

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Meningkatnya jumlah penduduk di kawasan perkotaan berimplikasi langsung pada peningkatan volume sampah yang dihasilkan setiap harinya. Seiring dengan meningkatnya kepadatan penduduk kebutuhan akan sistem pengelolaan limbah yang efisien dan berkelanjutan menjadi semakin mendesak [1]. Sebagai upaya mengatasi permasalahan tersebut, salah satu solusi yang dikembangkan ialah penerapan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST), yakni fasilitas yang menyelenggarakan kegiatan pengumpulan pemilahan, penggunaan ulang, pendauran ulang, pengolahan dan pemrosesan akhir Sampah [2]. TPST dirancang untuk mengurangi beban timbulan sampah pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) dengan menerapkan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) serta teknologi pengolahan yang sesuai [2]. TPST Bantargebang merupakan salah satu TPST yang berfungsi sebagai fasilitas pengelolaan sampah terbesar di Asia Tenggara dengan luas 110,3 ha dengan mayoritas area digunakan sebagai tempat penampungan sampah aktif [3]. TPST ini menerima lebih dari 6.500–7.800 ton sampah setiap harinya dari wilayah DKI Jakarta, yang menghasilkan formasi tumpukan sampah setinggi sekitar 40 meter, setara dengan sebuah gedung 16 lantai [3]. Hingga tahun 2024, jumlah sampah yang tertimbun menembus puluhan juta ton, antara lain 39 juta ton, yang menandakan hampir terpenuhinya kapasitas fasilitas ini.

Di balik fungsinya yang krusial, TPST Bantargebang memiliki potensi bahaya kebakaran. Sampah yang tidak terklasifikasi dengan baik, terutama yang mengandung bahan mudah terbakar seperti plastik, kertas, dan gas metana (CH_4) dari sampah organik yang membusuk, dapat menyebabkan terjadinya kebakaran spontan akibat panas yang terperangkap dan reaksi kimia tertentu. Menurut data Dietplastik Indonesia, sepanjang tahun 2024 jumlah emisi gas metana yang dihasilkan dari aktivitas di Tempat

Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) Bantargebang mencapai sekitar 123 gigagram atau setara dengan 123.000 ton [4].

Secara teori, gas metana sangat mudah terbakar. Kondisi eksplosif pada gas mudah terbakar tertentu terjadi antara *Lower Explosive Limit* (LEL) dan *Upper Explosive Limit* (UEL). LEL untuk metana setara dengan 5 persen (%) berdasarkan volume di udara, yang setara dengan konsentrasi relatif 50.000 bagian per juta volume (ppmv) metana. UEL untuk metana adalah 15% berdasarkan volume di udara atau 150.000 ppmv. Singkatnya, gas metana mudah terbakar apabila terkonsentrasi di udara dalam kisaran 5-15%. Pada penelitian lain, metana disebutkan sebagai gas dapat menyebabkan ledakan bila terkena percikan api atau sambaran petir [5], [6]. Kondisi ini diperparah oleh tidak adanya sistem pengumpulan dan kontrol gas aktif di beberapa zona tempat pengolahan sampah, yang memungkinkan metana terperangkap di celah tumpukan sampah [7].

Fenomena kebakaran akibat akumulasi gas metana di TPA telah terjadi di berbagai lokasi TPA di Indonesia dan menimbulkan dampak besar terhadap lingkungan serta masyarakat. Salah satu kejadian kebakaran di TPA terjadi di TPA Jalumpang pada 28 Oktober 2023 lalu, dimana kejadian tersebut mengakibatkan kerugian dampak kabut asap yang membahayakan lingkungan [8]. Kejadian kebakaran juga terjadi di TPA Sarimukti pada 29 Agustus 2023, yang mengakibatkan ratusan warga mengalami Inpeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) dan menyebabkan 157 orang meninggal dunia [9]. Kejadian serupa pernah terjadi di TPA Leuwigajah, Cimahi, pada tahun 2005, di mana ledakan gas metana memicu longsor besar yang menewaskan lebih dari 140 jiwa [10]. Untuk mengurangi risiko dan dampak dari kejadian serupa, upaya penanggulangan kebakaran menjadi sangat penting, mengingat bahwa upaya penanggulangan sering kali tidak efektif, sebagaimana terjadi pada kasus TPA Rawa Kucing, Kota Tangerang, di mana proses pemadaman berlangsung lama dan tidak terkendali akibat minimnya sistem proteksi yang memadai [11].

Salah satu solusi modern dalam upaya pemadaman kebakaran adalah penggunaan robot pemadam kebakaran. Robot ini merupakan inovasi

teknologi yang mampu menggantikan peran manusia dalam area berbahaya dengan sistem pengendalian jarak jauh (*remote control*) maupun semi-otomatis [12]. Robot pemadam kebakaran dilengkapi sensor suhu, gas, dan asap untuk mendeteksi titik api serta dilengkapi dengan sistem semprot air bertekanan tinggi sebagai media pemadam. Contoh robot pemadaman kebakaran adalah Robot RXR-M60L dan Robot M80L-18.

Robot RXR-M60L dirancang untuk bekerja di lingkungan berisiko tinggi seperti fasilitas industri, area padat bahan mudah terbakar, dan tempat pengolahan limbah [13]. Robot buatan Shandong Guoxing Intelligent Technology ini memiliki lengan lengkung (*curved arm*) dengan ketinggian maksimum 15 meter yang dapat berputar 360°, memungkinkan proses penyemprotan air dari berbagai arah secara efisien. RXR-M60L dilengkapi 60 water monitor dengan sistem suplai *double hose* untuk menjaga kontinuitas aliran air, serta fitur *automatic obstacle avoidance* yang memungkinkan robot menghindari rintangan secara otomatis selama operasi. Dengan tingkat perlindungan IP65, robot ini dapat beroperasi di lingkungan ekstrem, sedangkan sistem kontrol darurat dan *hydraulic outrigger* memberikan kestabilan tambahan di medan yang tidak rata.

Robot M80L-18 merupakan robot pemadam kebakaran tipe *self-propelled water tower* yang dirancang untuk mendukung operasi pemadaman pada kondisi kebakaran berisiko tinggi dan area yang sulit dijangkau oleh personel. Robot ini dioperasikan secara *remote control* dengan sistem penggerak listrik penuh, sehingga mampu bekerja tanpa emisi gas buang dan dengan tingkat kebisingan rendah. M80L-18 dilengkapi dengan menara semprot air yang dapat mencapai ketinggian hingga 18 meter serta *water cannon* berkapasitas debit tinggi sekitar 4.200 liter per menit, yang efektif untuk pendinginan dan pemadaman kebakaran dengan laju pelepasan panas yang besar [14].

Meskipun memiliki banyak keunggulan menjanjikan, namun efektivitas kinerja robot pemadam kebakaran sangat bergantung pada ketersediaan dan kecukupan pasokan air di lokasi operasi. Apabila volume atau debit air tidak memenuhi kebutuhan minimum untuk menyerap energi panas yang

dilepaskan selama kebakaran, maka efektivitas pemadaman akan menurun secara signifikan. Oleh karena itu, perancangan kebutuhan air pemadaman yang tepat berdasarkan karakteristik kebakaran sampah di TPST Bantargebang menjadi aspek penting dalam mendukung optimalisasi kinerja robot pemadam kebakaran.

Hingga saat ini, kajian mengenai perancangan kebutuhan pemadaman kebakaran pada fasilitas pengolahan sampah, khususnya yang melibatkan penggunaan robot pemadam kebakaran, masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini disusun dengan mengadaptasi teori dan metode perhitungan kebutuhan air pemadaman dari penelitian terdahulu, dengan penyesuaian terhadap karakteristik kebakaran sampah dan kondisi operasional TPST Bantargebang.

Penelitian yang relevan dengan penelitian ini pernah dilakukan oleh Hidayat (2020) dengan judul “Perancangan Sistem Proteksi Kebakaran Pada *Smart Trash Bin* Berbasis Arduino Di Universitas Harapan Medan”[15]. Penelitian tersebut membahas isu yang sama dan berfokus pada perancangan sistem untuk pendeteksian kebakaran. Perbedaan penelitian yang dilakukan Hidayat (2020) dan penelitian ini terletak pada fokus penelitian dan metode yang digunakan. Selain itu, penelitian lain yang selaras dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh Nurfajar (2023) yang berjudul “Re-Desain Sistem Hidran Kebakaran Pada Studio X Stasiun Televisi di Jakarta” [16] dan Zahran (2023) yang berjudul “Perencanaan Instalasi Hidran Pillar Menurut NFPA 14 Pada Kantor Sales Area Manager PT. XYZ”[17]. Kedua penelitian tersebut dijadikan acuan oleh peneliti karena memiliki metode perhitungan yang sama dengan penelitian ini, yang menjadi pembeda adalah kedua objek yang diteliti dan lokasi penelitian.

Berdasarkan paparan tersebut, maka penelitian dengan judul **“PERENCANAAN KEBUTUHAN PEMADAMAN DI TEMPAT PENGOLAHAN SAMPAH TERPADU (TPST) BANTARGEBAWANG”** ini dilakukan dengan tujuan untuk merancang kebutuhan pemadaman kebakaran berdasarkan estimasi energi panas yang dihasilkan dari kebakaran sampah,

sehingga dapat ditentukan kebutuhan air dan peralatan pemadaman yang diperlukan.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan ditemukan masalah, antara lain:

1. Tingginya risiko kebakaran di TPST Bantargebang akibat penumpukan sampah yang tidak terklasifikasi dengan baik, termasuk adanya bahan mudah terbakar seperti plastik, kertas, dan gas metana (CH_4) dari pembusukan organik.
2. Tidak tersedianya sistem pemadaman kebakaran yang terintegrasi di lingkungan TPST Bantargebang, sehingga berisiko menyebabkan kerugian besar terhadap lingkungan dan keselamatan masyarakat.
3. Belum pernah dilakukan estimasi teknis mengenai jumlah kalor yang dihasilkan dari kebakaran sampah di TPST, sehingga belum diketahui secara pasti berapa kebutuhan volume air yang diperlukan untuk proses pemadaman yang efektif.
4. Belum diketahui apakah kapasitas penyediaan air eksisting di TPST Bantargebang mencukupi untuk skenario kebakaran skala besar, sehingga perlu dilakukan evaluasi mendalam terhadap sistem yang ada.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka dapat dijabarkan rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana tingkat risiko dan karakteristik kebakaran di TPST Bantargebang?
2. Bagaimana pola kebakaran di TPST Bantargebang
3. Bagaimana sistem deteksi yang sesuai untuk TPST Bantargebang?
4. Bagaimana kebutuhan sistem penanggulangan kebakaran, khususnya kebutuhan air dan peralatan pemadaman, berdasarkan skenario kebakaran yang direncanakan?

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun fokus penelitian ini mengacu pada tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisis tingkat risiko dan karakteristik kebakaran sampah yang berpotensi terjadi di TPST Bantargebang.
2. Menganalisis pola kebakaran di TPST Bantargebang.
3. Menentukan jenis sistem deteksi yang sesuai dengan TPST Bantargebang.
4. Menentukan kebutuhan sistem penanggulangan kebakaran, meliputi kebutuhan air, sumber air, dan peralatan pemadaman kebakaran untuk TPST Bantargebang.

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1 Secara Teoritis

Berdasarkan tujuan Penelitian yang telah dirumuskan, manfaat penelitian ini secara teoritis dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik lingkungan dan sistem proteksi kebakaran, khususnya dalam konteks pengelolaan risiko kebakaran di fasilitas pengolahan sampah.
2. Hasil perhitungan kalor dan kebutuhan air dari skenario kebakaran di TPST dapat menjadi acuan untuk studi sejenis di lokasi lain yang memiliki karakteristik serupa.

1.5.2 Secara Praktis

Secara praktis, manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan gambaran teknis dan estimasi kebutuhan air yang diperlukan untuk penanggulangan kebakaran di TPST Bantargebang, sehingga dapat menjadi dasar perencanaan sistem proteksi kebakaran yang lebih efektif dan responsif.
2. Diharapkan dapat membantu pihak pengelola TPST, pemerintah daerah, maupun instansi terkait dalam mengevaluasi kapasitas dan kesiapsiagaan sistem penyediaan air terhadap potensi kebakaran, serta

mendukung pengambilan keputusan dalam penguatan sistem keselamatan di kawasan pengolahan sampah.

1.6. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Tidak melibatkan simulasi kebakaran kompleks yang membutuhkan suatu *software*.
2. Skenario yang dilakukan bersifat teoritis dengan asumsi tertentu.
3. Penelitian hanya dilakukan di TPST Bantargebang.

