

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Permasalahan pengelolaan sampah merupakan salah satu persoalan lingkungan yang semakin kompleks seiring dengan pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan peningkatan aktivitas konsumsi. Timbulan sampah yang besar tidak hanya menuntut ketersediaan sistem pengumpulan dan pengangkutan, tetapi juga membutuhkan fasilitas pengolahan yang mampu menangani sampah secara efektif sejak dari sumber. Data (*Sistem Informasi - Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*, n.d.) menunjukkan bahwa pada tahun 2024 terdapat 34.214.607,36 ton/tahun timbulan sampah yang dilaporkan oleh 317 kabupaten/kota di Indonesia. Dari jumlah tersebut, 59,74% tercatat telah terkelola, sedangkan 40,26% atau sekitar 13,77 juta ton/tahun masih berada pada kategori sampah tidak terkelola. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa persoalan persampahan nasional tidak hanya berkaitan dengan peningkatan timbulan, tetapi juga dengan keterbatasan kapasitas pengurangan dan penanganan sampah secara menyeluruh.

Karakteristik tersebut semakin terlihat pada kawasan perkotaan dengan kepadatan penduduk tinggi. (Qonitan et al., 2021) menganalisis timbulan dan karakteristik sampah pada beberapa kota besar di Indonesia, termasuk DKI Jakarta dan Bekasi, menggunakan data SIPSAN. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa laju timbulan rata-rata pada kota-kota yang dianalisis mencapai 0,69 kg/kapita/hari, dengan sektor rumah tangga sebagai sumber dominan yang berkontribusi sekitar 44–75% terhadap total timbulan. Komposisi sampah didominasi oleh sisa makanan sebesar 43,78%, kertas 16,05%, dan plastik 14,08%. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa pengelolaan sampah pada sumber permukiman menjadi bagian penting dalam strategi pengurangan beban sistem persampahan perkotaan.

DKI Jakarta merupakan salah satu wilayah dengan tekanan persampahan yang tinggi. Pemerintah Provinsi DKI Jakarta mencatat bahwa sampah yang dikirim ke TPST Bantargebang berada pada kisaran 7.500 ton/hari. Hasil penelitian (Ardiatma et al., 2024) berdasarkan data penimbangan langsung di jembatan

timbang TPST Bantargebang menunjukkan bahwa selama September 2022 jumlah sampah yang diangkut dari DKI Jakarta berkisar antara 5.948,98–8.773,76 ton/hari, dengan rata-rata 7.512 ton/hari dan sekitar 1.301 truk per hari. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa timbulan sampah antar-kecamatan di DKI Jakarta berada pada rentang sekitar 48–346 ton/hari, sehingga persoalan sampah tidak terdistribusi secara seragam dan memerlukan pendekatan pengelolaan yang mempertimbangkan karakteristik wilayah.

Pada skala komunitas, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta telah mengembangkan pendekatan pengelolaan sampah lingkup Rukun Warga (RW) melalui Pergub DKI Jakarta Nomor 77 Tahun 2020. Program BPS-RW ditujukan untuk memperkuat pemilahan, pengurangan, dan pengolahan sampah berbasis masyarakat. Data (*BPS-RW Jakarta - Bidang Pengelolaan Sampah Lingkup RW*, n.d.) menunjukkan terdapat 2.752 RW dalam sistem tersebut. Dengan jumlah sampah Jakarta sekitar 7.500 ton/hari, perhitungan rata-rata sederhana menghasilkan sekitar 2,72 ton/RW/hari. Namun, angka tersebut harus diposisikan sebagai rata-rata teoritis, bukan timbulan aktual setiap RW, karena jumlah penduduk, kepadatan, aktivitas ekonomi, serta pola pengelolaan sampah setiap RW berbeda.

Pendekatan berbasis komunitas tersebut juga didukung oleh penelitian (Husen & Samadi, 2018) mengenai model pengelolaan sampah berbasis masyarakat di DKI Jakarta. Penelitian tersebut melibatkan beberapa wilayah RW, yaitu RW 06 Duren Sawit, RW 09 Pasar Manggis, dan RW 13 Pademangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar responden masih mengandalkan pengumpulan sampah menuju TPS, sementara kegiatan pengolahan lanjutan belum merata. Penelitian tersebut juga menunjukkan adanya dukungan masyarakat terhadap pengembangan bank sampah dan daur ulang apabila didukung fasilitas, lahan, tenaga pengelola, serta koordinasi pemerintah daerah. Dengan demikian, penguatan pengelolaan pada tingkat RW tidak cukup hanya melalui pemilahan, tetapi perlu didukung teknologi pengolahan yang sesuai dengan karakteristik dan kemampuan komunitas.

Permasalahan serupa juga terdapat di wilayah Bekasi. Kota Bekasi menghasilkan sekitar 1.800 ton sampah per hari, sedangkan Kabupaten Bekasi

mencatat timbulan sekitar 2.250 ton/hari atau 821.379 ton/tahun pada tahun 2024. Di Kabupaten Bekasi, pada tahun 2024 terdapat 24 TPS3R, 281 bank sampah, dan satu TPA, tetapi sampah yang dapat terangkut ke TPA Burangkeng hanya sekitar 724,26 ton/hari. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara timbulan sampah dengan kapasitas penanganan dan pengangkutan.

Penelitian (Qonitan et al., 2021) juga menempatkan Bekasi sebagai salah satu kota besar yang menghadapi persoalan timbulan sampah perkotaan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa karakteristik sampah perkotaan Indonesia memiliki kandungan air rata-rata sekitar 49,94% dan nilai kalor campuran sekitar 9,5 MJ/kg. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengolahan termal sampah memerlukan proses pemilahan dan pengondisian bahan baku agar karakteristik umpan sesuai dengan teknologi yang digunakan.

Jika dilihat pada skala lingkungan yang lebih kecil, jumlah sampah suatu komunitas dapat berada pada orde ratusan kilogram per hari. Sebagai gambaran empiris, penelitian pada RW 28 Mojosongo menghitung timbulan sekitar 260,4 kg/hari berdasarkan 744 jiwa dengan faktor timbulan 0,35 kg/jiwa/hari. Data tersebut bukan data Jakarta atau Bekasi, sehingga tidak digunakan sebagai data primer penelitian, tetapi dapat digunakan sebagai benchmark akademik mengenai orde timbulan sampah pada lingkungan RW.

Besarnya timbulan sampah pada tingkat nasional, perkotaan, hingga komunitas menunjukkan perlunya perubahan dari pendekatan yang hanya berorientasi pada kumpul–angkut–buang menuju pengelolaan yang lebih terdesentralisasi dan berorientasi pada pengolahan sejak dari sumber. (Brian et al., 2022) melalui analisis daur hidup terhadap berbagai skenario pengelolaan sampah di 34 ibu kota provinsi di Indonesia menunjukkan bahwa kombinasi daur ulang, pengomposan, insinerasi, dan landfill dengan pemulihan gas dapat memberikan manfaat lingkungan dan energi dibandingkan ketergantungan pada pembuangan akhir.

Selanjutnya, (Zeng et al., 2024) melakukan kajian *life-cycle assessment*, potensi energi, dan kelayakan teknis-ekonomi teknologi *waste-to-energy* berbasis insinerasi pada kota-kota di Pulau Jawa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa insinerasi memiliki potensi sebagai bagian dari sistem pengelolaan sampah dan

pemulihan energi, tetapi pengendalian dampak lingkungan seperti global warming potential, acidification, eutrophication, dan terrestrial ecotoxicity tetap menjadi aspek penting. Oleh karena itu, pengembangan *Incinerator* tidak dapat hanya berorientasi pada kapasitas pembakaran, tetapi juga harus memperhatikan pengendalian emisi dan karakteristik proses pembakaran.

Incinerator merupakan salah satu teknologi pengolahan termal yang dapat digunakan untuk mengurangi massa dan volume sampah melalui pembakaran terkendali. Teknologi ini berpotensi digunakan sebagai salah satu tahapan pengelolaan untuk fraksi residu yang tidak lagi memiliki nilai daur ulang atau tidak sesuai untuk proses biologis. Namun, penerapan *Incinerator* tidak dapat hanya didasarkan pada kemampuan membakar sampah. Desain harus memperhatikan temperatur pembakaran, suplai udara, konfigurasi ruang bakar, pengendalian emisi, keselamatan operator, pengeluaran abu, kemudahan perawatan, kebutuhan lahan, serta biaya operasi.

Relevansi teknologi tersebut pada skala komunitas juga ditunjukkan oleh (Reni Safitri, 2025) melalui perancangan dan pengujian prototipe *Incinerator* untuk pengelolaan sampah berbasis masyarakat di RW 5 Kopo. Penelitian tersebut memperlihatkan bahwa teknologi *Incinerator* dapat dikembangkan sebagai bagian dari solusi pengelolaan sampah komunitas, tetapi kapasitas dan sistem operasi perlu disesuaikan dengan kondisi pengguna dan lokasi.

Permasalahan penting dalam pengembangan produk teknik adalah kemungkinan terjadinya ketidaksesuaian antara spesifikasi yang ditetapkan perancang dengan kebutuhan pengguna aktual. *Incinerator* yang secara teknis mampu mencapai temperatur tinggi belum tentu memenuhi kebutuhan operator apabila sulit digunakan, sulit dirawat, tidak aman, membutuhkan biaya operasi tinggi, atau memiliki kapasitas yang tidak sesuai dengan timbulan sampah setempat. Oleh karena itu, proses perancangan perlu dimulai dengan identifikasi kebutuhan pengguna secara sistematis.

Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Quality Function Deployment* (QFD). QFD memungkinkan voice of customer diterjemahkan menjadi karakteristik teknis yang dapat diukur dan diprioritaskan. (Sivasankaran, 2021) menjelaskan bahwa QFD dapat digunakan sebagai alat untuk

menghubungkan evaluasi pelanggan dengan parameter desain produk. Sementara itu, (Mao et al., 2021) menunjukkan bahwa QFD dapat digunakan untuk menentukan prioritas karakteristik teknik dalam pengembangan produk dengan mempertimbangkan kebutuhan dan penilaian pengguna.

Pada penelitian ini, QFD digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna *Incinerator* skala komunitas, menentukan tingkat kepentingan kebutuhan tersebut, serta menerjemahkannya ke dalam karakteristik teknis melalui *House of Quality* (HoQ). Kebutuhan seperti kapasitas pembakaran, emisi rendah, efisiensi pembakaran, temperatur operasi, keamanan operator, mobilitas, kemudahan perawatan, dan biaya operasional kemudian dihubungkan dengan parameter teknis seperti kapasitas ruang bakar, konfigurasi *twin chamber*, temperatur operasi, sistem filtrasi multi tahap, material konstruksi tahan panas, sistem mobilitas, dan sistem penyalan awal.

Hasil QFD selanjutnya perlu diterjemahkan menjadi konsep dan rancangan teknik secara sistematis. Untuk tujuan tersebut digunakan VDI 2221, yang menyediakan pendekatan sistematis dalam pengembangan produk teknik melalui perumusan tugas, penetapan persyaratan, pengembangan prinsip solusi, pembentukan alternatif konsep, evaluasi, hingga pengembangan rancangan. Penelitian (Yulianto, 2024) menunjukkan penerapan VDI 2221 pada perancangan alat teknik, sedangkan (Evaprast et al., 2024) menunjukkan penerapan VDI 2221 dalam pembentukan dan pemilihan alternatif desain.

Dengan demikian, integrasi QFD dan VDI 2221 memberikan alur perancangan yang menghubungkan kebutuhan pengguna → karakteristik teknis → konsep → pemilihan konsep → rancangan akhir. QFD digunakan untuk memastikan rancangan berangkat dari kebutuhan pengguna, sedangkan VDI 2221 digunakan untuk menerjemahkan kebutuhan tersebut menjadi solusi teknik yang sistematis.

Berdasarkan uraian tersebut, terdapat kebutuhan untuk mengembangkan rancangan *Incinerator* skala komunitas yang memiliki kapasitas sesuai dengan karakteristik sampah pada tingkat komunitas dan dikembangkan berdasarkan kebutuhan pengguna. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan judul “Penerapan *Quality Function Deployment* dan VDI 2221 untuk Perancangan

Incinerator Skala Komunitas.” Hasil penelitian diharapkan menghasilkan karakteristik teknis prioritas serta rancangan *Incinerator* yang dapat menjadi dasar pengembangan prototipe dan alternatif teknologi pengolahan sampah residu pada skala komunitas.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang masalah, dapat diidentifikasi bahwa permasalahan utama dalam pengelolaan sampah di tingkat Komunitas terletak pada ketidakefektifan rancangan *Incinerator* yang digunakan masyarakat. Beberapa permasalahan yang dapat diidentifikasi antara lain sebagai berikut:

1. Timbulan sampah nasional masih tinggi dan sebagian belum terkelola secara optimal.
2. Pengelolaan sampah di wilayah perkotaan seperti DKI Jakarta dan Bekasi masih menghadapi ketergantungan terhadap pengangkutan menuju fasilitas pengolahan akhir.
3. Pengelolaan sampah berbasis RW telah dikembangkan, tetapi kemampuan pengolahan sampah pada tingkat komunitas belum merata.
4. Masih terdapat fraksi sampah residu yang memerlukan pengolahan lanjutan setelah proses pemilahan, daur ulang, dan pengolahan biologis.
5. Belum tersedia rancangan incinerator skala komunitas yang secara khusus diterjemahkan dari kebutuhan pengguna pada tingkat RW.
6. Kebutuhan pengguna terkait kapasitas, emisi, efisiensi pembakaran, temperatur, keamanan, mobilitas, perawatan, dan biaya operasional belum diterjemahkan secara sistematis menjadi karakteristik teknis.
7. Belum diketahui prioritas karakteristik teknis incinerator berdasarkan tingkat kepentingan kebutuhan pengguna melalui metode QFD.
8. Belum terdapat integrasi sistematis antara hasil QFD dengan proses pengembangan konsep dan rancangan incinerator menggunakan VDI 2221.

1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada perancangan incinerator untuk pengolahan sampah residu pada skala komunitas atau RW berdasarkan kebutuhan pengguna.
2. Identifikasi dan penentuan prioritas kebutuhan pengguna dilakukan menggunakan metode Quality Function Deployment (QFD) sampai pada penyusunan House of Quality (HoQ) dan penentuan karakteristik teknis prioritas.
3. Proses pengembangan konsep dan rancangan incinerator dilakukan menggunakan metode VDI 2221, meliputi penyusunan kebutuhan teknis, struktur fungsi, alternatif prinsip solusi, pemilihan konsep, dan penyusunan rancangan akhir.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, Adapun perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan kebutuhan pengguna dan karakteristik teknis prioritas dalam perancangan incinerator skala komunitas menggunakan metode Quality Function Deployment (QFD)?
2. Bagaimana menghasilkan rancangan incinerator skala komunitas berdasarkan karakteristik teknis prioritas dengan menggunakan metode VDI 2221?

1.5 Tujuan Penelitian

1. Menentukan kebutuhan pengguna dan karakteristik teknis prioritas dalam perancangan incinerator skala komunitas melalui penerapan metode Quality Function Deployment (QFD).

2. Menghasilkan rancangan incinerator skala komunitas berdasarkan karakteristik teknis prioritas melalui penerapan metode VDI 2221.

1.6 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada masyarakat di wilayah kota Bekasi. Maka manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1.6.1 Manfaat Praktis (Bagi Industri dan Masyarakat)

1. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi acuan bagi pengembangan *Incinerator* skala kecil yang efisien, hemat energi, dan sesuai kondisi daerah padat penduduk di Indonesia.
2. Integrasi QFD dan VDI 2221 dalam perancangan *Incinerator* dapat digunakan oleh industri manufaktur kecil dan menengah sebagai pedoman sistematis dalam mendesain produk teknologi lingkungan yang sesuai kebutuhan pasar lokal.

1.6.2 Manfaat Akademis (Bagi Dunia Pendidikan)

1. Penelitian ini memperkuat pemahaman tentang penerapan *Quality Function Deployment*(QFD) dan VDI 2221 dalam pengembangan produk berorientasi kebutuhan pengguna, yang dapat digunakan sebagai bahan ajar dalam mata kuliah.
2. Penelitian ini menunjukkan bagaimana kolaborasi antara metodologi desain industri dan kebutuhan sosial dapat diintegrasikan dalam kurikulum berbasis proyek (*project-based learning*) untuk mahasiswa.