

Efisiensi Daya Pada *Smartlock Bike-Sharing* Berbasis LoRaWAN Dengan Metode *GPS Duty Cycle*

Alfian Andi Nugroho*¹, Ahmad Ashari ²,

¹Program Studi Ilmu Komputer, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

²Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

e-mail: *¹alfian.andi.n@mail.ugm.ac.id, ² ashari@ugm.ac.id

Abstrak

Bike-sharing atau yang biasa dipanggil *Public-Use Bicycle (PUB)*, *Bycycle Transit*, atau *Smartbike* adalah sistem rental sepeda jangka pendek yang memungkinkan pengguna untuk meminjam sepeda dari *self-serve bike-sharing station* ke sebuah titik. Akibat adanya kemajuan teknologi, sistem *bike-sharing* yang dulu sederhana, sekarang juga memanfaatkan teknologi dalam operasionalnya. Sistem *bike-sharing* modern dilengkapi dengan teknologi IoT dan GPS yang berguna untuk mengirimkan data lokasi aktual sepeda, kondisi lock sepeda, atau bahkan untuk komunikasi M2M dengan stasiun atau sepeda lain. Akan tetapi pengiriman data ini bisa menyebabkan baterai cepat habis karena seringkali pengiriman dan menggunakan GSM membutuhkan daya yang cukup besar yakni 200 mA ketika mengirim data dan 80 mA ketika menerima, sehingga dibutuhkan solusi alternatif untuk bisa dilakukan penghematan daya. Oleh karena itu, *GPS Duty cycle* digunakan sebagai metode untuk bisa meningkatkan efisiensi daya pada *smartlock*. Selain menggunakan *GPS Duty cycle*, penelitian ini juga menggunakan LoRa sebagai media pengiriman data yang mana memiliki penggunaan daya yang lebih rendah dibandingkan teknologi GSM. Hasil dari penelitian ini adalah algoritma *duty-cycle* dapat meningkatkan efisiensi penggunaan daya hingga 59% jika dibandingkan *smartlock* yang tidak menggunakan algoritma *duty-cycle*. Selain itu juga didapatkan LoRa berhasil mengirimkan data hingga jarak 750 meter dengan presentase keberhasilan pengiriman adalah 39,3 persen.

Kata kunci— LoRaWAN, *GPS Duty cycle*, efisiensi daya, *bike-sharing*.

Abstract

Bike-sharing or commonly called *Public-Use Bicycle (PUB)*, *Bycycle Transit*, or *Smartbike* is a short-term bicycle rental system that allows users to borrow bikes from a *self-serve bike-sharing station* to a point. Due to technological advances, the *bike-sharing* system that was once simple, now also utilizes technology in its operations. The modern *bike-sharing* system is equipped with IoT and GPS technology that is useful for sending data on the actual location of the bicycle, bicycle lock conditions, or even for M2M communication with other stations or bikes. However, this data transmission can cause the battery to run out quickly because of frequent sending and using GSM which requires a large enough power that is 200 mA when sending data and 80 mA when receiving, so that an alternative solution is needed to be able to save power. Therefore, the *GPS Duty cycle* is used as a method to increase power efficiency on the *smartlock*. In addition to using the *GPS Duty cycle*, this study also uses LoRa as a data delivery medium which has lower power usage compared to GSM technology. The results of this study are the *duty-cycle* algorithm can increase the efficiency of power usage up to 59% when compared to *smartlocks* that do not use the *duty-cycle* algorithm. It was also found that LoRa succeeded in sending data up to a distance of 750 meters with a successful delivery of 39.3 percent

Keywords—LoRaWAN, power efficiency, *GPS duty cycle*, *bike-sharing*

1. PENDAHULUAN

Bike-sharing atau yang biasa dipanggil *Public-Use Bicycle (PUB)*, *Bycycle Transit*, atau *Smartbike* adalah sistem rental sepeda jangka pendek yang memungkinkan pengguna untuk meminjam sepeda dari *self-serve bike-sharing station* ke sebuah titik. Akibat adanya kemajuan teknologi, sistem *bike-sharing* yang dulu sederhana, sekarang juga memanfaatkan teknologi dalam operasionalnya. Sistem *bike-sharing* modern dilengkapi dengan teknologi IoT dan GPS yang berguna untuk mengirimkan data lokasi aktual sepeda, kondisi *lock* sepeda, atau bahkan untuk komunikasi M2M dengan stasiun atau sepeda lain. Dengan teknologi sekarang, *bike-sharing* bisa memiliki banyak skema. Secara garis besar terdapat dua skema dalam sistem *bike-sharing*, yakni skema *docking* dan *dockless* [1]. Skema *docking* memang skema yang sedang banyak dipakai, namun sekarang dunia sedang mengarah ke skema *dockless*.

Secara umum, terdapat perbedaan dalam sistem *bike-sharing dockless* dan *docking*. Salah satu perbedaan utama terletak pada sistem location GPS yang mana mengharuskan sepeda pada sistem *dockless* untuk melakukan pin lokasi setiap beberapa menit sekali, berbeda dengan sistem *docking* yang melakukan pin lokasi setiap sampai di *point* atau *station* [2].

Pada pemanfaatannya, skema *dockless* banyak dimanfaatkan untuk *loss-area* seperti taman, candi atau wahana liburan. Hal ini karena luas area cenderung terbatas sehingga lebih memudahkan pengguna untuk menjelajah tanpa khawatir menaruh sepeda kembali ke *dock* dan juga memudahkan operator untuk mengambil sepeda. *Lock* pada *dockless* mengirim data yang cukup kecil yakni kondisi *lock-unlock*, data lokasi dan data baterai. Akan tetapi pengiriman data ini bisa menyebabkan baterai cepat habis karena seringnya pengiriman dan menggunakan GSM membutuhkan daya yang cukup besar yakni 200 mA ketika mengirim data dan 80 mA ketika menerima,[2] Sehingga dibutuhkan solusi alternatif untuk bisa dilakukan penghematan daya *lock* di skema *dockless*.

LoRa adalah salah satu metode pengiriman wireless dengan memanfaatkan sinyal radio pada frekuensi 433 MHz. Teknologi LoRa bisa mengirimkan data sampai dengan 30 km dan bersifat *end-to-end communication*. Selain itu LoRa juga bersifat *low power* yang mana memiliki konsumsi arus sebesar 40 mA untuk pengiriman data, 10 mA ketika menerima dan dapat turun hingga 0.1 mikro-ampere ketika kondisi *sleep* [3]. LoRa bisa digunakan sebagai salah satu solusi untuk digunakan sebagai metode pengiriman data *bike-sharing*. Karena LoRa memiliki potensi penghematan daya hingga 4 kali lipat jika dibandingkan dengan menggunakan metode GSM. LoRa juga memiliki keunggulan dari segi *cost* dan keamanan data karena bersifat *end to end-devices*.

Potensi penghematan pada sistem *bike-sharing* tidak hanya disitu saja. Beberapa sistem *bike-sharing* yang ada mengatur waktu untuk pengiriman data. Sehingga data pada *bike-sharing* tidak perlu dikirimkan setiap waktu. Hal ini memungkinkan *strategi* penghematan yang lebih lanjut [2]. Salah satu metode penghematan yang sering digunakan adalah *GPS duty cycle* yang dapat menyesuaikan pengiriman data GPS berdasarkan kondisi sebelumnya. *GPS duty cycle* pada penelitian sebelumnya mampu melakukan efisiensi daya hingga 50% [4]. Karena sistem *smartlock* pada *bike-sharing* tidak hanya mengirimkan GPS saja, maka penerapan metode *GPS duty cycle* pada *bike-sharing* akan disesuaikan penggunaannya. Penelitian ini akan meneliti mengenai penerapan metode *GPS duty cycle* pada *bike-sharing* berbasis LoRa.

Pada *bike sharing* sendiri terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan diantaranya terdapat penelitian pada *bike sharing* di lingkungan perusahaan (*corporate*), namun hanya meneliti tentang penggunaan hardware dan evaluasi daya pada *smart-lock* tanpa adanya sistem pengiriman data dan GPS[5]. Penelitian lain adalah penelitian pada *bike sharing* pada kampus namun menggunakan skema *IoT mqtt*, pada penelitian tersebut hanya terdapat pengujian konektivitas, tidak ada evaluasi performa daya yang digunakan [6]. Penelitian terbaru *bike-sharing* yang menggunakan LoRa adalah penelitian dari Croce (2019) yang merupakan penelitian pertama yang membahas arsitektur LoRa untuk pengiriman data di *bike-*

sharing [7]. Sejauh ini belum terdapat penelitian yang melakukan upaya efisiensi daya pada *bike-sharing* baik berbasis GSM maupun LoRa.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Perancangan Sistem



Gambar 1. Rancangan Skema Kerja Alat

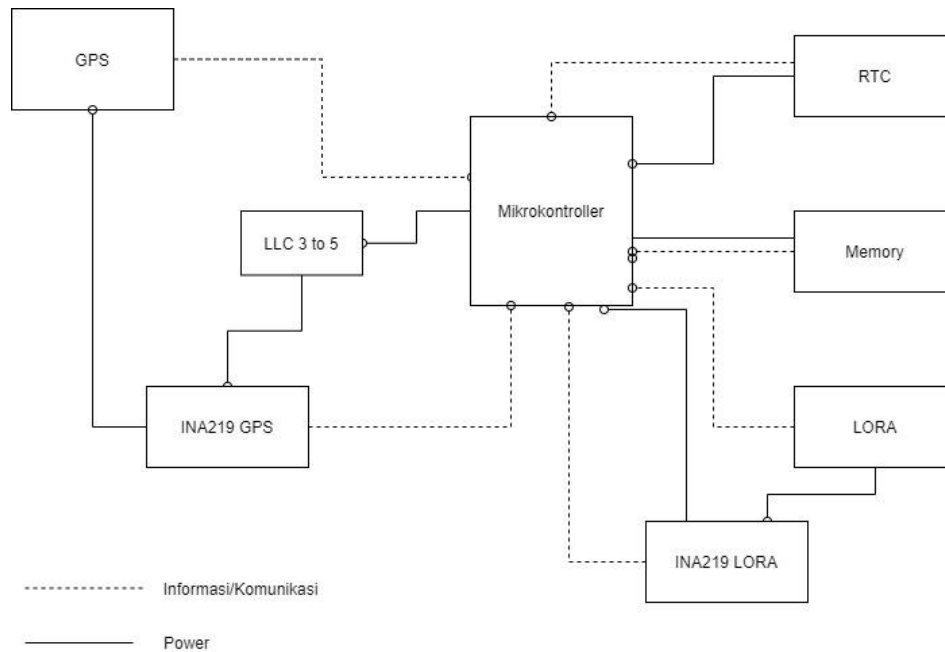
Sistem stasiun sepeda nirkabel yang akan dibuat memiliki rancangan pada Gambar 1. Berdasarkan rancangan tersebut, sepeda yang akan telah dipinjam (status : *unlock*) akan mulai mengambil data lokasi dan daya baterai untuk kemudian parameter-parameter tersebut dikirimkan bersama dengan parameter status *lock*. Parameter tersebut akan dikirimkan melalui LoRa ke *Gateway* yang dibuat dari arduino, LoRa *Transceiver* dan ESP 8266. Dari *gateway* kemudian diteruskan ke server dan ke end user agar dapat dilihat melalui dashboard. Dalam hal ini skemanya menggunakan LoRaWAN *class A* jadi *downlink* akan terjadi jika terdapat *uplink* dan *uplink* dari *gateway* hanya akan terjadi ketika trigger status sepeda *unlock*. Sekali LoRa mengirimkan status *lock* maka *gateway* akan mengirimkan data sekali lagi dan setelah itu tidak terjadi lagi *uplink* hingga status bersifat *unlock*. Skema pengiriman data ini sangat memungkinkan diterapkan pada pengiriman data objek bergerak [8].

2. 1.1 Rancangan Sistem Perangkat Keras

Perangkat keras *smartlock* merupakan perangkat keras yang berfungsi untuk melakukan sistem *locking* dan mengirimkan lokasi terkini dari sepeda yang terpakir dengan system dockless. Sehingga perangkat terdiri dari komponen yang bisa melakukan tracking lokasi, *locking* dan pengiriman data. Dalam penelitian ini seperti yang telah dibahas dalam metodologi, prototype system terdiri dari perangkat GPS, LoRa, RTC, *SD Card*, Motor DC, mikrokontroler ESP32S2 dan 2 sensor INA219. Dari keenam perangkat tersebut secara fungsional dibagi menjadi perangkat untuk sistem sensor dan sistem pengirim serta penyimpanan data. Gambaran besar perangkat keras seperti yang ada pada blok diagram di Gambar 3. Sedangkan bentuk implementasi perangkat keras *Smartlock* terdapat di Gambar 2.



Gambar 2. Implementasi Perangkat Keras *Smartlock*



Gambar 3. Rancangan Blok Diagram Perangkat Keras *Smartlock*

2.1.1.1. Rancangan Perangkat Keras *Smartlock* Bagian Sistem Sensor

Sistem sensor pada *smartlock* merupakan system untuk mendapatkan data yang nantinya akan diproses dan dikirim melalui LoRa dan disimpan di *memory card*. Pada system sensor ini terdapat empat perangkat yakni GPS, RTC dan 2 sensor INA219. GPS berfungsi untuk melakukan tracking posisi *smartlock* yang terpasang di sepeda dan RTC berfungsi untuk mendapatkan data waktu secara real-time. Sedangkan sensor INA219 berguna untuk melakukan pembacaan dan *voltage* yang digunakan GPS dan LoRa. Jenis GPS yang digunakan adalah GPS NEO 6MV2. Sedangkan RTC yang digunakan adalah RTC DS3231.

Perangkat GPS untuk bisa terhubung ke mikrokontroler menggunakan komunikasi UART yang berarti menggunakan TX dan RX untuk pertukaran data dan instruksi dari GPS ke mikrokontroler. Akan tetapi system GPS tidak bisa langsung terhubung ke mikrokontroler karena GPS memiliki *logic voltage* 5 volt, sedangkan mikrokontroler memiliki *logic voltage* 3 volt. Sehingga untuk bisa menghubungkan GPS ke mikrokontroler digunakan *logic level converter* yang menjembatani antara *logic voltage* GPS dan mikrokontroler ESP32S2. Dalam penelitian ini digunakan komunikasi hardware serial 1 untuk GPS ke mikrokontroler, hal ini dikarenakan ESP32S2 memiliki hingga 2 hardware serial dan pengaturannya akan lebih mudah untuk penggunaan GPS.

Perangkat RTC yang berguna untuk mendeteksi waktu ini dapat mendeteksi waktu hingga ukuran detik. Pengaturan harus dilakukan diawal agar waktu yang dideteksi sesuai dengan zona waktu yakni UTC+7. Perangkat RTC dalam komunikasinya dengan mikrokontroler menggunakan metode komunikasi I2C. Komunikasi I2C menggunakan SDA dan SCL sebagai pengirim dan penerima informasi atau instruksi. *Logic level* antara RTC dan mikrokontroler sama sehingga tidak perlu menggunakan *logic level converter*. Terdapat 3 perangkat yang menggunakan metode komunikasi I2C dalam system ini yakni RTC dan 2 sensor INA219 sehingga digunakan skema I2C parallel. Skema I2C parallel mengharuskan penyesuaian alamat I2C agar informasinya tidak bertabrakan.

Sensor INA219 merupakan bagian terpenting dalam penelitian ini. Karena bertujuan untuk melakukan efisiensi daya pada LoRa dan GPS, maka salah satu yang harus dilakukan adalah mendeteksi arus dan *voltage* LoRa dan GPS agar dapat menjadi acuan efisiensi. Sensor arus INA219 dipasang secara seri dengan memotong ground dari LoRa dan GPS. Karena sensor ini menggunakan metode komunikasi I2C maka digunakan skema I2C parallel dengan RTC

juga. Agar informasinya tidak bertabrakan, sensor INA219 diberikan alamat masing-masing. Alamat yang dipakai adalah 0x41 untuk sensor INA219 yang terhubung ke LoRa dan sensor 0x42 yang terhubung ke GPS.

2.1.1.2. Rancangan Perangkat Keras Smartlock Bagian Sistem Pengiriman dan Penyimpanan Data

Sistem pengiriman dan penyimpanan data pada *smartlock* terdiri dari LoRa E32 untuk perangkat pengiriman dan Modul *SD Card* untuk penyimpanan data. LoRa E32 digunakan untuk kepentingan pengiriman data *Tracking GPS*, sedangkan Modul *SD Card* digunakan untuk kepentingan penelitian yakni menyimpan data yang telah diambil oleh sistem sensor terutama data *Tracking GPS*. Hal ini dikarenakan LoRa memiliki keterbatasan jarak juga, sehingga penting untuk dianalisis dengan mengetahui juga data GPS melalui *SD Card*.

LoRa E32 memiliki system komunikasi UART ke mikrokontroler. Dengan dua system komunikasi hardware serial dan salah satu hardware serial telah digunakan oleh GPS, maka LoRa E32 menggunakan hardware serial 2. Karena keperluan pengambilan data arus dan *voltage* yang digunakan LoRa, maka ground pada LoRa diputus dan disambungkan ke sensor INA219 terlebih dahulu sebelum disambungkan ke ground milik mikrokontroler.

LoRa pada sistem ini dipasangkan antenna omnidirectional yang dapat memancarkan sinyal ke segala arah. Frekuensi yang digunakan untuk pengiriman adalah frekuensi 433 MHz dengan SF (Spreading Factor) 7. Menurut spesifikasi LoRa E32 dengan antenna omnidirectional dapat mengirim hingga radius 3 KM pada kondisi LoS (Line of Sight) sedangkan jarak jangkauan pengiriman untuk kondisi non-LoS (non Line of Sight) bergantung pada ketinggian antenna dan banyaknya hambatan.

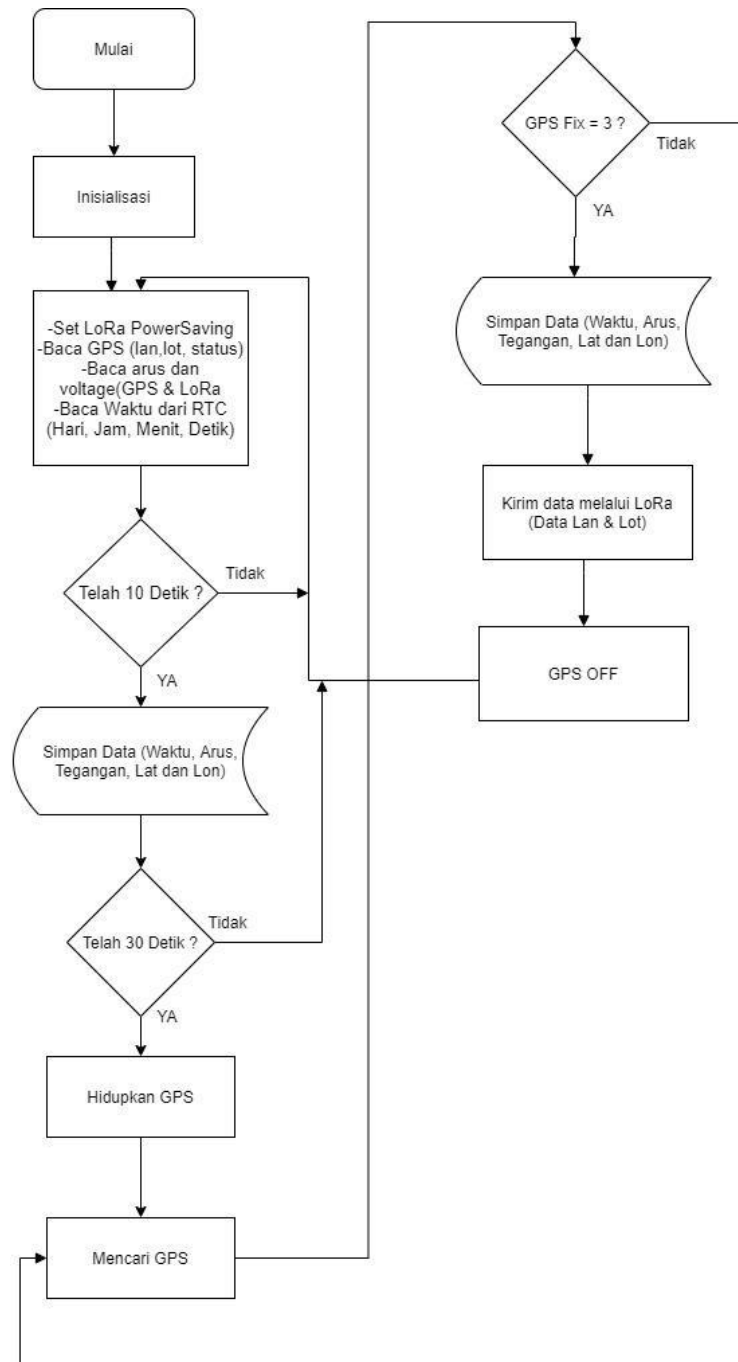
Modul *SD Card* dalam komunikasinya dengan mikrokontroler memiliki metode komunikasi SPI. Metode ini menggunakan skema master-slave. Pin yang dipasangkan adalah MISO, MOSI, SS (Select Side) dan CS (Chip Select). *SD Card* yang dipasangkan pada modul *SD Card* ini adalah *SD Card* berukuran 1 GB. Data yang disimpan dalam *SD Card* adalah data waktu, arus, *voltage*, *latitude* dan *longitude*.

2.1.1.3. Implementasi Perangkat Keras Bagian Receiver dan Gateway

Perangkat keras bagian *receiver* dan *gateway* ini cukup sederhana dan hanya memiliki dua perangkat. Perangkat yang digunakan adalah LoRa E32 sebagai *receiver* dan mikrokontroler wemos LOLIN D1 mini pro. Sistem komunikasi antara LoRa dan wemos adalah UART dan menggunakan software serial. *Receiver* yakni LoRa E32 ditambahkan antenna omnidirectional agar bisa menerima sinyal dari segala arah. Wemos tidak hanya berfungsi untuk menerima data dari LoRa namun juga merupakan *gateway* untuk mengirimkan datanya ke server melalui internet. Data dikirim ke internet dengan menggunakan jaringan WiFi yang disambungkan ke wemos karena wemos juga memiliki modul wifi yang terpasang di dalamnya.

2.1.2. Rancangan Sistem Perangkat Lunak

Algoritma *duty cycle* merupakan inti dari penelitian ini. Secara garis besar algoritma ini mengatur bagaimana GPS dapat melakukan mode sleep selama beberapa detik untuk kemudian hidup kembali dan melakukan locking dan setelah mendapatkan data *latitude* dan *longitude* akan langsung dikirim melalui LoRa. Sedangkan penyimpanan ke *SD Card* dilakukan setiap 10 detik dan dilakukan setelah GPS mendapatkan data *latitude* dan *longitude* sesaat setelah LoRa mengirim data. Diagram alir algoritma *duty cycle* terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Algoritma *Duty cycle*

2.2. Rencana Pengujian

Beberapa pengujian perlu dilakukan agar mendapatkan sistem yang bisa melakukan efisiensi daya secara maksimal. Pengujian pertama adalah pengujian komunikasi awal LoRa. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah LoRa dapat mengirimkan data dengan tepat, berapa delay dalam pengiriman dan seberapa jauh pengiriman dapat berlangsung. Selanjutnya adalah pengujian efisiensi daya yang bertujuan untuk mengetahui dampak dari penerapan algoritma *duty cycle* pada efisiensi penggunaan daya *smartlock*. Pengujian ketiga adalah

pengujian *error* pembacaan GPS. Pada pengujian ini dilihat bagaimana dampak dari penerapan algoritma *duty cycle* terhadap *error* pembacaan GPS atau biasa disebut *mismatch fraction*. Pengujian yang terakhir adalah pengujian pengiriman data melalui LoRaWAN. Pada pengujian ini dilihat bagaimana pengaruh dari penerapan algoritma *duty cycle* terhadap pengiriman data melalui LoRaWAN.

2.2.1. Pengujian Pengiriman Data

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja LoRa sebagai media pengiriman data pada sistem *bike-sharing*. Pengujian dilakukan dengan cara mengirimkan data dummy dari node ke *gateway*, kemudian dari *gateway* ke server sehingga bisa dilihat melalui dashboard. Pengujian dilakukan dengan kecepatan sepeda diatur tetap yakni 5 km/jam. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi yakni kondisi LoS (Line of Sight) dan non-LoS (non Line of Sight). Kondisi LoS adalah kondisi ketika LoRa tidak terdapat hambatan. Sedangkan kondisi non-LoS adalah di kondisi terdapat hambatan seperti gedung maupun pohon. Pada percobaan ini juga dilihat sejauh mana data akan terkirim melalui LoRa dan apakah terdapat delay atau tidak.

2.2.2. Pengujian Daya

Pengujian ini bertujuan untuk melihat efek dari algoritma *duty cycle* pada efisiensi daya. Pada awalnya *smartlock* dilakukan pengaturan untuk melakukan *locking* GPS selama *duty cycle* 0, 30, 60, 90 dan 120 detik. Hal ini dilakukan untuk mengetahui berapa daya yang digunakan pada masing-masing *duty cycle* dan akan dibandingkan dengan *duty cycle* 0 detik atau *duty cycle* 100% [5]. Jadi selama *duty cycle* berjalan, GPS masuk ke mode sleep. Setelah selesai melakukan *duty cycle*, GPS baru masuk ke mode nyala dan melakukan aktivitas *locking*. Pada aktivitas *locking* ini energi yang digunakan akan lebih tinggi dibandingkan dengan aktivitas sleep. Setelah *latitude* dan *longitude* dari GPS ketemu, selanjutnya data akan disimpan dalam *SD Card* dan dikirim ke LoRa *receiver* sehingga LoRa akan switch dari mode sleep ke mode nyala untuk kebutuhan pengiriman.

2.2.3. Pengujian *Mismatch fraction*

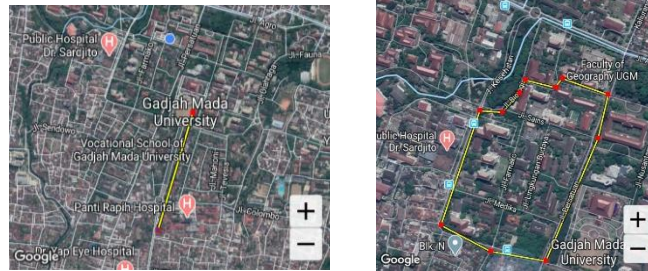
Setiap pembacaan GPS tidak selalu mendapatkan hasil yang sesuai atau selalu terdapat kemungkinan terjadi kesalahan titik pembacaan. Oleh karena itu perlu diukur bagaimana dampak dari penerapan algoritma *duty cycle* ini pada kesalahan pembacaan GPS atau dalam teorinya disebut sebagai pembacaan *mismatch fraction*. Pengujian *mismatch fraction* adalah pengujian yang mengukur *error* pembacaan GPS melalui pengukuran perbandingan jarak antara titik menyimpang dengan titik yang benar dengan jarak rute sebenarnya [1]. Melalui pengukuran *mismatch fraction* maka bisa diketahui bagaimana dampak dari penerapan algoritma *duty cycle* pada *error* atau kesalahan pembacaan GPS.

2.2.4. Pengujian pengiriman data berbasis LoRaWAN dengan algoritma *duty cycle*

Pengujian terakhir yang dilakukan adalah pengujian pengiriman data berbasis LoRaWAN dengan algoritma *duty cycle*. Pengiriman data ini sangat penting karena tujuan dari dipasangnya *smartlock* adalah untuk memantau lokasi dari sepeda dari internet. Oleh karena itu, dalam penelitian ini menggunakan LoRaWAN yakni dimana data dikirimkan dari LoRa *transmitter* ke LoRa *receiver* kemudian dilakukan pengiriman data dari LoRa *receiver* ke *cloud* melalui LoRaWAN. Pada uji pengiriman ini akan dilihat berapa data yang masuk ke *cloud* dan berapa data yang dikirim dari LoRa *transmitter*. Data yang dikirim dari LoRa *transmitter* tersebut dapat dicek dengan melihat tegangan dari LoRa apakah dalam posisi mengirim atau tidak dan berapa banyak yang akan dikirim.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Komunikasi Awal LoRa



Gambar 4. Peta Pengujian Pengiriman Data LoS di kiri dan non-LoS di kanan

Pengujian LoS dilakukan di sepanjang jalan pancasila dari GSP hingga ke Rumah Sakit Panti Rapih seperti pada Gambar 4. LoRa *transmitter* dipasang di belakang sepeda dan kemudian dikayuh dengan kecepatan antara 5-7 km/jam. Data yang dikirim adalah data dummy “baaa” disertai dengan increment dan juga waktu diterimanya data. Dengan melihat increment dan waktu diterimanya data, kita bisa melihat delay dari data yang diterima oleh *receiver*. Pengujian awalnya dilakukan dari dekat LoRa *receiver* kemudian bergerak menjauhi LoRa *Receiver* kemudian memutar jalan dan bergerak lagi mendekati arah LoRa *receiver*. Bentuk medan merupakan lurus dan tanpa hambatan. Pada medan ini, LoRa dapat mengirim data hingga 700 meter, dan baru putus sinyal karena sepeda berbelok dan tertutup oleh bahu jalan. Data diketahui seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengiriman Data LoS

NO	Range Waktu	Delay	Keterangan Data
1	13:25:39.148 - 13:29:42.123	00.00.00	Jelas dan Terkirim
2	13:29:43.123 - 13:29:46.123	00.00.03	Jeas dan Terkirim
3	13:29:46.123 - 13:29:48.163	00.00.02	Jelas dan Terkirim
4	13:29:48.163 - 13:29:50.162	00.00.02	Jelas dan Terkirim
5	13:29:50.162 - 13:29:52.162	00.00.02	Jelas dan Terkirim

Hasil uji seperti yang terlihat pada Tabel 2, pengiriman data selalu mengalami delay mulai dari 2 hingga 6 detik. Selain itu, terkadang LoRa tidak mengirim data selama 2 menit. Hal tersebut bisa jadi dikarenakan terdapat penghalang baik berupa bangunan besar atau bisa karena interferensi sinyal [9]. Jarak terjauh LoRa dapat mengirim sinyal adalah sekitar 750 meter dari *receiver*. Titik terjauh tersebut berada pada depan gerbang FKG UGM. Titik tersebut menjadi acuan titik akhir rute pengujian selanjutnya yakni pengujian daya, *mismatch fraction* dan pengujian pengiriman data GPS dengan LoRa. Setelah melewati titik terjauh, LoRa tidak dapat mengirim data lagi walaupun bergerak mendekati *receiver*. Hal ini dikarenakan LoRa bergerak membelakangi Gedung yang melingkupi *receiver* sehingga sinyal terhalang oleh Gedung C, FMIPA UGM tersebut.

Tabel 2. Hasil Pengiriman Data non-LoS

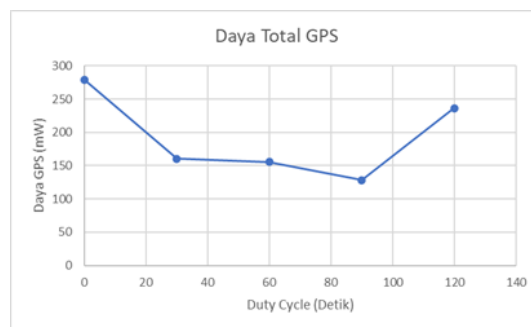
NO	Range Waktu	Delay	Keterangan Data
1	10:10:54.152 - 10:10:56.133	00.00.02	Jelas dan Terkirim
2	10:10:56.133 - 10:10:59.142	00.00.03	Jeas dan Terkirim
3	10:10:59.142- 10:11:02.152	00.00.03	Jelas dan Terkirim
4	10:11:06.134- 10:13:10.151	00.02.04	Tidak Terkirim
5.	10:16:45.161-	-	Tidak Terkirim

3.2. Hasil Pengujian Daya

Daya total per *duty cycle* yang dibutuhkan terdapat pada Tabel 3 dalam satuan milli-Watt. Sedangkan data daya, arus dan waktu yang lengkap terdapat dalam lampiran. Pada data Tabel 3. terlihat jelas bahwa lebih lama waktu *duty cycle* yang diterapkan, lebih rendah daya yang dihasilkan. Sehingga dari data ini terlihat tren efisiensi yang lebih tinggi dengan semakin lamanya waktu *duty cycle*. Efisiensi yang dihasilkan cukup signifikan dan bahkan bisa mencapai lebih dari 50% pada *duty cycle* 60 dan 90. Hal ini sesuai dengan penelitian lain yang menerapkan GPS *duty cycle* yang juga menunjukkan penurunan daya yang digunakan seperti pada Hadwen et. Al(2017) dan Li, Xiaohan (2014) [10], [4]. Data lengkap tegangan, arus, waktu nyala dan waktu *idle* lebih lengkap bisa dilihat pada lampiran hasil uji daya.

Tabel 3. Hasil Uji Daya Total Smartlock Per Waktu *Duty cycle*

<i>Duty cycle</i>	Daya Total (dalam mW)	Total efisiensi (dalam %)
0	340.5308125	0
30	185.2304799	45.60536871
60	166.2231898	51.18703399
90	138.010307	59.47200609
120	247.3566693	27.36144273



Gambar 5. Tren perbandingan daya dengan *duty cycle*

Pada Gambar 5., terlihat tren perbandingan daya per-waktu *duty cycle*. Terlihat tren penurunan daya hingga *duty cycle* 90, namun terjadi kenaikan penggunaan daya pada *duty cycle* ke 120 yang bahkan penggunaan dayanya melebihi penggunaan daya dari *duty cycle* 30 detik. Hal ini disebabkan perbandingan waktu nyala (T_{on}) dengan total waktu ($T_{on} + T_{off}$) pada *duty cycle* 120 detik lebih tinggi dibandingkan *duty cycle* lain.

3.3. Hasil Pengujian Mismatch Fraction

Percobaan untuk mendapatkan data untuk pengukuran *mismatch fraction* dilakukan bersamaan dengan percobaan uji daya. Secara bersamaan selain mendapatkan data untuk pengujian daya, system *smartlock* juga dirancang untuk mendapatkan data *latitude* dan *longitude* melalui sensor GPS yang kemudian disimpan bersama-sama di dalam *SD Card*. Setelah dilakukan pengambilan data kemudian dilakukan olah data yakni dengan melakukan input data *latitude* dan *longitude* ke google maps. Dari hasil tersebut kemudian dilakukan map-matching untuk menyesuaikan dengan rute yang dilalui kemudian menentukan titik mana yang menjauh dari rute yang seharusnya. Hasil map-matching yang didapatkan kemudian diberikan tanda garis merah untuk menghubungkan titik dengan rute yang sebenarnya. Sedangkan untuk titik yang melenceng dari rute diberikan tanda lingkaran biru dan garis ungu sebagai penanda bahwa titik tersebut menyimpang dari rute seperti pada Gambar 6.

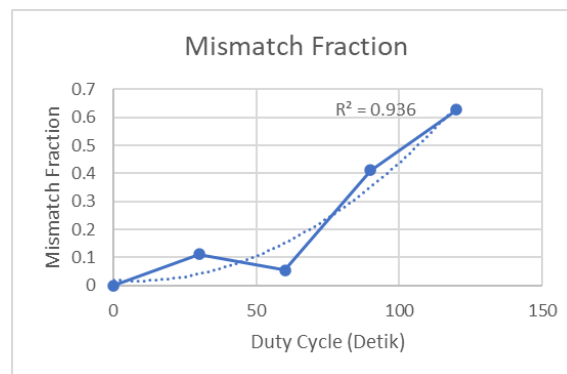


Gambar 6. Map-matching dan Penentuan Titik Error pada Locking GPS

Pada Tabel 4. tersebut terlihat bahwa angka *mismatch fraction* memiliki kecenderungan naik seiring dengan kenaikan angka *duty cycle*. Akan tetapi pada *duty cycle* ke 60 detik mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan riset [4] yang menunjukkan tren naik pada *mismatch fraction* di *duty cycle* namun mengalami sedikit penurunan yakni di *duty cycle* 60 detik.

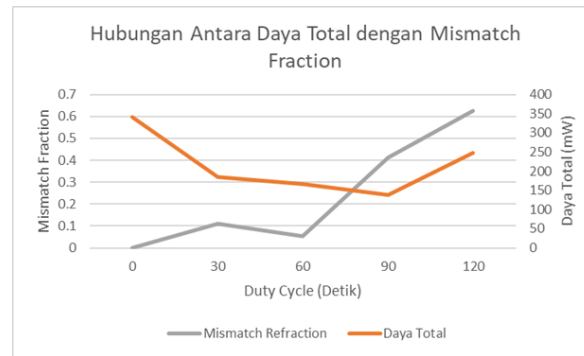
Tabel 4. Perbandingan *Duty cycle* dengan *Mismatch fraction*

Total <i>Duty cycle</i>	<i>Mismatch fraction</i>
0	0
30	0.111561
60	0.055118
90	0.410999
120	0.627277



Gambar 7. Grafik Hubungan *Duty cycle* dengan *Mismatch fraction*

Grafik hubungan *duty cycle* dengan *mismatch fraction* ditunjukkan pada Gambar 7. Terlihat bahwa grafik memiliki tren naik dengan model grafik polinomial dan dengan nilai R mencapai 0.936. Kemudian jika dilihat dari hubungan antara *mismatch fraction* dengan total daya pada setiap *duty cycle* terlihat pada Gambar 8. Terlihat *trade-off* antara daya total dengan *mismatch fraction* pada setiap *duty cycle*. Semakin rendah daya yang dibutuhkan namun semakin tinggi angka *mismatch fraction*. Hal ini berarti semakin rendah daya yang dibutuhkan akan semakin tinggi *error* dari hasil pembacaan GPS. Hal ini disebabkan ketika menerapkan *duty cycle* maka GPS akan mungkin masuk ke mode reset *coldstart* sehingga GPS harus mendownload ulang data dari satelit. Hal ini memperbesar kemungkinan terjadinya *mismatch fraction* [4].



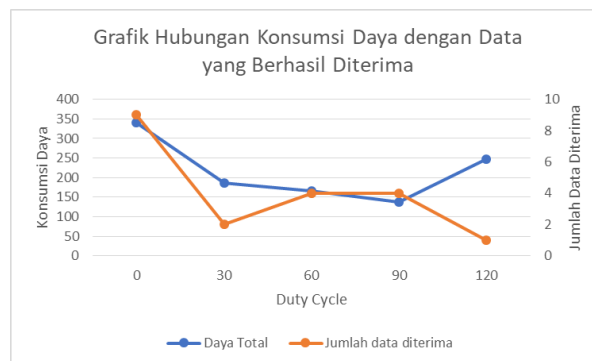
Gambar 8. Hubungan Antara *Mismatch fraction* dengan Daya Total

3.4. Pengujian Pengiriman Data Berbasis LoRaWAN dengan Algoritma Duty cycle

Data yang masuk ke *cloud* dapat dilihat pada Tabel 5. Dari Tabel terlihat data yang masuk ke *cloud* yang terbanyak adalah *duty cycle* 0 detik dengan 9 data, namun memiliki persentase terkecil yakni hanya 13,2 %. Sedangkan data yang masuk dengan persentase terbanyak adalah *duty cycle* 90 detik dengan persentase 57% dari total data yang berhasil dikirim. Ada beberapa factor yang memicu keberhasilan pengiriman data, yakni jarak, koneksi internet dan keberlangsungan proses di dalam *receiver* sendiri.

Tabel 5. Persentase Data yang Masuk di *Cloud*

<i>Duty cycle</i>	Data Masuk	Data yang dikirim	Persentase Data Masuk di <i>Cloud</i>
0	9	68	13.23529412
30	2	5	40
60	4	11	36.36363636
90	4	7	57.14285714
120	1	2	50



Gambar 9. Hubungan *Duty cycle* dengan Data yang Berhasil Diterima

Pada Gambar 9 terdapat hubungan antara konsumsi daya system dengan data yang diterima receiver. Jumlah data yang diterima turun dari 9 ketika *duty cycle* 0 hingga hanya 1 data ketika *duty cycle* 120 detik. Terlihat bahwa semakin tinggi *duty cycle* akan semakin rendah jumlah data yang diterima. Hal ini berbanding lurus dengan tren konsumsi daya yang mana semakin tinggi nilai *duty cycle* maka semakin rendah daya yang digunakan. Jumlah data yang diterima semakin turun karena sistem membutuhkan waktu semakin lama untuk mendapatkan data ketika *duty cycle* semakin tinggi. *Duty cycle* dengan nilai 120 detik membutuhkan waktu hingga 60 detik karena masuk ke mode *coldstart*, sehingga mendapatkan data yang lebih sedikit dibandingkan dengan *duty cycle* yang lebih kecil [4]. Sehingga semakin sedikit data yang didapat maka semakin sedikit data yang berhasil dikirim.

4. KESIMPULAN

Pengiriman data berbasis LoRaWAN berhasil diterapkan pada *smartlock* yang menggunakan GPS *duty cycle* dengan keberhasilan persentase pengiriman di angka 39,3 persen. Penggunaan metode GPS *duty cycle* berhasil meningkatkan efisiensi penggunaan daya pada *smartlock* untuk *bike-sharing* dengan kenaikan efisiensi berbanding lurus dengan kenaikan angka *duty cycle* dengan maksimal efisiensi hingga mencapai angka 59%, namun efisiensi menurun pada *duty cycle* ke 120 detik. Penggunaan metode GPS *duty cycle* menyebabkan *error* pembacaan data GPS atau *mismatch fraction*. Hasil dari penelitian ini adalah kenaikan *error* atau *mismatch fraction* berbanding lurus dengan kenaikan angka *duty cycle*.

5. SARAN

Perlunya penelitian untuk mengurangi terjadinya *mismatch fraction* yang disebabkan atas penerapan metode GPS *duty cycle*. Perlunya penelitian yang dapat bertujuan untuk meningkatkan persentase data terkirim menggunakan LoRaWAN. Perlunya penelitian lebih lanjut mengenai penerapan algoritma *duty cycle* yang lain pada *smartlock*, seperti *adaptive duty cycle* misalnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fishman E, Washington S, Haworth N., "Bike share: a synthesis in literature", *Transport Reviews*, vol. 33, no. 2, pp. 148–165, 2013.
- [2] Z. Chen, D. V. Lierop, and D. Ettema, "Dockless bike-sharing systems: what are the implications?," *Transport Reviews*, vol. 40, no. 3, pp. 333–353, 2020.
- [3] U. Noreen, A. Bounceur and L. Clavier, "A study of LoRa low power and wide area network technology," 2017 International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP), Fez, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/ATSIP.2017.8075570.
- [4] X. Li, "FEASIBILITY OF DUTY CYCLING GPS RECEIVER FOR TRAJECTORY-BASED SERVICES," The State University of New Jersey, 2014.
- [5] Gaja Kochaniewicz, Smart lock for bike sharing in corporate environments, pp. 06-10, 2015
- [6] F. A. Rachman, A. G. Putrada and M. Abdurohman, "Distributed Campus Bike Sharing System Based-on Internet of Things (IoT)," 2018 6th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT), Bandung, 2018, pp. 333-336, doi: 10.1109/ICoICT.2018.8528778.
- [7] D. Croce, D. Garlisi, F. Giuliano, A. L. Valvo, S. Mangione, dan I. Tinnirello, "Performance of LoRa for Bike-Sharing Systems," dalam *2019 AEIT International Conference of Electrical and Electronic Technologies for Automotive (AEIT AUTOMOTIVE)*, Torino, Italy, Jul 2019, hlm. 1–6, doi: 10.23919/EETA.2019.8804519.
- [8] A. T. Nugraha, R. Wibowo, M. Suryanegara and N. Hayati, "An IoT-LoRa System for Tracking a Patient with a Mental Disorder: Correlation between Battery Capacity and Speed of Movement," 2018 7th International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE), Kuala Lumpur, 2018, pp. 198-201, doi: 10.1109/ICCCE.2018.8539316.
- [9] A. T. Nugraha, N. Hayati and M. Suryanegara, "The experimental trial of LoRa system for tracking and monitoring patient with mental disorder," 2018 International Conference on Signals and Systems (ICSigSys), Bali, 2018, pp. 191-196, doi: 10.1109/ICSIGSYS.2018.8372663.
- [10] T. Hadwen, V. Smallbon, Q. Zhang, dan M. D'Souza, "Energy efficient LoRa GPS tracker for dementia patients," dalam *2017 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, Seogwipo, Jul 2017, hlm. 771–774, doi: 10.1109/EMBC.2017.8036938.