

## PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING UNTUK PELAPORAN SAMPAH BERBASIS TEKNOLOGI EMBEDDED

### DESIGN AND IMPLEMENTATION MONITORING SYSTEM FOR REPORTING WASTE BASED EMBEDDED TECHNOLOGY

Almuchlisin,A.Md<sup>1</sup>,Agung Nugroho Jati,S.T.,M.T.<sup>2</sup>, Umar Ali Ahmad,S.T.,M.T.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Sistem Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>almuchlisin.uul@gmail.com,<sup>2</sup>agungnj@telkomuniversity.ac.id,<sup>3</sup>uaa@ypt.or.id

#### Abstrak

Pengumpulan sampah merupakan salah satu masalah logistik yang paling kompleks untuk dihadapi di kota manapun. Salah satu bentuk pelayanan pengumpulan sampah yang diberikan pemerintah daerah ialah mobil pengangkut sampah yang digunakan untuk mengangkut sampah dari TPS ke TPA. Terkadang pengangkutan sampah di TPS yang dilaksanakan mobil pengangkut tersebut sangat lambat sehingga mengakibatkan penumpukan timbunan sampah yang melebihi kapasitas TPS. Karena timbunan sampah yang meluap sehingga memasuki badan jalan dan menjadikan daerah terlihat sangat kumuh. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dibangun sebuah sistem untuk membantu mengetahui keadaan kepenuhan sampah. Sistem yang dibangun memanfaatkan kemampuan ultrasonic untuk mendapat data ketinggian sampah dan juga memanfaatkan jaringan radio untuk berkomunikasi data yang diperoleh. Sistem yang dipasang dalam sebuah TPS diberi nama Smart Trash System (STS). Data kepenuhan hasil pemantauan sampah akan dikirim ke sebuah sistem yang bernama Local Base Station (LBS) untuk kemudian dikirim ke server. STS dapat mengidentifikasi tingkat kepenuhan sampah dari TPS. Akurasi tingkat keberhasilan STS untuk mengidentifikasi kepenuhan sampah berdasarkan percobaan implementasi skala TPS 1:2 dari ukuran TPS asli 10M3 dengan tingkat akurasi sebesar 94% sesuai dengan kondisi tingkat kepenuhan sampah. STS dapat terintegrasi dengan sistem LBS menggunakan komunikasi radio dengan konsep Wireless Sensor Network (WSN) dengan topologi star dengan waktu pengiriman 41 ms. Jarak ideal dalam pengiriman data menggunakan komunikasi radio nRF24L01+ yakni maksimum 300 meter. Data tingkat kepenuhan sampah yang telah diidentifikasi STS dapat diteruskan oleh LBS untuk dikirim ke server dengan mengirimkan parameter id perangkat dan tinggi ruang kosong pada TPS dengan waktu pengiriman ke server 0.3 menit.

**Kata Kunci:** Sistem Monitoring Sampah, Sensor Ultrasonik, GSM, Smart Trash System (STS), Local Base Station (LBS) dan Wireless Sensor Network (WSN).

#### Abstract

Garbage collection is one of the most complex logistical problems to be faced in any city. Sometimes waste transportation at TPS implemented vans are very slow, resulting in a buildup of waste that exceeds the capacity of TPS. Because the overflow of waste that enters the body and make the area look very rundown. To overcome these problems, built a system to help determine the state of fullness of the garbage. The system was built utilizing ultrasonic ability to obtain elevation data garbage and also utilize radio network to communicate data. The system is installed in a polling station named Smart Trash System (STS). Data fullness trash monitoring results will be sent to a system called the Local Base Station (LBS) to be sent to the server. STS can identify the level of fullness of garbage from TPS. Accuracy STS success rate for identifying the fullness of trash properly is 90.13% in accordance with the conditions of the fullness level of trash. STS can be integrated with LBS system using radio communication with the concept of Wireless Sensor Network (WSN) with star topology within less than five meters with a delivery time 41 ms. Data fullness level waste that has been identified STS can be forwarded by LBS to be sent to the server by sending devices and high-id parameter empty space on the TPS-time delivery to the server 0.3 minutes.

**Keyword :** Waste Monitoring System, Ultrasonic Sensors, GSM, Smart Trash System (STS), Local Base Station (LBS) and Wireless Sensor Network (WSN).

## 1. Pendahuluan

Pengumpulan sampah adalah salah satu masalah logistik yang paling kompleks yang dihadapi kota manapun [1]. Dalam beberapa tahun terakhir kenaikan harga BBM, biaya operasional dan beban regulasi yang berkembang telah menyebabkan perusahaan pengumpulan sampah baik negara maupun swasta untuk mengoptimalkan rute pengumpulan sampah mereka [1]. Menurut penelitian VN. Bhat biaya transportasi merupakan antara 70% dan 80% dari seluruh biaya operasional dalam pengumpulan sampah [2]. Oleh karena itu bahkan perbaikan kecil di rute pengumpulan sampah dapat menyebabkan penghematan besar [1].

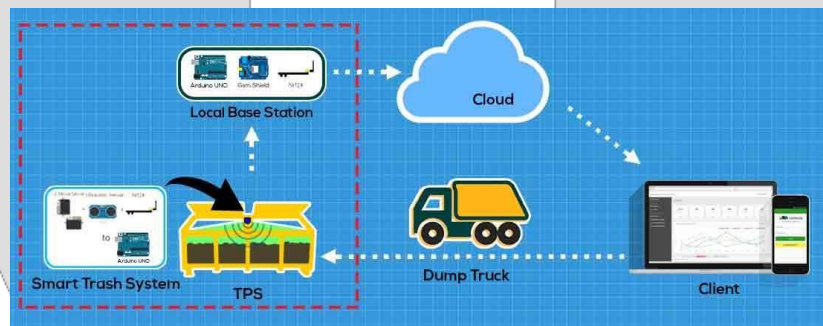
Salah satu bentuk pelayanan yang diberikan pemerintah daerah ialah mobil pengangkut sampah yang digunakan untuk mengangkut sampah dari TPS ke TPA. Terkadang pengangkutan sampah di TPS yang dilaksanakan mobil pengangkut tersebut sangat lamban. Hal ini mengakibatkan penumpukan timbulan sampah yang melebihi kapasitas di tempat penampungan sementara. Ditambah lagi dengan volume sampah sangat tidak sepadan dengan besarnya tempat penampung untuk pembuangan sementara. Karena timbulan sampah yang meluap, sampah sangat berserakan hingga memasuki badan jalan dan menjadikan daerah terlihat sangat kumuh [4].

Saat ini, metode pengangkutan sampah dilakukan dengan cara mengambil semua sampah yang ada dengan mendatangkannya secara langsung. Tidak peduli kontainer sampah dalam keadaan penuh atau tidak. Pengumpulan data status TPS dilakukan menggunakan embedded system yang berkomunikasi dengan metode komunikasi menggunakan paket data melalui modul *Global System for Mobile Communications (GSM) / General Packet Radio Service, (GPRS)*. Berdasarkan perhitungan server maka akan diberitahu TPS terdekat untuk di ambil berdasarkan lokasi terdekat dari TPS sehingga dapat mempercepat pengambilan sampah agar tidak terjadi penumpukan terlalu lama.

## 2. Perancangan Sistem

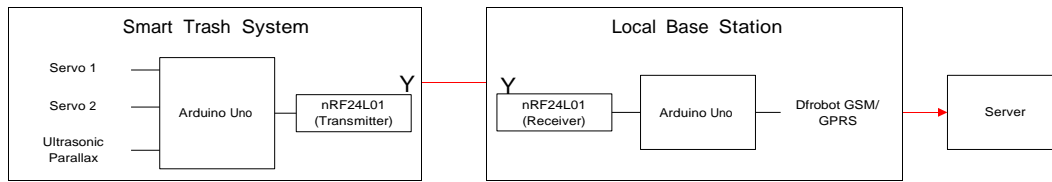
Secara umum, system pengumpulan sampah di bagi atas 2 bagian utama yaitu system sensor banjir yang akan di berinama *Smart Trash System (STS)*, Sistem Komunikasi yang juga di berinama *Local Base Station (LBS)*, dan juga aplikasi pengguna berupa web dan juga mobile application.

Adapun system pengumpulan sampah ini menggunakan sensor ultrasonic sebagai pengukur ketinggian sampah yang dihitung menggunakan perhitungan berulang agar data yang di dapat lebih akurat. STS di tempatkan pada Tempat Pembuangan Sementara (TPS) yang biasa di sebar di seluruh daerah. STS di tempatkan pada bagian atas TPS agar dapat mengukur dengan tepat untuk mendapatkan ketinggian sampah. Sementara system komunikasi data menggunakan konsep *Wireless Sensor Network (WSN)* dengan menggunakan perangkat nRF agar dapat mengirim hasil ketinggian data suatu TPS dari setiap sensor yang terpasang pada TPS ke sebuah LBS. selanjutnya setelah data ketinggian sampah di dapat oleh LBS maka data tersebut dikirm ke server menggunakan AT Command. Setelah data ketinggian di kirim ke server selanjutnya server akan menghitung data dan membuat perhitungan jarak terpendek menggunakan algoritma yang telah dibuat agar selanjutnya bias di buat list pengambilan TPS berdasarkan nilai *cost* terendah secara otomatis.



Gambar 1 Gambaran Umum Sistem

Berikut diagram blok system yang direalisasikan pada gambar



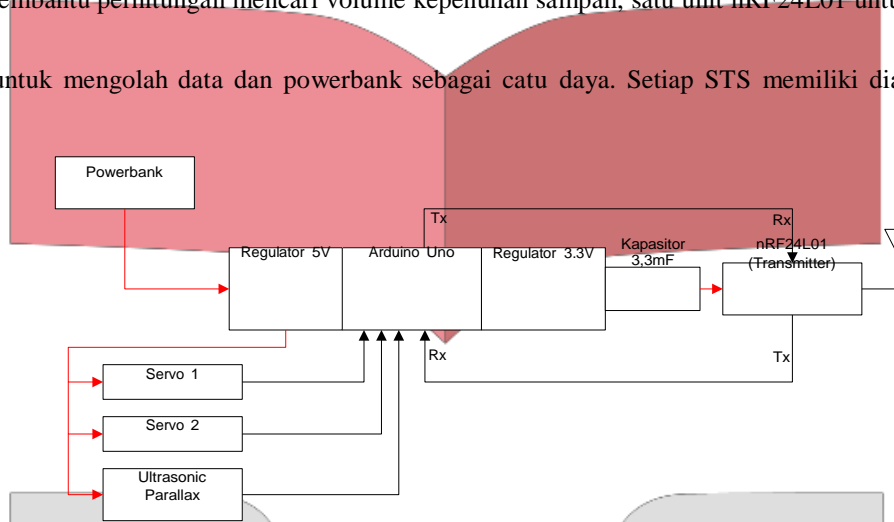
Gambar 2 Diagram Blok Sistem

a. Perancangan Smart Trash System (STS)

Smart trash system (STS) bertujuan untuk mencari tingkat kepenuhan sampah suatu TPS. Data yang di cari berupa variable ketinggian sampah dan juga identitas TPS.

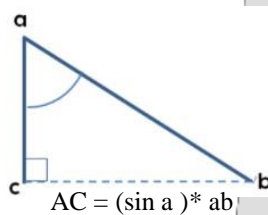
Setiap Smart trash system terdiri atas satu unit sensor ultrasonic untuk mengukur ketinggian sampah, dua unit servo untuk membantu perhitungan mencari volume kepenuhan sampah, satu unit nRF24L01 untuk pengiriman data ke LBS ,

Arduino untuk mengolah data dan powerbank sebagai catu daya. Setiap STS memiliki diagram blok seperti berikut :



Gambar 3 Diagram Blok STS

Untuk mendapatkan sebuah ketinggian volume kepenuhan sampah menggunakan rumus pencarian salah satu sisi dari segitiga.



Gambar 4 Trigonometri Segitiga

Ultrasonik berfungsi untuk mencari jarak a ke b. jarak tersebut di buat menjadi satuan centimeter (cm). 2 unit servo berfungsi untuk mencari sudut a. dengan demikian ketinggian sampah bisa didapatkan dengan rumus tersebut. Scan dilakukan secara berulang agar mendapatkan data yang lebih akurat.

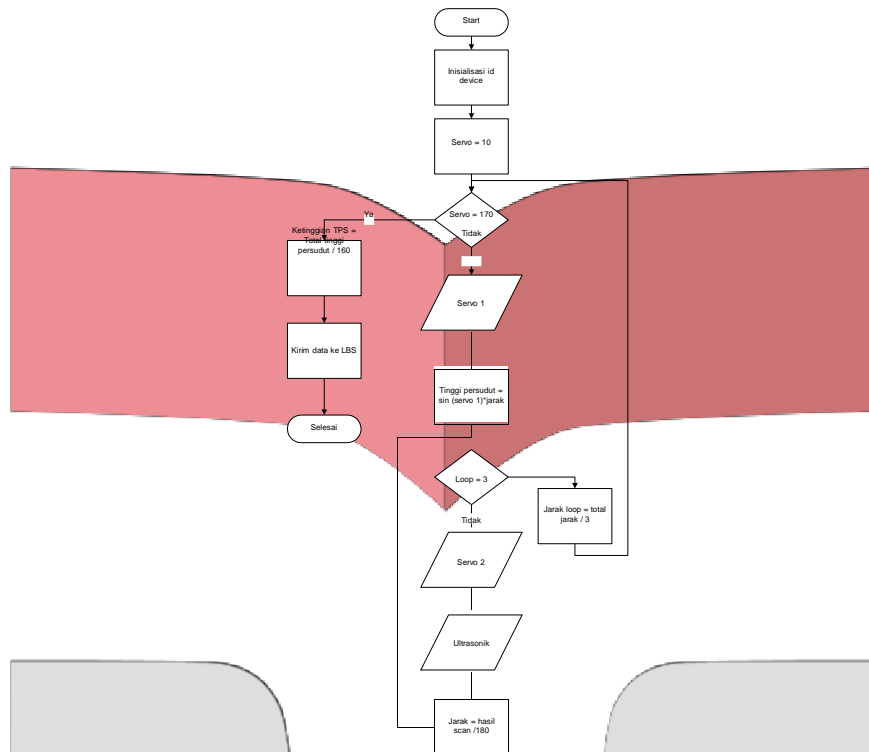
Setelah mendapatkan parameter ketinggian kepenuhan sampah kemudian dalam system juga di masukkan id dari alat agar mudah dalam pengelolaan data. Setelah itu data yang di kirim ke LBS yakni berupa id\_device dan total tinggi kepenuhan sampah. Alat STS akan disimpan pada bagian atas TPS.

Diagram *flowchat* perancangan perangkat lunak untuk STS yaitu untuk mendapatkan tingkat kepenuhan sampah di butuhkan pencarian jarak dari bagian atas TPS ke dasar TPS.

Servo 1 berfungsi untuk mendapatkan sudut untuk dimasukan kedalam perhitungan Trigonometri pada segitiga. Servo 1 akan dimulai dari kemiringan 10° dan akan terus bertambah 10°. Servo 2 berfungsi untuk membantu ultrasonic mencari jarak kemiringan. Jarak tersebut akan dicari berulang selama tiga kali agar mendapatkan data yang akurat. Data terebut di hitung rata-rata perhitungannya kemudian hasil data jarak tersebut akan dimasukkan ke dalam perhitungan Trigonometri yakni sebagai jarak kemiringan segitiga.

Setelah semua parameter perhitungan telah mendapatkan hasilnya maka selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata total dari seluruh perhitungan. Sebelum pengiriman ke LBS, STS yang terpasang di TPS akan di berikan identitas perangkat agar mudah dalam pengelolaan lebih lanjut. Setelah di berikan identitas perangkat selanjutnya data yang di kirim adalah data rata-rata tingkat kepenuhan sampah.

Data yang dikirim yaitu dengan parameter identitas perangkat dan angka tingkat kepenuhan sampah. Data tersebut dikirim ke LBS melalui sinyal radio frekuensi yang terdapat pada perangkat nRF.

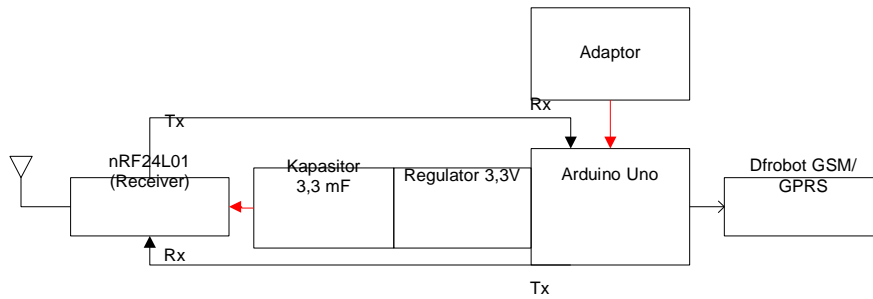


Gambar 5 Flowchart STS

b. Perancangan Local Base Station (LBS)

Local base station (LBS) merupakan sebuah stasiun pengiriman data. Data dari setiap STS dikirim ke LBS untuk kemudian dikirim keserver. Hal ini ditujukan untuk menghebat dalam penggunaan bandwidth dan juga cost untuk setiap pengiriman data STS.

Setiap LBS terdiri atas satu unit receiver nRF24L01 untuk penerimaan data dari masing-masing STS, satu unit modul DFRobot GSM/GPRS/GPS v.3 untuk pengiriman data ke server dan satu unit Arduini Uno untuk pengolahan data sementara. Catu daya yang di gunakan LBS menggunakan Adaptor AC. LBS memiliki diagram blok seperti berikut :

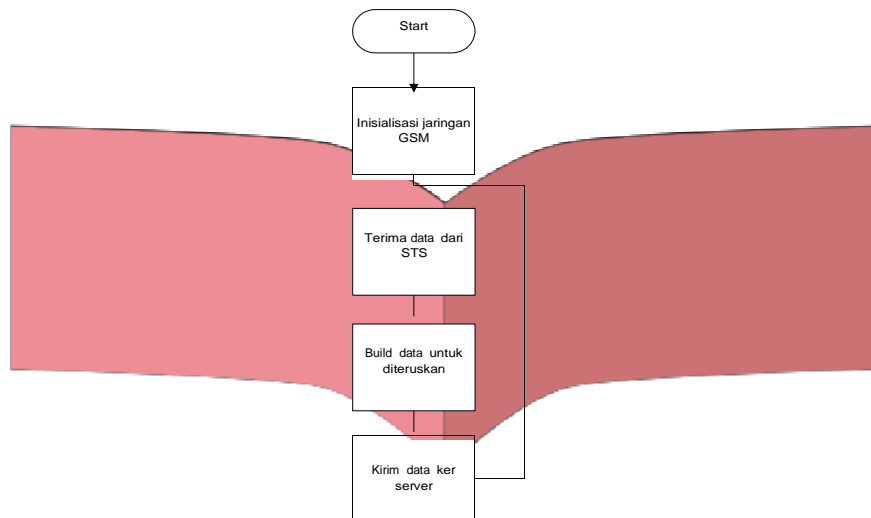


Gambar 6 Diagram Blok LBS

Adaptor berfungsi untuk menjaga kestabilan perangkat keras. Karena untuk pengiriman data ke server dibutuhkan catudaya yang konstan. Perangkat nRF24L01 difungsikan sebagai untuk menerima seluruh data yang dikirim oleh perangkat STS. Kemudian data diolah oleh Arduino Uno untuk kemudian dikirim data tersebut ke server menggunakan modul GSM/GPRS.

Diagram *flowchart* perancangan perangkat lunak untuk LBS yaitu untuk meneruskan data yang telah dikirim dari STS. Setelah data STS diterima kemudian LBS akan mengolah data tersebut untuk kemudian dikirim ke server.

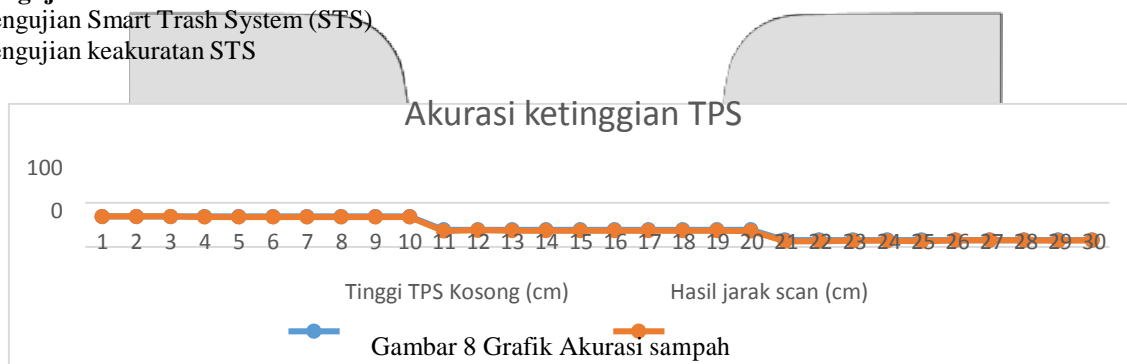
LBS akan melakukan inisialisasi jaringan, ketika sudah mendapat jaringan maka selanjutnya LBS akan menunggu data dari STS. Setiap data yang di terima kemudian akan di build ulang sebelum dikirim ke server. Data yang diterima berupa data integer kemudian akan mengirim kan kembali data tersebut. Format data yang dikirim ke server berupa data JSON dan parameter yang dikirim yaitu device id dan tingkat kepenuhan sampah.



Gambar 7 Flowchart LBS

### 3. Pengujian Sistem

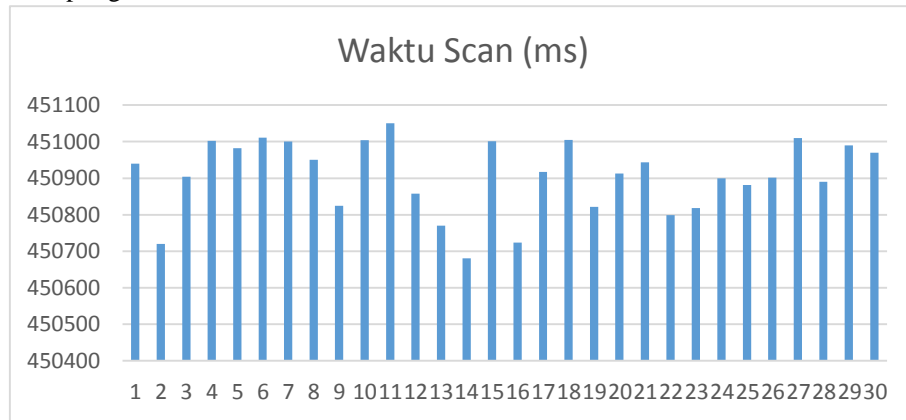
- a. Pengujian Smart Trash System (STS)
- 1. Pengujian keakuratan STS



Gambar 8 Grafik Akurasi sampah

Hasil Pengujian akurasi sampah, dalam 15 percobaan sampling yakni sampah kosong, sampan dalam keadaan setengah isi dan sampah dalam keadaan penuh akurasi sampah yaitu 90.13%.

2. Pengujian waktu sampling



Gambar 9 Grafik waktu sampling

Hasil pengujian waktu pengambilan sampling, untuk mendapatkan satu perhitungan rata-rata ketinggian sampah yakni 450913,133 ms, 7.515218888333333 menit. Atau sekitar 7,5 menit setiap sekali pengambilan sampling.

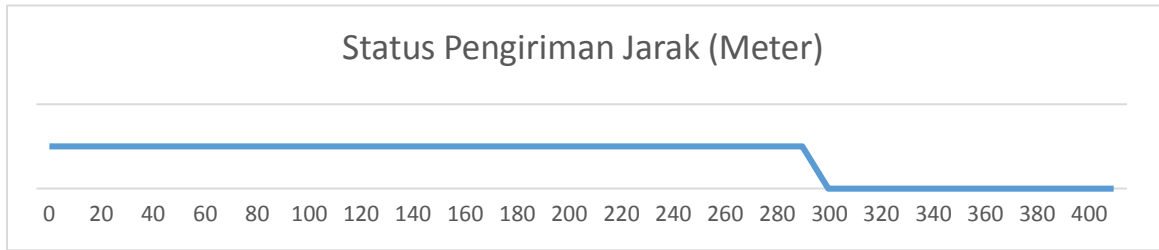
b. Pengujian Local base station (LBS)

1. Pengujian komunikasi STS dengan LBS

Percobaan	Kirim Data	Terima Data	Keterangan	Waktu
1	12465	12465	Sesuai	41ms
2	12465	12465	Sesuai	41ms
3	12464	12464	Sesuai	41ms
4	12465	12465	Sesuai	41ms
5	12465	12465	Sesuai	41ms
6	12433	12433	Sesuai	41ms
7	12432	12432	Sesuai	41ms
8	12433	12433	Sesuai	41ms
9	12433	12433	Sesuai	41ms
10	12434	12434	Sesuai	41ms
11	12412	12412	Sesuai	41ms
12	12412	12412	Sesuai	41ms
13	12411	12411	Sesuai	41ms
14	12411	12411	Sesuai	41ms
15	12412	12412	Sesuai	41ms

Hasil pengujian komunikasi dengan STS dapat disimpulkan bahwa data yang diterima sesuai dengan data yang dikirim. Tingkat keberhasilan sistem untuk mempresentasikan data masukan adalah 100%. Waktu yang dibutuhkan setiap pengiriman data ke STS dalam jarak kurang dari 5 meter yaitu 41ms.

2. Pengujian jarak komunikasi dengan STS



Hasil pengujian jarak komunikasi dengan STS dapat disimpulkan bahwa jarak ideal data yang diterima sesuai dengan data yang dikirim yaitu 300 meter pada lapangan terbuka, terjadi penurunan kualitas sinyal apabila ujicoba dilakukan pada jarak lebih dari 300 meter.

3. Pengujian komunikasi dengan Server

No	Kirim Data	HTTP BODY
1	12465	Array (id] => 124 [tinggi]=>65 )
2	12465	Array (id] => 124 [tinggi]=>65 )
3	12464	Array (id] => 124 [tinggi]=>64 )
4	12465	Array (id] => 124 [tinggi]=>65 )
5	12465	Array (id] => 124 [tinggi]=>65 )
6	12433	Array (id] => 124 [tinggi]=>33 )
7	12432	Array (id] => 124 [tinggi]=>32 )
8	12433	Array (id] => 124 [tinggi]=>33 )
9	12433	Array (id] => 124 [tinggi]=>33 )
10	12434	Array (id] => 124 [tinggi]=>34 )
11	12412	Array (id] => 124 [tinggi]=>12 )
12	12412	Array (id] => 124 [tinggi]=>12 )
13	12411	Array (id] => 124 [tinggi]=>11 )
14	12411	Array (id] => 124 [tinggi]=>11 )
15	12412	Array (id] => 124 [tinggi]=>12 )

Hasil pengujian komunikasi dengan server dapat disimpulkan bahwa data yang dikirimkan sesuai dengan data yang diterima. Tingkat keberhasilan sistem mempresentasikan data masukan adalah 100%. Hal ini dikarenakan tidak ada proses kirim terima data tingkat kepenuhan sampah.

4. Pengujian waktu LBS

Keterangan	delay (ms)
Start GSM	25000
Inisialisasi GSM	22000
Send GPRS	22000

Berdasarkan hasil pengujian waktu yang diperlukan LBS untuk menginisialisasi GSM yakni sebesar 47000 ms. Atau sekitar 0.7 menit sebelum data yang dikirim oleh STS masuk ke LBS. untuk meneruskan data yang diterima oleh STS dan dikirim ke server dibutuhkan waktu 22000 ms atau sekitar 0.3 menit.



## 5. Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. *Smart Trash System* (STS) dapat mengidentifikasi tingkat kepenuhan sampah dari TPS. Akurasi Tingkat keberhasilan STS untuk mengidentifikasi kepenuhan sampah dengan benar adalah 90.13 % sesuai dengan dengan kondisi tingkat kepenuhan sampah.
2. STS dapat terintegrasi dengan sistem *Local Base Station* (LBS) menggunakan komunikasi radio dengan konsep *Wireless Sensor Network* (WSN) dengan topologi *star* untuk mengirimkan informasi rata-rata tingkat kepenuhan sampah dengan waktu pengiriman 41 milisecond. Jarak ideal dalam pengiriman data menggunakan komunikasi radio nRF24L01+ yakni maksimum 300 meter.
3. Data tingkat kepenuhan sampah yang telah di identifikasi STS dapat diteruskan oleh LBS untuk dikirim ke server dengan mengirimkan id perangkat dan tinggi ruang kosong pada TPS dengan waktu pengiriman ke server 0.3 menit.

### Saran

Hasil dari tugas akhir ini dirasa belum maksimal, pengembangan harus terus dilakukan terus dalam sistem ini pada penelitian selanjutnya. Adapun aspek-aspek yang perlu diteliti lebih lanjut yakni sebagai berikut.

1. Dalam identifikasi mencari ketinggian sampah, untuk memperkecil presentasi kesalahan perlu dilakukan pembaruan konsep perhitungan untuk sampah yang penuh agar blank spot yang ada bisa terhitung.
2. Pengembangan lebih lanjut pada konsep komunikasi untuk menggunakan topologi lain agar mengurangi penggunaan LBS.
3. Metode pengiriman data ke server menggunakan metode POST agar data yang dikirim lebih aman.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] I. Markov, S. Varone and M. Bierlaire, "Vehicle Routing for a Complex Waste Collection Problem," 2014.
- [2] V. N. Bhat, "A Model for the Optimal Allocation of Trucks for Solid Waste Management," 1996.
- [3] S. D. d. M. Chaerul, "EVALUASI SISTEM PENGANGKUTAN SAMPAH DI WILAYAH BANDUNG UTARA," 6 2010.
- [4] L. A. P. S1, "PELAKSANAAN PERATURAN DAERAH NOMOR 2 TAHUN 2010 TENTANG PENGELOLAAN SAMPAH DI KELURAHAN PETUNG KECAMATAN PENAJAM KABUPATEN PENAJAM PASER UTARA," 2013.
- [5] P. K. K. Bandung, "Bandung," 1 July 2008. [Online]. Available: <http://www.bandung.go.id/index.php?fa=dilemtek.detail&id=41>. [Accessed 4 Desember 2014].
- [6] S. S. S. Lisye Fitria, "PENENTUAN RUTE TRUK PENGUMPULAN DAN PENGANGKUTAN SAMPAH DI BANDUNG," 2009.
- [7] R. H. Gresi Dwiretno, "Pengukuran Tunggal dan Pengukuran Berulang," *Pengukuran*, vol. V, p. 5, 2014.
- [8] R. S. S. Ahmad Khamdi Musthofa, "MONITORING SYSTEM OF RIVER WATER LEVEL USING MICROCONTROLLER 8535 BASED ULTRASONIC SENSOR," p. 11, 2008.
- [9] R. P. S. Muhamad Bagus Kurniawan, "ROBOT PEMBEDA WARNA BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA328," *ROBOT PEMBEDA WARNA BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA328*, vol. V, pp. 20-25, 2015.
- [10] I. M. M. E. E. a. S. Ramakrishnan, "Wireless Sensor Networks," in *From Theory to Applications*.
- [11] Nordic, "nRF24L01," in *nRF24L01 Single Chip 2.4 GHz Transceiver product Specification*, Nordic, pp. 11-15.
- [12] P. R. S. K. M. A. D. L. S. Dr. S. Padmapriya M.E., "E-TRACKING SYSETEM FOR MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT USING RFID TECHNOLOGY," 2000.
- [13] S. A. B. R. K. M. S. Adil Bashir, "Concept, Design and Implementation of Automatic Waste," Vols. Volume: 1 Issue: 2 08-Feb-2014,ISSN\_NO: 2347 -7210, 2014.
- [14] U. S. D. S. Abhishek N. Tripathi, "Hardware Implementation of GPRS Enabled Embedded Server for Remote Access Terminal," 9 2 2013.
- [15] R. A. Rufaidah, "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING TUMPUKAN SAMPAH BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN NOTIFIKASI MEDIA SOSIAL," 2014.
- [16] A. Bartoli, "Secure Lossless Aggregation for Smart Grid M2M Networks," 2010.
- [17] S. S. S. Lisye Fitria, "PENENTUAN RUTE TRUK PENGUMPULAN DAN," 2009.