

# Unjuk Kerja Transmisi Data LoRa pada *Node* yang Bergerak

Fikri Santoso Harjowinoto <sup>1</sup>, Musayyanah <sup>2</sup>, Pauladie Susanto <sup>3</sup>, Harianto <sup>4</sup>, dan Yosefine Triwidayastuti <sup>5\*</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5\*</sup> Teknik Komputer, Fakultas Teknologi dan Informatika, Universitas Dinamika, Indonesia

**Abstrak:** Saat ini penerapan teknologi komunikasi LoRa sedang mengalami peningkatan di segala bidang, karena LoRa mempunyai keunggulan daya rendah dan jangkauan jauh. Namun pada umumnya, penerapan tersebut hanya menganalisis unjuk kerja transmisi data LoRa pada kondisi *node* pemancar dan penerima yang diam di tempat. Oleh karena itu, penelitian ini secara khusus membahas penerapan transmisi data LoRa pada *node* yang bergerak untuk mengetahui pengaruh kecepatan gerak *node* terhadap unjuk kerja transmisi data LoRa. Satu buah *transmitter node* yang terus-menerus mengirimkan paket data akan digerakkan pada suatu lintasan lurus menjauh dari sebuah *receiver node* yang diam. Kemudian pada *receiver node*, nilai *packet loss* dan *throughput* dari semua paket dihitung untuk mengukur unjuk kerja transmisi data. Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata dari semua percobaan, nilai kecepatan *node* yang tinggi pada percobaan lintasan lurus menghasilkan nilai *packet loss* yang semakin rendah dan nilai *throughput* yang semakin besar.

**Kata Kunci:** transmisi data LoRa; *mobile node*; *packet loss*; *throughput*

---

## 1. Pendahuluan

Saat ini, salah satu teknologi komunikasi nirkabel yang sedang banyak diteliti dan digunakan adalah LoRa yang dikembangkan oleh Semtech. LoRa menjanjikan transmisi data nirkabel dengan daya rendah dan jarak jangkauan yang jauh. Hal ini disebabkan LoRa menerapkan modulasi Chirp Spread Spectrum (CSS) pada proses transmisi datanya [1].

Keunggulan daya rendah dan jangkauan jauh membuat LoRa mulai banyak diterapkan di berbagai bidang. LoRa dapat diterapkan pada suatu sistem pengawasan, seperti sistem pengawasan lampu jalan [2], pengawasan penyimpanan makanan [3], tanah longsor [4], cagar budaya [5].

Meskipun LoRa mulai banyak diterapkan, tetapi belum banyak penelitian yang membahas unjuk kerja transmisi data LoRa di Indonesia yang wajib menggunakan frekuensi 920-925 MHz. Penelitian transmisi data LoRa yang ada masih menggunakan skema *node* yang diam [6-8]. Analisis parameter LoRa pada lingkungan *outdoor* menghitung nilai RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) yang diterima sebuah *node* yang hanya diam pada jarak tetap 70-meter dengan kondisi LoS (*Line-of-Sight*) dan N-LoS (*Non-Line-of-Sight*) [8].

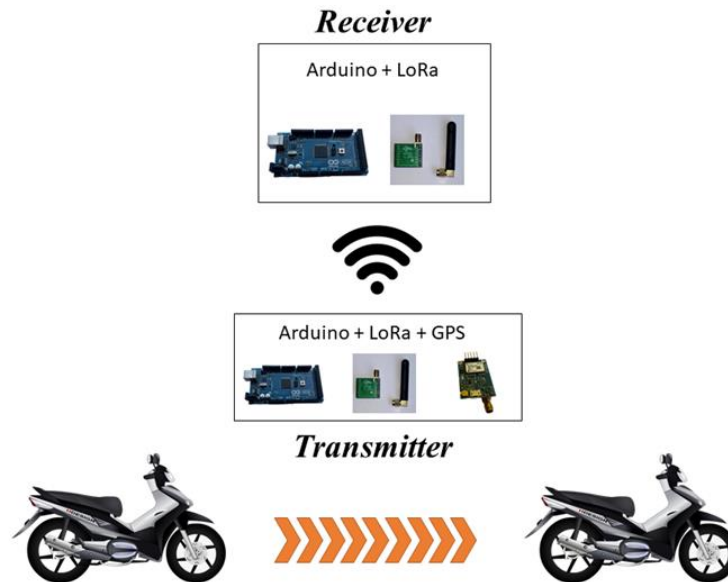
Oleh karena kurangnya penelitian unjuk kerja transmisi data LoRa pada *node* yang bergerak, maka penelitian ini khusus membahas unjuk kerja transmisi data LoRa pada *mobile node*. Pada saat *node* diam, unjuk kerja transmisi data sangat dipengaruhi oleh besar jarak antara *transmitter node* dengan *receiver node*. Namun ketika terjadi perubahan jarak yang konstan dan cepat di wilayah suburban, besar penurunan unjuk kerja belum diketahui pengaruhnya terhadap jumlah data yang sukses dikirim dan diterima oleh *node*.

Beberapa variasi kecepatan gerak *transmitter node* akan diterapkan pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruhnya terhadap unjuk kerja transmisi data LoRa. Variasi kecepatan yang diterapkan adalah kecepatan 20 km/jam, 30 km/jam, dan 40 km/jam yang merupakan kecepatan gerak normal di lingkungan suburban yang padat dengan perumahan. Selain itu, hasil unjuk kerja

di kondisi jalan pagi hari dan sore hari juga akan dianalisis dalam penelitian ini untuk mengetahui besar pengaruh kondisi jalan terhadap unjuk kerja transmisi data LoRa.

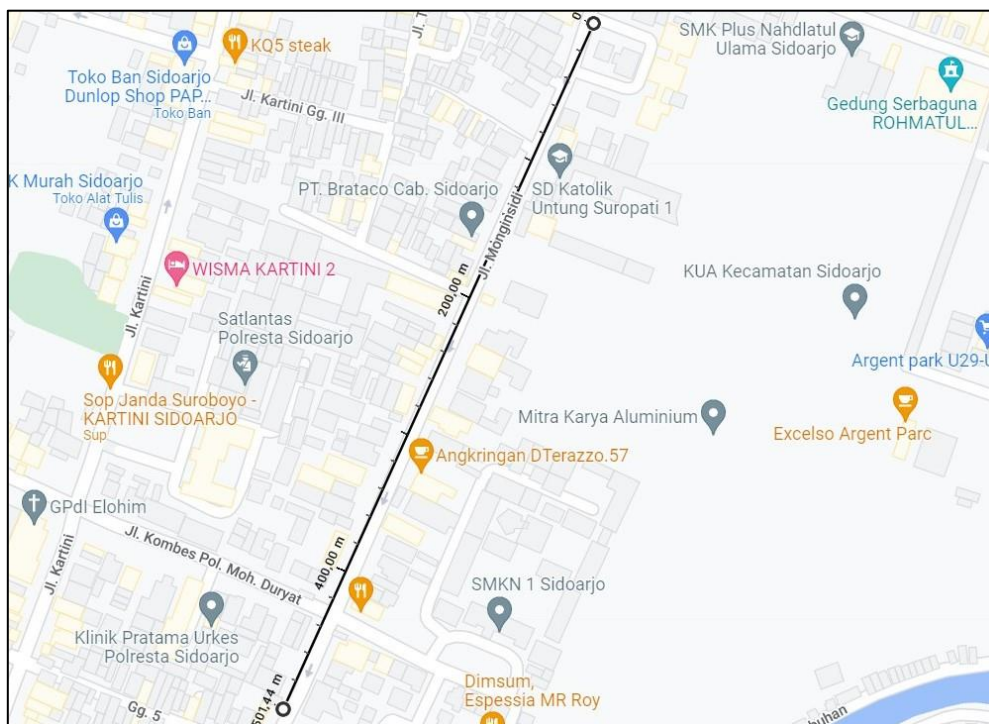
## 2. Metode

Skema transmisi data yang digunakan dalam penelitian ini adalah skema transmisi data *point-to-point*, yaitu satu buah *mobile transmitter node* akan mengirimkan data secara berulang-ulang yang diterima oleh hanya satu buah *static receiver node*. Gambar 1 menunjukkan model transmisi data *mobile node* yang dipakai.



Gambar 1. Model percobaan transmisi data.

Percobaan transmisi data dilakukan di area jalan Monginsidi kabupaten Sidoarjo. Gambar 2 menunjukkan peta lokasi percobaan transmisi data.



Gambar 2. Lokasi percobaan transmisi data.

*Receiver node* yang diam diletakkan di depan kantor Dinas Sosial Kabupaten Sidoarjo, sedangkan *transmitter node* dibawa menggunakan sepeda motor dengan kecepatan yang diusahakan stabil dari kantor dinas sosial hingga mencapai jarak sejauh 500-meter. Berdasarkan hasil analisis jarak jangkauan LoRa dengan parameter RSSI dan *packet loss* pada jarak jangkau 500-meter kualitas transmisi data masih baik, tetapi pada jarak jangkau 1,6 km kualitas transmisi data LoRa menjadi buruk [7].

*Transmitter node* terdiri dari satu buah mikrokontroler Arduino Mega, modul transmisi LoRa HopeRF RFM95, dan modul GPS Neo-6M. Tabel 1 dan Gambar 3 menunjukkan koneksi pin pada mikrokontroler *transmitter node*.

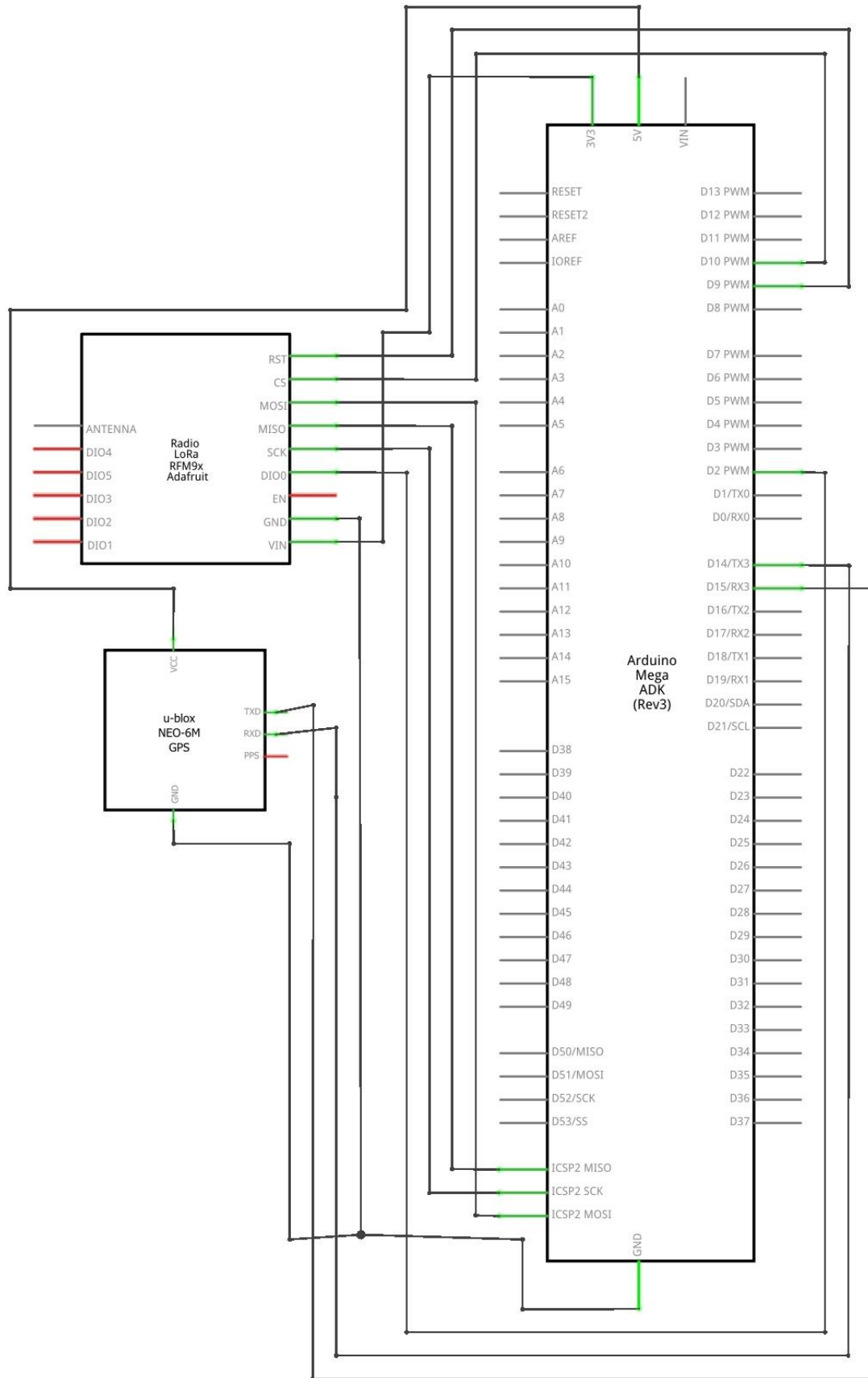
**Tabel 1.** Koneksi pin *transmitter node*

| Pin Arduino Mega | Koneksi Pin |
|------------------|-------------|
| D2               | DIO0 LoRa   |
| ICSP MISO        | MISO LoRa   |
| ICSP MOSI        | MOSI LoRa   |
| ICSP SCK         | SCK LoRa    |
| D10              | NSS LoRa    |
| D9               | Reset LoRa  |
| 3.3V             | VCC LoRa    |
| GND              | Ground LoRa |
| RX3              | TX GPS      |
| TX3              | RX GPS      |
| 5V               | VCC GPS     |
| GND              | Ground GPS  |

**Tabel 2.** Koneksi pin *receiver node*

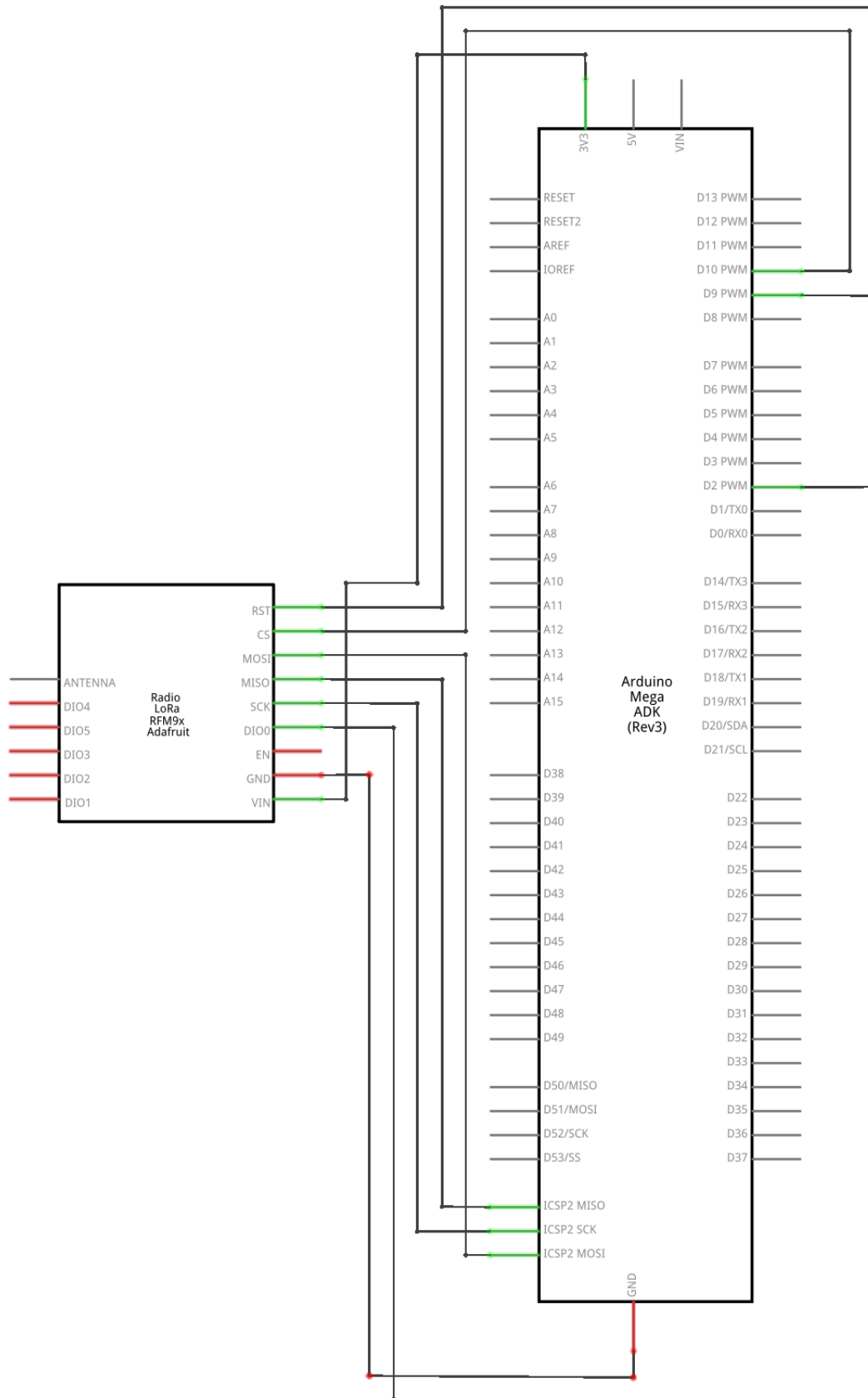
| Pin Arduino Mega | Koneksi Pin LoRa |
|------------------|------------------|
| D2               | DIO0             |
| ICSP MISO        | MISO             |
| ICSP MOSI        | MOSI             |
| ICSP SCK         | SCK              |
| D10              | NSS              |
| D9               | Reset            |
| 3.3V             | VCC              |
| GND              | Ground           |

Diagram alir program transmisi data pada *transmitter node* ditunjukkan oleh Gambar 6. *Transmitter node* akan terus mengirimkan paket LoRa selama tombol saklar pada alat tidak dimatikan dan data modul GPS selalu terbaca. Untuk membedakan setiap paket data, diberi identifikasi nilai counter yang berbeda pada tiap paket.



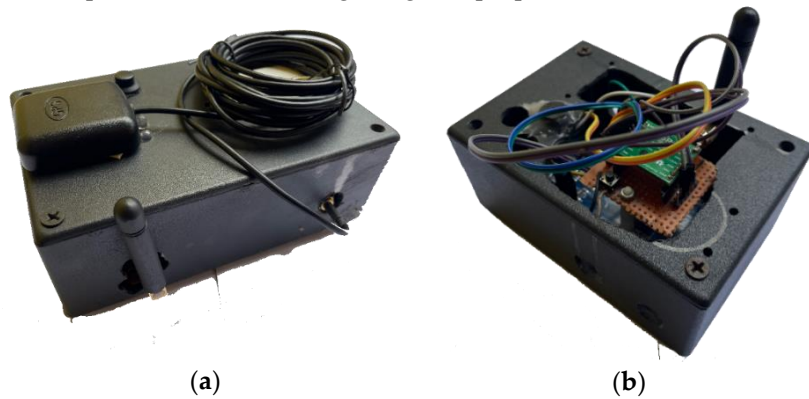
Gambar 3. Rangkaian skematik transmitter node.

*Receiver node* hanya terdiri dari satu buah mikrokontroler Arduino Mega dan satu buah modul transmisi LoRa HopeRF RFM95. Gambar 4 dan Tabel 2 menunjukkan koneksi pin pada mikrokontroler *receiver node*.

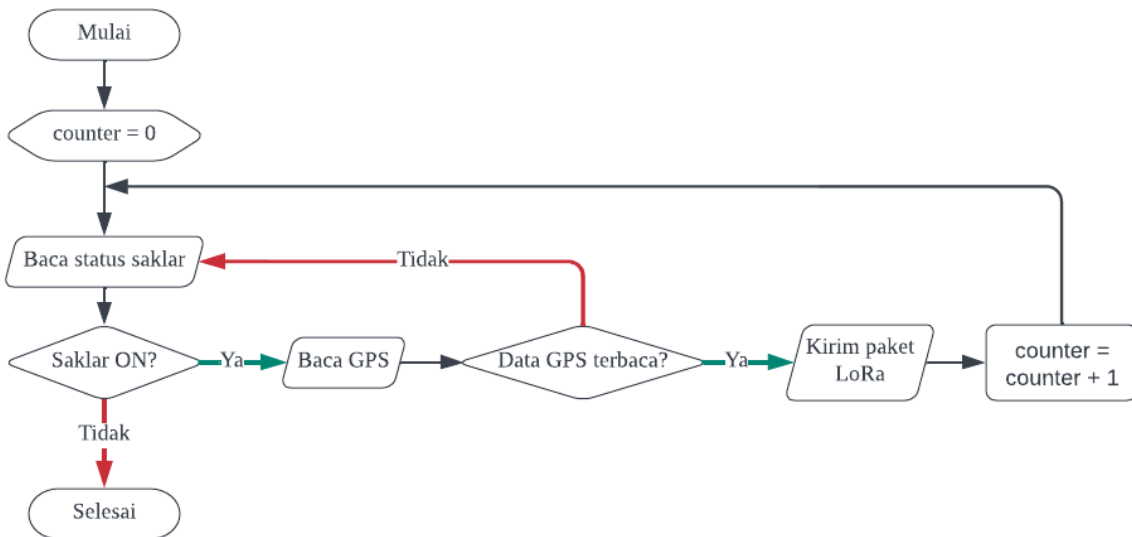


**Gambar 4.** Rangkaian skematik *receiver node*.

Gambar 5 menunjukkan hasil perangkat keras *transmitter node* dan *receiver node*. Kotak *transmitter node* dibawa bergerak menggunakan sepeda motor dengan kecepatan tetap, sedangkan kotak *receiver node* tetap diam dan terhubung dengan laptop.



Gambar 5. Kotak perangkat keras: (a) *transmitter node*; (b) *receiver node*.



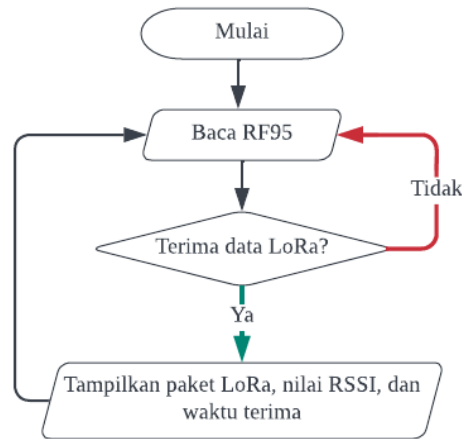
Gambar 6. Diagram alir *transmitter node*.

Format paket data yang ditransmisikan menggunakan modul LoRa ditunjukkan oleh Gambar 7. Tiga karakter pertama berisi nilai variabel counter, kemudian dilanjutkan 20 karakter nilai bujur dan lintang GPS yang masing-masing mempunyai 6 angka di belakang koma sehingga membentuk satu paket dengan panjang 23 bytes. Untuk membentuk paket dengan panjang 46 bytes, maka paket ditambahkan dengan teks "-0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-0#".

|         |          |   |                         |    |    |
|---------|----------|---|-------------------------|----|----|
| 1       | 3        | 4 | 23                      | 24 | 46 |
| counter | data GPS |   | -0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-0# |    |    |

Gambar 7. Format paket LoRa yang ditransmisikan.

Diagram alir program transmisi data pada *receiver node* ditunjukkan oleh Gambar 8. *Receiver node* hanya fokus melakukan proses pembacaan data yang diterima pada modul LoRa dan menampilkan paket yang diterima beserta nilai RSSI paket dan waktu penerimaan paket.



Gambar 8. Diagram alir receiver node.

Untuk mengukur unjuk kerja transmisi data pada setiap percobaan, penelitian ini menghitung beberapa parameter unjuk kerja. Besaran pertama yang dihitung adalah nilai *packet loss* dengan menggunakan persamaan:

$$PacketLoss = \frac{\text{jumlah paket yang diterima}}{\text{jumlah paket yang dikirim}} \times 100\%. \quad (1)$$

Sedangkan besaran kedua yang dihitung adalah nilai *throughput* yang menggunakan persamaan:

$$Throughput = \frac{\text{jumlah bit data yang diterima}}{\text{durasi waktu percobaan}}. \quad (2)$$

Unjuk kerja transmisi data yang baik akan mempunyai nilai *packet loss* yang rendah dan nilai *throughput* yang tinggi, karena jumlah data yang diterima dengan baik lebih banyak.

### 3. Hasil Percobaan

Percobaan transmisi data dilakukan pada dua waktu yang berbeda, yaitu pagi hari dan sore hari. Percobaan pagi hari dilakukan pada waktu sekitar pukul 8 hingga 10 pagi. Tabel 3 merupakan hasil percobaan hari pertama waktu pagi, Tabel 4 merupakan hasil percobaan hari kedua waktu pagi, dan Tabel 5 merupakan hasil percobaan hari ketiga waktu pagi.

Tabel 3. Hasil percobaan hari pertama waktu pagi

| Jarak     | Kecepatan | Panjang Data | Jumlah Paket | Packet Loss | Throughput  |
|-----------|-----------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 0-200m    | 20 km/jam | 23 bytes     | 100 paket    | 3.00 %      | 540.85 bps  |
|           |           | 46 bytes     | 108 paket    | 12.96 %     | 1081.00 bps |
|           | 30 km/jam | 23 bytes     | 81 paket     | 17.28 %     | 536.00 bps  |
|           |           | 46 bytes     | 75 paket     | 17.33 %     | 950.67 bps  |
| 300-500m  | 40 km/jam | 23 bytes     | 55 paket     | 10.91 %     | 500.89 bps  |
|           |           | 46 bytes     | 55 paket     | 10.91 %     | 1001.78 bps |
|           | 20 km/jam | 23 bytes     | 108 paket    | 47.22 %     | 456.00 bps  |
|           |           | 46 bytes     | 112 paket    | 62.50 %     | 417.73 bps  |
|           | 30 km/jam | 23 bytes     | 78 paket     | 39.74 %     | 332.62 bps  |
|           |           | 46 bytes     | 78 paket     | 30.77 %     | 1104.00 bps |
| 40 km/jam | 23 bytes  | 61 paket     | 1.64 %       | 552.00 bps  |             |
|           | 46 bytes  | 61 paket     | 54.10 %      | 936.73 bps  |             |

**Tabel 4.** Hasil percobaan hari kedua waktu pagi

| Jarak    | Kecepatan | Panjang Data | Jumlah Paket | Packet Loss | Throughput  |
|----------|-----------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 0-200m   | 20 km/jam | 23 bytes     | 108 paket    | 2.78 %      | 552.00 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 111 paket    | 12.61 %     | 964.76 bps  |
|          | 30 km/jam | 23 bytes     | 76 paket     | 2.63 %      | 544.64 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 77 paket     | 9.09 %      | 1030.40 bps |
|          | 40 km/jam | 23 bytes     | 60 paket     | 6.67 %      | 515.20 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 60 paket     | 0.00 %      | 1104.00 bps |
| 300-500m | 20 km/jam | 23 bytes     | 106 paket    | 62.26 %     | 294.40 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 112 paket    | 72.32 %     | 671.06 bps  |
|          | 30 km/jam | 23 bytes     | 82 paket     | 58.54 %     | 260.67 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 77 paket     | 72.73 %     | 594.46 bps  |
|          | 40 km/jam | 23 bytes     | 60 paket     | 41.67 %     | 536.67 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 60 paket     | 35.00 %     | 755.37 bps  |

**Tabel 5.** Hasil percobaan hari ketiga waktu pagi

| Jarak    | Kecepatan | Panjang Data | Jumlah Paket | Packet Loss | Throughput  |
|----------|-----------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 0-200m   | 20 km/jam | 23 bytes     | 105 paket    | 13.33 %     | 478.4 bps   |
|          |           | 46 bytes     | 107 paket    | 6.54 %      | 1051.43 bps |
|          | 30 km/jam | 23 bytes     | 74 paket     | 1.35 %      | 537.28 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 73 paket     | 9.59 %      | 1012.00 bps |
|          | 40 km/jam | 23 bytes     | 55 paket     | 3.64 %      | 541.78 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 56 paket     | 14.29 %     | 981.33 bps  |
| 300-500m | 20 km/jam | 23 bytes     | 110 paket    | 70.00 %     | 404.8 bps   |
|          |           | 46 bytes     | 108 paket    | 55.56 %     | 1104.00 bps |
|          | 30 km/jam | 23 bytes     | 78 paket     | 62.82 %     | 444.67 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 77 paket     | 66.23 %     | 956.80 bps  |
|          | 40 km/jam | 23 bytes     | 59 paket     | 67.80 %     | 582.67 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 59 paket     | 84.75 %     | 473.14 bps  |

Percobaan sore hari dilakukan pada waktu sekitar pukul 3 hingga 5 sore. Tabel 6 merupakan hasil percobaan hari pertama waktu sore, Tabel 7 merupakan hasil percobaan hari kedua waktu sore, dan Tabel 8 merupakan hasil percobaan hari ketiga waktu sore.

**Tabel 6.** Hasil percobaan hari pertama waktu sore

| Jarak    | Kecepatan | Panjang Data | Jumlah Paket | Packet Loss | Throughput  |
|----------|-----------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 0-200m   | 20 km/jam | 23 bytes     | 119 paket    | 25.21 %     | 419.90 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 99 paket     | 11.11 %     | 981.33 bps  |
|          | 30 km/jam | 23 bytes     | 75 paket     | 14.67 %     | 490.67 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 76 paket     | 27.63 %     | 809.60 bps  |
|          | 40 km/jam | 23 bytes     | 62 paket     | 25.81 %     | 423.20 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 54 paket     | 12.96 %     | 1017.41 bps |
| 300-500m | 20 km/jam | 23 bytes     | 120 paket    | 53.33 %     | 515.20 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 121 paket    | 96.69 %     | 163.56 bps  |
|          | 30 km/jam | 23 bytes     | 74 paket     | 44.59 %     | 538.86 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 72 paket     | 58.33 %     | 920.00 bps  |
|          | 40 km/jam | 23 bytes     | 59 paket     | 28.81 %     | 552.00 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 57 paket     | 40.35 %     | 1042.67 bps |



Tabel 7. Hasil percobaan hari kedua waktu sore

| Jarak    | Kecepatan | Panjang Data | Jumlah Paket | Packet Loss | Throughput  |
|----------|-----------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 0-200m   | 20 km/jam | 23 bytes     | 109 paket    | 11.93 %     | 504.69 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 114 paket    | 7.89 %      | 1073.33 bps |
|          | 30 km/jam | 23 bytes     | 81 paket     | 40.74 %     | 420.57 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 82 paket     | 24.39 %     | 845.04 bps  |
|          | 40 km/jam | 23 bytes     | 60 paket     | 28.33 %     | 465.41 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 65 paket     | 26.15 %     | 841.14 bps  |
| 300-500m | 20 km/jam | 23 bytes     | 108 paket    | 85.19 %     | 163.56 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 104 paket    | 75.00 %     | 434.91 bps  |
|          | 30 km/jam | 23 bytes     | 74 paket     | 77.03 %     | 347.56 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 74 paket     | 9.46 %      | 1072.00 bps |
|          | 40 km/jam | 23 bytes     | 59 paket     | 47.46 %     | 570.40 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 58 paket     | 94.83 %     | 138.00 bps  |

Tabel 8. Hasil percobaan hari ketiga waktu sore

| Jarak    | Kecepatan | Panjang Data | Jumlah Paket | Packet Loss | Throughput  |
|----------|-----------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 0-200m   | 20 km/jam | 23 bytes     | 114 paket    | 7.89 %      | 508.42 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 115 paket    | 18.26 %     | 910.32 bps  |
|          | 30 km/jam | 23 bytes     | 78 paket     | 3.85 %      | 552.00 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 78 paket     | 6.41 %      | 1119.33 bps |
|          | 40 km/jam | 23 bytes     | 60 paket     | 6.67 %      | 515.20 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 60 paket     | 5.00 %      | 1104.00 bps |
| 300-500m | 20 km/jam | 23 bytes     | 112 paket    | 33.93 %     | 412.61 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 109 paket    | 8.26 %      | 1022.22 bps |
|          | 30 km/jam | 23 bytes     | 79 paket     | 26.58 %     | 464.00 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 78 paket     | 37.18 %     | 721.28 bps  |
|          | 40 km/jam | 23 bytes     | 58 paket     | 25.86 %     | 565.14 bps  |
|          |           | 46 bytes     | 59 paket     | 25.42 %     | 1079.47 bps |

#### 4. Pembahasan

Berdasarkan hasil percobaan transmisi data selama tiga hari yang berbeda, didapatkan rata-rata hasil percobaan untuk setiap kecepatan *mobile node*. Tabel 9 menunjukkan hasil rata-rata percobaan. Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata dari tiga hari percobaan, semakin jauh jarak *node* maka semakin besar nilai *packet loss*. Rata-rata nilai *packet loss* pada semua percobaan jarak 300-500m adalah empat kali lipat rata-rata nilai *packet loss* pada semua percobaan jarak 0-200m. Rata-rata nilai *packet loss* transmisi data 46 bytes pada jarak 300-500m dengan kecepatan 40 km/jam sore hari (53.53%) adalah 3.64 kali lipat dari rata-rata nilai *packet loss* transmisi data 46 bytes pada jarak 0-200m dengan kecepatan 40 km/jam sore hari (14.71%).

Besar nilai *throughput* bergantung pada panjang paket yang ditransmisikan. Rata-rata nilai *throughput* pada semua percobaan transmisi data 46 bytes adalah dua kali lipat rata-rata nilai *throughput* pada semua percobaan transmisi data 23 bytes. Rata-rata nilai *throughput* transmisi data 46 bytes pada jarak 0-200m dengan kecepatan 30 km/jam pagi hari (997.69 bps) adalah 1.85 kali lipat dari rata-rata nilai *throughput* transmisi data 23 bytes pada jarak 0-200m dengan kecepatan 30 km/jam pagi hari (539.31 bps).

Tabel 9. Hasil rata-rata percobaan

| Jarak    | Panjang Data | Waktu     | Kecepatan | Packet Loss | Throughput  |
|----------|--------------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| 0-200m   | 23 bytes     | Pagi hari | 20 km/jam | 6.37 %      | 523.75 bps  |
|          |              |           | 30 km/jam | 7.09 %      | 539.31 bps  |
|          |              |           | 40 km/jam | 7.07 %      | 519.29 bps  |
|          |              | Sore hari | 20 km/jam | 15.01 %     | 477.67 bps  |
|          |              |           | 30 km/jam | 19.75 %     | 487.75 bps  |
|          |              |           | 40 km/jam | 20.25 %     | 467.94 bps  |
|          | 46 bytes     | Pagi hari | 20 km/jam | 10.71 %     | 1032.40 bps |
|          |              |           | 30 km/jam | 12.00 %     | 997.69 bps  |
|          |              |           | 40 km/jam | 8.40 %      | 1029.04 bps |
|          |              | Sore hari | 20 km/jam | 12.42 %     | 988.33 bps  |
|          |              |           | 30 km/jam | 19.48 %     | 924.66 bps  |
|          |              |           | 40 km/jam | 14.71 %     | 987.52 bps  |
| 300-500m | 23 bytes     | Pagi hari | 20 km/jam | 59.83 %     | 385.07 bps  |
|          |              |           | 30 km/jam | 53.70 %     | 345.98 bps  |
|          |              |           | 40 km/jam | 37.03 %     | 557.11 bps  |
|          |              | Sore hari | 20 km/jam | 57.48 %     | 363.79 bps  |
|          |              |           | 30 km/jam | 49.40 %     | 450.14 bps  |
|          |              |           | 40 km/jam | 34.04 %     | 562.51 bps  |
|          | 46 bytes     | Pagi hari | 20 km/jam | 63.46 %     | 730.93 bps  |
|          |              |           | 30 km/jam | 56.58 %     | 885.09 bps  |
|          |              |           | 40 km/jam | 57.95 %     | 721.75 bps  |
|          |              | Sore hari | 20 km/jam | 59.98 %     | 540.23 bps  |
|          |              |           | 30 km/jam | 34.99 %     | 904.43 bps  |
|          |              |           | 40 km/jam | 53.53 %     | 753.38 bps  |

Pada percobaan dengan jarak 0-200m, transmisi data sore hari memiliki nilai *packet loss* yang lebih besar dan nilai *throughput* yang lebih kecil daripada transmisi data pagi hari. Nilai *throughput* transmisi data pagi hari lebih besar sekitar 50 bps daripada transmisi data sore hari. Hal ini disebabkan oleh kondisi jalan sore hari yang sedikit lebih padat daripada saat pagi hari sehingga jumlah data yang diterima dengan baik di sore hari lebih sedikit.

Secara rata-rata pada semua percobaan, semakin tinggi kecepatan gerak *node* maka nilai *packet loss* menjadi semakin rendah dan nilai *throughput* menjadi semakin besar. Kecepatan gerak 20 km/jam menghasilkan rata-rata nilai *packet loss* 35.66% dan *throughput* 630.27 bps. Kecepatan gerak 30 km/jam menghasilkan rata-rata nilai *packet loss* 31.62% dan *throughput* 691.88 bps. Kecepatan gerak 40 km/jam menghasilkan rata-rata nilai *packet loss* 29.12% dan *throughput* 699.82 bps. Hal ini disebabkan oleh kecepatan *node* yang tinggi membuat jumlah paket yang terkirim semakin sedikit.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata dari semua percobaan, nilai *packet loss* pada percobaan jarak 300-500m menjadi empat kali lipat nilai *packet loss* pada percobaan jarak 0-200m. Sedangkan nilai *throughput* percobaan transmisi data 46 bytes adalah dua kali lipat nilai *throughput* percobaan transmisi data 23 bytes. Pada percobaan dengan jarak 0-200m, transmisi data sore hari memiliki nilai *packet loss* yang lebih besar dan nilai *throughput* yang lebih kecil sekitar 50 bps daripada transmisi data pagi hari.

Mengenai kecepatan gerak *node* yang beragam, nilai kecepatan *node* yang tinggi pada percobaan lintasan lurus menghasilkan nilai *packet loss* yang semakin rendah dan nilai *throughput* yang semakin besar. Hasil ini memberi kesimpulan bahwa penerapan transmisi data LoRa pada *node* yang bergerak

dengan kecepatan tinggi pada lintasan lurus memberikan unjuk kerja yang lebih baik daripada gerakan *node* yang lambat, karena jumlah paket yang terkirim semakin sedikit.

## 6. Referensi

1. Thoen, B.; Callebaut, G.; Leenders, G.; Wielandt, S. A Deployable LPWAN Platform for Low-Cost and Energy-Constrained IoT Applications. *Sensors* **2019**, Volume 19, 585.
2. Putra, D. S.; Bogi, N.; Mayasari, R. Rancang Bangun Smart Lighting dan Monitoring Kondisi Lampu Jalan Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan LoRa. *e-Proceeding of Engineering* 2019, Volume 6, pp. 4748-4755.
3. Jedermann, R.; Borysov, M.; Hartgenbusch, N.; Jaeger, S.; Sellwig, M.; Lang, W. Testing LoRa for food applications – Example application for airflow measurements inside cooled warehouses with apples. *Procedia Manufacturing* 2018, Volume 24, pp. 284-289.
4. Moulat, M.E.; Debauche, O.; Mahmoudi, S.; Brahim, L.A.; Manneback, P.; Lebeau, F. Monitoring System Using Internet of Things for Potential Landslides. *Procedia Computer Science* **2018**, Volume 134, pp. 26-34.
5. Perles, A.; Pérez-Marín, E.; Mercado, R.; Segrelles, J.D.; Blanquer, I.; Zarzo, M.; Garcia-Diego, F.J. An energy-efficient internet of things (IoT) architecture for preventive conservation of cultural heritage. *Future Generation Computer Systems* 2018, Volume 81, pp. 566-581.
6. Haxhibeqiri, J.; Karaagac, A.; Van den Abeele, F.; Joseph, W.; Moerman, I.; Hoebeke, J. LoRa Indoor Coverage and Performance in an Industrial Environment: Case Study, 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2017, pp. 1-8.
7. Yanziah, A.; Soim, S.; Rose, M.M. Analisis Jarak Jangkauan LoRa dengan Parameter RSSI dan Packet Loss pada Area Urban. *Jurnal Teknologi Technoscientia* **2020**, Volume 13, pp. 59-67.
8. Firmansyah, M.S.R.; Musayyanah; Susanto, P. Analisis Parameter LoRa pada Lingkungan Outdoor. *Journal of Control and Network Systems* 2020, Volume 9, pp. 110-118.



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

