, dan pemantauan limbah. Sistem pengelolaan sampah terdiri dari seluruh rangkaian kegiatan yang berkaitan dengan penanganan, mengolah, membuang atau mendaur ulang bahan limbah. Dalam penelitiannya (Velis et al. 2012) menyatakan bahwa pengelolaan sampah dengan daur ulang dapat menurunkan biaya pengumpulan

dan pengangkutan sebesar 20-30%. Daur ulang ini memainkan peran penting dalam rantai pengelolaan sampah sampah menjadi bahan baku sekunder.

(Vergara & Tchobanoglous 2012) menyampaikan model pengelolaan persampahan terdiri dari 5 aspek, yaitu aspek organisasi, aspek peran serta masyarakat, aspek hukum dan peraturan, aspek pembiayaan dan aspek teknis operasional.



**Gambar 9. Aspek-aspek yang mempengaruhi pengelolaan sampah**

Sumber: Vergara & Tchobanoglous, 2012

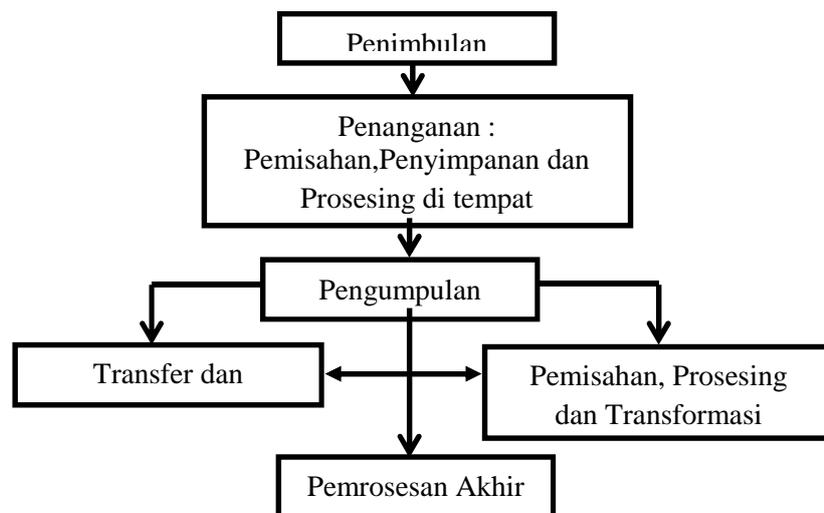
Aspek Organisasi dalam pengelolaan sampah merupakan faktor untuk meningkatkan daya guna dan hasil guna dari sistem pengelolaan sampah. Organisasi juga mempunyai peranan pokok dalam menggerakkan, mengaktifkan dan mengarahkan sistem pengelolaan sampah dengan ruang lingkup bentuk institusi, organisasi, personalia serta manajemen (perencanaan, pelaksanaan dan pengendalian) untuk jenjang strategis, taktis maupun operasional.

Dalam aspek organisasi ini, hal yang perlu diperhatikan adalah bentuk organisasi (formal maupun non formal), serta meliputi perencanaan, pelaksanaan,

pengendalian, penempatan tenaga kerja, pola organisasi, yang meliputi pola organisasi Pemerintahan, peraturan pelaksanaan, pedoman tingkat kemampuan personil, beban lingkup kerja dan pola organisasi kemasyarakatan.

Aspek organisasi menurut Joko Mulyo Hartono (2013) sebagian besar institusi pengelola adalah berbentuk Dinas, Suku Dinas, Seksi, Sub Seksi dan belum ada pemisahan antara operator dan regulator. Organisasi yang diharapkan dalam pengelolaan sampah adalah organisasi yang sesuai dengan amanat Peraturan Pemerintah, diantaranya PP Nomor 23/2004 tentang Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum, serta Permendagri 61/2009 tentang Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum Daerah. Perangkat peraturan tersebut digunakan sebagai dasar untuk meningkatkan organisasi pengelolaan sampah antara lain, memisahkan regulator dan operator pengelola sampah, misalnya dengan membentuk Unit Pelayanan Terpadu (UPTD)

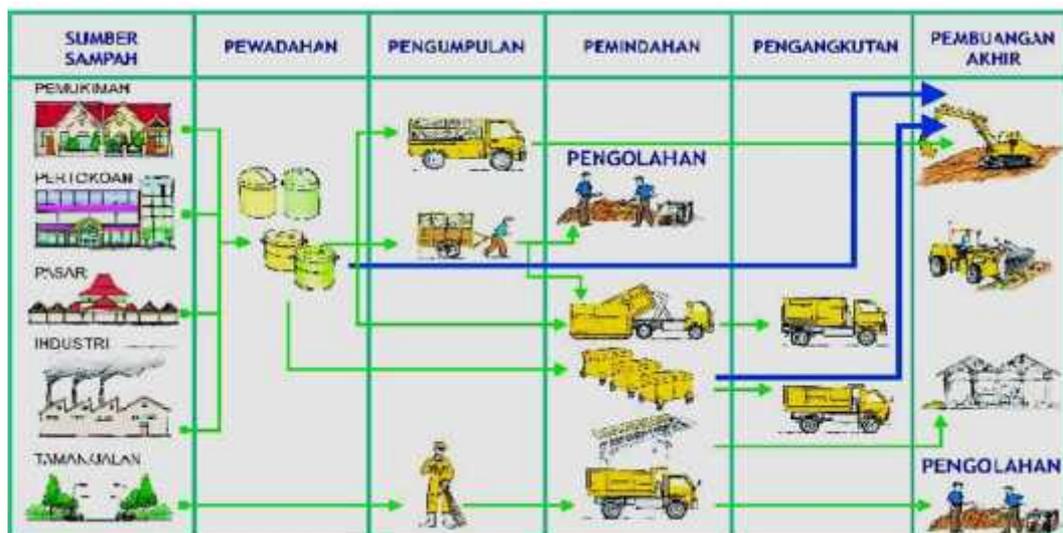
Lebih lanjut (Vergara & Tchobanoglous 2012) membagi aspek teknis operasional dalam 6 elemen fungsi seperti pada gambar dibawah ini :



**Gambar 10. Elemen Fungsi Aspek Operasioanal Pengelolaan Sampah**  
Sumber: Vergara & Tchobanoglous, 2012

Timbulan sampah (*waste generation*) dari sumbernya seperti, sumber sampah dari permukiman, pertokoan, pasar, industri dan sampah dari jalan. Penanganan yang terdiri dari pemisahan organik dan anorganik dari sumber sampah, penyimpanan dan prosesing di tempat (*waste handling, separation, storage and processing at the source*). Setelah pemisahan kemudian dilakukan pengumpulan (*collection*), pemindahan dan pengangkutan (*transfer and transport*). Selanjutnya prosesing pemisahan sampah yang dapat di daur ulang dan transformasi (*separation and processing transformation*). Sampah yang sudah tidak bisa diolah masuk ke pemrosesan akhir (*disposal*).

Model operasional dalam pengelolaan sampah yang masih bertumpu pada kumpul angkut buang dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 11. Model Operasional dalam Pengelolaan Sampah**

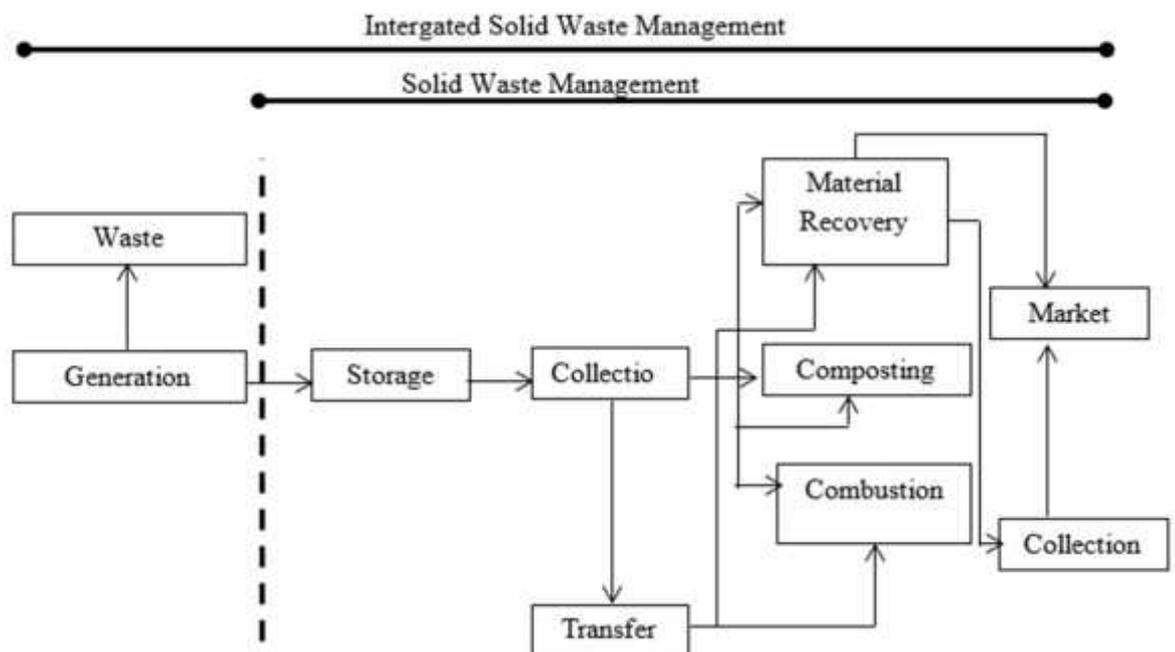
Sumber: Desiminasi Kementerian PU, 2013

Penelitian yang dilakukan oleh (Artiningsih dkk 2012) menyampaikan beberapa kondisi yang ada berkaitan dengan aspek peran serta masyarakat seperti, kesadaran masyarakat terhadap penanganan sampah masih rendah. Masyarakat

sendiri kurang mendapat informasi tentang berbagai peraturan, pedoman juga Standar Operasional Prosedur (SOP). Peran serta masyarakat yang diharapkan dalam pengelolaan sampah adalah meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pengelolaan sampah melalui kampanye, sosialisasi dan edukasi bidang persampahan.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Un-Habitat et al. 2010) pengelolaan sampah akan gagal apabila jumlah sampah terlalu banyak, berada di tempat yang salah, tidak dekat dengan tempat penjualan sampah (pengepul) dan tidak didaur ulang dengan cukup. Aspek pembiayaan juga menjadi hambatan terhadap pelayanan pengelolaan sampah. Biaya operasional pengelolaan sampah yang terbatas mengakibatkan pelayanan pengelolaan sampah tidak optimal.

Pengelolaan sampah akan lebih efektif apabila dilakukan secara terpadu (*integrated solid waste managment*) yaitu suatu sistem pengelolaan sampah yang mengintegrasikan beberapa teknik penanganan sampah sehingga tercipta pengelolaan sampah yang aman dan terjamin keberlanjutannya. Strategi pengelolaan sampah yang efektif tergantung pada karakteristik sampah tersebut, variabel sosial ekonomi, budaya dan kapasitas kelembagaan (Vergara & Tchobanoglous 2012). Pengelolaan sampah merupakan proses yang kompleks karena melibatkan berbagai macam teknologi dan disiplin ilmu. Teknologi yang terkait dengan pengelolaan sampah adalah pengendalian timbulan, penanganan, pengumpulan, pengangkutan.



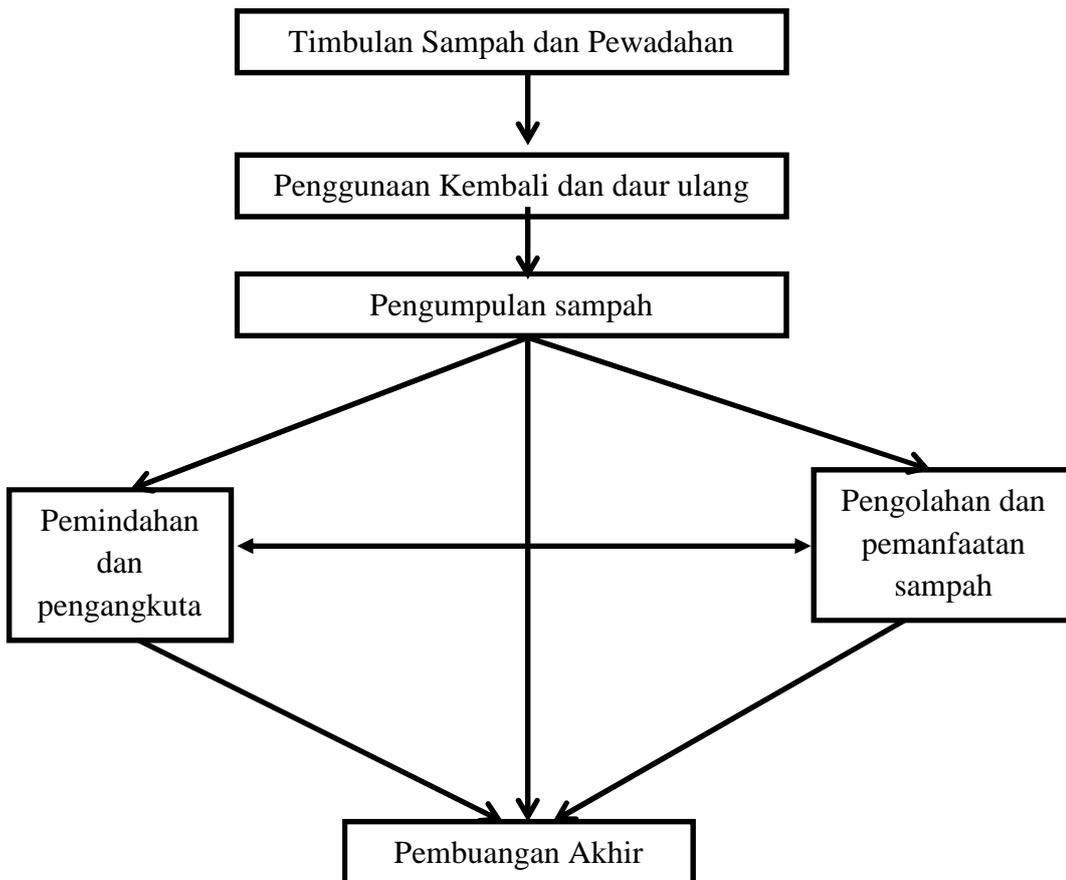
**Gambar 12. Konsep Pengelolaan Sampah Kota Terpadu**

Sumber : Sunarto, 2015

Berdasarkan identifikasi (Vergara & Tchobanoglous 2012) bahwa pengelolaan sampah terpadu sebagai pilihan dan aplikasi teknik, teknologi, dan program manajemen yang sesuai untuk mencapai dan target pengelolaan sampah yang tertentu. Pengelolaan sampah terpadu yang merekomendasikan pengurangan di sumber sebagai bagian dari sistem pengelolaan sampah sejalan dengan pendekatan eko-sentris dalam manajemen lingkungan, sedangkan pengelolaan sampah yang bertumpu pada pembuangan akhir sejalan dengan manajemen tradisional.

Dalam konteks pengelolaan sampah di negara-negara berkembang (Zurbrügg et al. 2014) mengelompokan sitem pengelolaan sampah menjadi enam elemen, yaitu 1) timbulan dan pewardahan sampah rumah tangga. 2) Penggunaan kembali dan adur ulang sampah di rumah tangga. 3) Pengumpulan dan penangkutan

sampah ke TPS. 4) Pengelolaan sampah di TPS. 5) Pengangkutan sampah dari TPS ke TPA. 6) Pembuangan ke TPA. Lebih lanjut (Zurbrügg et al. 2014) juga menyampaikan bahwa sistem pengelolaan sampah perlu mempertimbangkan aspek keberlanjutan yang terdiri atas, aspek teknis lingkungan/ kesehatan, finansial, sosial budaya, kelembagaan dan kebijakan / hukum.

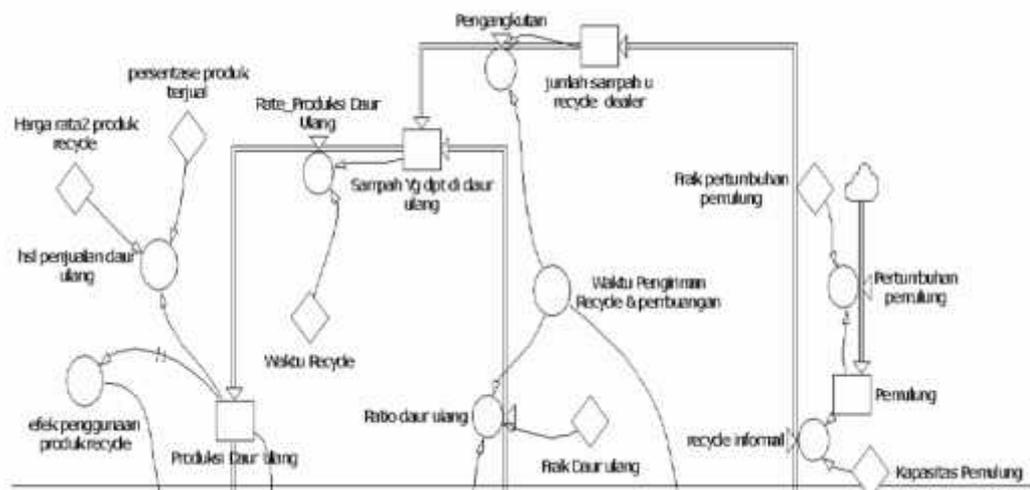


**Gambar 13. Model Konseptual Pengelolaan Sampah Kota Terpadu**

Sumber: (Zurbrügg et al. 2014)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Surjandari et al. (2009) mengenai Model Dinamis pengelolaan sampah untuk mengurangi beban penumpukan. Penelitian ini menggunakan simulasi berdasarkan sistem dinamis dan AHP (*Analytic Hierarchy Process*) untuk menganalisis alternatif pengelolaan

sampah yang dapat mengurangi tingkat penumpukan sampah di TPA. Sistem dinamis merupakan suatu cara berpikir tentang sistem sebagai jaringan yang saling berhubungan yang mempengaruhi sejumlah komponen yang telah ditetapkan dari waktu ke waktu. Simulasi merupakan prosedur kuantitatif yang menggambarkan suatu proses dengan mengembangkan suatu model dan menerapkan serangkaian uji coba terencana untuk memprediksikan tingkah laku proses sepanjang waktu, sehingga analisis dapat dilakukan untuk sistem yang baru tanpa harus membangunnya atau merubah sistem yang telah ada, serta tidak perlu mengganggu operasi dari sistem tersebut. Pada umumnya simulasi digunakan untuk model-model dinamis yang melibatkan periode waktu ganda (Randers, 2000) dalam (Surjandari et al. 2009).



**Gambar 14. Model Pengelolaan Sampah Recycle dengan Sistem Dinamis AHP**

Sumber: (Surjandari et al. 2009)

Dalam rangka mewujudkan kota bersih dan hijau, pemerintah telah mencanangkan berbagai program yang pada dasarnya bertujuan untuk mendorong

dan meningkatkan kapasitas masyarakat dalam pengelolaan sampah. Program Adipura misalnya pada tahun 2016 telah mampu mengantarkan Kota Semarang meraih Adipura. Walaupun telah mendapat adipura bukan berarti tidak terdapat permasalahan sampah, Apresiasi pemerintah dan masyarakat selalu dituntut untuk melakukan pengelolaan sampah, sehingga pada gilirannya sampah dapat diolah secara mandiri dan menjadi sumberdaya. Mencermati fenomena di atas maka sangat diperlukan model pengelolaan sampah yang baik dan tepat dalam upaya mewujudkan perkotaan yang bersih dan hijau.

Volume sampah yang dihasilkan oleh masyarakat perkotaan terus mengalami peningkatan dari tujuh tahun terakhir. Timbulan sampah Kota Semarang, yaitu pada tahun 2008 timbulan sampah sekitar 1113,26 ton/hari yang bersumber dari sampah rumah tangga, sampah sejenis sampah rumah tangga, dan sampah spesifik. Dalam jangka waktu 7 tahun, yaitu tahun 2015, jumlah produksi sampah telah meningkat menjadi 1249,66 ton/hari (DKP Kota Semarang, 2015). Sementara itu, rendahnya pengetahuan, kesadaran, dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah menjadi suatu tantangan yang perlu mendapat perhatian dalam pengelolaan lingkungan bersih dan sehat.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengelolaan sampah menurut (Nitikesari 2005) di antaranya: (1) sosial politik, yang menyangkut kepedulian dan komitmen pemerintah dalam menentukan anggaran APBD untuk pengelolaan lingkungan (sampah), membuat keputusan publik dalam pengelolaan sampah serta upaya pendidikan, penyuluhan dan latihan keterampilan untuk meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah, (2) Aspek

Sosial Demografi yang meliputi sosial ekonomi (kegiatan pariwisata, pasar dan pertokoan, dan kegiatan rumah tangga, (3) Sosial Budaya yang menyangkut keberadaan dan interaksi antarlembaga desa/adat, aturan adat, kegiatan ritual (upacara adat/keagamaan), jiwa pengabdian sosial yang tulus, sikap mental dan perilaku warga yang apatis, (4) keberadaan lahan untuk tempat penampungan sampah, (5) finansial (keuangan), (6) keberadaan Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM), dan (7) kordinasi antar lembaga yang terkait dalam penanggulangan masalah lingkungan (sampah).

Pengelolaan sampah perkotaan juga memiliki faktor-faktor pendorong dan penghambat dalam upaya peningkatan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah. Menurut hasil penelitian (Nitikesari 2005) faktor-faktor tersebut di antaranya adalah tingkat pendidikan, penempatan tempat sampah di dalam rumah, keberadaan pemulung, adanya aksi kebersihan, adanya peraturan tentang persampahan dan penegakan hukumnya. Tingkat partisipasi masyarakat perkotaan dalam menangani sampah secara mandiri masih dalam katagori sedang sampai rendah, masyarakat masih enggan melakukan pemilahan sampah.

Sampah semakin hari semakin sulit dikelola, sehingga disamping kesadaran dan partisipasi masyarakat, pengembangan teknologi dan model pengelolaan sampah merupakan usaha alternatif untuk memelihara lingkungan yang sehat dan bersih serta dapat memberikan manfaat lain.

Lebih lanjut (Nitikesari 2005) menyampaikan bahwa pada saat ini sampah sulit dikelola karena berbagai hal, antara lain:

1. Cepatnya perkembangan teknologi, lebih cepat daripada kemampuan masyarakat untuk mengelola dan memahami persoalan sampah,
2. Meningkatnya tingkat hidup masyarakat, yang tidak disertai dengan keselarasan pengetahuan tentang sampah
3. Meningkatnya biaya operasional pengelolaan sampah
4. Pengelolaan sampah yang tidak efisien dan tidak benar menimbulkan permasalahan pencemaran udara, tanah, dan air serta menurunnya estetika
5. Ketidakmampuan memelihara barang, mutu produk teknologi yang rendah akan mempercepat menjadi sampah.
6. Semakin sulitnya mendapat lahan sebagai tempat pembuangan akhir sampah.
7. Semakin banyaknya masyarakat yang keberatan bahwa daerahnya dipakai tempat pembuangan sampah.
8. Sulitnya menyimpan sampah yang cepat busuk, karena cuaca yang panas.
9. Sulitnya mencari partisipasi masyarakat untuk membuang sampah pada tempatnya dan memelihara kebersihan.
10. Pembiayaan yang tidak memadai, mengingat bahwa sampai saat ini kebanyakan sampah dikelola oleh pemerintah.

Beberapa usaha yang telah berlangsung di TPA untuk mengurangi volume sampah, seperti telah dilakukan pemilahan oleh pemulung untuk sampah yang dapat didaur ulang. Terhadap sampah yang mudah busuk telah dilakukan usaha pengomposan. Penanganan sisa sampah di TPA sampai saat ini masih dengan cara pembakaran baik dengan insenerator atau pembakaran di tempat terbuka dan open

dumping dengan pembusukan secara alami. Hal ini menimbulkan permasalahan baru bagi lingkungan, yaitu pencemaran tanah, air, dan udara.

Pengelolaan sampah dimasa yang akan datang perlu memperhatikan berbagai hal seperti:

1. Penyusunan Peraturan daerah (Perda) tentang pemilahan sampah
2. Sosialisasi pembentukan kawasan bebas sampah, seperti misalnya tempat-tempat wisata, pasar, terminal, jalan-jalan protokol, kelurahan, dan lain sebagainya
3. Penetapan peringkat kebersihan bagi kawasan-kawasan umum
4. Memberikan tekanan kepada para produsen barang-barang dan konsumen untuk berpola produksi dan konsumsi yang lebih ramah lingkungan
5. Memberikan tekanan kepada produsen untuk bersedia menarik (membeli) kembali dari masyarakat atas kemasan produk yang dijualnya, seperti bungkus plastik, botol, aluminium foil, dan lain lain.
6. Peningkatan peran masyarakat melalui pengelolaan sampah skala kecil, bisa dimulai dari tingkat desa/kelurahan ataupun kecamatan, termasuk dalam hal penggunaan teknologi daur ulang, komposting, dan penggunaan incenerator.
7. Peningkatan efektivitas fungsi dari TPA
8. Mendorong transformasi (pergeseran) pola konsumsi masyarakat untuk lebih menyukai produk-produk yang berasal dari daur ulang.

9. Pengelolaan sampah dan limbah secara terpadu
10. Melakukan koordinasi dengan instansi terkait baik di pusat maupun daerah, LSM, Perguruan Tinggi untuk peningkatan kapasitas pengelolaan limbah perkotaan
11. Melakukan evaluasi dan monitoring permasalahan persampahan dan pengelolaannya, kondisi TPA dari aspek lingkungan, pengembangan penerapan teknologi yang ramah lingkungan
12. Optimalisasi pendanaan dalam pengelolaan sampah perkotaan, pengembangan sistem pendanaan pengelolaan sampah
13. Konsistensi pelaksanaan peraturan perundangan tentang persampahan dan lingkungan hidup.
14. Meningkatkan usaha swakelola penanganan sampah terutama sampah yang mudah terurai ditingkat desa/kelurahan
15. Memberikan fasilitasi, dorongan, pendampingan/advokasi kepada masyarakat dalam upaya meningkatkan pengelolaan sampah.

## **2.5 Pemanfaatan Teknologi Informasi**

Teknologi Informasi (TI), atau dalam bahasa Inggris dikenal dengan istilah *Information technology* (IT) menurut (Williams / Sawyer 2007) adalah istilah umum untuk teknologi apapun yang membantu manusia dalam membuat, mengubah, menyimpan, mengomunikasikan dan/atau menyebarkan informasi. TI menyatukan komputasi dan komunikasi berkecepatan tinggi untuk data, suara, dan video. Contoh dari Teknologi Informasi bukan hanya berupa komputer pribadi,

tetapi juga telepon, TV, peralatan rumah tangga elektronik, dan peranti genggam modern misalnya telepon seluler.

TI adalah bidang pengelolaan teknologi dan mencakup berbagai bidang, tetapi tidak terbatas pada hal-hal seperti proses, perangkat lunak komputer, sistem informasi, perangkat keras komputer, bahasa program, dan data konstruksi. Singkatnya, apa yang membuat data, informasi atau pengetahuan yang dirasakan dalam format visual apapun, melalui setiap mekanisme distribusi multimedia, dianggap bagian dari TI.

(Wardiana 2002) menyampaikan bahwa perkembangan teknologi informasi dapat meningkatkan kinerja dan memungkinkan berbagai kegiatan dapat dilaksanakan dengan cepat, tepat dan akurat, sehingga akhirnya akan meningkatkan produktivitas. Perkembangan teknologi informasi memperlihatkan bermunculannya berbagai jenis kegiatan yang berbasis pada teknologi ini, seperti e- government, e- commerce, e-education, e- medicine, e-laboratory, dan lainnya, yang kesemuanya itu berbasiskan elektronika.

Menurut (M. Yusuf Efendi 2014) perkembangan dunia teknologi informasi yang demikian pesatnya telah membawa manfaat luar biasa bagi kemajuan peradaban umat manusia. Kegiatan komunikasi yang sebelumnya menuntut peralatan yang begitu rumit, kini relatif sudah digantikan oleh perangkat mesin-mesin otomatis. Seperti yang kita ketahui bahwa di era serba modern seperti saat ini, peran teknologi informasi dalam kehidupan sehari-hari tentunya sangat berpengaruh. Hal ini tidak terlepas dari aktivitas kita yang kerap kali ditunjang

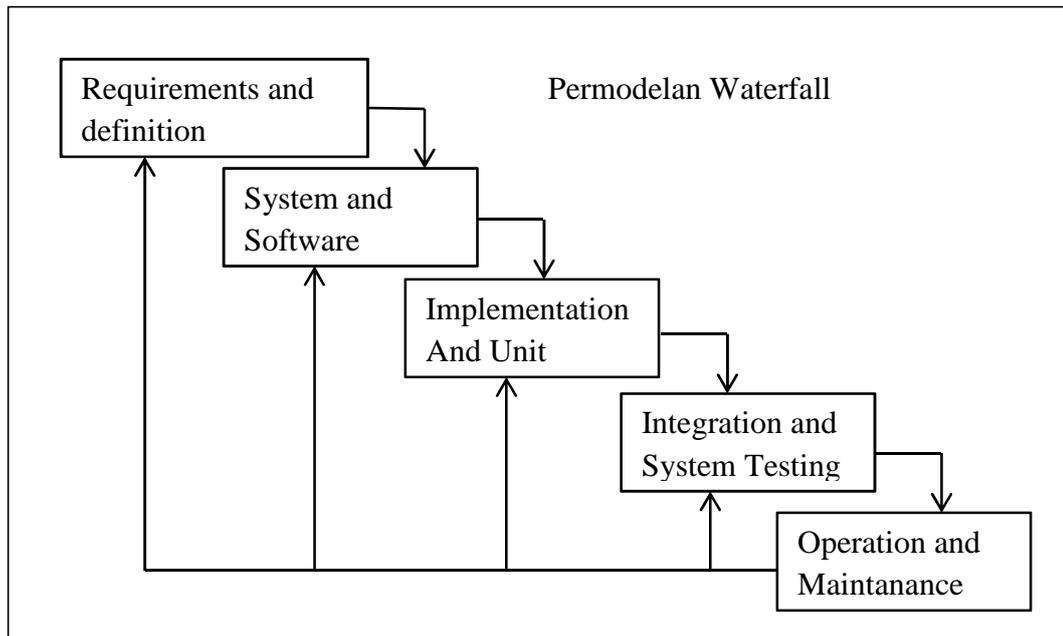
dengan teknologi informasi itu sendiri yang mampu menjawab tuntutan pekerjaan yang lebih cepat, mudah, murah dan menghemat waktu.

Perkembangan teknologi informasi dari tahun ke tahun memang mempunyai dampak yang sangat besar bagi kehidupan manusia. Apalagi dalam hal informasi dan komunikasi untuk manusia. Dampak tersebut tentunya memiliki dampak yang negatif dan positif. Namun dampak tersebut jika disikapi dengan bijak, pasti akan membawa dampak yang bagus bagi kehidupan kita semua. Oleh karena itu, kita harus senantiasa menjaga Teknologi Informasi agar tidak disalah gunakan.

### **2.5.1 Metode Perancangan Aplikasi**

Metode perancangan Aplikasi yang digunakan untuk mengembangkan sistem ini adalah *waterfall* yaitu model pengembangan perangkat lunak secara sekuensial dimana pengembangan sistem dilihat seperti air terjun mengalir ke bawah melalui beberapa tahapan Wartika, (2010: 105) dalam (Jamaluddin 2016)

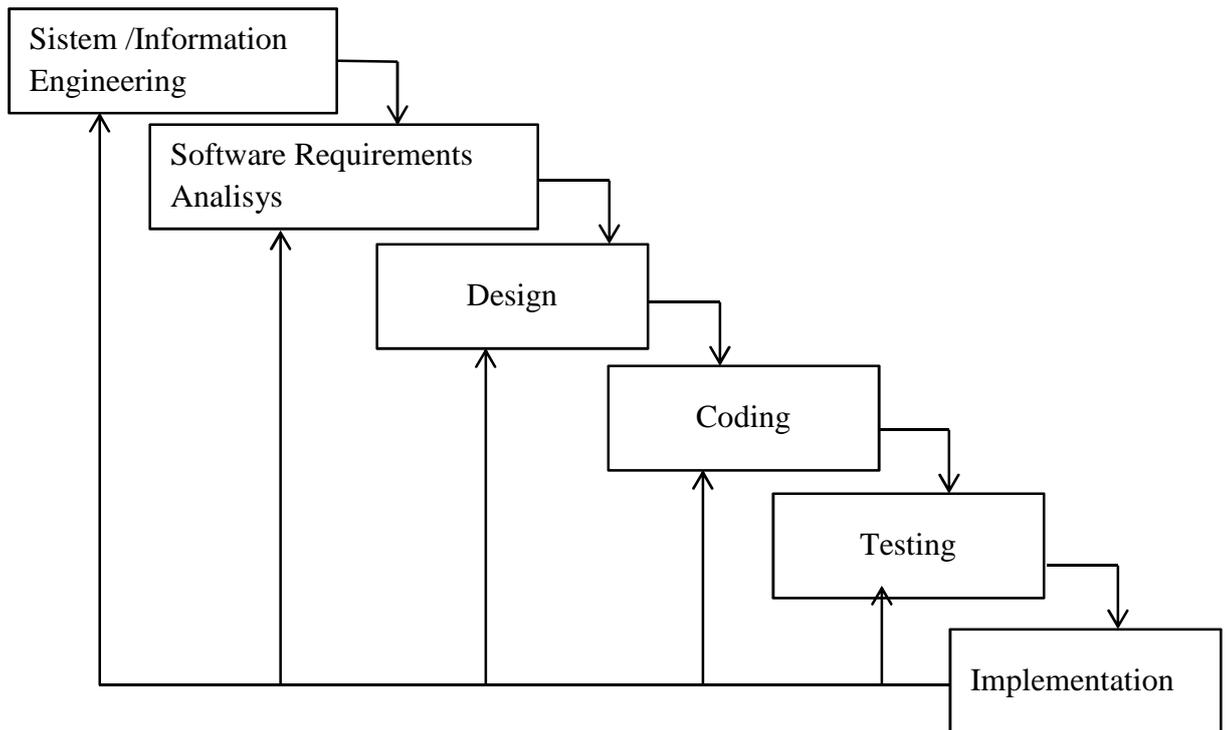
Nama model ini sebenarnya adalah "*Linear Sequential Model*". Model ini sering disebut dengan "classic life cycle" atau model waterfall. Model ini adalah model yang muncul pertama kali yaitu sekitar tahun 1970 sehingga sering dianggap kuno, tetapi merupakan model yang paling banyak dipakai didalam *Software Engineering* (SE). Model ini melakukan pendekatan secara sistematis dan urut mulai dari level kebutuhan sistem lalu menuju ke tahap analisis, desain, *coding*, *testing/verification*, dan *maintenance*. Disebut dengan waterfall karena tahap demi tahap yang dilalui harus menunggu selesainya tahap sebelumnya dan berjalan berurutan. Sebagai contoh tahap desain harus menunggu selesainya tahap sebelumnya yaitu tahap requirement.



**Gambar 15. Metode Waterfall**

Sumber : Sommerville, 2003 dalam (Jamaluddin 2016)

Gambar di atas adalah tahapan umum dari model proses ini. Akan tetapi Roger S. Pressman memecah model ini menjadi 6 tahapan meskipun secara garis besar sama dengan tahapan-tahapan model waterfall pada umumnya. Berikut adalah penjelasan dari tahap-tahap yang dilakukan di dalam model ini menurut Pressman.



**Gambar 16. Metode Waterfall yang digunakan**  
 Sumber : Pressman 2004 dalam (Jamaluddin 2016)

Tahapan - tahapan dari metode waterfall adalah sebagai berikut :

- 1 *System / Information Engineering and Modeling*. Permodelan ini diawali dengan mencari kebutuhan dari keseluruhan sistem yang akan diaplikasikan ke dalam bentuk *software*. Hal ini sangat penting, mengingat *software* harus dapat berinteraksi dengan elemen-elemen yang lain seperti *hardware*, database, dan sebagainya. Tahap ini sering disebut dengan *Project Definition*.
- 2 *Software Requirements Analysis*. Proses pencarian kebutuhan diintensifkan dan difokuskan pada *software*. Untuk mengetahui sifat dari program yang akan dibuat, maka para *software engineer* harus mengerti tentang domain informasi dari *software*, misalnya fungsi yang dibutuhkan *user interface* dan

sebagainya. Dari dua aktivitas tersebut (pencarian kebutuhan sistem dan *software*) harus didokumentasikan.

- 3 *Design*. Proses ini digunakan untuk mengubah kebutuhan-kebutuhan di atas menjadi representasi ke dalam bentuk “*blueprint*” *software* sebelum *coding* dimulai. Desain harus dapat mengimplementasikan kebutuhan yang telah disebutkan pada tahap sebelumnya. Seperti aktivitas sebelumnya, maka proses ini juga harus didokumentasikan sebagai konfigurasi dari *software*.
- 4 *Coding*. Untuk dapat dimengerti oleh mesin, dalam hal ini adalah komputer, maka desain tadi harus diubah bentuknya menjadi bentuk yang dapat dimengerti oleh mesin, yaitu ke dalam bahasa pemrograman melalui proses *coding*. Tahap ini merupakan implementasi dari tahap *design* yang secara teknis nantinya dikerjakan oleh programmer.
- 5 *Testing / Verification*. Sesuatu yang dibuat haruslah diujicobakan. Demikian juga dengan *software*. Semua fungsi-fungsi *software* harus diujicobakan, agar *software* bebas dari kesalahan, dan hasilnya harus benar-benar sesuai dengan kebutuhan yang sudah didefinisikan sebelumnya.
- 6 *Maintenance*. Pemeliharaan suatu *software* diperlukan, termasuk di dalamnya adalah pengembangan, karena *software* yang dibuat tidak selamanya hanya seperti itu. Ketika dijalankan mungkin saja masih ada error kecil yang tidak ditemukan sebelumnya, atau ada penambahan fitur-fitur yang belum ada pada *software* tersebut. Pengembangan diperlukan ketika adanya perubahan dari eksternal perusahaan seperti ketika ada pergantian sistem operasi, atau perangkat lainnya (Pressman, 2004: 31-32) dalam (Jamaluddin 2016)

Setelah tahapan-tahapan perancangan aplikasi diperoleh, maka untuk memudahkan gambaran alur kebutuhan sistem dibuat *flowmap*. *Flowmap* adalah Penggambaran secara grafik dari langkah-langkah dan urutan prosedur dalam membuat suatu program aplikasi. Tujuannya adalah untuk memodelkan masukan, keluaran, proses maupun transaksi dengan menggunakan simbol-simbol tertentu. Pembuatan *flowmap* ini harus dapat memudahkan bagi pemakai dalam memahami alur dari sistem atau transaksi.

Berikut ini adalah beberapa daftar simbol *flowmap* yang digunakan dalam perancangan sistem aplikasi:

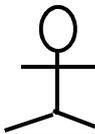
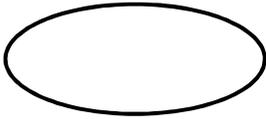
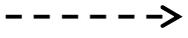
**Tabel 1. Daftar Simbol Flowmap Diagram**

Simbol	Nama	Keterangan
	Terminator Awal/ Akhir Program	Simbol untuk memulai dan mengakhiri suatu program
	Dokumen	Menunjukkan dokumen berupa dokumen input dan output pada proses manual dan proses berbasis komputer
	Proses Manual	Menunjukkan kegiatan proses yang dilakukan secara manual
	Proses Komputer	Menunjukkan kegiatan proses yang dilakukan secara komputerisasi
	Arah Aliran data	Menunjukkan arah aliran dokumen antar bagian yang terkait pada suatu system
	Penyimpanan Manual	Menunjukkan media penyimpanan data / informasi secara manual
	Data	Simbol input/output digunakan untuk mewakili data <i>input/output</i>

Sumber : Jogyanto 2004 dalam (Jamaluddin 2016)

Dalam perancangan sistem aplikasi juga dikenal istilah *Use Case* diagram. *Use case* diagram juga merupakan gambaran skenario dari interaksi antara pengguna dengan sistem. *Use case* menggambarkan hubungan antara aktor dan kegiatan yang dapat dilakukannya terhadap aplikasi.

**Tabel 2. Gambar Simbol *Use Case* Diagram**

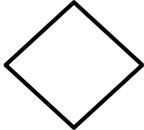
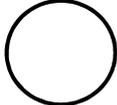
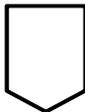
Simbol	Nama	Keterangan
	<i>Actor</i>	Menspesifikasikan himpunan peran yang dimainkan ketika berinteraksi dengan <i>use case</i>
	<i>Use case</i>	Deskripsi dari urutan aksi-aksi yang ditampilkan sistem sehingga menghasilkan suatu hasil terukur bagi suatu <i>actor</i>
	<i>System</i>	Menspesifikasikan paket yang menampilkan sistem secara terbatas
	<i>Unidirectional Association</i>	Menggambarkan relasi antara <i>actor</i> dengan <i>use case</i> dan proses berbasis computer
	<i>Dependencies or Instantiates</i>	Menggambarkan kebergantungan ( <i>dependencies</i> ) antar item dalam diagram
	<i>Generalization</i>	Menggambarkan relasi lanjut antar <i>use case</i> atau menggmabarkan struktur pewarisan antar actor

Sumber Rosenberg, 2007 dalam (Jamaluddin 2016)

Setelah kedua tahapan diatas tergambarkan, untuk merepresentasikan gambaran program aplikasi secara diagram untuk mengilustrasikan urutan dari

operasional aplikasi yang dilakukan untuk mendapatkan hasil, maka dibuat sebuah bagan alir atau *flowchart*. Berikut ini daftar simbol yang digunakan dalam *flowchart*.

**Tabel 3. Gambar Simbol *Flowchart***

Simbol	Nama	Keterangan
	<i>Terminator</i>	Permulaan atau akhir program
	<i>Flow Line</i>	Arah aliran program
	<i>Preparation</i>	Proses inisialisasi atau pemberian harga awal
	<i>Process</i>	Proses perhitungan atau proses pengolahan data
	<i>Input/output data</i>	Proses input atau output data
	<i>Predifined Process</i>	Permulaan sub program atau poses mejalankan sub program
	<i>Decesion</i>	Perbandingan pernyataan, penyeleksian data yang memberikan pilihan untuk langkah selanjutnya
	<i>On page conector</i>	Penghubung bagian-bagian <i>flowchart</i> yang ada pada satu halaman
		Penghubung bagian-bagian <i>flowchart</i> yang ada pada halaman berbeda

Sumber: (Jamaluddin 2016)

## 2.5.2 Sistem Operasional Android

Perkembangan teknologi yang kian lama semakin meningkat mendorong sifat manusia untuk memanfaatkan dan menggunakan teknologi dengan sebaik-baiknya. Munculnya berbagai jenis perangkat elektronik dan aplikasi-aplikasi yang semakin berkembang serta berkembangnya internet yang sekarang dapat dinikmati hampir bisa di mana saja. Selain itu munculnya sistem operasi mobile yang bernama Android yang memiliki performa dan kinerja yang layak dengan sebutan *smartphone* bagi ponsel yang menggunakan sistem operasi tersebut.

Safaat (2014) mendefinisikan Android adalah sebuah sistem operasi pada *handphone* yang bersifat terbuka dan berbasis pada sistem operasi Linux. Android bisa digunakan oleh setiap orang yang ingin menggunakannya pada perangkat mereka. Android menyediakan platform terbuka bagi para pengembang untuk menciptakan aplikasi mereka sendiri yang akan digunakan untuk bermacam peranti bergerak .

Android memiliki berbagai keunggulan sebagai software yang memakai basis kode komputer yang bisa didistribusikan secara terbuka (*open source*) sehingga pengguna bisa membuat aplikasi baru di dalamnya. Android memiliki aplikasi yang terintegrasi seperti pushmail Gmail, Google Maps, dan Google Calendar. Beberapa kelebihan android menurut (Safaat 2014) adalah sebagai berikut:

- a) Aplikasi Android mampu membuka beberapa aplikasi sekaligus tanpa harus menutup salah satunya.

- b) Kemudahan dalam notifikasi atau pemeritahuan seperti setiap ada SMS, Email, atau bahkan artikel terbaru, akan selalu ada notifikasi di home screen ponsel android.
- c) Akses mudah terhadap banyaknya aplikasi android lewat *google android (playstore)*.
- d) Pilihan ponsel yang beranekaragam aplikasi android tersedia dalam berbagai macam ponsel dibandingkan dengan operasional iOS, jika iOS hanya terbatas pada iPhone dari Apple, maka Android tersedia di ponsel dari berbagai produsen *handphone*
- e) Kelebihan Android lainnya yaitu telah terintegrasi dengan layanan Google, sehingga Anda bisa dengan cepat mengecek email dari Gmail.

Keunggulan operasional android tentunya harus dapat dimanfaatkan oleh penggunanya, keunggulan tersebut juga harus bermanfaat bagi lingkungan seperti untuk pengelolaan sampah, pemberian informasi mengenai bencana alam, kemacetan dan masih banyak lagi manfaat operasional android bagi lingkungan.

## **2.6 Peranan Teknologi Informasi Dalam Pengelolaan Lingkungan**

Teknologi diciptakan manusia untuk mempermudah dalam mengolah alam, mempermudah kegiatan, dan segala yang terikat dengan kebutuhan manusia, teknologi merupakan cara dan usaha untuk meningkatkan kualitas hidup manusia dan untuk menyejahterakan kehidupan manusia (anggara dana 2013). Pemanfaatan

teknologi telah menjadi bagian yang penting dalam pengelolaan lingkungan. Melalui teknologi, manusia tidak hanya memenuhi kebutuhan, akan tetapi juga menjaga dan melestarikan kualitas lingkungan, teknologi juga berfungsi untuk mengelola lingkungan, agar tetap serasi dan selaras dengan kehidupan manusia. Kemajuan teknologi telah membawa perubahan dari perilaku manusia dalam aktivitasnya sehari-hari. Banyak hal dari kegiatan manusia memanfaatkan teknologi baik itu mekanik hingga elektronik.

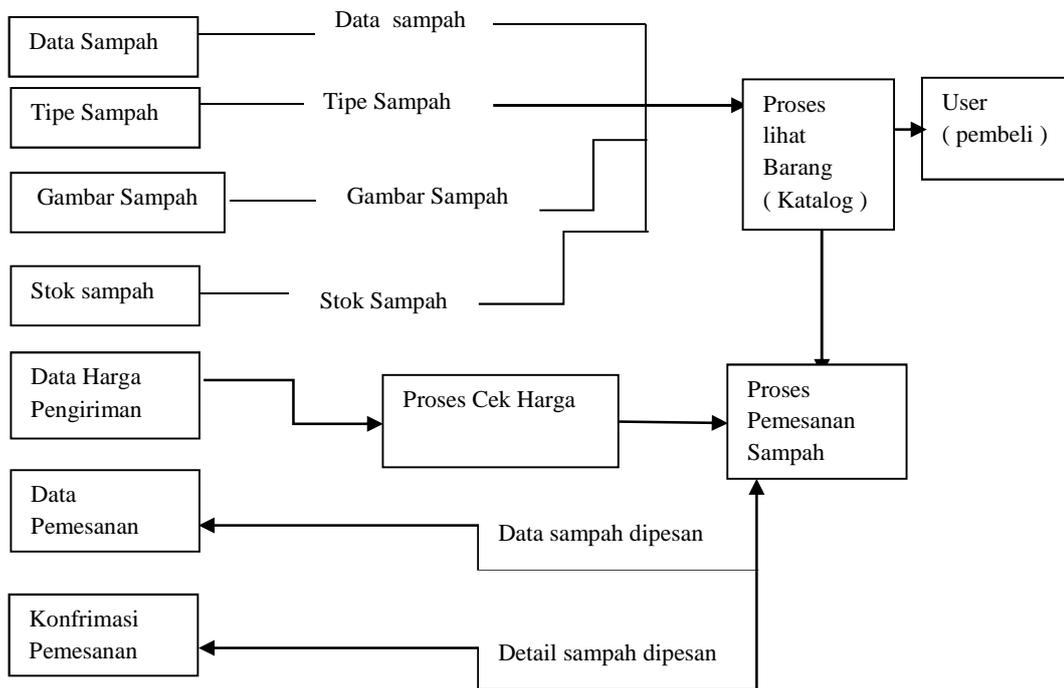
Dalam tulisan *A Theory Smart Cities* (Harrison, C. and Donnelly 2011) mengungkapkan bahwa semakin bertambahnya jumlah penduduk semakin besar juga tantangan untuk mengelola lingkungan seperti diantaranya permasalahan kemacetan dan pengelolaan sampah. Tantangan tersebut menjadikan eksperimen dalam menyajikan pelayanan kepada masyarakat dalam perencanaan, konstruksi, tata kelola dan operasi infrastruktur perkotaan dengan pendekatan Teknologi Informasi yang disebut Kota Pintar (*Smart City*). Langkah-langkah yang diambil adalah dengan menyatukan model dan mengkolaborasikan seluruh kepentingan prespektif profesi diperkotaan. Hal ini menggambarkan bagaimana teknologi memainkan peran dalam membentuk norma-norma baru dari perilaku populasi manusia yang terus bertambah padat.

(Okrina et al. 2015) membuat sebuah aplikasi berbasis web yang dapat membantu penggunanya agar dapat menyalurkan sampah plastik ke pihak yang membutuhkan. Aplikasi web ini menerapkan konsep *crowdsourcing*, dimana semua pengguna dapat mengikuti penjualan sampah plastik yang dibuka oleh pembeli sampah plastik.

Konsep *crowdsourcing* menurut (Doan et al. 2011) adalah sebuah sistem yang dikembangkan secara digital seperti *website* sehingga membuat kerumunan manusia membantu menyelesaikan masalah yang dibuat oleh pembuat sistem.

Setiyo Budi, Roni Pambudi (2015:1) menyampaikan, Teknologi Informasi Penjualan Limbah Berbasis web adalah sebuah sistem yang menawarkan sebuah lahan yang disitu tersedia pasar online limbah daur ulang yang mungkin bisa bermanfaat bagi tangan kreatif pengrajin daur ulang sampah yang semakin meluas .Di dalam web ini semua penghasil limbah bisa menawarkan sisa produksinya (limbah) untuk dijual ulang . Oleh, begitu pula bagi pelaku daur ulang limbah bekas bisa mencari dan memilah limbah untuk diadopsi menjadi bahan produksi yang mungkin dapat menjadikan limbah sebagai sumber penghasilan. Umumnya para pelaku jual beli limbah hanya berjalan secara manual dan saling kesulitan untuk menjual dan mencari limbah yang bisa di daur ulang.

Peranan teknologi dalam pengelolaan sampah dapat dibuat bagan alir atau *flow chart* untuk memudahkan dalam membuat kerangka konsep (Setyo Budi, 2015), bagan alir tersebut seperti dibawah ini:



**Gambar 17. Flow Chart Pemesanan Sampah Berbasis Web**

Sumber: Setyo Budi, 2015

Jamaluddin (2016) membuat sistem pengelolaan sampah berbasis Android melalui partisipasi masyarakat di kecamatan Rappocini Kota Makassar Sulawesi Selatan. Aplikasi berbasis Android tersebut g diberi nama aplikasi Sampah Ta“ dan web server yang yang dapat membantu dan memaksimalkan pengelolaan sampah di kecamatan Rappocini melalui laporan masalah/keluhan pengangkutan sampah di lingkungan sekitarnya.

Berkaitan dengan peranan teknologi informasi, beberapa negara juga telah menerapkan teknologi tersebut dalam pengelolaan persampahan. Teknologi memainkan peran penting dalam meningkatkan pengelolaan sampah, sanitasi dan kesadaran komunikasi warga dalam pengelolaan sampah (Mehrotra 2015). Teknologi dapat memberikan jangkauan pada sanitasi kota dan pengelolaan sampah, perencanaan rute untuk pengumpulan sampah, optimalisasi sumber daya,

manajemen aset yang efisien, perawatan yang efisien, pelayanan sampah, pengukuran kualitas udara dan sebagainya.

Beberapa negara yang telah menerapkan teknologi informasi dalam pengelolaan sampah diantaranya;

1. Negara India, (Mehrotra 2015) menyampaikan konsep *Cities-Transforming Smart Waste Management*, yaitu sebuah konsep bahwa teknologi dapat memberikan kelayakan pada sanitasi kota dan pengelolaan limbah padat, perencanaan rute untuk pengumpulan sampah, optimalisasi sumber daya, manajemen aset yang efisien, perawatan yang efisien, visibilitas sampah, pengukuran kualitas udara dan lain-lain. Negara India dahulu adalah negara dengan penghasil sampah lebih dari 100 juta ton sampah dalam setahun. Diperkirakan bahwa hingga 40 persen dari sampah kota di India tertangani. Sejumlah kota besar tidak memiliki fasilitas pengolahan yang berarti, masyarakatnya cenderung membuang sampah sembarangan tempat. Kurangnya daerah penampungan sementara, adanya pencemaran akibat pembuangan sampah di jalan-jalan, truk-truk terbuka dalam pengangkutan sampah serta masalah sosial dan lingkungan menjadi isu utama permasalahan persampahan di negara tersebut. Permasalahan persampah tersebut menjadikan Pemerintah India meluncurkan program "*wachh Bharat Mission*". Tujuan dari Misi ini adalah untuk meningkatkan praktik pengelolaan sampah dan

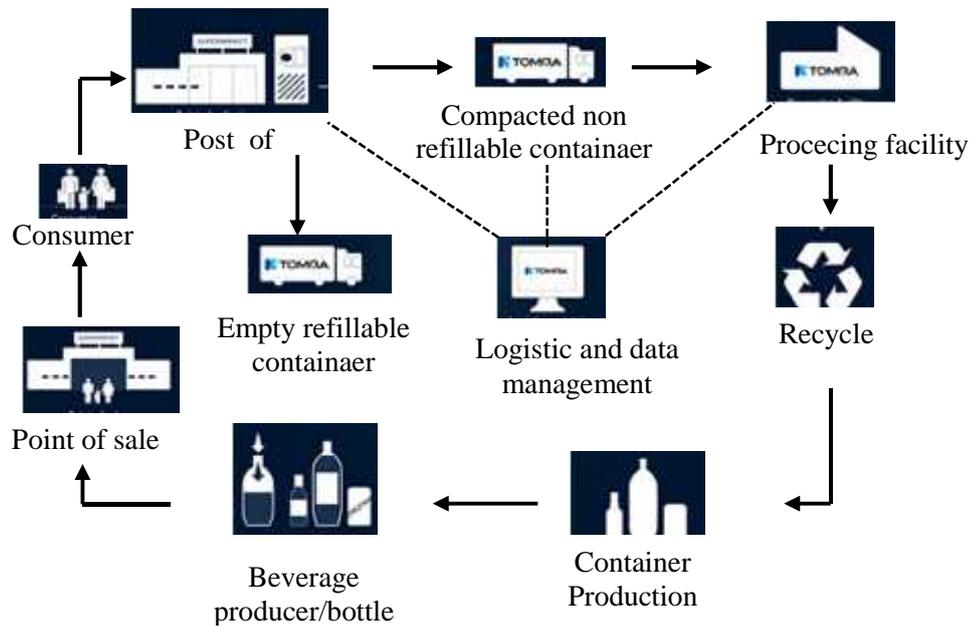
memanfaatkan teknologi modern. Beberapa program pengelolaan sampah India yang menggunakan teknologi informasi modern seperti,

- *Platform Online*: platform online memberikan pilihan dan alternatif untuk pengguna dapat melihat penggunaan barang lama. Pengguna yang sudah ada juga didorong untuk mencari pilihan untuk menjual dan menggunakan kembali nilai dari barang sebelum membuang menjadi barang limbah.
- *Analytics*: proyeksi yang akurat tentang jumlah sampah yang dihasilkan, jenis limbah dan identifikasi daerah limbah tinggi memungkinkan perencanaan dan pengelolaan layanan pengelolaan sampah yang efektif. Penggunaan analisis selama adanya suatu event dengan keterlibatan warga besar seperti festival dan pameran dapat memastikan kumpulan sampah dan pengangkutannya.
- *Crowd-sourcing*: Warga bisa didorong untuk melaporkan (web mobile / media sosial ) kegiatan yang berhubungan dengan sampah yang membutuhkan perhatian mendesak dari pihak berwenang.
- Perangkat GPS dan sensor pada truk sampah: teknologi GPS untuk rute truk pengumpulan sampah untuk

mengoptimalkan efisiensi pengumpulan dan memastikan pihak ketiga membuang sampah di tempat yang ditunjuk. Hal ini juga akan memberikan gambaran yang jelas dari limbah yang dihasilkan setiap truknya.

2. Negara Denmark, (Nygaard & Researcher 2015) dalam tulisannya menyampaikan bahwa di Denmark daur ulang sampah merupakan prioritas utama dalam penanganan sampah, kurang lebih 93 ribu ton sampah yang didaur ulang ditempat pendaur ulangan setiap tahunnya. Penanganan sampah di Denmark dengan dilakukan *Recycling* sebanyak 86%, dan 11 % dibakar melalui incenerator, 6 % pengolahan di TPA dan 1% melalui penanganan khusus. Pengelolaan sampah di negara Denmark menggunakan program “*Dansk Retursystem*” yaitu sebuah nama program sekaligus organisasi non-profit yang berada di bawah Kementrian Lingkungan Hidup Denmark. Artinya segala aktifitas dan program dari Dansk Retursystem didukung oleh regulasi dari Kementrian Lingkungan Denmark dan Departemen Perlindungan Lingkungan Hidup. Secara terintegrasi *Dansk Retursystem* menyediakan lebih dari 4000 mesin pengolahan daur ulang otomatis yang ditempatkan di area-area publik seperti toko, swalayan, pusat perbelanjaan dan lainnya. Mesin-mesin yang ada sepintas menyerupai mesin ATM, hanya saja ukurannya lebih besar. Cara masyarakat Denmark dan Dansk Retursystem saling terlibat dalam proses daur ulang yang

ada sangatlah simpel. Masyarakat yang memiliki sampah berupa botol kemasan kaleng, botol gelas dan botol plastik dapat membawa produk kemasan bekas tersebut ke lokasi dimana tersedia mesin-mesin dari Dansk Retursystem. Selanjutnya tinggal dimasukkan satu persatu kemasan-kemasan bekas tersebut ke dalam mesin yang ada (atau dalam plastik besar jika di Pantstation). Setelah itu mesin akan mensortir kemudian mengkalkulasi secara terkomputerisasi. Jumlah produk kemasan bekas yang akan setorkan akan tertampil di layar monitor, beserta berapa nilai nominal yang akan akan terima dalam mata uang Denmark, yaitu krone. Selanjutnya tinggal menekan tombol deposit untuk menghasilkan printout yang nanti dapat ditukarkan dalam bentuk uang melalui loket-loket Dansk Retursystem yang tersedia. Selain itu juga ada satu tombol lagi jika akan memilih opsi menyumbangkan uang hasil setoran produk kemasan bekas tersebut ke badan-badan sosial seperti Unicef.



**Gambar 18. Model Pengelolaan Sampah dengan Alur Mesin Daur Ulang Sampah di Negara Denmark**

Sumber: *dansk-retursystem-sistem-daur-ulang dalam Green Energy and Low Carbon*