

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada tahun 2050, *municipal solid waste* secara global diprediksi akan meningkat tiga kali lipat dari angka 2.01 miliar ton per tahun [1]. Untuk mencegah hal tersebut, salah satu langkah yang dapat dilakukan adalah dengan *recycling* atau mendaur ulang limbah yang ada. Di negara-negara dengan pendapatan rendah, lebih dari 90% sampah dibuang di tempat pembuangan terbuka yang kemudian dibakar [2]. Dampaknya akan paling dirasakan oleh warga yang tinggal di permukiman kumuh di wilayah perkotaan, baik dari segi kesehatan maupun keamanan. Pengelolaan sampah yang kurang baik di tempat terbuka juga dapat turut berkontribusi pada emisi gas rumah kaca yang berdampak pada pemanasan global. Selain itu, biaya yang diperlukan untuk mengelola limbah justru lebih rendah ketimbang jika limbah dibiarkan tidak dikelola dengan baik [3]. Di Indonesia, peran pemulung masih signifikan untuk industri pengelolaan sampah, yakni mencapai 80% [4]. Namun kesehatan para pemulung dapat terancam karena kegiatan memulung tersebut. Pada sebuah studi di India, ditemukan bahwa karena pemulung bekerja di lingkungan yang kotor, terdapat banyak risiko kesehatan bagi mereka dan beberapa penyakit yang paling umum pada pemulung adalah tuberkulosis, bronkitis, asma, pneumonia, disentri, parasit, serta malnutrisi [5].

Melalui Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga, sudah diatur terkait pemilahan sampah ke minimal 5 jenis kategori dan harus adanya fasilitas pemilahan sampah di beberapa wilayah seperti kawasan pemukiman, komersial, dan lain-lain [6]. Namun, karena lemahnya kesadaran masyarakat Indonesia untuk menyortir sampah, umumnya sampah yang tiba di TPA (Tempat Pembuangan Akhir) tidak disortir dan kemudian membebani TPA tersebut dengan penumpukan sampah [7],[8]. Data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menunjukkan bahwa penanganan sampah di Indonesia masih belum ideal, dengan tingkat pengurangan sampah dan daur ulang hanya ada di angka 11% dan 9% berturut-turut pada kota besar [9]. Pada tingkatan desa, misalnya pada Desa Sepuk Tanjung, salah satu kendala penghambat pemilahan sampah adalah masyarakat di sana masih masih bergantung pada pemerintah untuk melakukan penyortiran sampah [10]. Padahal, penyortiran sampah idealnya dimulai dari sumbernya, yakni di tingkat komunitas atau masyarakat. Salah satu contoh implementasinya adalah sampah disortir di rumah, masyarakat kemudian dapat membawanya ke bank sampah [11]. Sebelum memulai proses daur ulang, langkah awal yang harus dilakukan adalah memisahkan sampah. Sebagai contoh, dalam daur ulang plastik, benda-benda asing seperti logam dan kaca harus disingkirkan terlebih dahulu [12].

Dengan perancangan produk ini, produk akhir akan turut berkontribusi pada SDG (*Sustainable Development Goal*) nomor 12 dan 13. Pada SDG nomor 12, target 12.5, disinggung terkait *recycle* atau daur ulang. Mendaur ulang dapat

memberi nilai guna kembali pada bahan-bahan yang sudah dibuang yang sesuai dengan SDG nomor 12, *sustainable consumption and production* [13]. Prinsip daur ulang juga berkaitan dengan konsep *circular economy*, di mana sumber daya yang ada digunakan secara maksimal dan selama mungkin, untuk mengurangi produksi limbah. Daur ulang dapat dilakukan supaya limbah yang dihasilkan dari produksi manusia tidak hanya menjadi limbah/*waste* dan semakin menumpuk. Hal tersebut secara tidak langsung turut membantu melawan *climate change*, yang sejalan dengan SDG nomor 13. Sampah akan melepaskan gas metana dari pembusukan *anaerobic* jika dibiarkan pada lahan terbuka dan tidak dikelola. Dengan adanya daur ulang yang baik, emisi gas rumah kaca dapat dikurangi untuk melawan *climate change*.

Berbagai macam penelitian sudah dilakukan untuk upaya pemilahan sampah menggunakan teknologi. Salah satunya adalah prototipe tempat sampah pintar yang dibuat oleh Ismail et al. Untuk menentukan jenis materi dari sampah, dapat menggunakan sensor cahaya. Cara kerja sensor tersebut adalah dengan mengukur cahaya yang diterima oleh LDR (*Light Dependant Resistor*). Terdapat tiga jenis material dalam sifat meneruskan cahaya, yakni transparan, di mana materi tersebut dapat meneruskan kebanyakan cahaya, *translucent* atau setengah transparan, di mana hanya sebagian cahaya yang dapat diteruskan, dan terakhir, *opaque* atau tidak tembus cahaya sama sekali, di mana tidak ada cahaya yang dapat diteruskan oleh materi tersebut. Berdasarkan karakteristik material dalam kemampuan melewati cahaya, objek plastik dan objek berbahan kertas dapat dibedakan, karena bahan plastik akan dapat melewati kebanyakan cahaya sementara kertas dapat melewati sebagian cahaya [14]. Kekurangan pada penelitian tersebut adalah jarak deteksi yang rendah oleh sensor *proximity*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Aritonang et al. , untuk mendeteksi apakah suatu objek merupakan logam atau non logam, dapat menggunakan sensor *proximity* kapasitif dan induktif. Sampah logam dapat dideteksi oleh sensor *proximity* kapasitif dan induktif, sementara sampah non logam hanya dapat terdeteksi oleh sensor *proximity* kapasitif. Maka, dalam algoritma pensortiran, saat logika sensor *proximity* kapasitif adalah 1 (HIGH) dan sensor *proximity* induktif 0 (LOW), maka sampah yang lewat dikategorikan sebagai sampah non logam. Jika kedua sensor *proximity* kapasitif dan induktif bernilai 1 (HIGH) maka sampah dikategorikan sebagai sampah logam [15]. Namun untuk kekurangan pada penelitian tersebut adalah tidak dapat menyortir jenis sampah plastik.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Gupta et al., untuk mendeteksi sampah basah, modul sensing kapasitif membaca besaran dielektrik antara kedua plat kapasitor. Karena sampah basah memiliki kandungan air, maka sampah tersebut memiliki konstanta dielektrik yang lebih besar dari sampah kering. Mikrokontroler dapat diprogram untuk mengkategorikan suatu objek sebagai sampah ketika kapasitansinya melebihi nilai tertentu, akibat adanya dielektrik antara plat [16]. Desain pada penelitian tersebut menggunakan bin yang diputar untuk menangkap jenis sampah sesuai pemilahan yang dilakukan oleh sensor. Metode ini dinilai kurang efektif karena membutuhkan waktu rotasi yang cepat agar bisa menangkap sampah dengan akurat serta berpotensi untuk cepat rusak.

Salah satu sensor yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan oleh Kusumadiarti dan Qodawi adalah sensor *water level*. Dalam artikel jurnal tersebut disebutkan bahwa saat garis lempengan sensor terkena air, maka akan merubah nilai resistansi yang dihasilkan sensor [17]. Hal ini berarti selama ada air atau objekbasah yang menyentuh sensor, maka akan ada perubahan pada *output* yang dihasilkannya.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Widyaningrum et al., sensor *ultrasonic* dapat digunakan untuk mengetahui saat tempat sampah sudah penuh. Sensor ultrasonic akan mengukur jarak antara objek dan sensor *ultrasonic* dengan cara mengukur waktu pantulan yang dipancarkan untuk kembali [18]. Kekurangan pada penelitian tersebut adalah tidak dapat menyortir sampah jenis organik dan dimensi produk yang cukup tinggi sehingga sedikit menyulitkan untuk memasukan sampah yang belum tersortir.

Penelitian yang dilakukan oleh Angin et al. dapat menyortir sampah kertas. Namun untuk akurasi pendeteksian jenis sampah kertas tergolong masih rendah. Perangkat lunak yang dapat digunakan untuk memprogram mikrokontroler Arduino adalah Arduino IDE (*Integrated Development Environment*). Dalam desain alat penyortir sampah, sub-sistem yang dapat diprogram meliputi sistem untuk mendeteksi keberadaan sampah pada tempat sampah serta sistem untuk menyortir sampah logam, sampah kertas, sampah plastik, dan sampah organik [18].

Dari penelitian yang sudah disebutkan diatas, perancangan sampah pintar ini akan mempertimbangkan metode penyortiran dari penelitian tersebut. Penelitian yang sudah ada masih memiliki kekurangan, diantaranya jarak deteksi yang rendah serta dimensi produk yang besar, dan metode penyortiran yang kurang efisien. Yang menjadi keunggulan produk tempat sampah pintar yang diusulkan dalam skripsi ini adalah kemampuannya dalam mendeteksi jenis sampah logam, sampah organik, dan sampah plastik secara *batch*. Dokumen skripsi ini membahas salah satu bagian subsistem dari keseluruhan sistem tempat sampah cerdas, dengan subsistem pendukung lainnya berupa subsistem pengolahan citra. Subsistem sensor pada tempat sampah cerdas ini dapat mengklasifikasi dua jenis sampah, sensor *proximity* induktif untuk mendeteksi sampah organik dan sensor *water level* untuk sampah organik. Untuk deteksi sampah plastik akan dibantu dengan subsistem pengolahan citra.

Melalui perancangan sampah pintar pada dokumen skripsi ini, peneliti turut mendukung SDG nomor 12 dan 13 dan membantu mengurangi pengerjaan pemilahan secara manual oleh pemulung, yang tidak baik untuk kesehatan mereka. Selain itu, melalui perancangan tempat sampah pintar ini, diharapkan dapat membantu meningkatkan *recycling rate* yang ada di Indonesia.

1.2 Identifikasi Masalah

1. Rendahnya tingkat pengurangan sampah dan daur ulang di Indonesia.
2. Penyortiran sampah masih dilakukan secara manual oleh pemulung.
3. Belum ada desain alat untuk menyortir otomatis sampah tercampur.

1.3 Konsep Sistem

Sensor *proximity* induktif dan sensor *water level* terletak di dalam sebuah kotak deteksi yang penulis sebut sebagai *detection chamber*. *Detection chamber*, berfungsi sebagai tempat klasifikasi sampah oleh sensor dan subsistem pengolahan citra. Pada tempat sampah cerdas ini, terdapat *funnel* di atas, sebagai tempat memasukkan sampah yang belum tersortir. Di bawah *funnel* terdapat pintu yang akan terbuka selama beberapa detik, lalu tertutup kembali agar ada sebagian sampah yang jatuh dari *funnel* untuk menuju sebuah papan wadah. Papan wadah tersebut merupakan bagian dari subsistem *vibration machine*, yang berfungsi untuk menggetarkan papan wadah, supaya sampah dapat ikut bergetar dan jatuh perlahan-lahan dan satu per satu ke dalam *detection chamber*.

Di dalam *detection chamber* terdapat sebuah sensor ultrasonik untuk memberhentikan getaran dari *vibration machine*, supaya tidak ada sampah yang masuk lagi ke dalam *detection chamber*, hingga sampah selesai diklasifikasi oleh subsistem sensor dan subsistem pengolahan citra. Subsistem sensor akan membantu verifikasi hasil dari subsistem pengolahan citra jika *confidence level* dari subsistem pengolahan citra kurang dari 0,5 untuk jenis sampah logam dan sampah organik.

Setelah selesai diklasifikasi oleh kedua subsistem, pintu pada sisi bawah *detection chamber* akan terbuka, mengarahkan sampah pada sebuah *slide* pengarah yang dapat berputar, mengarahkan sampah pada *bin* yang sesuai dengan klasifikasi jenis sampah. *Vibration machine* akan kembali bergetar dan memasukkan sampah ke dalam *detection chamber*, dan proses klasifikasi diulang kembali.

1.4 Batasan Sistem

Jenis sampah yang dapat terdeteksi oleh subsistem sensor adalah jenis sampah organik dan sampah logam. Untuk dimensi sampah yang dapat disortir oleh tempat sampah pintar ini masih tergolong kecil, tidak lebih dari 25cm x 25cm x 25cm.

1.5 Fungsi dan Manfaat Sistem

Fungsi dari subsistem sensor pada tempat sampah pintar ini adalah untuk mendeteksi jenis sampah logam dan sampah organik, agar dapat kemudian dapat dipilah. Dengan pembuatan tempat sampah cerdas, diharapkan dapat membantu meningkatkan tingkat daur ulang di Indonesia dan turut berkontribusi pada SDG nomor 12 dan 13.