



## ***Internet of Thing (IoT) untuk Pembuangan Akhir Sampah di Mojokerto***

**Moh. Muslimin<sup>1</sup>, Andhika C.P.<sup>2</sup>, Luki Ardiantoro<sup>3</sup>, Sofa Zahara<sup>3</sup>**

<sup>1,3,4</sup>Program Studi T. Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Majapahit, Mojokerto, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi T. Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Islam Majapahit, Mojokerto, Indonesia

Email: <sup>1</sup>muslimin.4ndr1@gmail.com, <sup>2</sup>andhika.tiunim@gmail.com, <sup>3</sup>ipan.ardianto@gmail.com,

<sup>4</sup>soffa.zahara@unim.ac.id

### ***Abstract***

*As a growing city, Mojokerto has social problems, such as how to manage waste. Waste is basically a material that is wasted or disposed of from a source as a result of human activities or natural processes that have no economic value, and can even have a negative economic impact because handling it requires a process to dispose of it or to clean it up. The volume of waste in Mojokerto reaches 9 tons/day, with a landfill area of 14 hectares, with an area of about 55% used. Waste and its management is now an increasingly urgent problem in Mojokerto. As an effort to support sustainable development, it is necessary to find ways to manage waste properly and efficiently through controlled planning in the form of integrated waste management. The problem is the condition of the TPA which cannot be monitored continuously and in real time, the management of waste transportation which is less efficient, this causes piles of waste at the TPS due to delays in the garbage transportation fleet. IoT is one of the solutions, to make life better by monitoring and controlling the process. As a result, this Arduino model design can be used as a solution in the large Mojokerto area, within city limits.*

**Keywords:** *IoT, Garbage, Mojokerto*

### **Abstrak**

Sebagai kota yang berkembang, Mojokerto memiliki masalah sosial, seperti bagaimana mengelola sampah. Sampah pada dasarnya adalah suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu sumber akibat kegiatan manusia atau proses alami yang tidak mempunyai nilai ekonomi, bahkan dapat berdampak negatif secara ekonom karena dalam penanganannya membutuhkan proses untuk membuangnya maupun untuk membersihkannya. Volume sampah di Mojokerto mencapai 9 ton/hari, dengan lahan TPA seluas 14 Ha, dengan wilayah terpakai sekitar 55%. Sampah dan pengelolaannya kini menjadi masalah yang semakin mendesak di Mojokerto. Sebagai upaya untuk mendukung pembangunan berkelanjutan, perlu dicari cara untuk mengelola sampah dengan baik dan efisien melalui perencanaan yang terkendali dalam bentuk pengelolaan sampah terpadu. Permasalahan adalah kondisi TPA yang tidak dapat termonitor secara kontinyu dan real time, manajemen angkutan sampah yang kurang efisien, hal ini menjadikan tumpukan sampah di TPS akibat keterlambatan armada angkutan sampah. IoT adalah salah satu solusinya, untuk membuat hidup lebih baik dengan memantau dan mengontrol prosesnya. Hasilnya, desain dengan model Arduino ini dapat digunakan sebagai solusi di wilayah Mojokerto yang luas, dalam jangkauan kota.

**Kata Kunci :** IoT, Sampah, Mojokerto

## **1. PENDAHULUAN**

Sampah merupakan sumber pencemaran lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan masalah lingkungan seperti sumber berbagai macam penyakit, lingkungan yang kotor, bau busuk, dan salah satu penyebab banjir dikota besar akibat

sampah yang masuk disaluran air. Salah satu solusi yang harus ditempuh adalah mengelola sampah secara terencana dan terpadu.

Dalam era Smart City 4.0 sekarang ini, integrasi teknologi dalam tata kelola kota dimungkinkan berkat keberadaan Internet of Things (IoT). IoT merupakan suatu jaringan perangkat elektronik yang saling terhubung yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus dan mampu mengirim data. Internet of things merupakan sebuah penggabungan kata dari internet dan things arti sebuah kata dari internet adalah sebuah jaringan komputer yang menggunakan jaringan protokol dan arti kata things dapat diartikan sebagai objek fisik[13]. Objek objek tersebut misal sensor data yang terbaca oleh sensor dapat dikirim melalui internet. Dari data pembacaan sensor yang sudah dikirim melalui internet maka memerlukan sebuah penyajian yang dapat dimengerti oleh pengguna agar dapat mempermudah modul pertukaran informasi Antara Bahasa analog sensor dengan Bahasa digital server atau aplikasi yang dapat dipahami oleh pengguna aplikasi [6].

Pasar tradisional memberikan kontribusi sebagai penghasil sampah di Kota Mojokerto. Berdasarkan data dari DKP Kota Mojokerto, komposisi sampah bervariasi antara 70 – 80 % dengan kadar air bervariasi antara 50 – 70 %. Dari data tersebut diketahui komponen organik sampah pasar mempunyai kadar air tinggi. Maka sehari saja sampah tidak ditangani, maka menyebabkan sampah berbau tidak sedap mengakibatkan lingkungan pasar yang kumuh, kotor, bau, dan tidak higienis. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Soetopo et al. (2017), pertumbuhan perdagangan di Indonesia berkisar antara 10-15% (Soetopo, Tannady, Nurprihatin, & Jodiawan, 2017). Namun, kondisi tersebut tidak diikuti dengan peningkatan fasilitas sarana dan prasarana di pasar tradisional. Pasar tradisional sudah sulit bersaing dengan pasar modern dikarenakan tidak memperhatikan kondisi kebersihan dan kerapian di pasar tradisional khususnya pengelolaan sampah pasar (Hadiguna, 2012). Sehingga harus mendapat perhatian khusus dari pemerintah, pengelola pasar maupun penjual sesuai dengan Kepmenkes Nomor 519 tahun 2008 tentang pedoman pasar sehat (Hari, Martiningrum, & Soekirno, 2015). Namun, kelemahan dari peraturan tersebut adalah tidak menjelaskan standar penyusunan tata letak fasilitas penunjang di pasar tradisional seperti tempat pembuangan sampah. Berdasarkan Permendagri RI Nomor 49/M- DAG/PER/12/2010 tahun 2010 dan Permendagri RI Nomor 20 Tahun 2012 telah dibahas tentang standar yang harus dipenuhi oleh pasar tradisional yang mencakup kriteria, fasilitas, penataan lapak, dan hal yang terkait dengan kebutuhan ruang pasar tradisional. Namun, dalam peraturan tersebut juga tidak menjelaskan bagaimana standar tata letak fasilitas tempat pembuangan sampah di pasar tradisional. Kondisi tersebut dapat dilihat langsung pada kondisi lapangan dimana tata letak fasilitas tempat pembuangan sampah yang tidak efektif. Dalam hal waste management, dibutuhkan jadwal yang ketat dalam proses pengambilan sampah serta pengiriman ke TPA. Mobilitas tinggi dari armada pengangkut sampah, membutuhkan pengawasan dan jadwal pengaturan yang memadai. Armada yang ada saat ini jumlahnya kurang memadai, sedangkan dari sisi lain kebutuhan jasa angkutan lebih dinamis. Dengan kata lain, volume pengangkutan yang tadinya 3 hari sekali, dalam banyak kasus cenderung membutuhkan jeda waktu pengambilan yang lebih pendek (karena volume sampah terus meningkat). Keterlambatan dalam pengambilan sampah akan menyebabkan TPS (depo) penuh dan tidak mampu menampung sampah yang terus berdatangan. Kondisi ini menyebabkan bau dan tumpukan yang semakin tidak terkendali di seluruh TPS yang ada di kota Mojokerto. Saat ini volume sampah yang masuk ke TPA Randegan (Pemkot Mojokerto) adalah 9 Ton/hari. Sedangkan lahan yang tersedia, sangat terbatas/sempit. Penambahan lahan baru, juga memiliki konsekuensi sosial dan

lingkungan. Pasar tradisional memberikan kontribusi sebagai penghasil sampah di suatu daerah. Berdasarkan data dari DKP Kota Mojokerto, komposisi sampah bervariasi antara 70 – 80 % dengan kadar air bervariasi antara 50 – 70 %. Dari data tersebut diketahui komponen organik sampah pasar mempunyai kadar air tinggi. Maka sehari saja sampah tidak ditangani, maka menyebabkan sampah berbau tidak sedap mengakibatkan lingkungan pasar yang kumuh, kotor, bau, dan tidak higienis. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Soetopo et al. (2017), pertumbuhan perdagangan di Indonesia berkisar antara 10-15% (Soetopo, Tannady, Nurprihatin, & Jodiawan, 2017). Namun, kondisi tersebut tidak diikuti dengan peningkatan fasilitas sarana dan prasarana di pasar tradisional. Pasar tradisional sudah sulit bersaing dengan pasar modern dikarenakan tidak memperhatikan kondisi kebersihan dan kerapian di pasar tradisional khususnya pengelolaan sampah pasar (Hadiguna, 2012). Sehingga harus mendapat perhatian khusus dari pemerintah, pengelola pasar maupun penjual sesuai dengan Kepmenkes Nomor 519 tahun 2008 tentang pedoman pasar sehat (Hari, Martiningrum, & Soekirno, 2015). Namun, kelemahan dari peraturan tersebut adalah tidak menjelaskan standar penyusunan tata letak fasilitas penunjang di pasar tradisional seperti tempat pembuangan sampah. Berdasarkan Permendagri RI Nomor 49/M- DAG/PER/12/2010 tahun 2010 dan Permendagri RI Nomor 20 Tahun 2012 telah dibahas tentang standar yang harus dipenuhi oleh pasar tradisional yang mencakup kriteria, fasilitas, penataan lapak, dan hal yang terkait dengan kebutuhan ruang pasar tradisional. Namun, dalam peraturan tersebut juga tidak menjelaskan bagaimana standar tata letak fasilitas tempat pembuangan sampah di pasar tradisional. Kondisi tersebut dapat dilihat langsung pada kondisi lapangan dimana tata letak fasilitas tempat pembuangan sampah yang tidak efektif.

Kondisi saat ini, sampah yang masuk ke TPA Randegan Kota Mojokerto, jumlahnya terus bertambah setiap hari. Sedangkan upaya proses untuk pengurangan volume relatif tidak signifikan. Jika hal seperti ini terus terjadi, maka dengan jumlah sampah masuk yang mencapai volume 9 ton per hari, akan sangat merepotkan. Pemko Mojokerto juga memiliki kendala, berupa keterbatasan lahan yang tersedia. Oleh karena itu, pengelolaan sampah secara terpadu, yang dapat mengurangi volume sampah, seiring pertambahan jumlah penduduk akan sangat dibutuhkan. Pengangan secara dini tentang hal ini, akan menentukan masa depan pengelolaan sampah di Kota Mojokerto. Salah satu alternatif dalam penanganan masalah tersebut adalah pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan bangunan, dan produk turunan lainnya. Sedangkan untuk limbah rumah tangga digunakan sebagai gas metan. Selanjutnya yang berupa sampah campur, dilakukan pemusnahan sehingga agar lebih mudah terurai secara alami. Proses pemilahan sampah dilakukan saat masih dikelola dari pengepul sampah, maupun dari bank sampah dalam proses sebelumnya.

Permasalahan umum sampah di Mojokerto adalah efisiensi dalam pengangkutan sampah, sehingga banyak terjadi tumpukan di tempat penampungan sementara (TPS) oleh karena frekuensi pengambilan yang terlalu lama. Hal ini disebabkan oleh kurangnya jumlah armada truk pengangkut sampah yang layak beroperasi. Selain kapasitas truk yang terbatas, kemampuan angkut operasional hanya terbatas 2 lokasi per hari. Oleh karena itu dibutuhkan monitor terhadap posisi truk, sehingga dapat meningkatkan frekuensi pengambilan sampah. Selain itu terdapat permasalahan dalam penumpukan sampah di TPA Randegan, sehingga tidak terkonsentrasi pada satu area tumpukan. Hal ini menyebabkan proses pembusukan yang tidak merata, sehingga menimbulkan bau tidak sedap terhadap area pemukiman sekitarnya. Solusi lain adalah dengan mengolah sampah dalam incinerator, untuk proses ini dibutuhkan biaya instalasi, biaya operasional untuk

bahan bakar / sumber energi. Di beberapa negara maju, dengan bantuan teknologi pengolahan limbah, sampah dapat digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini tahapan yang ditempuh adalah sbb : a) Focus Group Discussion; b) Survei lapangan; c) Perencanaan IoT; d) Simulasi dan Uji Coba. Hasil dari FGD menyimpulkan bahwa IoT memiliki peran dalam mewujudkan konsep smart city sangatlah vital. Perangkat IoT mampu mengirim informasi dan melakukan tindak lanjut melalui jaringan dengan, sehingga mampu melakukan beragam fungsi secara otomatis. Menurut *Solution Architect Ericsson Indonesia*, Hilman Halim, untuk operasional perangkat IoT hanya memerlukan tiga elemen utama, yakni: Perangkat fisik, Jaringan internet, dan aplikasi keseluruhan. Jika tiga elemen ini sudah terpenuhi, maka sejumlah perangkat bisa dikustomisasi sesuai kebutuhan pengguna. Implementasi IoT dalam mewujudkan smart city bisa beraneka ragam, dibatasi hanya oleh imajinasi dan kemampuan dari para pengembangnya. Pemanfaatan IoT ini merupakan solusi bagi persoalan dalam proses pengolahan saat ini, yakni proses secara manual. Oleh karena kelemahan dari proses manual adalah lemahnya koordinasi antar unit, pengawasan dan monitor pergerakan armada angkutan, kondisi lapangan (TPA) yang sangat tergantung dari inisiatif petugas di lapangan (terlambat, tidak akurat, tidak real time, dll).

Hilman menyebutkan lima contoh penerapan IoT yang lazim ditemui dalam konsep smart city akhir-akhir ini, salah satunya adalah Waste management. Volume sampah di suatu tempat penampungan bisa dipantau dari jarak jauh. Petugas kebersihan tak perlu mendatangi satu per satu tempat sampah untuk memeriksanya. Aplikasi waste management tersebut, merupakan salah satu aplikasi yang sesuai untuk diterapkan di Mojokerto. Oleh karena kondisi lapangan yang belum tersedia, serta untuk memudahkan dalam operasional pengelolaan sampah di Mojokerto pada tahun-tahun yang akan datang.

Survei lapangan dilaksanakan pada minggu ke-2 bulan Oktober 2022, dan melibatkan tim dari DLH Pemerintah Kota Mojokerto. Lahan TPA seluas 400 hektar, dan berada di daerah persawahan yang cukup jauh dari pemukiman. Namun seiring perkembangan perkotaan, telah menjadi area perkampungan. Berdasarkan data dari DKP Kota Mojokerto, komposisi sampah bervariasi antara 70 – 80 % dengan kadar air bervariasi antara 50 – 70 %. Pada dasarnya pola pembuangan sampah yang dilakukan dengan sistem TPA (tempat pembuangan akhir) sudah tidak relevan lagi dengan lahan kota yang semakin sempit dan penambahan penduduk yang pesat, sebab bila hal ini terus dipertahankan akan membuat kota dikepung “lautan sampah” sebagai akibat kerakusan pola ini terhadap lahan dan volume sampah yang terus bertambah. Pembuangan yang dilakukan dengan pembuangan sampah secara terbuka dan di tempat terbuka juga berakibat meningkatnya intensitas pencemaran. Selain itu yang paling dirugikan dan selama ini tidak dirasakan oleh masyarakat adalah telah dikeluarkannya miliaran rupiah untuk membuat dan mengelola TPA.



**Gambar 1 : Survei Lapangan Pengelolaan Sampah di TPA Randegan**  
Sumber : dokumen pribadi

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas, metode penyusunan kerangka kerja yang terdiri dari dua langkah untuk merancang arsitektur sistem terlebih dahulu dan kemudian menentukan kriteria pemilihan untuk setiap komponen. Langkah pertama menyusun disain arsitektur dan langkah kedua adalah seleksi komponen jaringan.

## 2.2 Perencanaan Kebutuhan IoT

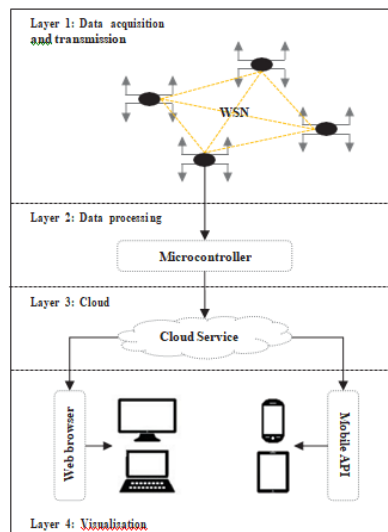
Secara umum pengelolaan sampah di perkotaan dilakukan melalui 3 tahapan kegiatan, yakni: pengumpulan, pengangkutan dan pembuangan akhir/pengolahan (Aboejoewono, 1985). Pengumpulan diartikan sebagai pengelolaan sampah dari tempat asalnya sampai ke tempat pembuangan sementara sebelum menuju tahapan berikutnya. Pada tahapan ini digunakan sarana bantuan berupa tong sampah, bak sampah, peti kemas sampah, gerobak dorong maupun tempat pembuangan sementara (TPS/Depo). Untuk melakukan pengumpulan (tanpa pemilahan), umumnya melibatkan sejumlah tenaga yang mengumpulkan sampah setiap periode waktu tertentu. Tahapan pengangkutan dilakukan dengan menggunakan sarana bantuan berupa alat transportasi tertentu menuju ke tempat pembuangan akhir/pengolahan. Pada tahapan ini juga melibatkan tenaga yang pada periode waktu tertentu mengangkut sampah dari tempat pembuangan sementara ke tempat pembuangan akhir (TPA). Pada tahap pembuangan akhir/pengolahan, sampah akan mengalami pemrosesan baik secara fisik, kimia maupun biologis sedemikian hingga tuntas penyelesaian seluruh proses. Sidik et al (1985) mengemukakan bahwa ada dua proses pembuangan akhir, yakni : open dumping (penimbunan secara terbuka) dan sanitary landfill (pembuangan secara sehat). Pada sistem open dumping, sampah ditimbun di areal tertentu tanpa membutuhkan tanah penutup; sedangkan pada cara sanitary landfill, sampah ditimbun secara berselang-seling antara lapisan sampah dan lapisan tanah sebagai penutup. Sampah yang telah ditimbun pada tempat pembuangan akhir (TPA) dapat mengalami proses lanjutan. Proses yang dilakukan adalah komposting yang menghasilkan kompos untuk digunakan sebagai pupuk maupun penguat struktur tanah. IoT dilaksanakan untuk melaksanakan fungsi berikut : 1) memonitor pergerakan armada pengangkut sampah, terutama saat jam operasional oleh karena sering kali terjadi truk tidak termonitor posisinya untuk waktu yang lama; 2) memberikan input terjadinya proses pembusukan dan bau yang terlalu menyengat, hal ini bisa diketahui dengan menempatkan monitor gas pada tumpukan sampah di area penimbunan sampah dengan mengukur kadar air; 3) menyalakan buzzer (alarm) jika terjadi kandungan gas (methana atau belerang) yang ditimbulkan dalam kadar tertentu akibat tumpukan sampah. Pengembangan sistem berbasis IoT ini membutuhkan waktu 45 hari kerja, sejak disepakati disain akhir. Faktor resiko terbesar adalah waktu pengadaan alat skala industri, serta instalasi dan uji coba lapangan. Hal ini terjadi karena kondisi di lapangan (TPA) sangat dinamis dan bergantung

kondisi cuaca. Sistem IoT secara teknologi sangat bermanfaat jika diterapkan dalam skala rumah tangga, permasalahan terbesar adalah biaya dan instalasi perangkat.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Disain Arsitektur IoT

Disain arsitektur yang terdiri dari 4 tingkatan, yakni Layer 1 Akuisisi data, Layer 2 Pemrosesan Data, Layer 3 Cloud Services, Layer 4 Visualisasi. Layer 1 Akuisisi data berasal dari WSN (*Wireless Sensor Network*) tradisional. Untuk menjaga agar arsitektur tetap fleksibel, sehingga topologi jaringan tidak ditetapkan secara definitif. Sejalan dengan itu, pemilihan modul RF akan menjadi kriteria pemilihan pada Layer 2. Pada Layer 2, terjadi antarmuka WSN dengan mikrokontroler untuk mengirimkan data. Pemrosesan data, serta antarmuka dengan sistem online, akan ditangani oleh perangkat ini. Dengan memanfaatkan mikrokontroler daripada PC, biayanya bisa menjadi berkurang secara signifikan dan komunikasi langsung dengan internet dapat terwujud. Opsi yang dipertimbangkan adalah penggunaan Mikrokontroler Arduino. Pada Layer 3 Solusi cloud berlangganan lebih disukai daripada server berlangganan tetap (VPN). Analisis data dan notifikasi dapat ditangani pada sisi server, karena hal ini akan menyederhanakan dan merampingkan arsitektur keseluruhan. Layer 4, aplikasi berbasis seluler disarankan untuk membuat data lebih mudah diakses. Data juga dapat diakses melalui browser web pada platform cloud melalui PC standar.




Gambar 2 : Disain Arsitektur IoT

#### 3.1 Komponen Jaringan IoT

##### a. Microcontroler Arduino

Dalam penelitian ini microcontroller yang dipilih adalah Arduino Uno. Microcontroller ini memiliki board mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset (Tabel 1).

Tabel 1 Microcontroller ATmega 328



Mikrocontroller	ATmega 328
Tegangan Pengoperasian	5 V
Tegangan Input yang disarankan	7 – 12 V
Batas Tegangan Input	6 – 20 V
Jumlah pin I/O digital	14 pin digital (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin input Analog	6 pin
Arus DC tiap pin I/O	40mA
Arus DC untuk pin 3,3 V	50mA
Memori Flash	32 KB (ATmega 328) sekitar 0,5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATmega 328)
EPROM	1 KB (ATmega 328)
Clock Speed	16 MfHz

Pada operasional mikrokontroler, Board Arduino Uno dihubungkan ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya. Setiap 14 pin digital pada arduino uno dapat digunakan sebagai input dan output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalwrite()`, dan `digitalRead()`. Fungsi fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 volt, Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah resistor pull-up (terputus secara default) 20-50 kilo Ohm. Arduino memiliki 32 KB flash memory untuk menyimpan kode, juga 2 KB yang digunakan untuk bootloader. Arduino memiliki 2 KB untuk SRAM dan 1 KB untuk EEPROM.

### b. Sensor Kelembaban

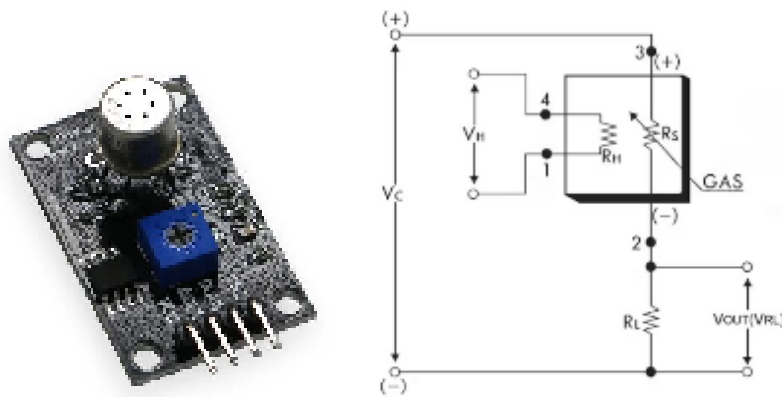
Moisture sensor adalah sensor kelembaban yang dapat mendeteksi kelembaban dalam tanah. Sensor ini sangat sederhana, tetapi ideal untuk memantau taman kota, atau tingkat air pada tanaman dipekarangan rumah. Sensor ini terdiri dua probe untuk melewati arus melalui tanah, kemudian membaca resistansinya untuk mendapatkan nilai tingkat kelembaban. Semakin banyak air membuat tanah lebih mudah menghantarkan listrik (resistansi kecil), sedangkan tanah yang kering sangat sulit menghantarkan listrik (resistansi besar)[8]. Hasil output dari sensor kelembaban tanah berupa ADC value yang merupakan nilai analog dari 0 sampai 1023[15]. Melihat dari kebutuhan kelembaban tanah pada lokasi sampah antara 60% sampai 80% maka nilai dari ADC value di rubah menjadi nilai presentase.

### c. Sensor Bau

Sensor bau adalah sensor gas yang dapat mendeteksi kondisi udara disekitarnya, dengan mendefinisikan jenis gas yang ada di udara. Sensor ini sangat sensitif dan variatif terhadap kondisi udara yang terjadi, dengan type disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Type Sensor Bau TGS 260xx

Sensor type	Number of units	Target gases
TGS2611	1	Methane
TGS2612	1	Methane, Propane, Butane
TGS2610	1	Propane
TGS2600	1	Hydrogen, Carbon Monoxide
TGS2602	2	Ammonia, $H_2S$ , Volatile Organic Compounds (VOC)
TGS2620	2	Carbon Monoxide, combustible gases, VOC



#### d. Modul GSM SIM 900A

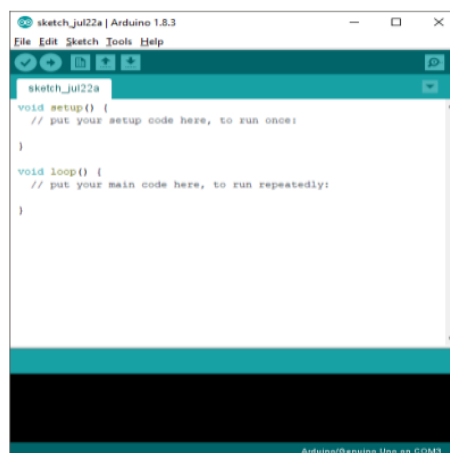
GSM/GPRS shields, adalah sebuah shield untuk Arduino yang didasarkan pada modul SIM 900. Shield ini, dikontrol melalui pada perintah (GSM dan SIMCOM yang ditingkatkan pada perintahnya), dan sepenuhnya kompatibel dengan Arduino Uno dan Mega.



Gambar 3 Modul Gsm SIM 900

#### e. Perangkat Lunak

IDE (Integrated Development Environment) yang diperuntukan untuk membuat perintah atau source code, melakukan pengecekan kesalahan, kompilasi, upload program, dan menguji hasil kerja arduino melalui serial monitor.



Gambar 5. Arduino IDE

#### f. Hasil Rancangan Model IoT

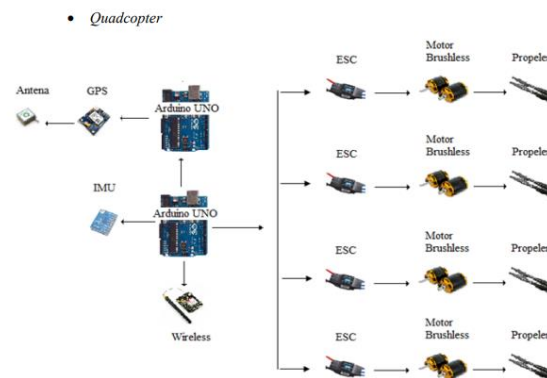
Model arsitektur IoT dikembangkan dengan input berupa sensor kelembaban tanah, untuk memberikan masukan ke dalam sistem mikrokontroler bahwa telah terjadi kelembaban tanah yang tinggi. Selain itu sensor gerak untuk memonitor posisi dari mobil angkutan



sampah, serta lokasi dengan berbasis modul GSM SIM900. Hal ini perlu untuk mengukur mobilitas mobil angkutan sampah. Sensor udara digunakan untuk memberikan input berupa bau busuk sebagai hasil proses penimbunan sampah. Proses ditampilkan dalam indikator, dengan tindakan sbb :

- Jika tanah lembab, maka lakukan proses penguraian tumpukan sampah
- Jika bau busuk meningkat, lakukan pemindahan tumpukan (dibalik), dengan model sanitary landfill (memperluas area penimbunan, sehingga terkena sinar matahari) untuk mempercepat pengeringan sampah
- Monitor posisi truk memudahkan untuk mengendalikan mobilitas angkutan truk, agar tidak terlalu lama berhenti ditempat yang tidak seharusnya, sehingga bisa melakukan tugas pengangkutan sampah dari lokasi TPS (tempat pembuangan sementara).

Hasil perancangan ini, disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak *tinkercad*, sebelum dirancang dalam perangkat keras. *Tinkercad* mampu memberikan fungsi input, dan respon dari program mikrokontroler dalam bentuk output, sebagai tanggapan atas sinyal input. Luaran dari Arduino Uno menggunakan model *Quad Coupler* untuk menggerakkan saklar dalam memicu arus listrik, sehingga dapat menggerakkan serangkaian mesin yang ada dalam TPA Randegan. Mesin ayakan yang digunakan untuk memilah sampah, mesin press sampah plastik, mesin pemanas (incinerator menengah), serta mesin untuk ban berjalan (conveyor) yang digunakan untuk memindahkan sampah ke mesin penampung sampah organik. Sensor kelembaban digunakan untuk mendeteksi kondisi bak penampungan sampah terhadap bau dan proses pembusukan yang terjadi. Jika sensor mendeteksi adanya proses pembusukan berlebihan, maka indikator pengukuran pencemaran udara akan ditampilkan dalam layar monitor, beserta buzzer alarm.



Gambar 5 Rancangan *Quad Coupler*

Sebagai penutup, agar pengelolaan sampah dapat dikelola secara efisien, dibutuhkan disain induk dalam pengelolaan sampah di Mojokerto. Hal ini dibutuhkan agar IoT yang dikembangkan dapat operasional di seluruh lapisan pengguna. Selain itu dibutuhkan perangkat aturan dalam hal pengelolaan sampah terpadu, ramah lingkungan dan mendukung pembangunan berkelanjutan. Diharapkan dengan menerapkan pengolahan sampah sejak dini (berbasis teknologi IoT) , serta dengan alat-alat yang modern dapat menjadi efisien dalam prosesnya.

#### 4. KESIMPULAN

IoT dapat meningkatkan kinerja pengelolaan sampah mulai dari transportasi, penimbunan, penyimpanan dan proses pembusukan sampah secara efisien. Kunci pengelolaan sampah adalah kesadaran masyarakat, dengan inisiator pemerintah daerah untuk merencanakan, melaksanakan, mengendalikan dan mengawasi pemanfaatan teknologi pengolahan sampah yang ramah lingkungan.

Sistem manajemen sampah terpadu yang dikembangkan harus merupakan sistem manajemen yang berbasis pada masyarakat yang dimulai dari pengelolaan sampah di tingkat rumah tangga. Hal ini sebagai solusi akhir bagi model pengelolaan sampah terpadu untuk pembangunan berkelanjutan.

Sebagai saran, dibutuhkan paradigma baru dalam pengelolaan sampah, dengan memandang sampah sebagai peluang (berkah). Hal ini bisa dilaksanakan dengan pemanfaatan teknologi untuk menghasilkan barang/produk yang bernilai ekonomi. Sebagai contoh, proses daur ulang untuk menghasilkan minyak bakar, gas metan, abu untuk campuran beton ringan, energi listrik, daur ulang kertas, plastik, dll.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih perlu kami sampaikan kepada Dinas Lingkungan Hidup Pemerintah Kota Mojokerto, yang telah memberikan banyak bantuan dan dukungan moril bagi kami selama pelaksanaan penelitian ini.

### REFERENCES

- Aboejoewono, A. 1985. *Pengelolaan Sampah Menuju ke Sanitasi Lingkungan dan Permasalahannya; Wilayah DKI Jakarta Sebagai Suatu Kasus*. Jakarta.
- Dinas Kebersihan Kota DKI Jakarta. 1985. *Permasalahan dan Pengelolaan Sampah Kota Jakarta*. Jakarta.
- Murtadho, D. dan Sa'id, E. G. 1988. *Penanganan Pemanfaatan Limbah Padat*. Sarana Perkasan. Jakarta.
- Tiwow, Clara., dkk, 2003. *Makalah Pengantar Falsafah Sains (PPS702)*, Program Pasca Sarjana IPB, Bogor  
Posted: 1 May 2003.
- Danang Setiaji, 2018, *Apa Itu Smart City dan Tantangan Penerapannya di Indonesia*.  
<https://id.techinasia.com/apa-itu-smart-city-dan-penerapan-di-indonesia>
- Naashir, 2014, *Smart City*, <https://naashir.wordpress.com/2014/11/07/smart-city/>
- NN., 2017, *Smart City 4.0*, <https://berkeleySMARTcities.com/>
- Shinta Esabella, 2016, *Menuju Konsep Smart City*, Universitas Teknologi Sumbawa, NTB.
- Benazzouz. Y, Munilla. C, Gunalp. O, Gallissot. M, Gurgun . L, "Sharing User IoT Devices in the Cloud" in *IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, pp. 373-374, 2014.
- IEEE Standard for Adoption of OpenFog Reference Architecture for Fog Computing," in *IEEE Std 1934-2018* , vol., no., pp.1-176, 2 Aug. 2018.
- Tang. B, Chen. Y, Hefferman. G, Pei. S, Wei. T, Yang. Qing "Incorporating Intelligence in Fog Computing for Big Data Analysis in Smart Cities" in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, pp. 1-11, 2016.
- V. C. G'ung'or, D. Sahin, T. Kocak, S. Erg'ut, C. Buccella, C. Cecati, and G. P. Hancke, "Smart grid technologies: communication technologies and standards," *IEEE transactions on Industrial informatics*, vol. 7, no. 4, pp. 529–539, 2011.
- W. Su, H. Eichi, W. Zeng, and M.-Y. Chow, "A survey on the electrification of transportation in a smart grid environment," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2012.
- H. Chourabi, T. Nam, S. Walker, J. R. Gil-Garcia, S. Mellouli, K. Nahon, T.A.Pardo, and H.J.Scholl, "Understanding smart cities: Anintegrative framework," in *International Conference on System Science (HICSS)*, pp. 2289–2297, 2012.