

**NASKAH AKADEMIK
HASIL PENELITIAN**

**POTENSI SUMBER LISTRIK TENAGA SAMPAH
DI WILAYAH CIREBON**

Oleh:

**Djohar Maknun, S.Si., M.Si.
Muhimatul Umami, S.Si.,M.Si.**



**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN
KEPADA MASYARAKAT
IAIN SYEKH NURJATI CIREBON
TAHUN 2021**

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Peneliti : Djohar Maknun, S.Si., M.Si.
Muhimatul Umami, S.Si.,M.Si.

Judul Penelitian : Potensi Sumber Listrik Tenaga Sampah
di Wilayah Cirebon

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penelitian ini merupakan hasil karya sendiri, benar keasliannya, bukan skripsi, tesis, ataupun disertasi, dan sepanjang pengetahuan saya dalam karya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata di kemudian hari karya ini terbukti merupakan hasil plagiat atau penjiplakan atas hasil karya orang lain, maka saya bersedia bertanggungjawab sekaligus menerima sanksi sesuai dengan aturan atau hukum yang berlaku termasuk mengembalikan seluruh dana yang telah saya terima kepada LP2M IAIN Syekh Nurjati Cirebon.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Cirebon, 15 Desember 2021
Peneliti,

Djohar Maknun, S.Si., M.Si.
NIP. 196510042000031003

Nakah Akademik ini merupakan hasil penelitian yang didanai oleh Kementerian Agama Republik Indonesia, melalui Bantuan Operasional Perguruan Tinggi Negeri (BOPTN) DIPA IAIN Syekh Nurjati Cirebon Tahun Anggaran 2021

HALAMAN PENGESAHAN
NASKAH AKADEMIK HASIL PENELITIAN DOSEN

Judul Penelitian : Potensi Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) di Wilayah Cirebon
Klaster Penelitian : Penelitian Dasar Interdisipliner
Ketua Peneliti :
 Nama Lengkap : Djohar Maknun, S.Si., M.Si.
 Jenis Kelamin : Laki-laki
 NIDN : 2004106502
 Disiplin Ilmu : Biologi
 Pangkat/Golongan : Pembina Tk.I/IVb
 Jabatan : Lektor Kepala
 Fakultas/Jurusan : Fak Ilmu Tarbiyah Keguruan/Tadris Biologi
 Alamat Rumah : Griya Sunyaragi Permai Jl. Mahoni Selatan Blok H-51 RT 03 RW 12 Kota Cirebon
 E-mail : maknundjohar@gmail.com
Jumlah Anggota Peneliti :
 Nama Anggota 1 : Muhimatul Umami, S.Si., M.Si.
 Nama Anggota 2 : -
Lokasi Penelitian : Wilayah Cirebon
Jangka Waktu Penelitian : April – Desember
Sumber Dana Penelitian : DIPA IAIN Syekh Nurjati Cirebon Tahun 2021
Jumlah Biaya Penelitian : Rp. 30.000.000,- (tiga puluh juta rupiah)



Cirebon, 31 Desember 2021
Ketua LP2M


Dr. H. Ahmad Yani, M.Ag
NIP. 19750119 200501 1 002

ABSTRAK

Sumber energi listrik saat ini dan masa mendatang menjadi masalah utama, selain karena terjadi krisis energi, disebabkan juga jumlah penduduk meningkat setiap tahunnya. Jumlah sampah dan limbah pun terus meningkat. Masalah ini dapat diselesaikan dengan satu cara alternatif yaitu mengubah energi terbarukan dengan membuat sampah dan limbah dikonversi menjadi pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa). Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut: 1) mengkaji pengelolaan sampah di wilayah Cirebon, 2) menganalisis jumlah dan proyeksi sampah di Kota dan Kabupaten Cirebon, 3) mengkaji cara kerja PLTSa dari sampah organik, dan 4) mengkaji potensi pemanfaatan sampah menjadi bahan baku PLTSa. Penelitian akan dilakukan di Kota dan Kabupaten Cirebon. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif. Desain mengacu pada beberapa sumber. Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut: 1) studi pustaka dan studi lapangan, 2) persiapan lapangan, 3) pengamatan lapangan, 4) pengumpulan data, 5) analisis data dan pembahasan 6) kesimpulan, saran dan rekomendasi. Untuk menentukan apakah sampah dan limbah dapat menjadi solusi bagi krisis energi dengan melakukan penelitian tentang potensi limbah atau sampah menjadi pembangkit listrik tenaga sampah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah dan proyeksi sampah di Kota dan Kabupaten Cirebon berpotensi menjadi sumber energi listrik tenaga sampah. Jumlah sampah yang ada melebihi 1000 ton per hari (dapat melebihi 12 MW). PLTSa merupakan teknologi pengolahan sampah menjadi energi listrik dengan komponen biaya yang masih sangat tinggi. Sistem *landfill gas collection* dan *gasification power plant* umum digunakan dalam PLTSa.

Kata kunci: Cirebon, pemanfaatan sampah, potensi, PLTSa

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga naskah akademik ini bisa diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian ini ialah Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) di wilayah Cirebon.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr. H. Sumanta Rektor IAIN Syekh Nurjati Cirebon atas kesempatan penelitian yang telah diberikan dan Bapak Dr. H. Ahmad Yani, M.Ag selaku Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM). Di samping itu, penulis sampaikan juga rasa terima kasih dan penghargaan kepada Bapak Dr. Budi Manfaat, M.Si yang telah membuat regulasi dalam pelaksanaan penelitian. Terima kasih juga disampaikan kepada anggota peneliti Ibu Himatul Umami, M.Si. yang telah bekerja sama menyelesaikan penelitian ini. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh keluarga atas segala doa dan kasih sayangnya, serta rekan-rekan Program Studi Tadris Biologi atas persahabatan, kerja sama dan bantuannya kepada penulis.

Harapan penulis semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat.

Cirebon, Desember 2021

Djohar Maknun

DAFTAR ISI

	Hal
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	6
BAB II KERANGKA TEORITIS	7
A. Sampah dan Pengelolaannya	7
B. Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa)	10
C. Teknologi PLTSa dengan Steam Turbin	16
BAB III METODE PENELITIAN	19
A. Waktu dan Tempat Penelitian	19
B. Metode Penelitian	19
C. Diagram Alur Penelitian	21
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	22
A. Pengelolaan Sampah di Wilayah Cirebon	22
B. Proyeksi Volume Sampah di Wilayah Cirebon	35
C. Cara Kerja PLTSa	37
D. Potensi Sumber PLTSa di Wilayah Cirebon	43
BAB V PENUTUP	48
A. Kesimpulan	48
B. Saran	48
DAFTAR RUJUKAN	49

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Penggunaan plastik sebagai material utama pada berbagai jenis produk, bukan menjadi suatu hal yang baru. Berdasarkan data Bank Dunia, volume sampah padat dunia mencapai 1,3 miliar ton per tahun, dengan jumlah sampah plastik serta sampah padat lainnya akan naik terus sebesar 70%, volume ini diperkirakan akan mencapai 2,3 miliar ton pada 2025 (Hoorweg, Bhada, & Perinaz, 2012). Indonesia adalah penghasil sampah plastik terbesar nomor dua dunia yang mencapai 187,2 juta ton, setelah Cina (Jamberk, 2015). *Jurnal Nature Communication* tahun 2017 menyebutkan bahwa sungai-sungai besar di Indonesia, masuk di dalam 20 sungai yang tercemar sampah plastik terbesar di dunia (Laurent, 2017).

Indonesia merupakan penghasil sampah plastik terbesar nomor dua dunia yang mencapai 187,2 juta ton, setelah Cina (Jamberk, 2015). Produksi plastik mencapai 322 juta ton pada tahun 2016, tidak termasuk produksi serat plastik. Selain produksinya yang terus meningkat, plastik berumur panjang dan tahan terhadap biodegradasi, sehingga terakumulasi di lingkungan secara luas. Laut dan samudera adalah kompartemen lingkungan yang paling terpengaruh dan dipelajari karena diperkirakan setiap tahun, antara 4 dan 12 juta ton plastik masuk ke laut dan samudera, dan ini diperkirakan melebihi jumlah ikan pada tahun 2050 (McDevitt *et al.*, 2017).

Sampah merupakan sisa hasil aktivitas manusia yang berbentuk padat dan ketersediannya cukup melimpah di kota-kota besar, salah satunya di wilayah Cirebon. Jenis-jenis sampah di wilayah Cirebon diantaranya yaitu sampah plastik, sampah kaleng dan sampah yang berasal sisa sayur dan buah di pasar-pasar. Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Lingkungan (SIPSN) periode tahun 2020, jumlah timbulan sampah harian di Kabupaten Cirebon sebanyak 1308,06 ton/hari dengan jumlah sampah tahunan sebanyak 477442,72 ton/hari (<https://sipsn.menlhk.go.id>). Adapun sampah yang dikelola oleh pemerintah daerah kabupaten Cirebon melalui penanganan sampah sebesar 89 ton/hari (penanganan 7,4%) dan pengurangan sampah berbasis masyarakat melalui swadaya misalnya melalui bank sampah sebesar 18 ton/hari (pengurangan 1,5%).

Sampah merupakan salah satu masalah yang dihadapi oleh setiap negara di seluruh dunia. Timbulan sampah meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk dan pola hidup masyarakat yang konsumtif. Sekitar 70 % pembuangan sampah di seluruh dunia terutama negara-negara berkembang dilakukan dengan penimbunan di permukaan tanah atau bawah tanah (Dong *et al.*, 2009). Tempat Pembuangan Akhir (TPA) menjadi pilihan solusi alternatif untuk membuang sampah dengan pertimbangan biaya perawatan yang relatif murah (Rahman, 2009).

Sampah yang tidak dikelola dengan baik menjadi salah satu sumber potensi bahaya terhadap lingkungan. Dampak signifikan bahaya yang mungkin terjadi pada TPA yang tidak terkontrol yaitu, polusi udara, penyebab penyakit vektor, dan pencemaran air akibat keluaran lindi (Rahman, 2009). Lindi merupakan cairan yang dikeluarkan dari TPA akibat proses degradasi sampah secara biologis maupun infiltrasi air hujan (Altouqi, 2012). Lindi yang berasal dari sampah perkotaan terdiri dari senyawa anorganik, logam, dan senyawa organik yang bersifat biodegradable seperti selulosa, lignin, hemiselulosa, dan protein (Iqbal & Gupta, 2009).

Pengelolaan persampahan di wilayah Cirebon sebagian besar masih konvensional yaitu dilakukan dengan sistem kumpul, angkut dan buang atau *end of pipe*. Adanya tempat pembuangan akhir (TPA) dengan sistem *open dumping* (penimbunan bebas) yang semakin bertambah di beberapa wilayah sehingga mempeparah kondisi lingkungan bukan hanya sekedar pemandangan yang tidak sedap atau bau busuk yang ditimbulkan namun ancaman terhadap kesehatan masyarakat juga akan meluas (Gede & Partha, 2012). Semakin banyak timbulan sampah yang ada di semakin meningkat pula kapasitas sampah yang ada di Kabupaten Cirebon. Peningkatan jumlah penduduk di wilayah Cirebon mengakibatkan semakin besarnya jumlah produksi sampah yang dihasilkan dan daya dukung lingkungan hidup yang semakin berkurang terhadap sampah tersebut. Hal tersebut diperparah dengan kurangnya sosialisasi dan kesadaran individu terkait nilai-nilai lingkungan belum tertanam dengan kuat sehingga masyarakat kurang menghargai untuk menjaga lingkungan termasuk untuk tidak membuang sampah sembarangan.

Kota Cirebon memiliki TPA yaitu TPA Kopiluhur di kecamatan Harjamukti yang setiap hari menerima paling sedikit 600 kubik sampah, yang berasal dari sampah rumah tangga dan sampah pasar. Pengelolaan sampah di Kopiluhur hanya sebatas diratakan dengan beko dan kemudian ditimbun dengan tanah untuk meminimalkan perkembangan bibit penyakit. Cara tersebut masih dianggap kurang maksimal oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Cirebon, karena cara tersebut hanya bersifat sementara. Dengan luas 9 hektar dan produksi sampah antara 600 kubik sampai 700 kubik per hari maka cara tersebut diperkirakan hanya akan bertahan lima tahun saja. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian tentang potensi sampah sebagai sumber tenaga listrik.

Sebuah sistem pengelolaan sampah dengan konsep *zero waste*, sistem pengelolaan sampah dengan konsep *zero waste* adalah sistem pengelolaan sampah yang tidak menghasilkan sampah kembali ketika output pengolahan tersebut. Sehingga jumlah volume sampah organik akan semakin berkurang (Sanfiyan *et al.*, 2017). Inovasi pengelolaan sampah diperlukan untuk mengatasi permasalahan sampah tersebut. Salah satunya melalui pemanfaatan sampah menjadi tenaga listrik yang telah dilakukan di beberapa daerah di Indonesia antara lain di Surabaya, Pekanbaru dan Padang (Dodi & Raharjo, 2015; Monice & Perinov, 2016; Suchyo & Fanida, 2019).

Berdasarkan Badan Pusat Statistika Kota Cirebon, penduduk Kota Cirebon meningkat setiap tahunnya, dengan berbagai macam aktivitas di Kota Cirebon yang membuat produksi sampah yang dihasilkan semakin meningkat. Selama ini masih banyak warga Kota Cirebon yang tidak paham tentang pengelolaan sampah sehingga sampah yang dihasilkan pada akhirnya hanya sebatas pada pengumpulan sampah, pengangkutan sampah dan penumpukan sampah di tempat pembuangan akhir. TPA Sampah Kopi Luhur yang berada di Dusun Sumur Wuni, Kelurahan Argasunya, Kecamatan Harjamukti, Kota Cirebon merupakan TPA terbesar di Kota Cirebon dan sebagai tempat penyimpanan terakhir sampah yang berasal dari seluruh kecamatan yang ada di Kota Cirebon yaitu Kecamatan Harjamukti, Lemahwungkuk, Pekalipan, Kesambi dan Kejaksan.

Berdasarkan data dari pengelola, TPA Kopi Luhur sudah beroperasi sejak tahun 1998 dengan luas total lahan sebesar 13 Ha yang terdiri dari lahan yang beroperasi untuk penimbunan seluas 9 Ha dan lahan kosong seluas 4 Ha. Volume yang diterima dari seluruh wilayah Kota Cirebon sebanyak kurang lebih 550 m³ sampah. TPA Kopi Luhur pada awal perencanaannya dibangun untuk menggunakan sistem *controlled landfill*, tetapi pada pelaksanaan selama TPA ini beroperasi hanya menerapkan sistem open dumping (Isni, N. N, 2020)

Berdasarkan definisi pada peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.3 Tahun 2013, metode *open dumping* merupakan proses penimbunan sampah di TPA tanpa melalui proses pemadatan dan penutupan secara berkala, metode *controlled landfill* adalah metode pengurugan di areal pengurugan sampah, dengan cara dipadatkan dan ditutup dengan tanah penutup sekurang-kurangnya setiap tujuh hari. Metode ini merupakan metode yang bersifat antara, sebelum mampu menerapkan metode lahan urug saniter. Kelebihan dalam menerapkan sistem *controlled landfill* yaitu dampak terhadap lingkungan dapat diperkecil, lahan dapat digunakan kembali setelah selesai dipakai dan estetika lingkungan cukup baik. Kekurangannya adalah operasi lapangan relatif lebih sulit, biaya investasi cukup besar dan memerlukan personalia lapangan yang cukup terlatih, sedangkan metode *sanitary landfill* adalah metode pengurugan di area pengurugan sampah yang disiapkan dan dioperasikan secara sistematis, dengan penyebaran dan pemadatan sampah pada area pengurugan serta penutupan sampah setiap hari.

Pengelolaan sampah kota di Indonesia menjadi masalah aktual seiring dengan semakin meningkatnya tingkat pertumbuhan penduduk yang berdampak pada semakin banyak jumlah sampah yang dihasilkan. Beberapa penelitian menganalisis penyebab masalah-masalah yang terjadi pada pengelolaan sampah di Indonesia. Menganalisis permasalahan yang dihadapi dalam pengelolaan sampah di Indonesia, diantaranya kurangnya dasar hukum yang tegas, tempat pembuangan sampah yang tidak memadai, kurangnya usaha dalam melakukan pengomposan, dan kurangnya pengelolaan TPA dengan sistem yang tepat. Mengatakan bahwa permasalahan pengelolaan sampah yang ada di Indonesia dilihat dari beberapa indikator berikut, yaitu tingginya jumlah sampah yang dihasilkan, tingkat pelayanan pengelolaan sampah masih rendah, tempat

pembuangan sampah akhir yang terbatas jumlahnya, institusi pengelola sampah dan masalah biaya (Mahyudin, R. P, 2017).

Sampah telah menjadi masalah utama di kota-kota besar Indonesia. Pada tahun 2020, volume sampah perkotaan di Indonesia diperkirakan akan meningkat lima kali lipat. Berdasarkan hasil survei rata-rata buangan sampah kota di Indonesia adalah 0,5 per-kapita per-hari. Dengan mengalikan data tersebut dengan jumlah penduduk di beberapa kota di Indonesia maka dapat diketahui perkiraan potensi sampah kota di Indonesia, yaitu sekitar 100.000 ton/hari.

Contoh – contoh pengelolaan sampah berbasis komunitas seperti Bank Sampah, Pengomposan komunal, dan daur ulang sampah plastik merupakan aplikasi pelaksanaan tujuan penyelenggaraan pengelolaan sampah. Undang – undang No 18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah mencantumkan bahwa tujuan penyelenggaraan pengelolaan sampah adalah untuk meningkatkan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan serta menjadikan sampah sebagai sumber daya tujuan tersebut sudah sesuai dengan pernyataan Hettiaratchi (2007) yang mengatakan bahwa pandangan pengelolaan sampah harus berubah dari reaktif menjadi proaktif, yaitu pendekatan holistik yang memperkenalkan bahwa sampah lebih dianggap sebagai sumber daya daripada tanggung jawab (Mahyudin, 2017).

Saat ini Teknik pengelolaan untuk sampah di kota-kota di Indonesia masih dilakukan secara konvensional, yaitu metode *open dumping* (tumpukan) dan *sanitary landfill* (timbunan). Pada prakteknya pengelolaan sampah secara konvensional di TPA menimbulkan beberapa permasalahan. Melihat realita tersebut mendorong para ahli untuk mengupayakan penyelesaian dalam menangani permasalahan sampah perkotaan, salah satunya adalah membuat solusi bahwa sampah bisa jadi sumber energi listrik atau Waste to Energy atau yang lebih dikenal dengan PLTSa (Pembangkit Listrik Tenaga Sampah). Pengolahan sampah kota menjadi energi listrik sudah lama dilakukan beberapa negara seperti di Republik Rakyat China (RRC) dan Singapura. Berdasarkan perhitungan, dari 190 ton atau 760 m³ sampah kota per-hari akan menghasilkan listrik dengan kekuatan 800 kwh. Dari pembakaran itu, selain menghasilkan energi listrik, juga memperkecil volume sampah kiriman sampai 95 persen (Ade F, 2009).

Pemerintah tengah membangun infrastruktur Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) di 12 kota di Indonesia. Terhitung sejak 2019 hingga 2022 mendatang, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mencatat, ada 12 Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) yang bakal beroperasi guna menyelesaikan persoalan sampah di Indonesia.

PLTSa itu berlokasi di DKI Jakarta, Kota Tangerang, Tangerang Selatan, Kota Bekasi, Kota Bandung, Kota Semarang, Kota Surakarta, Kota Surabaya, Kota Makassar, Kota Denpasar, Kota Palembang dan Kota Manado. Merinci lebih jauh, Surabaya (10 MW) akan menjadi kota pertama yang mengoperasikan pembangkit listrik berbasis biomassa tersebut dari volume sampah sebesar 1.500 ton/hari dengan nilai investasi sekitar US\$ 49,86 juta.

Lokasi PLTSa kedua berada di Bekasi. PLTSa tersebut memiliki nilai investasi sebesar US\$ 120 juta dengan daya 9 MW. Selanjutnya, ada tiga pembangkit sampah yang berlokasi di Surakarta (10 MW), Palembang (20 MW), dan Denpasar (20 MW). Total investasi untuk menghasilkan setrum dari tiga lokasi yang mengelola sampah sebanyak 2.800 ton/hari sebesar US\$ 297,82 juta.

Sisanya, Jakarta sebesar 38 MW dengan investasi US\$ 345,8 juta, Bandung dengan kapasitas 29 MW dan investasi sebesar US\$ 245 juta, Makassar, Manado, dan Tangerang Selatan dengan masing-masing kapasitas 20 MW dan investasi yang sama, yaitu US\$ 120 juta. Dari 12 usulan pembangunan PLTSa yang ada, 4 di antaranya memiliki perkembangan yang cukup baik dan menunggu penyelesaian pada tahun ini, yang di antaranya berlokasi di Surabaya, Jakarta, Bekasi, dan Solo.

Di sisi lain, PLTSa menggunakan fitur teknologi pengolah sampah yang cocok digunakan di Indonesia. Teknologi termal ini dipilih berdasarkan kriteria *Best Available Technology Meet Actual Needs*. Kemudian, sebagian besar peralatan juga dibuat di dalam negeri dengan kapasitas sampah yang diolah sebesar 100 ton/hari, listrik yang dihasilkan mencapai 700 kilowatt hour (kWh). Sampah tidak hanya dijadikan sebagai barang yang sudah tidak terpakai begitu saja tinggal dibuang, tetapi dapat dimanfaatkan oleh masyarakatnya sendiri. Seperti penelitian Monice (2016), potensi energi listrik yang mampu dibangkitkan sebagai bahan baku Pembangkit Listrik Tenaga sampah (PLTSa) di Kota Pekanbaru sebagai sumber energi alternatif berbasis *renewable energy* adalah 9 MW. Energi yang dapat dijual ke PLN adalah sebesar 8 MW. Penelitian ini menunjukkan bahwa sampah memiliki manfaat yang mampu memberikan kesejahteraan untuk masyarakat.

Terkait dengan studi pustaka dan studi lapangan ini, maka peneliti sangat tertarik untuk menganalisis dan mengkaji potensi sampah di wilayah Cirebon sebagai bahan bakar listrik tenaga sampah atau sebagai PLTSa. Hasil dari penelitian ini akan menjadi bahan rekomendasi untuk pemerintah daerah dalam usaha pengelolaan dan pemecahan masalah sampah, khususnya di Cirebon. Penelitian ini sangat penting dilakukan dalam rangka memberikan data nyata di lapangan dan mendorong semangat kajian atau kebijakan pemerintah daerah dalam pendirian Pembangkit Listrik Tenaga Sampah dan berbagai upaya lainnya dalam pemecahan masalah sampah.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pengelolaan sampah di Wilayah Cirebon?
2. Bagaimanakah proyeksi volume sampah di Wilayah Cirebon?
3. Bagaimanakah cara kerja PLTSa?
4. Bagaimanakah potensi sumber listrik tenaga sampah di Wilayah Cirebon?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengelolaan sampah di Wilayah Cirebon.
2. Menganalisis proyeksi volume sampah di Wilayah Cirebon.
3. Mengkaji cara kerja PLTSa.
4. Menganalisis potensi sumber listrik tenaga sampah di Wilayah Cirebon.

BAB II KERANGKA TEORITIS

A. Sampah dan Pengelolaannya

Sampah merupakan suatu bahan yang terbuang atau di buang dari suatu sumber hasil aktivitas manusia maupun proses-proses alam yang tidak mempunyai nilai ekonomi. Dalam Undang-Undang No.18 tentang Pengelolaan Sampah dinyatakan definisi sampah sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau dari proses alam yang berbentuk padat.

Permasalahan sampah merupakan permasalahan yang krusial bahkan sampah dapat dikatakan sebagai masalah kultural karena berdampak pada sisi kehidupan terutama di kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya, Bandung, Makasar, Medan dan kota besar lainnya. Sampah akan terus ada dan tidak akan berhenti diproduksi oleh kehidupan manusia, jumlahnya akan berbanding lurus dengan jumlah penduduk, bisa dibayangkan banyaknya sampah-sampah di kota besar yang berpenduduk padat. Permasalahan ini akan timbul ketika sampah menumpuk dan tidak dapat dikelola dengan baik sehingga dapat menimbulkan dampak yang luas baik sosial masyarakat, kesehatan maupun lingkungan.

Sampah adalah barang yang tidak mempunyai nilai atau tidak berharga untuk maksud biasa atau utama dalam pembikinan atau pemakaian barang rusak atau bercacat dalam pembikinan manufaktur atau materi berlebihan atau ditolak atau buangan.

Berdasarkan sifat kimianya, sampah dibedakan menjadi dua jenis yaitu : (1) sampah organik yaitu sampah yang terdiri dari bahan-bahan penyusun tumbuhan dan hewan yang berasal dari alam, (2) sampah anorganik yaitu sampah yang berasal dari sumber daya alam yang tak terbaharui seperti mineral dan minyak bumi atau dari proses industri. Sampah - sampah kota yang ada di Indonesia sebagian besar adalah sampah organik yang mayoritas sampah organik adalah sampah yang berasal dari tanaman, untuk pemanfaatan sampah sebagai bahan baku pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) dengan memilah sampah sampah yang bisa didaur ulang. Sampah selalu menjadi permasalahan kota-kota besar di Indonesia. Volume sampah yang kian meningkat namun tempat pembuangan sampah akhir (TPA) yang terbatas tentunya menjadi suatu persoalan jika tidak ditangani dengan seksama.

Berdasarkan UU No.18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah :

1. Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat (pasal 1 ayat 1 UU No.18 2008).
2. Sampah spesifik adalah sampah yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau volumenya memerlukan pengelolaan khusus. (pasal 2 ayat 1 UU No.1 2008).

Sampah yang dikelola berdasarkan Undang-undang ini terdiri atas :

- a. Sampah rumah tangga;
- b. Sampah sejenis sampah rumah tangga; dan
- c. Sampah spesifik.

Sampah rumah tangga sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a berasal dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga, tidak termasuk tinja dan sampah spesifik. Sampah sejenis sampah rumah tangga sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b berasal dari kawasan komersial, kawasan industri, kawasan khusus, fasilitas sosial, fasilitas umum, dan/atau fasilitas lainnya.

Sampah spesifik sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf c meliputi :

- a. Sampah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun;
- b. Sampah yang mengandung limbah bahan berbahaya dan beracun;
- c. Sampah yang timbul akibat bencana;
- d. Puing bongkaran bangunan;
- e. Sampah yang secara teknologi belum dapat diolah; dan/atau
- f. Sampah yang timbul secara tidak periodik.

Sampah adalah produk samping dari aktivitas manusia. Secara fisik sampah mengandung material/bahan-bahan yang sama dengan produk yang digunakan sebelumnya, yang membedakannya hanya kegunaan dan nilainya. Penurunan nilai, pada banyak kasus, tergantung pada tercampurnya material-material tersebut dan seringkali karena ketidak-tahuan untuk memanfaatkan kembali material itu. Upaya pemilahan umumnya dapat menaikkan kembali nilai dari sampah. Dengan adanya pemilahan, maka akan ada upaya pemanfaatan kembali material daur ulang yang ada di dalam sampah. Hubungan terbalik antara tingkat pencampuran dan nilai adalah hal yang penting pada sampah (Mc Douglas, *et al.*, 2001).

Permasalahan sampah di Indonesia menjadi semakin rumit karena disebabkan oleh beberapa faktor. Menurut (Mahyudin, 2017) permasalahan pengelolaan sampah yang ada di Indonesia dilihat dari beberapa indikator berikut, yaitu tingginya jumlah sampah yang dihasilkan, tingkat pelayanan pengelolaan sampah masih rendah, tempat pembuangan sampah akhir yang terbatas jumlahnya, institusi pengelola sampah dan masalah biaya. Permasalahan sampah juga terjadi di kota Cirebon, seperti dikelurahan Larangan dengan jumlah penduduk 14.255 jiwa, dan volume sampah yang dihasilkan mencapai 36m³/hari (Puspitawati & Rahdriawan, 2012).

Penanggungan sampah yang dilakukan Dinas Lingkungan Hidup Kota Cirebon secara mandiri, antara lain program bank sampah yang melibatkan kesadaran masyarakat. Penanggungan sampah sebenarnya dapat berdampak pada perekonomian masyarakat. Program bank sampah yang dijalankan dapat memberikan keuntungan, baik pengeluaran sampah dan nasabah yang menyumbangkan sampah. Riyadi (2016) menyatakan bahwa komunitas masyarakat yang menjadi nasabah bank sampah selanjutnya tidak hanya merasakan dampak langsung berupa bersihnya lingkungan hidup sekitar tempat tinggal.

Sampah sebagai residu konsumsi, masyarakat juga mampu melakukan fungsi investasi pada bank sampah. Selain adanya program bank sampah, perlu adanya alternatif dalam pemanfaatan sampah sangat perlu mengingat sampah yang ada di wilayah Cirebon semakin hari semakin menumpuk. Pengolahan sampah

sebagai sumber alternatif tidak hanya dapat mengurangi timbulan sampah di pembuangan akhir, tetapi juga dapat menjaga lingkungan di sekitar pembuangan tersebut menjadi lebih baik.

Setelah sampah diangkut oleh unit pengumpul setempat yang berupa gerobak dan roda tiga, kemudian sampah-sampah tersebut dikumpulkan di TPS. TPS ada yang berupa bak sampah terbuka, bak sampah tertutup, maupun container. Beberapa contoh TPS yang ada di Kabupaten Cirebon disajikan pada Gambar 2.1.

Saat ini, Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) di Kabupaten Cirebon adalah TPA Ciledug yang terletak di Desa Ciledug Wetan, Kecamatan Ciledug dengan luas TPA 2 Ha. Sistem yang digunakan di TPA Ciledug ini adalah sistem *open dumping*. Status lahan di TPA Ciledug ini masih sewa ke Desa. Di TPA Ciledug ini tidak ada sarana penunjang apapun. Sampah yang dibuang, kemudian diratakan dalam rentang waktu tertentu dengan menggunakan dozer. Sebelumnya, Kabupaten Cirebon memiliki 2 TPA lain, yakni TPA Gunung Santri (Desa Kepuh, Kecamatan Palimanan) serta TPA Ciawi Japura (Desa Ciawi Japura Kecamatan Susukan Lebak). Namun kedua TPA tersebut sudah ditutup di awal tahun 2016, dikarenakan adanya penolakan dari warga (Gambar 2.2).



Gambar 2.1 TPS Pasar Palimanan dan TPS Pilang Kedawung



Gambar 2.2 TPA Ciledug dan TPA Eks Gunung Santri

B. Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa)

Inovasi pengelolaan sampah diperlukan untuk mengatasi permasalahan sampah tersebut. Pembangkit listrik tenaga sampah merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan sampah sebagai bahan bakar, selanjutnya sampah yang akan digunakan untuk memanaskan air dalam boiler. Uap panas yang dihasilkan boiler tersebut dimasukkan ke turbin uap yang akan memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik (Monice & Perinov, 2016). Teknologi pengolahan sampah masih terus dikembangkan, salah satunya dengan menggunakan *incinerator*.

Menurut Bagus (2011), teknologi pengolahan sampah tersebut merupakan salah satu teknik pengelolaan sampah dengan membakar sampah atau memanfaatkan sampah sebagai bahan bakar pada unit pembangkit uap dan listrik. Sistem pengelolaan sampah menjadi energi melalui konversi biokimia (*Anaerobic Digester*) telah diterapkan di beberapa negara, misalnya di Australia pada tahun 2000 telah dibangun di New York Wales yang mengolah sampah sebesar 187.000 ton/tahun setara 512 ton/ hari yang menghasilkan listrik 2,3 MW (Faridha *et al.*, 2015). Indonesia telah melakukan teknologi dalam pengolahan sampah, antara lain di Surabaya. Sampah kota Surabaya yang khusus diterima TPA perharinya sebanyak 1.500 ton perhari. Sebagian besar gunung sampah yang menumpuk di TPA telah diolah menjadi energi listrik hingga 2 Megawatt melalui teknologi *Landfill Gas Collection* sedangkan melalui teknologi Gasifikasi Power Plant dapat menghasilkan 12 Megawatt dari pengelolaan sampah sebanyak 1000 ton perhari (Sucahyo & Fanida, 2019).

Selain itu, PLTSa yang telah diuji coba di kota Padang menunjukkan produksi gas yang dihasilkan di TPA Air Dingin Kota Padang, daya listrik yang bisa dibangkitkan adalah sebesar 3.215,67 kW sedang energi listrik yang bisa dihasilkan sebesar 28.169.259,47 kWh (Dodi dan Raharjo, 2015). Potensi energi listrik yang mampu dibangkitkan sebagai bahan baku Pembangkit Listrik Tenaga sampah (PLTSa) di Kota Pekanbaru sebagai sumber energi alternatif berbasis renewable energy adalah 9 MW. Energi yang dapat dijual ke PLN adalah sebesar 8 MW, sehingga dapat memanfaatkan sampah yang sudah tidak dipakai (Monice & Perinov, 2016).

Penelitian dan beberapa jurnal ilmiah yang telah ada mengenai pembahasan pembangkit listrik energi terbarukan dari biomassa yang memanfaatkan sampah organik maupun nonorganik dimana sampah tersebut difermentasi dengan termokimia yang nantinya akan menghasilkan biomassa dengan kandungan di dalamnya terdapat macam-macam gas seperti gas metana (CH₄), gas karbondioksida (CO₂) dan juga gas lainnya. Biomassa yang sudah terbentuk nantinya akan di jadikan untuk sumber energi memutar generator.

Pengelolaan sampah dalam prakteknya berbeda-beda, hal ini teragantung pada regulasi atau keadaan tempat maupun letaknya. Perbedaan itu bisa dilihat dari perbedaan pengolahan sampah antara pedesaan dengan perkotaan, daerah perumahan dengan industri, Negara maju dengan Negara berkembang.

Penanganan sampah yang tidak berbahaya seperti sampah pemukiman dan area metropolitan biasanya ditanggung oleh pemerintah namun untuk industri di Eropa dan Amerika, mereka tidak hanya sebatas menanggulangi permasalahan lingkungan tetapi mereka sudah menerapkan bahwa sampah merupakan potensi yang bisa dimanfaatkan. Negara Denmark yang 54% sampah negara tersebut telah dimanfaatkan untuk pembangkit listrik (Triatmaja, 2011).

Telkom University dan Bandung Techno Park mengembangkan biodigester dari sampah oraganik yang dijadikan energi terbarukan yang menghasilkan 1000 liter, gas (biogas) yang bisa dimanfaatkan untuk 3-4 kantin dan dipergunakan sebagai bahan bakar untuk memasak di kantin kampus Telkom university dengan kompor khusus (Hadi, 2016).

Maulana Arifin, dkk (2011) dari Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik - LIPI melakukan penelitian biogas sebagai sumber pembangkit tenaga listrik di Pesantren Saung Balong Al-Barokah, Majalengka, Jawa Barat. Penelitian ini menyebutkan bahwa jumlah konsumsi biogas untuk pembangkit listrik dengan genset menghasilkan daya output 1047 Watt. Reaktor menggunakan digester beton dengan volume 7 m³ dan menghasilkan biogas sebesar 1,92 m³ /hari dengan memasukkan kotoran sapi sebanyak 0,5 m³/hari. Untuk mengetahui potensi sampah sebagai bahan bakar energi terbaharukanharusnya terlebih dahulu mengetahui nilai kandungan kalori yang dihasilkan, setelah nilai asumsi kalor didapat barulah mengetahui berapa kapasitas daya yang dihasilkan dari proses insenerator dan berapa kebutuhan bahan bakar yang diperlukan atau dari bahan bakar yang tersedia untuk saat ini.

Keterangan perhitungan analisis sampah organik :

V total = volume sampah homogen

N median = persentase sampah organik 55%

V organik = volume sampah organik m³/hari

P = berat jenis sampah

M = berat sampah organik kg/hari

Untuk menentukan kapasitas termal sampah terhadap masukkan boiler serta daya yang dihasilkan oleh generator, harus diketahui jumlah volume sampah organik, setelah mengetahui jumlah volume sampah organik, kemudian mengetahui berat pada sampah organik dan memasukkan nilai kalori pada sampah, sehingga dihasilkan energi yang bisa dibangkitkan (kWh). Dengan mengambil jumlah berat sampel sampah organik di lokasi, pengambilan sampel sampah organik untuk menentukan berapa berat jenis pada sampah organik dan jumlah persentase volume sampah organik di kisaran 55% .

$$V \text{ organik} = v \text{ total} \times N \text{ media} \dots (1.1)$$

$$V \text{ organik} = \frac{M}{P} \dots (1.2)$$

$$M = P \times V \text{ organik} \dots (1.3)$$

$$- \text{ Jumlah Kalori (kcal)} = \text{Jumlah berat jenis sampah organik} \times \text{nilai kalori sampah Organik} \dots (1.4)$$

- Jumlah energi (kWh) Per hari = jumlah kalori (kkl) x 0.00116 (KWh/kkl)....(1.5)
- Kapasitas termal sampah = jumlah energi (kWh)/hari Jumlah jam/hari...(1.6)
- Daya keluaran pada boiler = kapasitas termal sampah x efisiensi boiler....(1.7)
- Daya netto turbin uap = daya keluaran boiler x efisiensi uap....(1.8)
- Daya keluaran generator = daya netto turbin uap x efisiensi generator....(1.9)

Setelah diperoleh daya dari keluaran generator sebesar (kW) maka energi listrik per hari yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

W = energi listrik kWh

P = daya keluran pada generator kW

t = waktu 24 jam

W = P x t...(1.10)

- Pengukuran tegangan output generator termoelektrik

Nilai daya diperoleh dari hasil perhitungan tegangan dan arus dengan menggunakan rumus daya listrik yaitu:

Daya tegangan = tegangan x arus atau watt = volt ampere

Dengan rumus tersebut kita bisa menghitung dan mendapatkan nilai daya dengan cara penyelesaian sebagai berikut.

$P = V \times I$ atau $P = I^2 \times R$(1.11)

$P = V^2 / R$

P = daya listrik dengan satuan Watt (W)

V = tegangan listrik dengan satuan Volt (V)

I = arus listrik dengan satuan ampere (A)

R = hambatan dengan satuan Ohm (Ω)

(Sumber: Syahrial & Mutmainna, 2019)

Pembangkit listrik tenaga sampah adalah pembangkit listrik dengan mekanisme pembangkitan yang dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan proses konversi thermal dan proses konversi biologis. Proses Konversi thermal pada dasarnya memiliki prinsip kerja yang sama dengan PLTU pada umumnya. Dikarenakan perbedaan bahan bakar, maka pembangkit ini memiliki komponen tambahan berupa tempat pengolahan bahan bakarnya sendiri sebelum memanfaatkan teknologi insenerasi, pirolisis, dan gasifikasi. Proses konversi biologis adalah dengan *Anaerobik Digestion dan Landfill gasification*. Dalam menentukan proses pembangkitan harus memilih teknologi yang paling tepat untuk dijadikan solusi atas permasalahan sampah bergantung pada kondisi daerahnya masing-masing (Sihite, 2018).

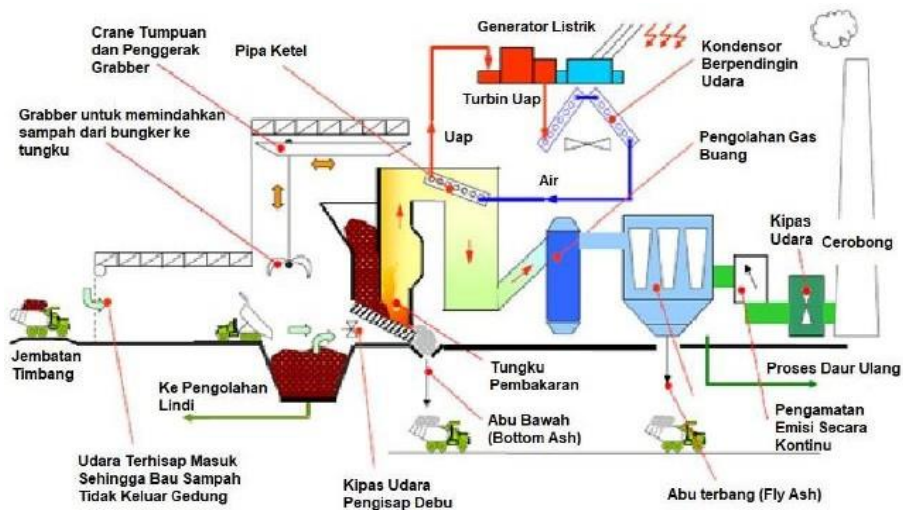
1. Insenerasi

Insenerasi adalah istilah umum yang diberikan untuk konversi termal langsung pada sampah melalui pembakaran dengan kadar oksigen tinggi, pada suhu di atas 850°C. sampah diubah menjadi panas, yang digunakan untuk memanaskan air dalam boiler untuk menghasilkan uap. Uap dapat didistribusikan untuk dijual (biasanya kepada manufaktur industri/ kimia) atau dapat dikonversi menjadi listrik melalui turbin uap. efisiensi yang untuk menghasilkan listrik berada di kisaran 18% - 27%) untuk pembangkit dengan ukuran 25.000 sampai dengan 600.000 ton per tahun.

Teknologi tersebut juga memproduksi residu sampah berupa abu, abu boiler, abu terbang, dan residu *scrubber* dari operasi pembersihan cerobong gas. Insenerasi dengan alas bergerak/*conveyer belt* adalah teknologi yang sudah terbukti keandalannya untuk pembakaran sampah sehingga teknologi ini lebih tepat untuk diterapkan. Di Indonesia, teknologi ini sendiri cukup sederhana, dengan permasalahan utama terletak pada pengoptimalan panas dan pemulihan energi serta minimalisasi emisi hasil insenerasi. Sampah yang belum dipilah dapat langsung dimasukkan ke pembakaran sampah tanpa perlu dipilah terlebih dahulu.

Kadar air yang tinggi dalam sampah Indonesia akan mengurangi efisiensi termal jika dibandingkan dengan apa yang dicapai di Eropa, pengoperasian insinerator harus dijaga dalam suhu operasi kritis. Apabila suhu lebih rendah, senyawa beracun organik volatil (VOC) yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan tidak terurai sempurna, serta emisi gas pembangkit akan melanggar aturan standar keamanan nasional. Untuk mencapai dan mempertahankan suhu operasi minimum yang aman, di saat volume aliran sampah mungkin rendah dan/atau memiliki kadar air yang tinggi, diperlukan bahan bakar tambahan.

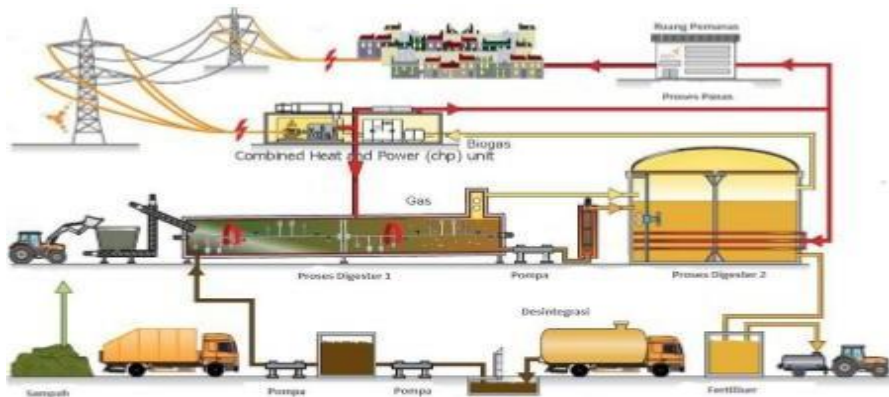
Hal tersebut di atas dapat menyebabkan metode pengolahan sampah yang seharusnya murah menjadi sangat mahal, dan untuk gas buang insinerator masih membutuhkan perawatan dengan sistem pendinginan gas dan scrubber untuk menghilangkan dioksin karsinogenik berbahaya. PLTSa Thermal dan nsistem pengolahan gas buang ini memakan biaya yang cukup mahal dan membutuhkan pengoperasian dan pemeliharaan yang hati-hati (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 PLTSA tipe insinerasi dan pengolahan gas buang

2. Gasifikasi

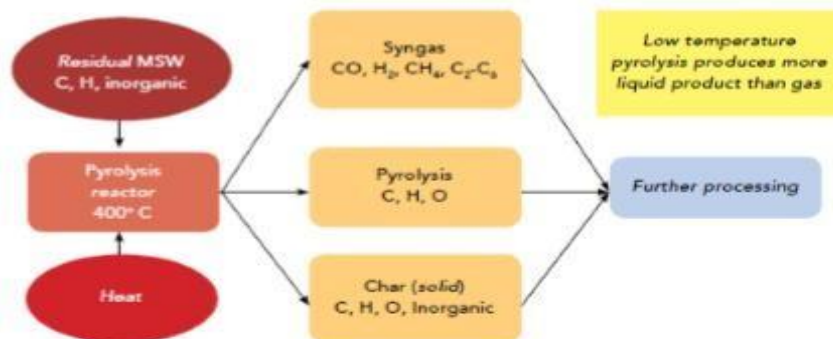
Pengelolaan sampah akan membutuhkan beberapa bentuk perlakuan untuk menghasilkan bahan baku yang konsisten dalam bentuk dan ukuran, yang biasanya menggunakan pemisahan bahan kaca, logam dan lain lain. Bahan baku tersebut kemudian dimanfaatkan proses oksidasi parsial yaitu dengan adanya keterbatasan oksigen/udara, dengan suhu konversi 900° - 1.100°C dengan kadar udara dan 1.000° - 1.400°C dengan kadar oksigen. Proses konversi ini relatif efisien, dengan 80% dari energi kimia dalam sampah yaitu karbon dan hidrogen diubah menjadi energi kimia dalam bentuk gas. Gas ini disebut sebagai gas sintesis (syngas) dan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti menyediakan energi untuk boiler uap atau mesin gas dan konversi berikutnya berupa panas dan/atau energi. Udara yang lebih umum digunakan dalam proses konversi menghasilkan energi gas sintesis yang lebih rendah daripada yang dihasilkan menggunakan gasifikasi oksigen maka nilai kalor bersih (NCV) dari syngas menjadi $4\text{-}6 \text{ MJ/Nm}^3$, untuk gasifikasi udara dan $10\text{-}18 \text{ MJ/Nm}^3$ untuk gasifikasi oksigen sebagai perbandingan, gas alam memiliki nilai NCV 38 MJ/Nm^3 . Komponen- komponen dan prinsip kerja pembangkit Listrik dengan prinsip gasifikasi seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Pembangkit listrik tipe gasifikasi

3. Pirolisis

Pirolisis menggunakan degradasi termal sampah dengan kondisi tanpa oksigen. Seperti gasifikasi, pengolahan sampah berteknologi pirolisis mungkin membutuhkan beberapa bentuk prapengolahan untuk menghasilkan bahan baku yang konsisten yaitu pemisahan materi kaca, logam, puing-puing dll, namun gasifikasi pengolahan sampah komersial berskala global saat ini masih terbatas. Instalasi pirolisis memerlukan sumber panas eksternal dan suhu pembakaran yang harus dipertahankan pada 400° - 850° Celcius. Teknologi ini menghasilkan syngas, minyak pirolisis untuk bahan bakar, residu padat atau arang, dan residu abu/logam. *Syngas pirolisis* dari sampah diperkirakan memiliki *Net Calorific Value/ NCV* sebesar $10\text{-}20 \text{ MJ/Nm}^3$. Adapun prinsip pirolisis dapat dilihat gambar 2.5



Gambar 2.5 Proses Pirolisis

C. Teknologi PLTSa dengan Steam Turbin

Pembakaran langsung dari sampah untuk PLTSa telah tersedia secara komersial yang bisa diaplikasikan pada berbagai skala dari beberapa MW sampai 100 MW atau lebih. Bentuk yang paling umum di setiap PLTSa di seluruh dunia, 90% jenis PLTSa yang digunakan berjalan melalui pembakaran. Ada dua komponen utama dari PLTSa yang berbasis kepada pembakaran (Sihite, 2018).

1. *Boiler* berbahan bakar sampah untuk menghasilkan uap
2. *Steam turbin* yang digunakan untuk menghasilkan listrik

Dua bentuk boiler yang paling umum adalah stoker dan *Fluidised bed*, uap yang dihasilkan di dalam boiler di injeksi ke dalam steam turbin untuk mengubah panas yang terkandung di dalamnya uap menjadi energi mekanik, untuk menggerakkan generator yang akan menghasilkan listrik. Ada tiga tipe utama steam turbin dengan masing-masing memiliki spesifikasinya dan karakteristiknya:

1. *Steam Turbin Kondensasi* Umumnya digunakan dalam pembangkit listrik konvensional. Uap super panas bertekanan tinggi yang diproduksi dalam suatu boiler dialirkan masuk ke turbin dimana uap tersebut mengembang dan mendingin (kondensasi). Energi kinetik yang terlepas akibat pengembangan uap akan memutar bilah-bilah turbin berikut alternatornya, sehingga menghasilkan listrik. Jika pembangkit listrik tersebut dimaksimalkan, maka sangat diharapkan dapat tercapai tekanan dan suhu pembuangan yang paling rendah. Pembuangan suhu rendah akan menghasilkan sedikit energi useful dari uap yang keluar dari turbin, dan sebagian besar dari sisa panasnya biasanya dibuang ke dalam air pendingin atau ke udara.

2. *Steam Turbin Ekstraksi*

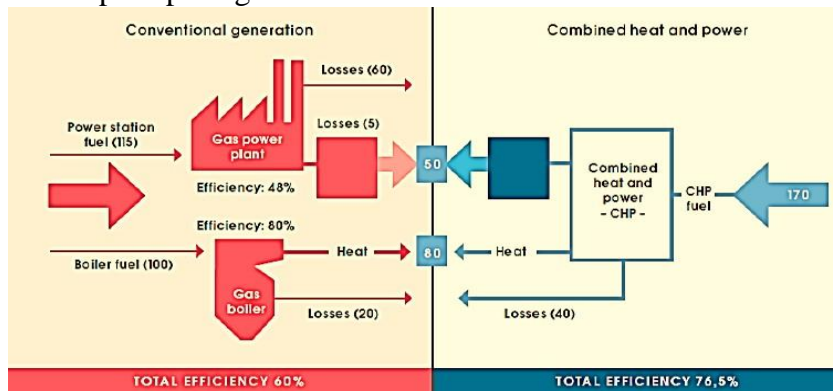
Efisiensi termal dari suatu sistem turbin ekstraksi dan kondensasi ini tidak setinggi sistem pembangkit Kombinasi panas dan daya (*Combine Heat and Power/CHP*), tekanan balik karena tidak semua energi dalam uap pembuangan diekstraksi. Sebagian daripadanya (10% sampai 20%) hilang dalam kondensator. Efisiensi pembangkitan listrik pada sistem pembangkit uap kondensasi dengan ekstraksi panas tergantung pada jumlah panas yang diproduksi. Dalam suatu kondisi terkondensasi penuh, ketika tidak ada panas useful yang diproduksi, maka efisiensinya dapat mencapai 40%. Dalam aplikasinya di industri, sistem turbin ekstraksi dan kondensasi ini digunakan jika beban listrik tinggi dikombinasi dengan suatu kebutuhan panas yang berubah-ubah. Turbin ekstraksi dan kondensasi ini sangat fleksibel dalam merubah output uap untuk proses industri maupun panas distrik. Sebaliknya, turbin tekanan balik konvensional digunakan bila hanya terdapat sedikit variasi dari beban termal. Sistem turbin ekstraksi dan kondensasi umumnya dipakai pada pembangkit-pembangkit skala besar.

Hal ini terutama terjadi di Eropa Utara dimana sistem ini dapat membangkitkan listrik dan panas distrik pada musim dingin tetapi pada musim panas beroperasi dalam kondisi terkondensasi penuh untuk hanya menghasilkan listrik. Listrik yang demikian ini yang disebut “tenaga kondensasi “tidak dianggap

sebagai pembangkit CHP. Steam Turbin Tekanan Balik kandungan energi uap buangan terutama tergantung pada tekanannya, sehingga dengan merubah tekanan buangan dapat dimungkinkan mengontrol rasio panas terhadap listrik suatu turbin tenaga balik. Meningkatkan tekanan balik akan menurunkan produksi listrik tetapi meningkatkan produksi panas. Kadang kala memungkinkan untuk mengekstraksi (mengeluarkan) uap dari turbin pada suatu tekanan menengah yang mengakibatkan produksi panas ditingkatkan.

Air panas diperlukan, jika dalam hal pemanasan distrik daerah perkotaan, uap buangan dari turbin akan terkondensasi dalam suatu “kondensor panas” dimana panas diekstraksi oleh air yang akan mengalir ke jaringan air panas distrik. Listrik yang dibangkitkan dari suatu turbin tekanan balik dapat dianggap secara menyeluruh sebagai produksi CHP. Turbin tekanan balik merupakan suatu jenis sistem CHP yang paling umum dipakai di industri. Sistem tersebut dapat menggunakan bahan bakar apapun, baik dalam bentuk padat, cair, maupun gas.

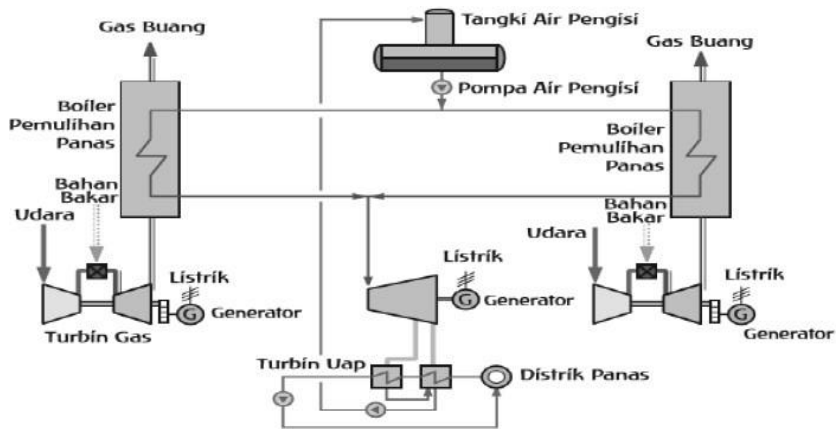
Berbeda dengan mesin pembakaran internal dan turbin gas yang pilihan pemakaiannya disesuaikan dengan ukuran yang tersedia di pasaran, maka dengan turbin uap, pembangunannya, dalam batasan-batasan tertentu, dapat direncanakan khusus sesuai dengan kebutuhan listrik pembangkit tersebut. Unit-unit turbin uap tekanan balik mempunyai karakteristik efisiensi panas yang tinggi, yang kadang-kadang dapat lebih dari 90%. Efisiensi pembangkitan listriknya biasanya dalam kisaran 15% sampai 25%. Adapun perbandingan efisiensi turbin konvensional dengan CHP seperti pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Perbandingan efisiensi turbin konvensional dan CHP

CHP juga dikenal sebagai Co-generation, adalah produksi simultan dari tenaga listrik dan panas dari satu sumber energi. Sistem CHP bisa mencapai keseluruhan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan proses terpisah listrik dan panas. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.6. Sistem CHP berbahan bakar sampah dapat menyediakan panas atau uap untuk digunakan dalam industrial (contohnya pabrik kertas, baja, atau industri pengolahan) atau untuk penggunaan ruang dan pemanas air pada suatu bangunan yaitu langsung melalui sistem pemanas. *Viabilitas* CHP biasanya tergantung oleh harga jual listrik dan

ketersediaan dari biaya bahan baku sampah yang tersedia untuk co-generation. Adapun system *Co generation* dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.7 Sistem co-generation

Jika uapnya adalah jenis kondensasi penuh tanpa adanya ekstraksi panas, listrik yang dibangkitkan oleh seluruh sistem tidak dianggap sebagai suatu produksi CHP. Jika sistem uap panas memiliki kemampuan ekstraksi, listrik yang dihasilkan oleh sistem turbin gas dan sistem uap diperhitungkan sebagai listrik CHP ketika panasnya dimanfaatkan untuk pemanasan proses atau distrik. Jenis pembangkit seperti ini dapat mencapai efisiensi termal yang tinggi ketika melakukan konversi energi primer menjadi energi panas dan listrik. Hal ini disebabkan karena adanya suatu perubahan suhu yang nyata mendekati 1000°C dari keseluruhan sistem bila dibandingkan dengan perubahan suhu sekitar 550°C sampai 600°C yang dicapai sistem turbin uap dan turbin gas modern ketika beroperasi hanya sebagai fasilitas listrik saja. Efisiensi termal dari pendekatan segmen listrik tersebut dan juga dari unit-unit lebih besar yang paling baru, dapat melebihi 50%. Keunggulan dari sistem ini adalah pemanfaatan lebih penuh panas buangan yang biasanya akan hilang begitu saja.

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu

Penelitian ini dilaksanakan selama 9 (sembilan) bulan, dimulai pada bulan April sampai dengan bulan Desember pada tahun 2021. Jenis kegiatan yang dilakukan yaitu studi pustaka, studi lapangan, wawancara, dokumentasi dan diskusi dengan para praktisi yang terkait dengan sampah dan pengelolaannya. Kunjungan ke Dinas Lingkungan Hidup di wilayah Cirebon.

2. Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian akan dilakukan di wilayah Cirebon dan sekitarnya. Untuk penguatan data penelitian dilakukan survey dan observasi ke TPS, TPA di Kabupaten Kuningan, Kabupaten Majalengka dan Kabupaten Indramayu. Penelitian yang dilakukan untuk menganalisis dan mengkaji potensi sampah di wilayah tersebut sebagai bahan bakar tenaga listrik, yang dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA).

B. Metode Penelitian

1. Studi Pustaka

Studi literatur pada penelitian ini adalah menggunakan *field research* atau penelitian lapangan yang merupakan cara mengumpulkan data melalui pengamatan secara langsung, orang-orang atau keadaan lokasi penelitian yang dapat dijadikan acuan pembahasan dalam masalah ini.

2. Pengambilan Data Lapangan

Data lapangan yang diperlukan adalah data primer merupakan sumber data yang diperoleh secara langsung dari sumber asli atau pihak pertama dan data sekunder diperoleh dari data yang sudah ada.

Adapun data yang diperlukan adalah sebagai berikut :

- Data volume sampah dan proyeksinya setiap bulan dan tahun.
- Jenis, sumber dan komposisi sampah yang dibuang di lokasi penelitian.
- Cara kerja PLTSA.
- Menghitung potensi energi listrik yang dihasilkan.

Data yang lain, guna melengkapi untuk memperlancar proses penelitian. Studi lapangan dengan melakukan kegiatan survey dan observasi:

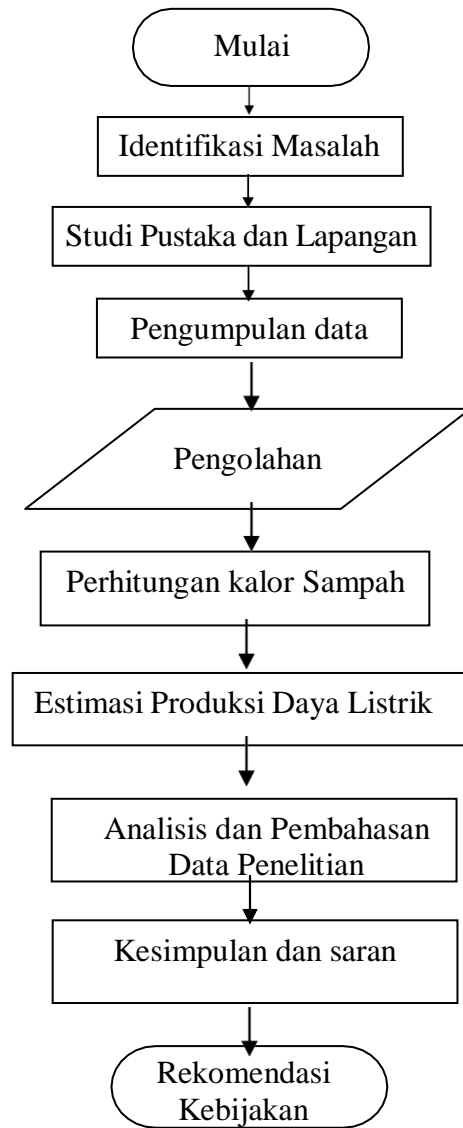
1. Survey ke PLTSA Benowo Surabaya.
2. Studi dan diskusi dengan Dinas LH wilayah Cirebon, BPLHD Provinsi Jawa Barat dan masyarakat.
3. Observasi ke lokasi TPS dan TPA wilayah Cirebon.
4. Pengambilan data setiap bulan dua kali di TPA wilayah Cirebon selama tujuh bulan.

Penelitian akan dilakukan di wilayah Cirebon dan sekitarnya. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif. Desain mengacu pada beberapa sumber (Creswell, 2012). Analisis data penelitian dilakukan dengan mengacu pada Miles & Huberman (1994). Teknik penggalian data yang digunakan dalam penelitian ini seperti tertulis pada Tabel 1. Tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: (a) studi pustaka dan studi lapangan, (b) persiapan lapangan, (c) pengamatan lapangan, (d) pengumpulan data, (e) analisis data dan pembahasan, dan (e) kesimpulan, saran dan rekomendasi.

Tabel 1. Tahapan, instrumen, bahan dan alat dalam penelitian

No	Tahapan Penelitian	Deskripsi
1	Studi Pustaka dan Studi Lapangan	-Bertujuan untuk mengkaji teori dasar yang mendukung dalam melaksanakan penelitian. -Pengelolaan sampah di TPA wilayah Cirebon, wawancara dengan masyarakat sekitar TPA
2	Persiapan Lapangan	Persiapan meliputi persiapan program kerja dan perlengkapan yang diperlukan dalam penelitian
3	Pengamatan Lapangan	Melakukan pengamatan di TPA untuk menganalisis rata-rata volume total sampah harian yang masuk TPA. Dilakukan selama satu bulan, dari mulai kendaraan sampah pertama sampai terakhir. Pengamatan terhadap komposisi dan berat jenis, pengelolaan sampah, potensi daur ulang sampah, potensi sumber energi listrik tenaga sampah, serta dampak pencemaran terhadap air tanah & air permukaan (hasil uji laboratorium)
4	Pengumpulan Data	Pencatatan data yang diperoleh di lapangan dan sampling di TPA untuk mengetahui komposisi dan berat jenis, pengelolaan sampah, potensi daur ulang sampah, potensi sumber energi listrik tenaga sampah, serta dampak pencemaran terhadap air tanah & air permukaan
5	Analisis Data dan Pembahasan	Setelah data diperoleh dari lapangan dan terkumpul, data dianalisis dengan cara menghitung potensi sampah yang dapat menjadi sumber energi listrik dan teknologi daur ulang yang perlu dikembangkan. Data hasil uji lab dianalisis terkait dengan tes bakteriologis dan zat kimia berbahaya.
6	Kesimpulan, Saran dan Rekomendasi	Menuliskan kesimpulan hasil penelitian berdasarkan analisis yang telah dilakukan, memberikan saran alternatif pemecahan masalah, dan rekomendasi teknologi yang dikembangkan
Instrumen Penelitian		
1	Lembar observasi	Data hasil pengamatan terkait dengan jenis-jenis sampah, daur ulang sampah, dampak lingkungan di sekitar TPA
2	Wawancara	Mengumpulkan informasi di masyarakat sekitar TPA dan masyarakat lainnya (Pemda) terkait pengelolaan sampah di Cirebon
3	Dokumentasi	Pengumpulan rekaman video, foto-foto penelitian di lapangan
4	Catatan lapangan	Catatan peneliti tentang keterlaksanaan, faktor-faktor pendukung, kendala yang dihadapi selama penelitian dan hal-hal lain
Bahan dan Alat		
1	Alat tulis	Mencatat data di lapangan
2	Penunjuk waktu	Pencatat waktu
3	Alat timbang	Menimbang volume sampah
4	Sarung tangan	Pelindung tangan
5	Masker	Pelindung indra penciuman, melindungi polusi udara/bau sampah
6	Wadah	Wadah yang sudah diketahui volumenya sebagai tempat menimbang sampah

C. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alur penelitian

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pengelolaan Sampah di Wilayah Cirebon.

1. Kondisi Nyata di Lapangan

Berdasarkan tinjauan langsung di lapangan, wilayah Cirebon memiliki volume sampah yang cukup heterogen yaitu, sampah organik dan anorganik dicampur jadi satu tempat. Selama survei sampah ini dilakukan untuk melihat lokasi sampah dan sekaligus melakukan wawancara langsung kepada petugas kebersihan yang ada di lokasi mengenai sampah yang dihasilkan. Survey dan observasi dilakukan sebulan dua kali di berbagai lokasi TPS dan TPA. Berikut adalah pemaparan hasil penelitian berdasarkan studi pustaka dan studi lapangan

Potensi timbulan sampah di Kabupaten Cirebon pada akhir tahun 2020 adalah sebesar 1.198 ton/hari. Sampah yang dikelola oleh Pemerintah Daerah Kabupaten Cirebon melalui penanganan sampah sebesar 89 ton/hari (penanganan 7,4%) dan pengurangan sampah berbasis masyarakat melalui swadaya sebesar 18 Ton/hari (pengurangan 1,5%).

Secara kewilayahan pelayanan persampahan meliputi 27 kecamatan sudah terlayani dari 40 kecamatan yang berada di Kabupaten Cirebon. Pengelolaan persampahan di Kabupaten Cirebon sebagian besar masih konvensional yaitu dilakukan dengan sistem kumpul, angkut dan buang atau *end of pipe*. Langkah yang dilakukan dengan cara sebagai berikut yaitu :

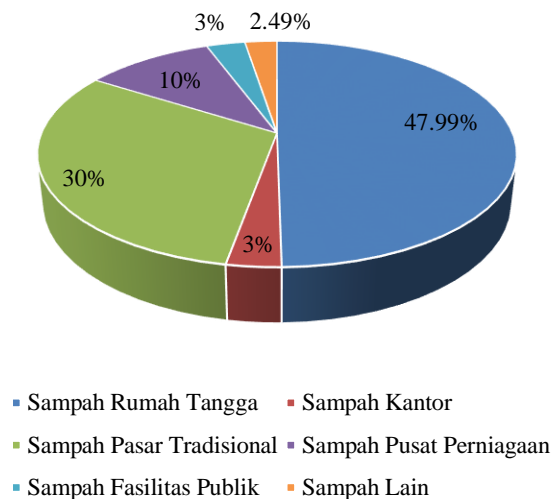
- a. Sampah dikumpulkan tergantung dimana sampah tersebut berasal, untuk sampah yang ada dimasyarakat (perumahan) dikumpulkan secara swadaya, sampah yang ada di pasar dikumpulkan oleh pengelola pasar untuk pasar Desa untuk sampah dari pasar PEMDA dan sampah yang ada di jalan dikumpulkan oleh para penyapu yang berasal dari Dinas Lingkungan Hidup.
- b. Sampah yang telah terkumpul tersebut kemudian kumpulkan di Tempat Penampungan Sampah Sementara (TPS) terdekat.
- c. Selanjutnya sampah yang ada di TPS secara rutin dan berkala diangkut ke TPA oleh *Truck* pengangkut sampah, untuk jalan-jalan besar di wilayah kota dan motor roda tiga untuk jalan-jalan kecil atau gang yang tidak bisa dijangkau oleh *Truck*.
- d. Sampah yang diangkut ke TPAS, kemudian akan dikelola secara *Controlled Landfill* yaitu maka sampah yang telah menumpuk di TPA akan diratakan, kemudian secara rutin (setiap 3 hari) dilakukan penyemprotan untuk meminimalkan timbulan bau dari sampah, kemudian ditimbun dengan tanah secara berkala sekurang-kurangnya seminggu sekali.

Pengelolaan sampah di Cirebon hingga saat ini belum dilakukan secara efektif. Adanya tempat pembuangan akhir (TPA) dengan sistem *open dumping* (penimbunan bebas) yang semakin bertambah di beberapa wilayah sehingga memeparah kondisi yang dapat berakibat terganggunya kesehatan masyarakat dan keberlangsungan ekosistem lingkungan (Gambar 4.1).

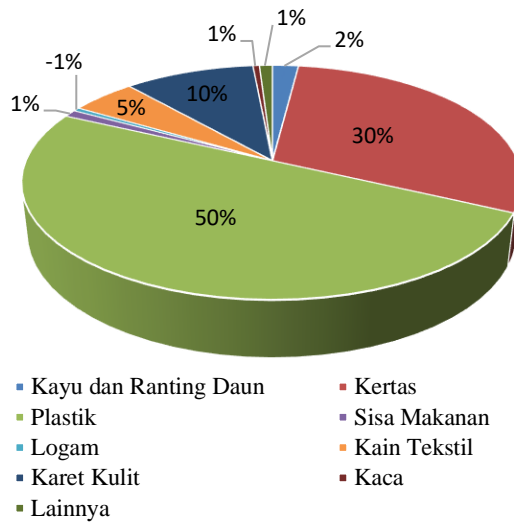


Gambar 4.1 Kondisi sampah di wilayah Cirebon

Berdasarkan hasil observasi menunjukkan bahwa sumber sampah terbanyak yaitu sampah rumah tangga dan sampah pasar tradisional dengan komposisi sampah terbanyak adalah sampah plastik, sampah kertas, sampah karet kulit dan komposisi yang paling sedikit adalah limbah kaca yang seharusnya memiliki tempat penampungan yang khusus (Gambar 3.2). Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Lingkungan (SIPSN) periode tahun 2020, jumlah timbulan sampah harian di Kabupaten Cirebon sebanyak 1308,06 Ton/hari dengan jumlah sampah tahunan sebanyak 477442,72 ton/hari.



Gambar 4.2 Sumber timbulan sampah wilayah Cirebon



*Sumber Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Lingkungan

Gambar 4.3 Komposisi sampah di wilayah Cirebon

Sampah Pasar di Wilayah Cirebon

Sampah pasar yang ditemukan umumnya adalah sampah organik seperti sisa sayuran dan makanan basah misalnya sayur mayur, ikan basah, lauk pauk yang mudah busuk jika tidak diangkut tepat waktu. Adapun jumlah pasar yang berada di kota Cirebon sebagai berikut:

Tabel 2. Pasar tradisional di wilayah Cirebon

No	Nama Pasar	Alamat
1	Pasar Harjamukti	Jl. Jendral Sudirman-Pengung Utara Cirebon
2	Pasar Jagasatru	Jl. Jagasatru-Cirebon
3	Pasar Pagi	Jl. Siliwangi-Cirebon
4	Pasar Drajat	Jl. Pangeran Drajat-Cirebon
5	Pasar Kramat	Jl. Siliwangi-Kramat-Cirebon
6	Pasar Kanoman	Jl. Winaon No. 1 Cirebon
7	Pasar Perumnas	Jl. Ciremai Raya-Cirebon
8	Pasar Buah	Jl. Kalitanjung-Cirebon.

Berdasarkan hasil observasi menunjukkan bahwa sebagian besar sampah pasar wilayah Cirebon adalah sampah organik berupa sisa sayuran dan lauk yang mudah basi. Pengolahan sampah pasar masih terbatas bahkan di beberapa tempat masih belum ada pengolahan sampah sehingga sampah hanya ditumpuk bebas (Gambar 4.4).



Gambar 4.4 Kondisi sampah di pasar tradisional wilayah Cirebon

Sampah saat ini menjadi masalah serius di Kabupaten Cirebon. Masalah sampah di Kabupaten Cirebon memang belum separah seperti di Jakarta atau Bandung, namun penanganan sampah harus diantisipasi dari sekarang. Jumlah penduduk meningkat sangat pesat dari tahun ke tahun. Oleh karena itu, Jumlah sampah di wilayah Cirebon terus meningkat pula. Volume sampah di Kabupaten Cirebon cukup besar, yaitu sebesar 1.112,0 m³/ hari. Daerah penghasil sampah terbesar berada di daerah pemukiman penduduk oleh karena itu tidak heran bila pertambahan jumlah penduduk berdampak besar atas pertambahan volume sampah. Dinas cipta karya dan tata ruang Kabupaten Cirebon dengan armada yang ada, saat ini hanya memiliki kemampuan untuk mengangkut sampah sebesar 30,21 % dari volume sampah yang terproduksi setiap harinya. Kemampuan tersebut tentu saja masih jauh dari hasil yang diinginkan.

Penyebab kurangnya kemampuan mengangkut sampah salah satunya disebabkan belum tepatnya rute yang dipilih oleh truk pengangkut sampah. Tidak tepatnya pemilihan rute truk pengangkut sampah akan berpengaruh kepada waktu. Kapasitas satu buah truk saat ini adalah mengangkut 2 TPS/hari. Jika rute truk sampah dipilih dengan benar, maka kapasitas truk bisa meningkat menjadi 3 TPS/hari. Jika kapasitas truk sampah meningkat, maka kemampuan mengangkut sampah akan meningkat.

Pemerintah Kota Cirebon kini memiliki Pusat Daur Ulang (PDU) yang segera beroperasi untuk mengatasi permasalahan sampah di perkotaan yang memiliki kapasitas pengolahan hingga 10 ton per hari. Padahal volume sampah di Kota Cirebon sebanyak 300 ton per hari. Adanya alat tersebut mampu mengatasi sebagai permasalahan sampah di Kota Cirebon. Keberadaan PDU bisa menjadi jalan keluar dari permasalahan sampah yang ada di Kota Cirebon. Pemerintah Kota Cirebon menargetkan, pada triwulan keempat tahun ini, peraturan pemerintah kota terkait pengolahan sampah di pusat daur ulang sudah terbit. Nantinya pusat daur ulang akan menampung sampah yang dihasilkan warga melalui bank sampah di sejumlah RW Kota Cirebon.

Sampah-sampah plastik akan diolah menjadi biji plastik, plastik press dan lainnya. Pihak ketiga yang menampung, sedangkan untuk sampah organik dari pasar tradisional, diolah menjadi makanan maggot dan diberikan secara cuma-cuma kepada masyarakat yang membutuhkan. Keberadaan pusat daur ulang bakal mengurangi volume sampah yang berada di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Argasunya. Keberadaan TPA Argasunya sangat terbatas. Masyarakat yang ingin sampahnya didaur ulang cukup membuang ke bank sampah terdekat.

Tempat pembuangan akhir atau TPA Kopi Luhur terletak di Desa Kopi Luhur, Kecamatan Harjamukti, Kota Cirebon yang merupakan satu-satu tempat pembuangan sampah terakhir yang berada di Kota Cirebon. TPA Kopi Luhur merupakan tempat pembuangan dan sekaligus penampungan terakhir bagi seluruh sampah yang berada di Kota Cirebon, Jawa Barat yang sudah diprediksi akan penuh tiga tahun kedepan. TPA Kopi Luhur mempunyai luas sekitar 14,2 hektar yang mencakup area bawah sampai dekat dengan jalan tol.



Gambar 4.5 TPA Kopi Luhur Kota Cirebon

TPA Kopi Luhur merupakan tempat pembuangan sampah yang dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Cirebon yang sudah berdiri dari tahun 1998. Pada awalnya terjadi penolakan dari para warga sekitar tentang pendirian tempat ini, tetapi dikarenakan warga desa tersebut sering mengalami kekurangan air, maka dari Dinas Lingkungan Hidup juga memberikan bantuan air bersih kepada warga sekitar yang menjadi syarat agar TPA Kopi Luhur dapat didirikan. TPA ini menampung berbagai jenis sampah yang setiap harinya bisa masuk sekitar 33 truk yang setiap 1 mobil besar yaitu 8-12 kubik. Sampah yang masuk bermacam-macam jenisnya yang meliputi sampah rumah tangga, sampah restoran atau rumah makan, serta sampah perumahan.

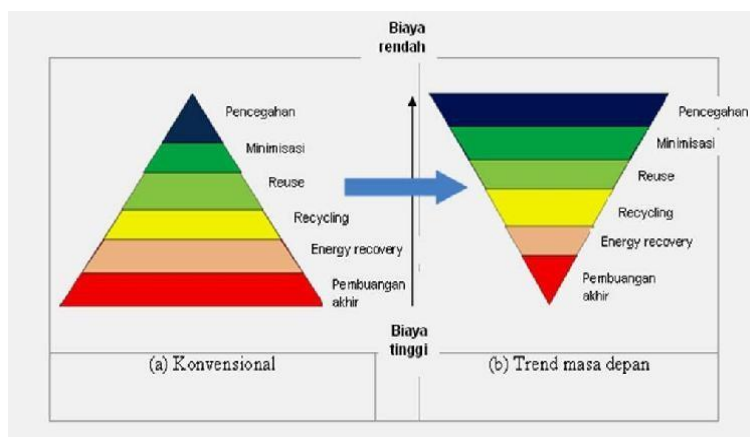
Sampah yang sudah menggenung pada TPA ini ternyata tidak ditindaklanjuti lagi artinya tidak adanya pengelolaan pada sampah-sampah tersebut, tetapi hanya di kubur saja di dalam tanah atau diurug menggunakan tanah. Sebenarnya proses pengelolaan sampah bukan tidak ada tetapi berhenti, karena lokasi TPA yang

tidak memadai untuk mobil dapat mengangkut sampah yang bisa dikelola lebih lanjut, sehingga pada tahun 2010 pengelolaan sampah lebih lanjut dihentikan. Sebelum tahun 2010, sampah-sampah yang ada di TPA ini dikelola dengan pengolahan limbah plastik, dikirim ke pabrik kompos, serta pencacahan.

Semua kegiatan pengelolaan terhenti karena tanah pada TPA ini bendiri sering menjadikan mobil truk pengangkut sampah untuk dikelola ambles dan susah untuk dikeluarkan. Warga sekitar tentunya yang tinggal di dekat TPA ini sangat terkena dampaknya yang berupa polusi udara yang menjadikan udara di sekitar berbau busuk, sangat tidak sedap. TPA ini merupakan muara terakhir dari seluruh Kota Cirebon sehingga berbagai TPS di Kabupaten atau Kota Cirebon mengirimkan sampahnya ke TPA ini. Tetapi, tetap saja ada warga-warga yang selalu membuang sampah sembarangan dan asal-asalan bahkan sampah-sampah tersebut meenumpuk di pinggir-pinggir jalan di sekitar lokasi TPA Kopi Luhur ini. Oleh karena itu setiap bulannya pasti petugas dari TPA ini mengangkut saampah-sampah yang berada di jalan-jalan atau bisa dikatakan tempat pembuangan sampah liar, yang selanjutnya akan ditampung di TPA Kopi Luhur.

2. Kebijakan dan Strategi Pengelolaan Sampah di Wilayah Cirebon

Sistem pengelolaan sampah, secara bertahap diarahkan pada upaya optimalisasi pelayanan persampahan di daerah yang telah dilayani, peningkatan cakupan pelayanan persampahan, pengurangan dampak yang ditimbulkan dari sampah, serta penerapan paradigma baru dalam pengelolaan persampahan, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Perubahan paradigma dalam pengelolaan sampah

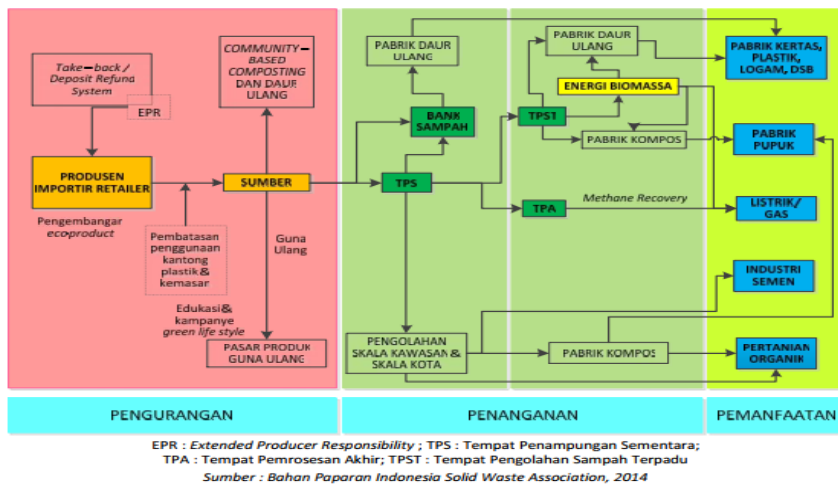
Paradigma baru memandang sampah sebagai sumber daya yang mempunyai nilai ekonomis dan dapat dimanfaatkan, misalnya untuk energi, kompos, pupuk ataupun untuk bahan baku industri. Pengelolaan sampah dengan paradigma baru

tersebut dilakukan dengan kegiatan pengurangan sampah yang meliputi kegiatan pembatasan, penggunaan kembali dan kegiatan daur ulang, serta kegiatan penanganan sampah yang meliputi pemilahan, pengumpulan, pengolahan dan pemrosesan akhir.

Diagram di bawah ini menunjukkan bagaimana skema lengkap pengelolaan sampah mulai dari sumbernya dengan cara membatasi penggunaan kemasan, dan upaya daur ulang yang dilakukan berbasis komunitas. Produsen, importis dan retailer juga mempunyai peran yang penting dalam kegiatan 3R melalui :

- Mekanisme kantung plastik berbayar.
- *Deposit-Refund System*, yang ditujukan pada konsumen agar bersedia untuk mengembalikan sisa produk atau kemasan untuk digunakan kembali, misalnya produk minyak pelumas, aki, baterai, dan lain-lain.

Sampah dari sumber sampah yang terpilah dikelola pada Bank Sampah dimana sampah anorganik dijual ke pabrik daur ulang atau pemulung. Sampah yang belum terpilah dikelola di TPS. Dari TPS, ada yang dikelola di TPST untuk pengomposan dan daur ulang, ada yang diproses di TPA. Dari setiap tempat pengelolaan sampah, ada produk yang dihasilkan, misalnya kompos, kertas daur ulang, listrik, dan lain-lain.



Gambar 4.7 Skema lengkap pengelolaan sampah paradigma baru

Kebijakan pengelolaan persampahan telah disiapkan dengan tidak mengabaikan norma, standar, pedoman dan kriteria pengelolaan sampah dan peraturan perundang-undangan mengenai pengelolaan persampahan, antara lain sebagai berikut :

- Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Persampahan :
 - Pengurangan sampah semaksimal mungkin dimulai dari sumbernya
 - Peningkatan peran aktif masyarakat dan dunia usaha/swasta sebagai mitra pengelolaan
 - Peningkatan cakupan pelayanan dan kualitas sistem pengelolaan

- Pengembangan kelembagaan, peraturan dan perundangan
- Pengembangan Alternatif Sumber Pembiayaan. Apapun bentuk dari pengelolaan sampah tetap akan memerlukan biaya baik untuk prasarana dan sarana serta untuk operasi dan pemeliharannya. Biaya yang dibutuhkan tidaklah sedikit tergantung dari volume sampah yang ditimbulkan dari kegiatan masyarakat. Walaupun pengelolaan sampah merupakan bagian dari pelayanan publik, akan tetapi masyarakat sebagai penghasil sampah juga mempunyai tanggung jawab untuk menjaga keberlanjutan kebersihan kota. Salah satu bentuk peran serta masyarakat dalam pengelolaan sampah adalah dengan melakukan pembayaran retribusi kebersihan. Dengan kata lain bahwa untuk memperoleh lingkungan yang bersih masyarakat harus bersedia berkorban secara finansial dalam bentuk pembayaran retribusi kebersihan untuk layanan pengelolaan sampah. Bentuk lain keikutsertaan masyarakat dalam menanggung biaya penanganan sampah adalah dengan menyediakan tenaga dan dana dalam kegiatan pengelolaan sampah dengan metode 3R, menyediakan wadah penampung sampah yang sudah terpilah, menjalankan aktivitas pengomposan komunal/rumah tangga dan mengantarkan sampah yang terpilah ke TPS.

Melakukan pemanfaatan nilai ekonomis dari kegiatan pengelolaan sampah melalui pendirian bank sampah, pemasaran kompos hasil pemrosesan sampah organik, atau apabila kondisi memungkinkan dengan menjalankan pengolahan sampah menjadi sumber energy melalui pemilihan teknologi tepat guna.

- Pedoman Penataan Ruang Sekitar Tempat Pemrosesan Akhir Sampah
- Kebijakan Nasional Mitigasi dan Perubahan Iklim
- Komitmen internasional yang telah diratifikasi oleh pemerintah seperti kyoto protocol untuk pengurangan emisi gas rumah kaca melalui mekanisme CDM, serta MDG's untuk meningkatkan akses pelayanan persampahan pada tahun 2015.

Kebijakan Pemerintah Kabupaten Cirebon dalam hal peningkatan kualitas lingkungan dan pengelolaan sampah, yang tertuang dalam :

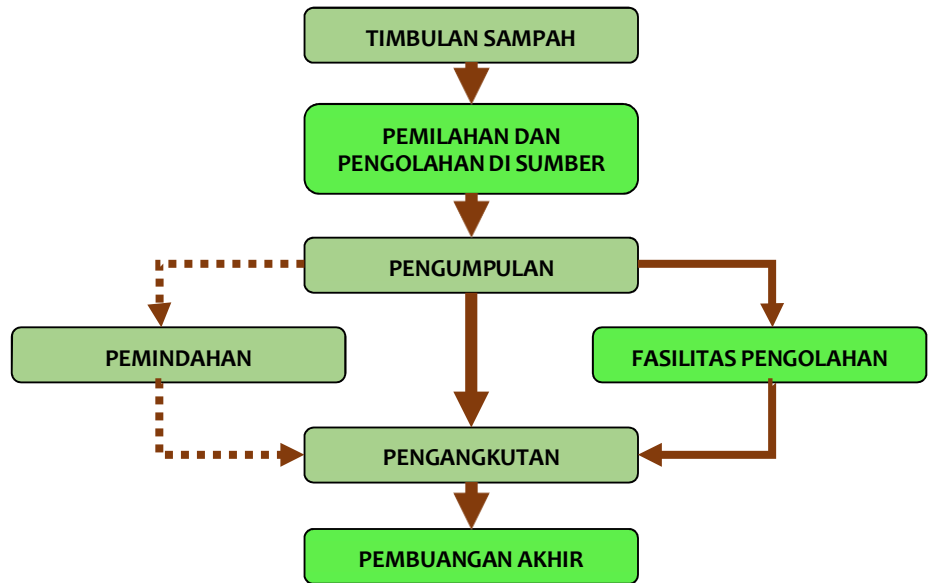
- Peraturan Daerah Kabupaten Cirebon No. 7 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah
- Strategi Sanitasi Kabupaten Cirebon Tahun 2012.

Sebelum menetapkan rencana induknya, setiap kabupaten/kota harus terlebih dahulu menetapkan pilihan arah pengembangan sarana dan prasarana Persampahan untuk masa 20 (dua puluh) tahun mendatang. Pilihan arah pengembangan sarana dan prasarana Persampahan yang harus dipertimbangkan antara lain adalah:

- Mengoptimalkan sistem pemilahan/pewadahan sampah di sumber;
- Mengoptimalkan sistem pengumpulan sampah;
- Mengoptimalkan sistem pengangkutan sampah;
- Mengoptimalkan sistem pengolahan sampah;

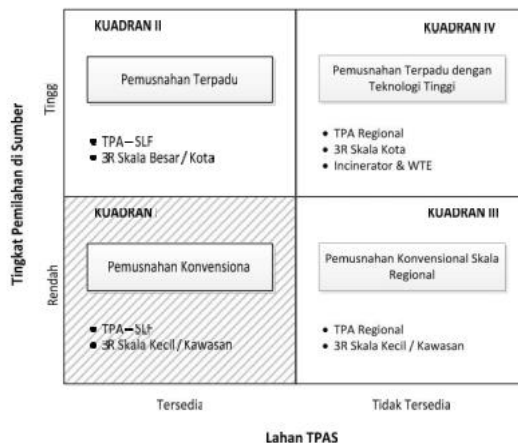
- Mengoptimalkan sistem pemrosesan akhir sampah;

Metode pemilihan arah pengembangan sarana dan prasarana Persampahan, mengikuti arahan teknik operasional yang disasar. Arahan teknik operasional pengelolaan Persampahan harus mengikuti Standard Nasional Indonesia tentang Teknik Operasional pengelolaan sampah kota SNI 19-2454-2002, seperti yang dijelaskan pada gambar berikut.



Gambar 4. 8 Teknik operasional pengelolaan persampahan

Gambaran strategi pengembangan sarana dan prasarana persampahan adalah sebagai berikut.



Gambar 4.9 Strategi pengembangan sarana dan prasarana persampahan

Untuk Kabupaten Cirebon, tingkat pemilahan di sumber masih rendah, dan masih tersedianya lahan TPA, setidaknya untuk melayani timbulan sampah di wilayah barat dan tengah, sampai dengan dengan 10 tahun mendatang, sehingga posisi strategi pengembangan darana dan prasarana persampahan pada kuadran I, yaitu strategi Pemusnahan Konvensional. Arah pengembangan strategi ini meliputi antara lain:

- Pemilihan lokasi TPA untuk kapasitas umur rencana 20 tahun.
- Peningkatan manajemen pengelolaan sampah 3R.

Struktur kelembagaan/institusi dari pengelola persampahan, hendaknya disesuaikan dengan beban tugas dan wewenang yang merupakan fungsi dari volume timbulan sampah yang harus dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Cirebon.

- a. Komponen lembaga pengelola persampahan terdiri dari :
- b. Institusi/lembaga regulator (*regulatory body*)
- c. Institusi/lembaga pelaksana kegiatan operasional (*executor body*)
- d. Kelompok masyarakat peduli lingkungan hidup yang berperan serta (*participatory body*)
- e. Pemangku kepentingan terhadap persampahan dan lingkungan hidup (*stakeholder*).

Prinsip utama didalam pengelolaan persampahan adalah terpisahnya otoritas lembaga/ institusi antara fungsi regulator (*regulatory body*) terhadap pelaksana/operator (*executor body*). Untuk melengkapi kegiatan manajemen persampahan tersebut, maka diperlukan juga peran serta masyarakat (*participatory community*) dan pemangku kepentingan (*stakeholder*) lainnya yang terdiri dari masyarakat, organisasi kemasyarakatan, LSM, perguruan tinggi, lembaga pendidikan & pelatihan (Diklat), dan lembaga penelitian & pengembangan (Litbang).

Berdasarkan uraian penjelasan pada Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 2016 tentang Perangkat Daerah, maka pengelolaan persampahan berada di bawah bidang Lingkungan Hidup. Sedangkan pada struktur organisasi sebelumnya, pengelolaan persampahan sebagian besar adalah berbentuk bagian atau seksi dari Bidang pada Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang (CKTR) Kabupaten Cirebon.

Perlu juga pengembangan pengelolaan dalam bidang keuangan. Berapa masalah pembiayaan dalam pengelolaan persampahan yaitu rendahnya alokasi anggaran program persampahan dan struktur tarif retribusi persampahan yang sudah tidak memadai dalam menunjang pembiayaan pengelolaan persampahan. Dalam upaya mengatasi masalah-masalah tersebut sekaligus mendukung pengembangan kinerja pengelolaan sampah ke depan, maka perlu dikembangkan beberapa kebijakan keuangan antara lain: (1) kebijakan peningkatan alokasi anggaran program persampahan, (2) kebijakan mengembangkan sumber-sumber alternatif pembiayaan program persampahan, dan (3) kebijakan mengembangkan tarif retribusi pelayanan persampahan.

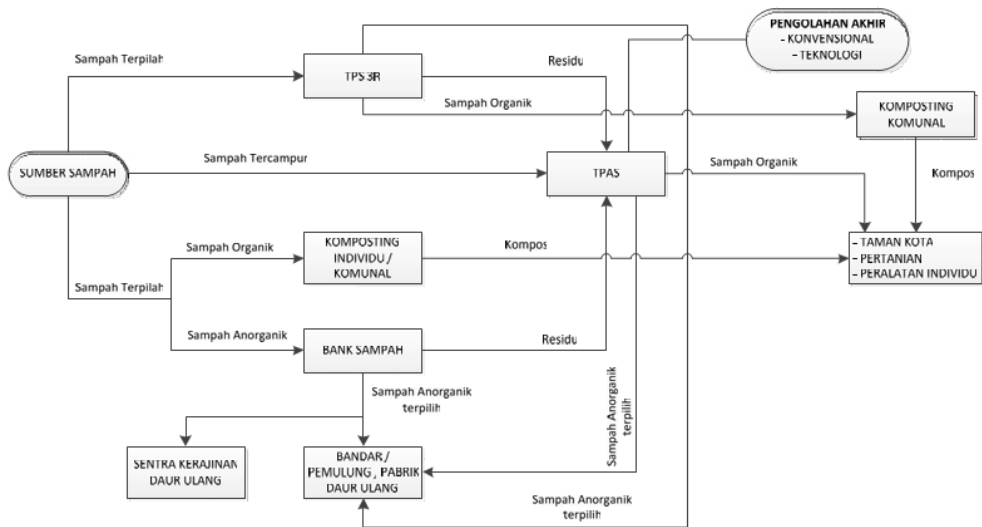
Dalam upaya meningkatkan kinerja pengelolaan persampahan sekaligus menyelesaikan berbagai permasalahan eksisting terkait dengan partisipasi

masyarakat, swasta, dan pemerintah dan lembaga desa, maka perlu dikembangkan kebijakan yang dapat mendorong peningkatan peran serta masyarakat, swasta, dan pemerintah dan lembaga desa dalam pengelolaan sampah. Secara umum kebijakan-kebijakan ini diarahkan untuk meningkatkan kinerja pengelolaan persampahan pada skala rumah tangga maupun skala kawasan atau skala desa. Berikut beberapa kebijakan yang perlu dikembangkan: (1) kebijakan peningkatan peran serta masyarakat dalam pengelolaan sampah rumah tangga, (2) kebijakan peningkatan peran pemerintah dan lembaga desa dalam pengelolaan sampah skala desa/kawasan, (3) kebijakan peningkatan peran serta swasta dalam pengelolaan sampah, dan (4) kebijakan penataan kawasan pengelolaan sampah di kawasan khusus Panguragan.

Untuk mengoptimalkan pengembangan teknis-teknologis pada sumber daya yang telah ada di Kabupaten Cirebon, diantaranya :

- Bank Sampah yang telah terbentuk dan masih aktif hingga saat ini, merupakan modal awal untuk mengaktifkan lagi kegiatan bank sampah yang sudah ada, dapat direplikasi untuk bank sampah lain.
- Terdapat 15 hanggar TPS 3R yang telah dibangun hingga tahun 2016 ini, namun semua hanggar tidak/belum berfungsi. Sarana prasarana pengolahan sampah, baik berupa komposter, mesin pencacah telah tersedia .
- Keberadaan “Depot Rongsok” di Kecamatan Panguragan sebagai lokasi Bandar barang bekas dan pengolah bijih plastik, merupakan pemanfaat dari sampah anorganik dengan jenis tertentu.
- Keberadaan komunitas yang bergerak di bidang lingkungan, merupakan agen yang potensial untuk mendukung sosialisasi dan kampanye pengelolaan sampah dengan paradigm baru.
- Terdapat lebih dari 140 TPS yang tersebar di area pelayanan eksisting namun belum optimal pengelolaan sampahnya.

Maka skema pengelolaan sampah dengan paradigma baru, yang akan diaplikasikan di Kabupaten Cirebon adalah sebagai berikut:



Gambar 4.10 Skema pengelolaan sampah di Kabupaten Cirebon

Sampah dari sumber dikelola dengan pemilahan (Sistem 3R) atau tanpa pemilahan (sistem Kumpul- Angkut- Buang). Sampah yang sudah terpilah di sumber terbagi atas dua kategori, berdasarkan ketersediaan lahan di lingkungan masyarakat, kondisi sosial, tingkat partisipasi masyarakat, yaitu :

- pengelolaan di TPS 3R dimana sampah organik dikomposkan dan sampah anorganik tertentu diolah maupun dijual ke pemulung dan bandar barang bekas yang kemudian diolah menjadi bijihplastik atau lainnya,
- pengelolaan sampah organik (sisa makanan, sampah dapur, sapuan halaman) dikomposkan secara individu (1 KK) maupun komunal (5-10 KK), sedangkan sampah anorganik tertentu disetorkan ke Bank Sampah yang kemudian menjualnya ke pemulung dan bandar barang bekas.

Sampah yang dikelola dengan kumpul-angkut-buang secara langsung maupun tidak langsung (melalui pengumpulan di TPS) diangkut ke TPAS. Kompos yang dihasilkan dari pengolahan sampah organik, selanjutnya dipergunakan untuk kebutuhan rumah tangga, perkebunan, atau dijual untuk kepentingan yang lain. Hasil olahan sampah anorganik, berupa bijih plastik, kerajinan daur ulang, dan lain-lain.

Tabel 3. Pengelolaan Sampah Kabupaten Cirebon

Potensi Timbunan Sampah Perkotaan Kab. Cirebon (m ³ /hari)	Timbunan Sampah Terkelola (m ³ /hari)	% Cakupan Pelayanan	TPS 3R (kawasan)		Pemilahan Sampah Sisa Makanan/Organik (komunal/individu)		Sampah Dikelola KAB (m ³ /hari)	% KAB
			Sampah Dikelola di TPS 3R (m ³ /hari)	%	Sampah Dikelola dg. Reduksi Sampah Organik (individu/komunal) + Bank Sampah (m ³ /hari)			
						%		
4.023	804,5	20%	33,0	4%	3,30	0,4%	768	95,5%
4.142	1.243	30%	66,0	5%	6,60	0,5%	1.170	94,2%
4.261	1.704	40%	99,0	6%	9,90	0,6%	1.596	93,6%
4.407	2.204	50%	154,0	7%	15,40	0,7%	2.034	92,3%
4.528	2.717	60%	209,0	8%	20,90	0,8%	2.487	91,5%
4.648	3.253	70%	264,0	8%	26,40	0,8%	2.963	91,1%
4.768	3.814	80%	319,0	8%	31,90	0,8%	3.463	90,8%
4.888	4.155	85%	385,0	9%	37,40	0,9%	3.732	89,8%
5.008	4.507	90%	451,0	10%	44,00	1,0%	4.012	89,0%
5.128	4.615	90%	517,0	11%	50,60	1,1%	4.047	87,7%
5.248	4.723	90%	583,0	12%	57,20	1,2%	4.083	86,4%
5.368	4.831	90%	649,0	13%	63,80	1,3%	4.118	85,2%
5.488	4.939	90%	715,0	14%	70,40	1,4%	4.154	84,1%
5.608	5.047	90%	781,0	15%	77,00	1,5%	4.189	83,0%
5.728	5.155	90%	847,0	16%	83,60	1,6%	4.225	81,9%
5.848	5.263	90%	913,0	17%	90,20	1,7%	4.260	80,9%
5.968	5.371	90%	979,0	18%	96,80	1,8%	4.296	80,0%
6.088	5.480	90%	1045,0	19%	103,40	1,9%	4.331	79,0%
6.208	5.588	90%	1111,0	20%	110,00	2,0%	4.367	78,1%
6.329	5.696	90%	1177,0	21%	116,60	2,0%	4.402	77,3%

Sumber: Analisa Konsultan, 2016

Untuk merealisasikan strategi yang tergambar pada diagram di atas, maka dari aspek teknis dan teknologis, dilakukan beberapa hal sebagai berikut :

1. Penetapan target cakupan pelayanan secara bertahap, di setiap periode Rencana Induk.
2. Penentuan wilayah pelayanan prioritas, di setiap periode Rencana Induk, yang didasarkan kepada pertimbangan ke-tatakota-an, dan kondisi kependudukan wilayah pelayanan.
3. Penentuan lokasi percontohan, yang diharapkan dapat menjadi good practice dalam pengelolaan sampah berbasis 3R, baik untuk tingkat pengelolaan sampah domestik di kawasan pemukiman, pasar, sekolah, perkantoran, dan komersiil. Lokasi ditentukan berdasarkan pengalaman 3R dan tingkat partisipasi aktif masyarakat.
4. Penentuan pembagian lokasi TPS, TPS 3R dan Bank Sampah.
5. Perencanaan pengumpulan sampah ke TPS dan TPS 3R.
6. Pembagian wilayah pengangkutan sampah, dan perencanaan pengangkutan sampah ke TPAS.
7. Penentuan teknologi yang akan diterapkan untuk pengomposan skala rumah tangga, komunal dan di TPS 3R, pengolahan sampah anorganik di TPS 3R dan TPAS, sistem *sanitary landfill* di TPAS.

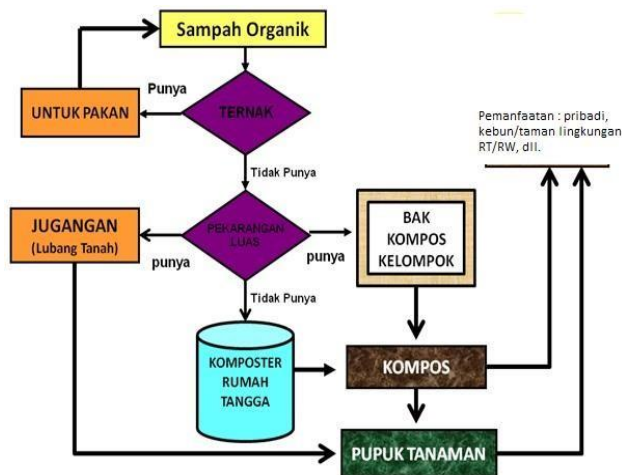
B. Proyeksi Volume Sampah di Wilayah Cirebon.

Tujuan penanganan sampah adalah menciptakan lingkungan yang bersih dan sehat, melalui pengelolaan sampah dengan sistem Kumpul –Angkut – Buang dan sistem 3R, dengan pola seperti di bawah ini.



Gambar 4.11 Pola Penanganan Sampah di Kabupaten Cirebon

Target pengurangan dan penanganan sampah diperhitungkan berdasarkan persentase pelayanan eksisting (10%), yang kemudian meningkat menjadi 20% pada tahun 2017, 30% pada tahun 2018, dan 40% pada tahun 2019. Kemudian pada periode jangka menengah menjadi 50% pada tahun 2020 dan secara bertahap meningkat hingga 85% pada tahun 2024. Pada periode jangka panjang diharapkan mencapai 90% mulai tahun 2025 sampai dengan akhir periode masterplan yaitu tahun 2036. Secara terperinci pada Tabel 4 Rencana Cakupan Pelayanan Pengelolaan Sampah.



Gambar 4. 12 Aternatif Pengelolaan Sampah Organik di Rumah Tangga

Persentase sampah yang diolah di TPS 3R dan pengomposan komunal/individu dan bank sampah disesuaikan dengan kemampuan Pemerintah Kabupaten Cirebon untuk mengalokasikan anggaran pembebasan lahan, pembangunan dan pemenuhan kebutuhan sarana prasarana TPS 3R. Dengan memperhatikan urgensi pengelolaan sampah 3R dan keberadaan 15 hanggar TPS 3R yang sudah ada namun tidak dioperasionalkan, maka beberapa asumsi terkait dengan komitmen Pemkab sebagai berikut.

Tabel 4 Rencana Cakupan Pelayanan Pengelolaan Sampah Kabupaten Cirebon

Periode	Komitmen Penyediaan dan Pembinaan TPS 3R (unit/thn)	Komitmen Pembentukan/Pembinaan Kelompok Bank Sampah (Kelompok/thn)
2017-2019	15	15
2020-2024	25	25
2025-2036	30	30

Penyediaan TPS 3R, berupa lahan (minimal 100 m²), bangunan hanggar TPS lengkap dengansarana ai bersih dan listrik, sarana pengomposan, mesin pencacah organik, pengayak, dan gerobak pengumpul sampah. Pembentukan/pembinaan Kelompok Bank Sampah berupa fasilitasi kelompok Bank Sampah dengan pelatihan bank sampah, pelatihan pembuatan kerajinan daur ulang, bantuan mesin atau sarana prasarana lain yang mensupport kegiatan pengumpulan sampah maupun pengolahan sampah atau pembuatan kerajinan daur ulang.

Proyeksi timbulan sampah dihitung berdasarkan proyeksi jumlah penduduk dan timbulan sampah eksisting yang didapatkan dari hasil survey primer, yaitu: Timbulan sampah: 2,22 liter/orang/hari, atau 0,54 kg/orang/hari. Berat Jenis sampah : 243,5 kg/m³.

Tabel 5. Proyeksi Timbulan Sampah Kabupaten Cirebon

Tahun	Potensi Timbulan Sampah	
	m ³ /hari	ton/hari
2017	4.022,56	979,77
2018	4.141,89	1.008,84
2019	4.261,22	1.037,91
2020	4.407,45	1.073,52
2021	4.527,52	1.102,77
2022	4.647,59	1.132,01
2023	4.767,65	1.161,26
2024	4.887,72	1.190,50
2025	5.007,78	1.219,75

2026	5.127,85	1.248,99
2027	5.247,92	1.278,23
2028	5.367,98	1.307,48
2029	5.488,05	1.336,72

Berdasarkan perhitungan proyeksi timbulan sampah, dan rencana cakupan pelayanan, maka padatabel berikut ini adalah tabel perhitungan neraca sampah.

Tabel 6. Perhitungan Neraca Sampah Kabupaten Cirebon

Tahun	Potensi Timbulan Sampah Kab. Cirebon (m ³ /hari)	Potensi Timbulan Sampah Perkotaan Kab. Cirebon (m ³ /hari)	Potensi Timbulan Sampah Pedesaan Kab. Cirebon (m ³ /hari)	Timbulan Sampah Terkelola (m ³ /hari)	Timbulan Sampah Belum Terkelola di Perkotaan (m ³ /hari)
2017	5,679	4,023	1,656	804.5	3,218
2018	5,863	4,142	1,721	1,243	2,899
2019	6,053	4,261	1,792	1,704	2,557
2020	6,249	4,407	1,842	2,204	2,204
2021	6,451	4,528	1,924	2,717	1,811
2022	6,660	4,648	2,012	3,253	1,394
2023	6,875	4,768	2,107	3,814	954
2024	7,097	4,888	2,209	4,155	733
2025	7,326	5,008	2,318	4,507	501
2026	7,562	5,128	2,434	4,615	513
2027	7,806	5,248	2,558	4,723	525
2028	8,058	5,368	2,690	4,831	537
2029	8,317	5,488	2,829	4,939	549
2030	8,585	5,608	2,977	5,047	561
2031	8,861	5,728	3,133	5,155	573
2032	9,146	5,848	3,298	5,263	585
2033	9,440	5,968	3,472	5,371	597
2034	9,744	6,088	3,656	5,480	609
2035	10,057	6,208	3,849	5,588	621
2036	10,380	6,329	4,052	5,696	633

C. Cara Kerja PLTSA.

Survey dilakukan ke Dinas Kebersihan dan Ruang terbuka Hijau (DKRTH) Surabaya yang beralamatkan di Jl. Raya Menur No.31A, Manyar Sabrangan, Kecamatan Mulyorejo, Surabaya dan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Benowo yang beralamatkan di Jl. Romokalisari I, Kecamatan Benowo, Surabaya. Dinas Kebersihan dan Ruang terbuka Hijau (DKRTH) merupakan pihak yang memiliki kewenangan untuk memberikan informasi terkait Inovasi Pengelolaan Sampah menjadi Listrik di Tempat Pembuangan Akhir Benowo (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Survey kunjungan ke Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau (DKRTH) Surabaya

Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) yang berlokasi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di jalan Romokalisari, Benowo, Surabaya. TPA Benowo merupakan satu-satunya tempat pembuangan akhir di Surabaya. Luas area TPA Benowo sekitar 37,4 hektar (Gambar 4.2).



Gambar 4.2. Lokasi TPA Benowo, Surabaya

TPA tersebut yang menggunakan dua sistem teknologi yaitu *Landfill Gas Collection* dan Gasifikasi dalam mengolah sampah menjadi pembangkit listrik tenaga sampah. Sistem *Landfill Gas Collection* telah

beroperasi sejak 2015 dan menghasilkan listrik sebesar 2 Megawatt, sedangkan sistem *Gasification Power Plant* baru beroperasi pada awal 2020 dan menghasilkan 12 Megawatt dari pengelolaan sampah sebanyak 1000 ton per hari.

Pemerintah Kota Surabaya bekerja sama dengan PT. Sumber Organik dalam mengelola sampah menjadi listrik, kerja sama tersebut menggunakan perjanjian bernama BOT (*Build Operate Transfer*). Adapun kontrak kerjasamanya berlaku selama 20 tahun terhitung sejak tanggal 8 Agustus 2012.

Sistem *Landfill Gas Collection*, teknologi yang digunakan pada sistem ini menggunakan mesin-mesin canggih buatan dari Austria. Sampah yang terkumpul di TPA Benowo akan ditumpuk pada lokasi tertentu, kemudian akan dipadatkan dan didiamkan kurang lebih selama 3 minggu hingga 1 bulan untuk menghasilkan gas metan yang siap untuk dipanen dan diolah ke proses selanjutnya. Gunung sampah tersebut dibentuk terasering agar tidak terjadi longsor dan tingginya tidak boleh melebihi dari 25 meter. Hal tersebut dimaksudkan agar tidak membahayakan pekerja (Gambar 4.3 & 4.4). Skema sistem *Landfill Gas Collection* diperlihatkan pada Gambar 4.5.

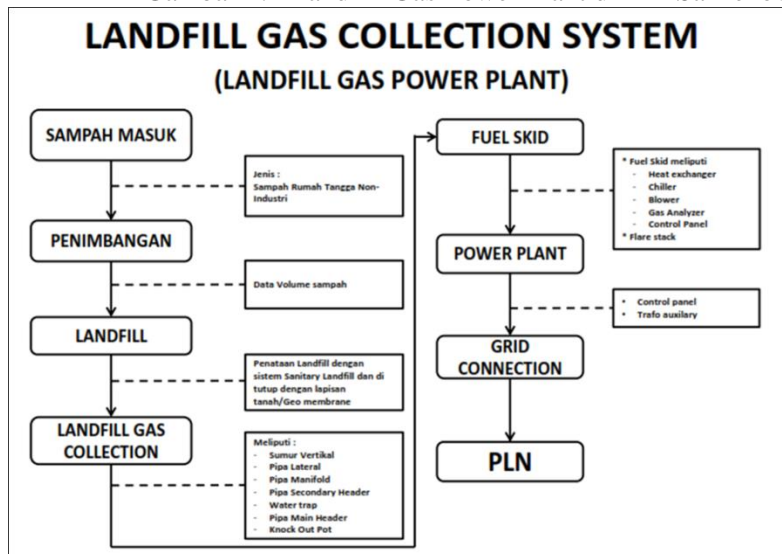
Tahap selanjutnya sampah tersebut akan ditutup dengan tiga jenis cover yaitu tanah, terpal, dan plastik hitam. Berdasarkan proses tersebut sampah akan menghasilkan gas metan yang akan dialirkan melalui pipa menuju mesin yang akan dijadikan sebagai pembangkit listrik, kemudian listrik yang dihasilkan akan dialirkan ke jaringan PLN melalui travo dan yang dapat menghasilkan listrik sebesar 2 Megawatt.



Gambar 4.3 Proses pembuatan tenaga listrik dari sampah melalui teknologi *Landfill Gas Collection*

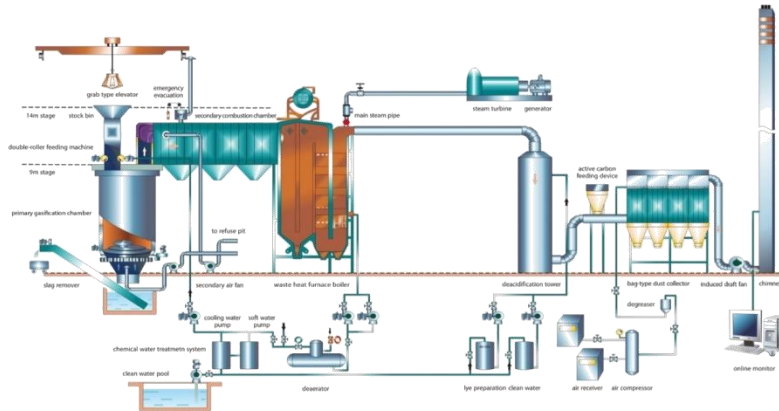


Gambar 4.4 Landfill Gas Power Plant di PLTSa Benowo



Gambar 4.8 Skema sistem Landfill Gas Collection

Adapun teknologi *Gasification Power Plant* dengan komponen utama Furnace (tungku pembakaran), Boiler, Steam Turbine / Generator Set dan Transformator. Prosesnya yaitu setelah sampah terkumpul, dilakukan packing dan pengeringan selanjutnya dilakukan pembakaran. Hasil dari pembakaran tersebut akan berupa arang, kemudian dari arang yang terkumpul tersebut akan dipanaskan hingga 1000°C untuk mendidihkan air yang uapnya akan digunakan untuk menggerakkan mesin pembangkit yang tersambung pada generator hingga menghasilkan listrik (Gambar 4.9a-c).



Gambar 4.9a Diagram Alur Gasification Power Plant System



Gambar 4.9b Gasifikasi Power Plant di PLTSa Benowo



Gambar 4.9c Gasifikasi Power Plant di PLTSa Benowo

Cara kerja PLTSa secara umum memiliki dampak positif dan negatif. Dampak positif, diperkirakan dari 500 - 700 ton sampah atau 2.000 -3.000 m³ sampah per hari akan menghasilkan listrik dengan kekuatan 7 Megawatt. Sampah sebesar itu sama dengan sampah yang dibuang ke TPA sekarang. Dari pembakaran itu, selain menghasilkan energi listrik, juga memperkecil volume sampah kiriman. Jika telah dibakar dengan temperatur tinggi, sisa pembakaran akan menjadi abu dan arang dan volumenya 5% dari jumlah sampah sebelumnya. Abu sisa pembakaran bisa dimanfaatkan untuk bahan baku pembuatan batu bata dan batako.

Dampak negatif, penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) sangat mungkin mengakibatkan pencemaran lingkungan di sekitar area PLTSa oleh abu, asap dan material lain hasil dari proses pembakaran sampah. Abu yang dihasilkan dari proses pembakaran sampah mengandung senyawa-senyawa berbahaya seperti:

-Dioxin

Dioxin adalah senyawa organik berbahaya yang merupakan hasil sampingan dari sintesis kimia pada proses pembakaran zat organik yang bercampur dengan bahan yang mengandung unsur halogen pada temperatur tinggi, misalnya plastik pada sampah, dapat menghasilkan dioksin pada temperatur yang relatif rendah seperti pembakaran di tempat pembuangan akhir sampah (TPA).

-Logam berat

Logam berat yang mencemari lingkungan umumnya berukuran kecil namun tetap berbahaya bagi kelangsungan makhluk hidup di wilayah pencemaran.

D. Potensi Sumber Listrik Tenaga Sampah di Wilayah Cirebon.

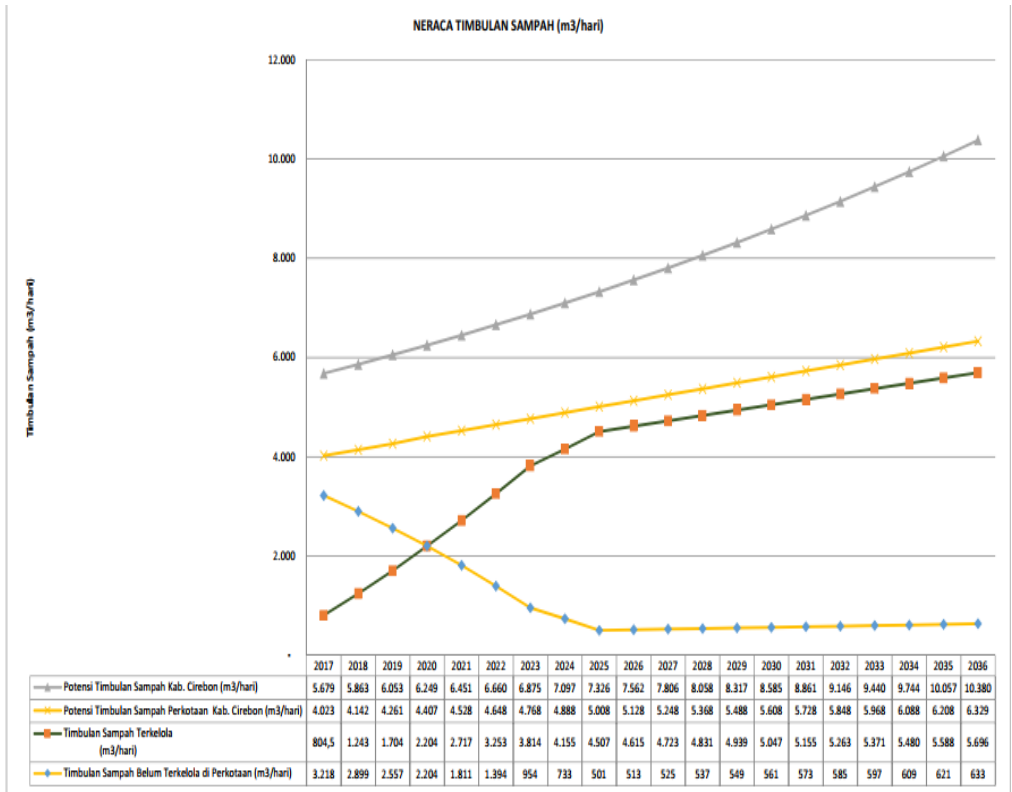
Hasil dari survey dan observasi data, baik studi pustaka maupun studi lapangan di wilayah Cirebon dan sekitarnya diperoleh data rata-rata volume sampah sebesar 1280,330 m³/hari. Melihat data pada Tabel 7 potensi sampah di Cirebon sangat berpeluang untuk bahan baku PLTSa.

Tabel 7. Timbulan sampah di wilayah Cirebon

Kota/Kabupaten	Volume Sampah (m ³ /hari)						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Rata-rata
Kota Cirebon	1429,821	1444,119	1444,119	787,353	747,000	813,000	1110,902
Kab. Cirebon	1237,003	1249,373	1249,373	1202,669	-	-	1234,605
Kab. Kuningan	2208,317	2230,400	2230,400	649,329	-	-	1829,611
Kab. Indramayu	1579,703	1579,703	1579,703	1581,070	-	-	1580,044
Kab. Majalengka	639,002	645,392	645,392	656,165	-	-	646,487
Rata-rata	1773,462	1787,247	1787,247	1219,147			1280,330

Gambar 4.10 menunjukkan neraca timbulan sampah di Kabupaten Cirebon. Memperhatikan data neraca di bawah ini, untuk proyeksi tahun 2021 bahwa timbulan sampah sebesar 6451m³/hari. Berdasarkan gambaran ini dapat dikatakan bahwa potensi sampah sebagai bahan baku PLTSa sangat positif. PLTSa secara signifikan dan efektif dapat mengurangi sampah. Adanya PLTSa sebagai teknologi mampu mengatasi permasalahan secara tepat.

Dalam pembahasan ini, kami memberikan analisis potensi sampah menjadi energi listrik di Kabupaten Kuningan. Kabupaten Kuningan merupakan penghasil sampah sangat besar juga karena sebagai kota wisata yang langsung berdekatan dengan Cirebon. Potensi sampah menjadi energi listrik sangat besar dimana dapat diperoleh dari bahan baku sampah yang ada dan dimilikinya. Sampah yang dimiliki oleh pemerintah Kabupaten Kuningan selama tahun 2012-2016 adalah dapat dilihat pada tabel di bawah ini:



Gambar 4.10 Proyeksi neraca timbulan sampah

Tabel 8. Timbulan sampah di Kabupaten Kuningan

No	Persoalan Sampah	Tahun				
		2012	2013	2014	2015	2016
1	Timbulnya sampah (m ³ /hari)	229	241	284	279	283
2	Terangkutnya sampah (m ³ /hari)	154	157	163	165	174
3	Tercakupnya layan (kec)	11	11	11	11	11

Tabel 9. Nilai HHV sampah TPSA Kabupaten Kuningan

Item Sampah	HHV (kkal/kg)	%	HHV (kkal/kg)	Jumlah sampah	HHV (kkal/kg)
Persentase sisa makanan	5162	70.2	3623.7	916.110	3.319.729.794
Persentase kayu ranting daun	4715	0.5	23.6	6.525	153.827
Persentase kertas	4246	10	424.6	130.500	5.410.300
Persentase plastic	5450	16	872.0	208.800	182.073.600
Persentase logam	-	2	0.0	26.100	0
Persentase tekstil	4836	0.7	33.9	9.135	309.238
Persentase karet kulit	5202	0.1	5.2	1.305	6.789
Persentase kaca	-	0.3	0.0	3.915	0
Persentase lainnya	-	0.2	0.0	2.610	0
Total	-	-	-	1.305.000	3.557.683.547

Tabel 10. Nilai LHV sampah Kabupaten Kuningan

Item Sampah	HHV (kkal/kg)	%	HHV (kkal/kg)	Jumlah sampah	HHV (kkal/kg)
Persentase sisa makanan	1437	70.2	1008.774	916.110	924.147.949
Persentase kayu ranting daun	1997	0.5	9.985	6.525	65.152
Persentase kertas	3920	10	392	130.500	51.156.000
Persentase plastik	5252	16	840.32	208.800	175.458.816
Persentase logam	-	2	0	26.100	0
Persentase tekstil	4664	0.7	32.648	9.135	298.239
Persentase karet kulit	5106	0.1	5.106	1.305	6.663
Persentase kaca	-	0.3	0	3.915	0
Persentase lainnya	-	0.2	0	2.610	0
Total	-	-	-	1.305.000	1.151.132.820

Sampah yang dimiliki oleh TPSA Kabupaten Kuningan memiliki 1300 ton/hari dengan beberapa kriteria sampah basah dan kering. Sampah yang paling mendominasi dari TPSA Kabupaten Kuningan adalah sampah sisa makanan yang nantinya dapat diproses dengan cara biodigester (biologi). Pemanfaatan limbah sampah yang dimiliki oleh TPSA Kabupaten Kuningan dengan persamaan.

Energi termal yang masuk pada boiler adalah = nilai kalor x jumlah sampah; nilai kalor: 1.359,223 kkal/kg. Energi termal masuk ke boiler = $(1.359,23 \text{ kkal/kg} \times 1300 \text{ ton/hari}) \times (1000 \text{ kg/ton} \times 1 \text{ hari/24 jam}) / 860,42 = 85568,63 \text{ kW}$. Catatan: 860,42 adalah konversi satuan. Daya netto = energi termal masuk ke boiler x nboiler x nturbin x ngenerator = $855568,63 \text{ kW} \times 0,8 \times 0,25 \times 0,9 = 154.002,35 \text{ kW} = 154 \text{ MW}$. Jumlah gas metan yang terbentuk = jumlah keseluruhan (total sampah yang tersedia di TPSA = W ton). Fraksi Organik (FO) nilai berkisar 66% terhadap total organik TP % dan efisiensi penguraian dalam digester berkisar 60%. Fraksi Organik, FO = $66\% \times \text{TO} \times W$. Hasil biogas (Bm^3) = $0,8 \text{ m}^3/\text{kg}$ dari setiap organik = $0,8 \times 0,6 \times \text{FO} \times W \times 1000$. Sampah organik yang akan di proses = $916,11 \text{ ton} \times 70\% = 614,277 \text{ ton}$. Fraksi Organik nilai berkisar 66% terhadap total organik = $0,66 \times 614,277 \text{ ton} = 405 \text{ ton}$. Biogas yang dapat dihasilkan = $0,8 \text{ m}^3 \text{ kg} \times \text{efisiensi digester} \times \text{fraksi organik (kg)} = 0,8 \times 0,6 \times 405,423 \text{ kg} = 194,603 \text{ m}^3/\text{hari}$.

Perkiraan kandungan gas metan hasil produksi anaerobic digester adalah maksimal 53-70%. Dengan asumsi bahwa volume gas metan yang terbentuk sebesar 60%, maka kadar gas metan hasil proses pemurnian memiliki kadar sebesar 95%. Gas metan = $0,6 \times 0,95 \times 194,603 \text{ m}^3/\text{hari} = 110,924 \text{ m}^3/\text{hari}$. Potensi daya listrik yang terjadi dengan menggunakan gas metan = $110,924 \text{ m}^3/\text{hari} : 24 \text{ jam} = 4,622 \text{ kWh}$. Dengan efisiensi konversi sebesar 30%, maka potensi daya listrik = $4,622 \text{ kWh} \times 30\% = 1,44 \text{ kW} = 1,4 \text{ MW}$. Dengan hasil perhitungan proses termokimia dan biokimia, maka daya yang dapat dihasilkan adalah 154 MW (termokimia) dan 1,4 MW (gas metan). Total energi potensi daya listrik yang dapat dibangkitkan sebesar 155,4 MW.

Sampah organik yang akan diproses = $1300 \text{ ton} \times 70\% = 910 \text{ ton}$. Fraksi organik terurai 66% dari total organik = $0,66 \times 910 \text{ ton} = 600,6 \text{ ton}$. Biogas dapat dihasilkan = $0,8 \text{ m}^3/\text{kg} \times \text{efisiensi digester} \times \text{fraksi organik (kg)} = 0,8 \times 0,6 \times 600,6 \text{ ton} = 0,8 \times 0,6 \times 600,600 \text{ kg} = 288.288 \text{ m}^3/\text{hari}$. Kandungan gas metan diperkirakan didalam biogas 53-70%. Dengan asumsi bahwa volume metan yang terbentuk adalah sebesar 60% maka kadar gas metan yang memiliki 95% dari hasil pemurnian adalah gas metan = $0,6 \times 0,95 \times 288.288 \text{ m}^3/\text{hari} = 164.324,16 \text{ m}^3/\text{hari}$. Potensi daya listrik yang terjadi dengan menggunakan gas metan adalah (kW) = $164.324,16 \text{ m}^3/\text{hari} : 24 \text{ jam} = 6.846,84 \text{ kW}$. Dengan efisiensi konversi sebesar 30%, maka potensi daya bersih = $6.846,84 \text{ kW} \times 30\% = 2.054,05 \text{ kW} = 2,1 \text{ MW}$. Dengan hasil perhitungan proses termokimia dan biokimia, maka daya yang dapat dihasilkan adalah 154 (termokimia) dan 2,1 MW (gas metan). Total energi potensi daya listrik yang dapat dibangkitkan sebesar 156,1 MW.

Untuk menentukan dimensi ukuran dari reaktor biodigester, maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan volume sampah yang dibutuhkan perhari untuk menentukan dari dimensi ukuran reaktor.

$D = 1,3078 \times V^{1/3}$, dimana D = diameter (m) dan V = volume biodigester (m^3).

Sampah yang dilakukan pengolahan dengan proses mikro biologi didalam reaktor digester yaitu:

$V = 1.300 \text{ ton/hari} \times 70\% \text{ sampah sisa makanan}$

$V = 910 \text{ ton /hari}$

$D = 1,3078 \times V^{1/3}$

$D = 1,3078 \times (910 \text{ ton/hari})^{1/3} = 1,3078 \times 9,69$

$D = 12.673$

Berdasarkan pemaparan di atas, di Kabupaten Kuningan dengan timbulan sampah 1305 ton/hari dapat menghasilkan 156,1 MW. Dimana satu (1) MW sekitar 2000-3000 pelanggan atau dapat 1-2 kampung, dengan asumsi kapasitas 900 KVA/rumah. Untuk Kota Cirebon dan Kabupaten Cirebon berdasarkan Tabel 11, maka timbulan sampah akan mencapai 1402,56 ton/hari. Artinya potensi PLTSA di wilayah Cirebon sangat berpeluang baik, karena timbulan sampah di wilayah Cirebon (1402,56 ton/hari) lebih besar dibandingkan dengan Kabupaten Kuningan (1305 ton/hari).

Tabel 11. Potensi timbulan sampah di Kabupaten Cirebon

Tahun	Potensi Timbulan Sampah (ton/hari)										
	Sisa Makanan	Kayu	Kertas	PET	Plastik	Kain	Karet/Kulit	Logam	Gelas/Kaca	Sampah B3	Lain-lain
2017	514,46	51,85	78,86	73,08	152,63	13,68	0,94	9,20	27,13	0,24	57,70
2018	529,72	53,39	81,20	75,25	157,15	14,09	0,96	9,47	27,93	0,25	59,41
2019	544,98	54,93	83,54	77,42	161,68	14,50	0,99	9,74	28,74	0,25	61,12
2020	563,68	56,81	86,41	80,07	167,23	14,99	1,03	10,08	29,72	0,26	63,22
2021	579,04	58,36	88,76	82,25	171,79	15,40	1,05	10,35	30,53	0,27	64,94
2022	594,39	59,91	91,11	84,44	176,34	15,81	1,08	10,63	31,34	0,28	66,66
2023	609,75	61,46	93,47	86,62	180,90	16,22	1,11	10,90	32,15	0,28	68,39
2024	625,11	63,00	95,82	88,80	185,45	16,63	1,14	11,18	32,96	0,29	70,11
2025	640,46	64,55	98,18	90,98	190,01	17,04	1,17	11,45	33,77	0,30	71,83
2026	655,82	66,10	100,53	93,16	194,56	17,44	1,19	11,73	34,58	0,31	73,55
2027	671,17	67,65	102,88	95,34	199,12	17,85	1,22	12,00	35,39	0,31	75,27
2028	686,53	69,19	105,24	97,52	203,68	18,26	1,25	12,28	36,20	0,32	77,00
2029	701,88	70,74	107,59	99,70	208,23	18,67	1,28	12,55	37,01	0,33	78,72
2030	717,24	72,29	109,95	101,89	212,79	19,08	1,31	12,82	37,82	0,33	80,44
2031	732,60	73,84	112,30	104,07	217,34	19,49	1,33	13,10	38,63	0,34	82,16
2032	747,95	75,39	114,65	106,25	221,90	19,89	1,36	13,37	39,44	0,35	83,88
2033	763,31	76,93	117,01	108,43	226,45	20,30	1,39	13,65	40,25	0,36	85,61
2034	778,66	78,48	119,36	110,61	231,01	20,71	1,42	13,92	41,06	0,36	87,33
2035	794,02	80,03	121,71	112,79	235,57	21,12	1,44	14,20	41,87	0,37	89,05
2036	809,37	81,58	124,07	114,97	240,12	21,53	1,47	14,47	42,68	0,38	90,77

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Pengelolaan sampah di wilayah Cirebon sudah cukup baik, tetapi dalam mengatasi permasalahan sampah belum mampu mengurangi jumlah sampah yang ada secara signifikan. Jumlah sampah semakin lama semakin meningkat volume timbulannya.
2. Proyeksi jumlah sampah yang ada di Kota Cirebon sebanyak 1319 m³/hari dan di Kabupaten Cirebon sebanyak 4.527,52 m³/hari (1102,77 ton/hari) pada tahun 2021.
3. PLTSa dengan sistem *landfill gas collection* atau *gasification power plant* membutuhkan teknologi dan biaya tinggi, namun demikian teknologi ini jika dikelola dengan baik dan benar dapat memberikan manfaat secara ekonomi, yaitu dapat mensejahterakan masyarakat.
4. Berdasarkan jumlah sampah yang ada dan proyeksinya di Kota Cirebon dan Kabupaten Cirebon sangat berpotensi untuk menjadi bahan baku PLTSa. Potensi PLTSa ini dapat mencapai 150 MW.

B. Saran

1. Potensi alternatif energi dari pengolahan sampah dapat dikembangkan menggunakan sistem pengurangan pirolisis menjadi briket arang sebagai bahan bakar pengganti minyak tanah dan gas.
2. Usaha-usaha yang perlu dilakukan pemerintah daerah di wilayah Cirebon seharusnya mengkaji dan mengembangkan penelitian secara lebih serius dan sungguh-sungguh untuk kebutuhan PLTSa, dalam mengatasi kondisi darurat permasalahan sampah yang semakin kompleks dan berat.

DAFTAR RUJUKAN

- Altouqi, S. (2012). Modeling Leachate BOD and COD Using Lab-Scale Reactor Landfills and Multiple Linear Regression Analysis, *Desertasi*, The University of Texas at Arlington.
- Aripin, Yanti, Zainudin, Sukmawati, & Marliani.(2011). “Analisa Kualitas Briket Arang Tongkol Jagung yang Menggunakan Bahan Perekat Sagu dan Kanji”. *Jurnal Aplikasi Fisika*, Vol. 6, No. 2, pp. 93-96,Agustus 2010.[https://jaf-unhalu.webs.com/5_JAFagustus_10_\(Lina_Lestari,_Aripin\).pdf](https://jaf-unhalu.webs.com/5_JAFagustus_10_(Lina_Lestari,_Aripin).pdf)
- Bagus, T. (2011). Pengelolaan dan Pemanfaatan Sampah Menggunakan Teknologi Incenerator. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 3(1). <http://dx.doi.org/10.29122/jtl.v3i1.231>
- Dodi, N., & Raharjo, S. (2015). Studi Kajian Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) Kota Padang (Studi Kajian di TPA Air Dingin Kota Padang). *Jurnal Teknik Elektro*, 4(2), 24-33.
- Dong, S., Z. Tang, and B. Lui. (2009). Numerical Modeling of Environment Impact of Landfill Leachate Leakage on Groundwater Quality- A Field Application, *International Conference on Environmental Science*, ESIAT 09, pp. 565-568
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A. & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*. 347(6223): 768-771.
- Faridha, F., Pirngadie, B., & Supriatna, N. K. (2015). Potensi pemanfaatan sampah menjadi listrik di TPA Cilowong Kota Serang Provinsi Banten; The potency of using waste to generate electricity in TPA Cilowong, Serang Banten. *Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan*, 14(2), 103-116.
- Gede, C., & Partha, I. 2012. Penggunaan Sampah Organik Sebagai Pembangkit Listrik di TPA Suwung - Denpasar. *Majalah Ilmiah Teknik Elektro*, 9(2).
- Isni, N. N., Sungkowo, A., & Widiarti, I. W. (2020). Upaya Teknis Rehabilitasi TPA Sampah Kopi Luhur dengan Sistem Lahan Urug Terkendali. *Jurnal Ilmiah Lingkungan Kebumihan*, 2(1), 24-33.
- Iqbal, M. A. and S. G. Gupta. (2009). Studies on Heavy Metal Ion Pollution of Groundwatersources as An Effect of Municipal Solid Waste Dumping, *African Journal of Basic and Applied Sciences*, Vol. 1, No. 5-6 : 117-122.
- Mahyudin, R. P. (2017). Kajian permasalahan pengelolaan sampah dan dampak lingkungan di TPA (Tempat Pemrosesan Akhir). *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 3(1).

- McDevitt, J. P., Criddle, C. S., Morse, M., Hale, R. C., Bott, C. B., & Rochman, C. M. (2017). Addressing the Issue of Microplastics in the Wake of the Microbead-Free Waters Act A New Standard Can Facilitate Improved Policy. *Environmental Science & Technology*, 51(12), 6611-6617. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b05812>.
- Monice, M., & Perinov, P. (2016). Analisis Potensi Sampah sebagai Bahan Baku Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) di Pekanbaru. *SainETIn (Jurnal Sains, Energi, Teknologi & Industri)*, 1(1), 9-16.
- Puspitawati, Y., & Rahdriawan, M. (2012). Kajian pengelolaan sampah berbasis masyarakat dengan konsep 3R (reduce, reuse, recycle) di Kelurahan Larangan Kota Cirebon. *Jurnal pembangunan wilayah & kota*, 8(4), 349-359.
- Rahman, M. T. (2009). An Investigation of The Contaminant Transport from The Waste Disposal Site, Using Femlab, *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation*, Vol. 4, No. 2 : 79-88.
- Riyadi, S. (2016). Reiventing Bank Sampah: Optimalisasi Nilai Ekonomis Limbah Berbasis Pengelolaan Komunal Terintegrasi. *Al-Amwal: Jurnal Ekonomi dan Perbankan Syari'ah*, 7(2).
- Sanfian, A. M. L., Amin, Y. A., & Maulana, E. (2017). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Organik Zero Waste Di Kabupaten Tegal (Studi Kasus Di TPA Penujah Kabupaten Tegal). *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, 6(4), 282-289.
- Sucahyo, F. M., & Fanida, E. H. (2019). Inovasi pengelolaan sampah menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) oleh Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau (DKRTH) Surabaya. *Sumber*, 3(158), 943.
- Sihite, A.F. (2018). Studi Pengolahan Sampah untuk Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) mini di Kawasan Medan Sunggal. Skripsi. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Syahrizal & Mutmainna R. (2019). Studi Potensi Sampah sebagai Bahan Baku Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) di Universitas Muhammadiyah Makassar. Laporan Penelitian.