

Purwarupa Vanet Dengan Mikrokomputer Memanfaatkan NRF4L01

Muhammad Wildan¹, Sabriansyah Rizqika Akbar, S.T, M.Eng², Adhitya Bhawiyuga, S.Kom, M.S³

Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Malang

Jl. Veteran No 8, Malang 65145, Indonesia

e-mail: muh.wildan72@gmail.com¹, sabrian@ub.ac.id², bhawiyuga@ub.ac.id³

Abstrak - Seiring dengan meningkatnya resiko berkendara yang semakin tinggi dibutuhkan sebuah sistem yang mampu membuat komunikasi antar kendaraan. Dengan mengimplementasikan Vanet yang memanfaatkan NRF24L01 dilakukan penelitian untuk merancang sistem yang dapat melakukan komunikasi tidak hanya antar kendaraan namun juga komunikasi antara kendaraan dengan infrastruktur sekitar. 2 node akan digunakan pada penelitian ini adalah RSU (Road Side Unit) yang diletakkan pada infrastruktur sekitar dan OBU (On Board Unit) yang diletakkan pada kendaraan, RSU memiliki peran sebagai sumber informasi yang akan mengirimkan informasi terkait dengan lalu lintas dan node OBU akan berperan sebagai penerima data, selain itu node OBU juga mampu mengirimkan pesan tanda bahaya. Kedua node tersebut melakukan komunikasi memanfaatkan NRF24L01 pengiriman datanya menggunakan radio frekuensi 2.4 GHz atau sama seperti Wi-Fi, pengalamatan yang dilakukan tidak menggunakan IP tapi menggunakan pipe address. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini sistem yang dibuat dapat berjalan cukup baik hingga jarak antar node 50 m setelah dilakukan pengujian dengan jarak dan kecepatan yang berbeda-beda. Penelitian ini belum bisa digunakan dengan jarak lebih dari 50 m karena keterbatasan jangkauan dari NRF24L01, jika ingin meningkatkan kemampuan sistem dapat dilakukan penambahan antena pada modul NRF24L01 untuk membuat pengiriman lebih jauh dan lebih cepat.

Kata kunci: VANET, NRF24L01, On Board Unit, Road Side Unit, lalu lintas, kendaraan..

I. LATAR BELAKANG

Dengan semakin majunya teknologi kendaraan menjadi sangat dibutuhkan oleh manusia, hal ini berakibat pada resiko berkendara yang semakin akan semakin tinggi seperti terus meningkatnya jumlah kemacetan dan kecelakaan yang terjadi pada lalu lintas. Bahkan juga World Health Organization (WHO) sempat melansir bahwa setelah tahun 2000 kecelakaan lalu lintas merupakan penyebab terbesar kematian hampir di seluruh dunia, setidaknya ada 17 kasus pada setiap 100.000 jiwa di dunia atau rata-rata ada 6.734 kasus yang ada di seluruh dunia (WHO, 2013). Banyak faktor yang menyebabkan kecelakaan bisa terjadi mulai dari kurang berhati-hatinya pengendara sampai karena pengendara yang ugal-ugalan, dan masih banyak faktor lainnya yang menyebabkan kecelakaan bisa terjadi. Maka dari itu dibutuhkan sistem yang bisa menanggulangi atau setidaknya meminimalisir terjadinya kecelakaan, hal ini bisa dilakukan apabila pengendara bisa mengetahui bagaimana keadaan sekitarnya sehingga pengendara bisa lebih berhati-hati dan dapat menghindari seandainya sudah dalam keadaan mendesak.

Agar pengendara mampu mengetahui keadaan di sekitarnya maka dibutuhkan komunikasi yang terjadi antar kendaraan yang berada di sekitar. Vehicular Ad-hoc Network atau VANET merupakan model jaringan yang cocok untuk diterapkan pada lalu lintas yang mampu menghubungkan Road Side Unit (RSU) dengan kendaraan sekitar sehingga mampu saling bertukar informasi. Dengan model jaringan VANET seperti ini informasi yang didapatkan oleh pengendara dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan dalam berkendara.

VANET adalah salah satu aplikasi yang berkembang dengan dasar Mobile Ad-hoc Network (MANET). Sistem pada MANET adalah menghubungkan mobile device tanpa menggunakan kabel sehingga mobile device bisa bergerak secara bebas namun tetap terhubung dengan mobile device yang lain tanpa bergantung pada router. VANET memiliki sistem yang hampir sama dengan MANET hanya saja node yang digunakan bukan mobile device melainkan kendaraan yang berada di lalu lintas dan infrastruktur yang ada di sekitar lalu lintas. VANET memiliki 2 jenis node yaitu Road Side Unit (RSU) dan On-Board Unit (OBU), RSU merupakan node yang berada di infrastruktur sekitar lalu lintas, OBU merupakan node yang terpasang di kendaraan yang berada di lalu lintas.

Dalam penerapannya VANET dengan menggunakan 802.11 memiliki satu masalah krusial yaitu konsumsi daya yang tinggi sehingga perlu dilakukan penghematan energi agar setiap host bekerja secara efektif. 802.11 sering mengonsumsi energi yang tidak perlu karena faktor overhearing (Bhardwaj, 2012), atau terlalu banyak menerima data yang seharusnya tidak ditujukan kepada node tersebut akibat pengiriman secara broadcast (Basu, 2014) sehingga konsumsi daya yang dengan menggunakan 802.11 mencapai 16W per nodenya (Bhardwaj, 2012) sehingga dibutuhkan device yang bisa memanfaatkan daya seefisien mungkin, dan device yang sesuai dengan kriteria tersebut adalah NRF4L01 yang memiliki konsumsi daya hanya 5V untuk setiap node nya, tetapi tetap mampu melakukan komunikasi antar node. NRF24L01 merupakan modul komunikasi jarak jauh yang menggunakan single-chip RF-transceiver pada gelombang 2.4 GHz ISM band (Nordic, 2007).

Penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan percobaan pengiriman data antara RSU dengan OBU dan antara OBU dengan OBU. Data yang dikirimkan disesuaikan dengan aplikasi yang diterapkan, yang mana data yang dikirimkan merupakan data yang berkaitan dengan keadaan lalu lintas dan pesan bahaya untuk memberikan peringatan apabila terjadi keadaan yang darurat pada lalu lintas.

II. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang didapat:

- 1) Bagaimana perancangan VANET menggunakan NRF24L01?
- 2) Bagaimana cara mengirimkan data dan menerima data dengan NRF24L01?
- 3) Bagaimana pengaruh jarak antar kendaraan agar terhadap komunikasi data?
- 4) Bagaimana pengaruh kecepatan kendaraan terhadap komunikasi data?

III. TUJUAN

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

- 1) Mengetahui cara VANET melakukan komunikasi dengan mikrokomputer menggunakan NRF24L01
- 2) Menetahui jarak antar kendaraan agar mampu melakukan komunikasi
- 3) Mengetahui kecepatan maksimal agar kendaraan mampu melakukan komunikasi

IV. BATASAN MASALAH

Agar pembahasan lebih terfokus berdasarkan latar belakang dan sistem, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut:

- 1) Sistem ini hanya berupa purwarupa
- 2) Komunikasi dilakukan oleh 2 jenis node saja yaitu RSU (Road Side Unit) dan OBU(On-Board Unit).
- 3) Alat komunikasi yang digunakan adalah NRF24L01
- 4) Kecepatan kendaraan maksimal adalah 30km/jam
- 5) Jarak antar node adalah 10m sampai 50m

V. ANALISA KEBUTUHAN

Analisis kebutuhan dilakukan untuk menganalisis kebutuhan yang diperlukan untuk perancangan sistem pada penelitian. Berikut beberapa kebutuhan yang dibutuhkan oleh sistem dalam penelitian ini:

- 1) Pengguna dapat melihat data yang diterima
- 2) Pengguna dapat mengirim pesan darurat
- 3) RSU mampu mengirim data

- 4) OBU mampu menerima data
- 5) OBU mampu mengirim data.

Selain kebutuhan diatas, berikut beberapa kebutuhan hardware dan software yang digunakan dalam membangun sistem

• Kebutuhan Hradware

Kebutuhan perangkat keras pada sistem ini antara lain:

- 1) Komputer/Laptop
- 2) Arduino Pro Mini
- 3) FTDI FT232RL
- 4) NRF24L01
- 5) RTC

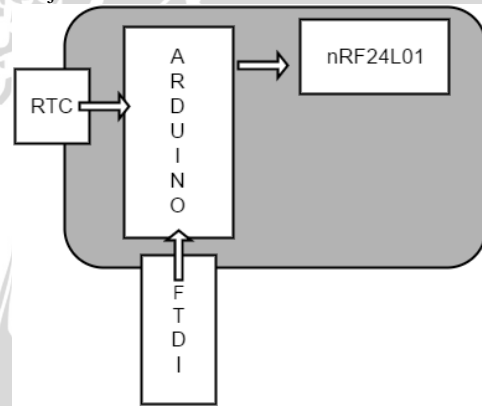
• Kebutuhan Software

Kebutuhan perangkat lunak pada sistem ini antara lain:

- 1) Sistem operasi Windows 10
- 2) Arduino IDE

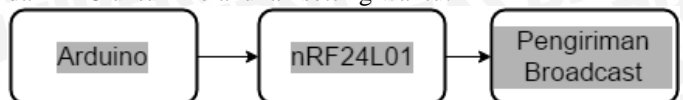
VI. PERANCANGAN SISTEM

Tahap ini merupakan tahapan untuk membangun sistem dari penelitian setelah melakukan studi literatur dan analisa kebutuhan system, pernacngan sistem dibagi menjadi dua yaitu pernacngan perangkat keras dan pernacngan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras dapat dilihat pada diagram blok dibawah yang terdiri dari diagram blok node sistem dan rancangan kerja sistem.



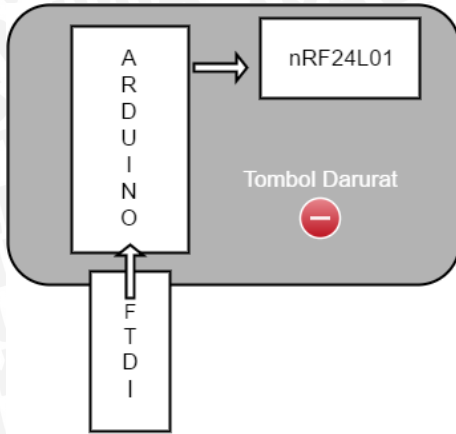
Gambar 1 diagram blok sistem

Gambar 1 diatas merupakan gambar diagram blok node RSU yang nantinya akan dipasang pada infrastruktur sekitar. Node RSU sendiri terdiri dari nRF24L01 sebagai transceiver, Arduino sebagai mikrokontroler, FTDI sebagai downloader, dan RTC untuk melakukan setting waktu.



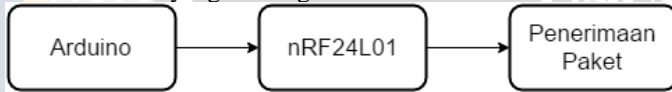
Gambar 2 diagram blok kerja sistem node OBU

Gambar 2 merupakan gambar diagram blok sistem pada node RSU, pada node untuk dapat mengirimkan data yang pertama dilakukan adalah mempersiapkan algoritma pengiriman data dan paket data pada arduino, kemudian data yang sudah siap dikirimkan ke nRF24L01 lalu akan dilakukan pengiriman secara broadcast.



Gambar 3 diagram blok node OBU

Gambar diatas merupakan digram blok untuk perancangan node OBU yang nanitanya akan dipasang pada kendaraan. node OBU sendiri terdiri dari nRF24L01 sebagai transceiver, Arduino sebagai mikrokontrller, FTDI untuk downloader, dan tombol darurat yang berfungsi saat keadaan darurat.



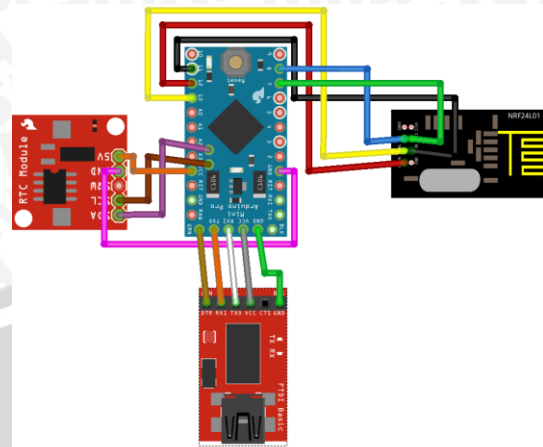
Gambar 4 diagram kerja sistem node OBU

Gambar 4 merupakan diagram kerja sistem untuk node OBU. Proses diawali dari arduino sebagai mikrokontroler untuk mempersiapkan untuk melakukan penerimaan data, setelah data siap maka radio dari nRF24L01 akan melakukan penerimaan paket yang dikirim oleh node RSU.



Gambar 5 diagram kerja node OBU mengirim data

Gambar merupakan diagram kerja sistem node OBU dalam mengirimkan pesan bahaya. Selain melakukan pengiriman data, node OBU juga mampu melakukan pengiriman darurat. pengiriman pesan darurat bisa dilakukan ketika tombol darurat ditekan oleh user, ketika tombol ditekan maka akan arduino akan secara otomatis mempersiapkan data untuk dikirim lalu akan memanfaatkan nRF24L01 untuk mengirimkan pesan darurat.



fritzing

Gambar 6 rangkaian perangkat keras node RSU

Tabel 1 keterangan hubungan pin nRF24L01 dan Arduino Pro Mini

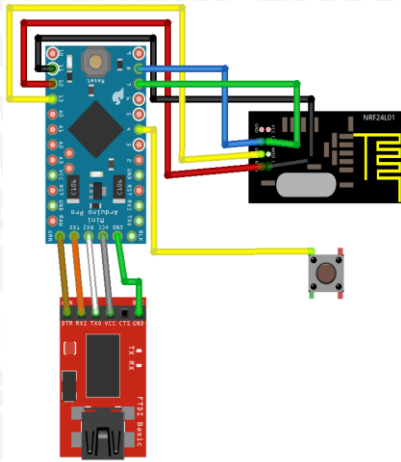
Pin NRF24L01	Pin Ardiono Pro Mini
CSN	7
CE	8
MOSI	11
SCK	13

Tabel 2 keterangan hubungan pin FTDI dan Arduino Pro Mini

Pin FTDI	Pin Arduino Pro Mini
GND	GND
VCC	VCC
TX0	RX1
RX1	TX0
DTR	GRN

Tabel 3 keterangan hubungan pin RTC dan Arduino Pro Mini

Pin RTC	Pin Arduino Pro Mini
5V	VCC
GND	GND
SCL	A4
SDA	A5



fritzing

Gambar 7 rangkaian perangkat keras node OBU

Tabel 4 keterangan hubungan pin nRF24L01 dan Arduino Pro Mini

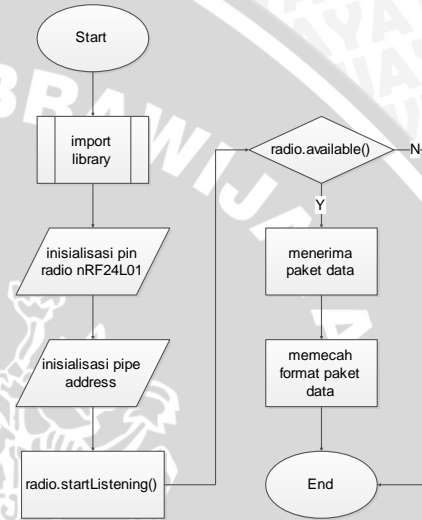
Pin NRF24L01	Pin Ardiono Pro Mini
CSN	7
CE	8
MOSI	11
SCK	13
MISO	12

Tabel 5 keterangan hubungan pin FTDI dan Arduino Pro Mini

Pin FTDI	Pin Arduino Pro Mini
GND	GND
VCC	VCC
TX0	RX1
RX1	TX0
DTR	GRN

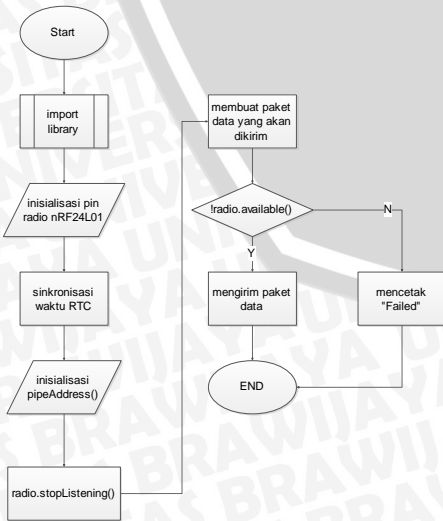
Gambar 8 diagram alir algoritma node RSU

Gambar 8 merupakan diagram alir dari algoritma program untuk node RSU, Sebelum melakukan pengiriman data node RSU perlu dilakukan setting terlebih dahulu. Yang disetting disini adalah library yang akan digunakan, pin radio dari nRF24L01 yang akan digunakan, sinkronisasi waktu dengan RTC, menginisialisasi pipe address dan merubah mode node menjadi radio.stopListening(). Ketika semua persiapan sudah dilakukan node RSU membuat paket data yang nantinya akan dikirim dan melakukan pengecekan apakah radio sudah dalam mode mengirim atau tidak, ketika ya maka data akan dikirim, sedangkan ketika tidak pengiriman akan gagal.



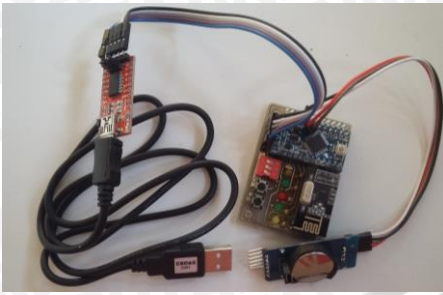
Gambar 9 diagram alir algoritma node OBU menerima data

Gambar 9 merupakan diagram alir dari program penerimaan data node OBU. Sama halnya dengan node RSU, node OBU juga perlu melakukan setting terlebih dahulu untuk melakukan penerimaan data, node OBU melakukan import library yang dibutuhkan, menginisialisasi pin radio yang digunakan nRF24L01, menginisialisasi pipe address yang digunakan, dan merubah mode menjadi penerima data untuk persiapan penerimaan data. Node OBU melakukan pengecekan apakah radio sudah dalam mode menerima data atau tidak, ketika ya maka node OBU akan menerima data dan kemudian memecah data itu sehingga data bisa dibaca dengan baik, namun ketika tidak dalam mode menerima data maka node OBU tidak akan menerima data apapun.



VII. IMPLEMENTASI

1. IMPLMENTASI ROAD SIDE UNIT (RSU)



Gambar 10 perangkat keras node RSU

Gambar 10 merupakan gambar perangkat keras node RSU, seperti yang sudah dijelaskan pada bab metodologi bagian perancangan sistem dan kembali dijelaskan pada bagian perancangan perangkat keras bab ini, perangkat keras node RSU terdiri dari arduino pro mini, NRF24L01, FTDI, dan RTC.

Untuk mengimplementasikan algoritma dari node RSU yang berperan sebagai sumber informasi perlu dilakukan implementasi perangkat lunak menggunakan arduino IDE dengan bahasa pemrograman C.

2. IMPLEMENTASI ON BOARD UNIT (OBU)



Gambar 11 perangkat keras node OBU

Gambar 11 merupakan gambar kerja node OBU, hampir sama dengan node RSU node OBU juga terdiri dari arduino sebagai mikrokontroler, NRF24L01 sebagai modul transmitter, dan FTDI sebagai downloader arduino.

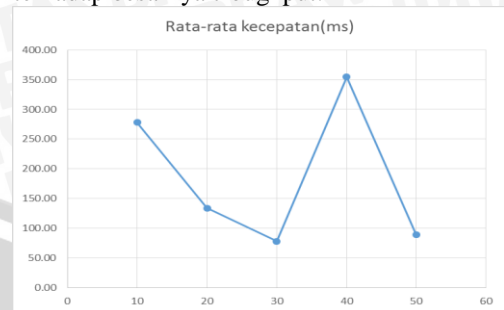
Untuk mengimplementasikan algoritma dari node OBU yang berperan sebagai penerima informasi yang perlu dilakukan sama seperti yang dilakukan pada RSU sebelumnya yaitu perlu dilakukan implementasi perangkat lunak menggunakan arduino IDE dengan bahasa pemrograman C.

VIII. HASIL

1. Pengujian Node RSU

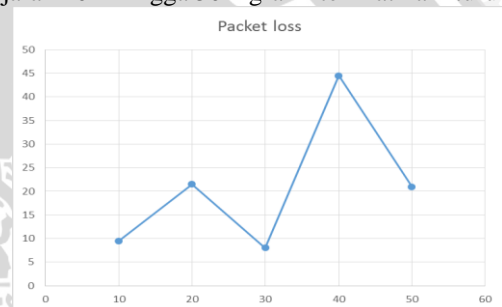
Pengujian akan dilakukan dengan cara menyalakan node RSU dan node OBU, kemudian node RSU akan mengirimkan data secara broadcast yang nantinya akan diterima oleh node OBU. Dari data yang dikirim nanti dalam

dilihat berapa waktu pengiriman data dan packet loss dari pengiriman tersebut, kemudian nanti juga akan dilakukan pengiriman terhadap besarnya throughput.



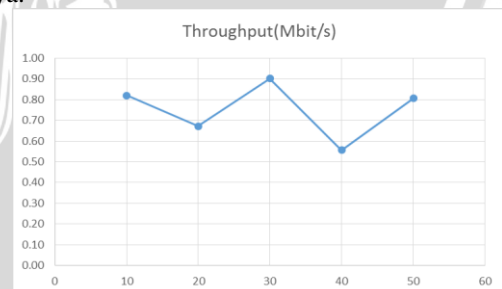
Gambar 12 grafik RTT pengiriman RSU

Gambar diatas merupakan gambar grafik dari hasil dari perhitungan round trip time (RTT) yang dilakukan oleh node RSU saat mengirimkan data sebanyak 100 kali ke 2 node OBU yang ada mulai dari 10m hingga 50m. bisa dilihat dari grafik diatas bahwa RTT dari pengiriman data tidak stabil mulai dari jarak 10m hingga 50m grafik terlihat naik turun.



Gambar 13 grafik packet loss pengiriman RSU

Gambar diatas merupakan grafik untuk packet loss saat node RSU melakukan pengiriman data sebanyak 100 kali pada 2 node OBU pada jarak 10m sampai 50m. dapat dilihat dari hasil pengujian mengalami packet loss dalam setiap pengujiannya.



Gambar 14 grafik throughput pengiriman RSU

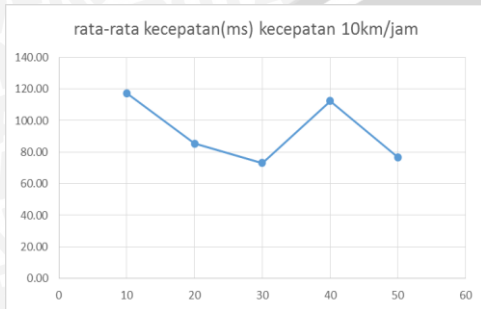
Gambar diatas merupakan grafik throughput dari pengujian node RSU, dapat dianalisa bahwa throughput dari pengujian pada jarak 10m sampai 50m memiliki throuput yang cukup bagus.

2. Pengujian RSU dengan Node OBU yang bergerak

Sama seperti percobaan sebelumnya pada node RSU perlu ditambahkan algoritma untuk menerima data agar dapat menghitung RTT setiap paket data, selain itu juga perlu ditambahkan algoritma untuk mengirimkan data pada node

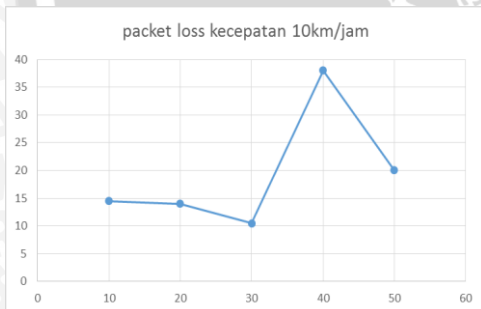
OBU seperti yang sudah dijelaskan pada pengujian sebelumnya. Skenario pada pengujian kali ini pengujian adalah sebagai berikut

1. Pengiriman paket data oleh RSU dimana node OBU bergerak mendekat dengan kecepatan 10km/jam
2. Pengiriman paket data oleh RSU dimana node OBU bergerak mendekat dengan kecepatan 20km/jam
3. Pengiriman paket data oleh RSU dimana node OBU bergerak mendekat dengan kecepatan 30km/jam



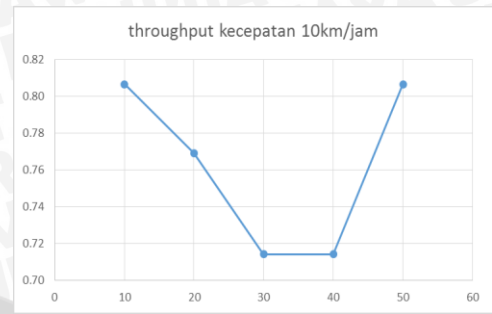
Gambar 15 grafik RTT pengiriman 10km/jam

Grafik diatas merupakan grafik RTT untuk pengiriman data yang dilakukan, dapat dianalisa bahwa RTT memiliki nilai yang cukup bagus dan memiliki kecepatan bagus karena memiliki kecepatan tidak lebih dari 120ms.



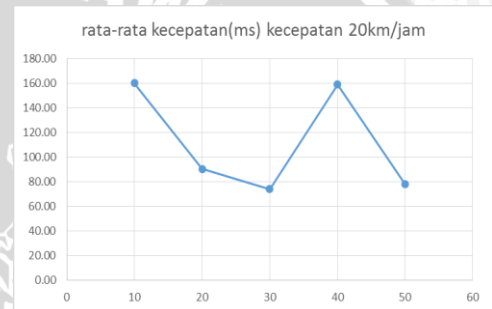
Gambar 16 grafik packet loss pengiriman 10km/jam

Grafik diatas merupakan grafik packet loss yang terjadi selama pengiriman data dilakukan pada kecepatan 10km/jam, dapat dilihat pada jarak 10m, 20m, dan 30m memiliki jumlah packet loss yang cukup rendah namun pada jarak 40m packet loss yang terjadi sangat besar, namun pada jarak 50m kembali mendapat packet loss yang rendah.



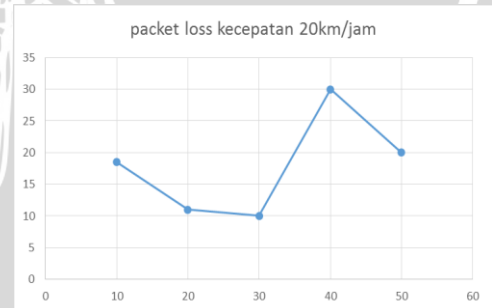
Gambar 17 grafik throughput pengiriman 10km/jam

Grafik diatas merupakan hasil perhitungan throughput pengiriman data. Hasil throughput cukup stabil dimana pada jarak 10m sampai 30m mengalami sedikit penurunan pada nilai throughput dan pada jarak 40m memiliki nilai throughput yang paling rendah, sedangkan nilai throughput pada 50m memiliki nilai yang sama dengan nilai throughput pada jarak 10m.



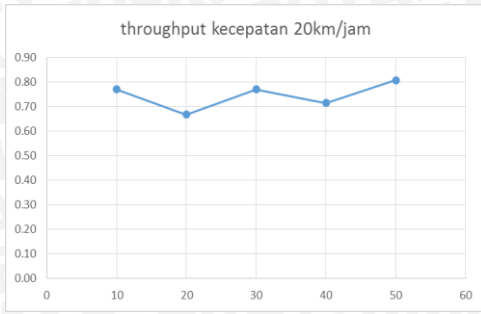
Gambar 18 grafik RTT pengiriman 20km/jam

Grafik diatas merupakan grafik hasil dari perhitungan RTT pengiriman data dengan kecepatan 20km/jam, dari hasil grafik diatas dapat dianalisa bahwa kecepatan pengiriman data dengan kecepatan 20km/jam cukup tidak stabil karena hasil pada jarak 10m dan 40m memiliki nilai yang cukup tinggi.



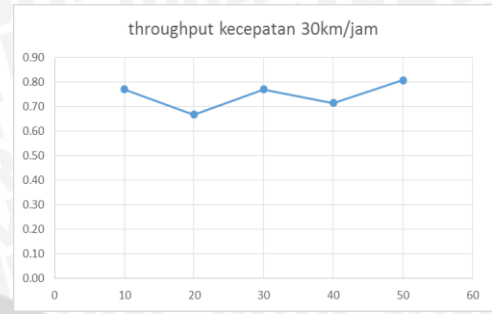
Gambar 19 grafik packet loss pengiriman 20km/jam

Dari grafik diatas dapat dianalisa bahwa packet loss yang terjadi cukup besar, karena packet loss yang terjadi pada setiap jarak setidaknya memiliki nilai packet loss 10.



Gambar 20 grafik throughput pengiriman 20km/jam

Dari grafik throughput diatas dapat dilihat nilai throughput dari masing-masing node pada tiap-tiap jarak, meskipun memiliki nilai yang naik turun mulai jarak 10m sampai 50 namun nilai yang dihasilkan cukup stabil. Yang perlu diperhatikan justru nilai throughput tertinggi ketika node berada pada jarak terjauh yaitu 50m.

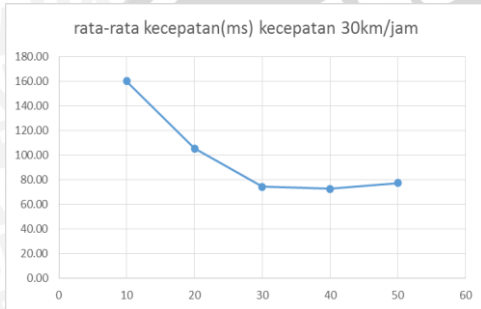


Gambar 23 grafik throughput pengiriman 30km/jam

Grafik diatas merupakan grafik untuk throughput dari masing-masing node pada tiap-tiap jarak, terlihat grafiknya cukup stabil karena pada jarak 10-30m ada sedikit perbedaan nilai namun tidak terlalu besar, perbedaan besar terlihat antara jarak 30m-50m dimana nilai naik dan turun.

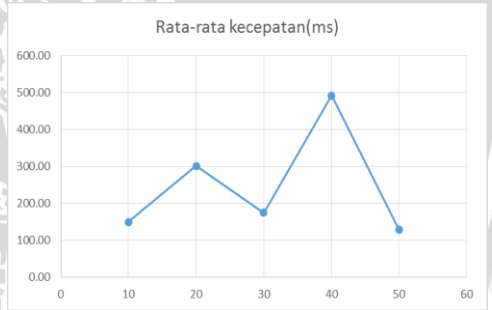
3. Pengujian Pengiriman Paket Data Node OBU

Pelaksanaan pengujian akan dilakukan dengan cara menyalakan kedua node OBU dan menjalankan proses pengiriman data dan penerimaan data, sehingga kedua node OBU akan mengirim paket data dan langsung menerima paket data dari node OBU yang lain. Dari data yang dikirim nanti dalam dilihat berapa waktu pengiriman data dan packet loss dari pengiriman tersebut, kemudian nanti juga akan dilakukan pengiriman terhadap besarnya troughput.



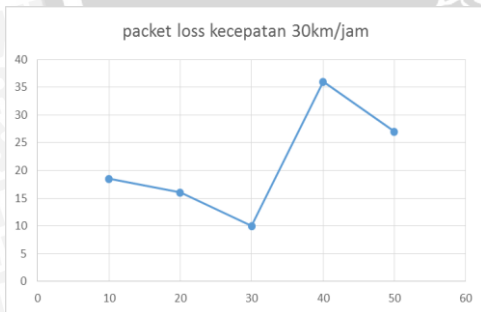
Gambar 21 grafik RTT pengiriman 30km/jam

Dari grafik diatas dapat dianalisa bahwa sedikit terjadi keanehan karena justru rata-rata kecepatan ketika jarak semakin jauh semakin kecil atau pengiriman data semakin cepat.



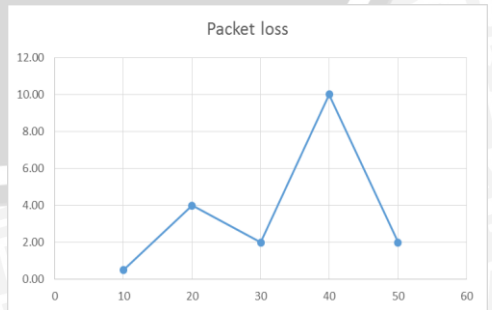
Gambar 24 grafik RTT pengiriman OBU

Dari gambar grafik diatas dapat dianalisa bahwa kecepatan pengiriman tidak stabil yang bisa dilihat pada jarak 40m kecepatan pengiriman pada jarak 40m memiliki rata-rata 500ms.



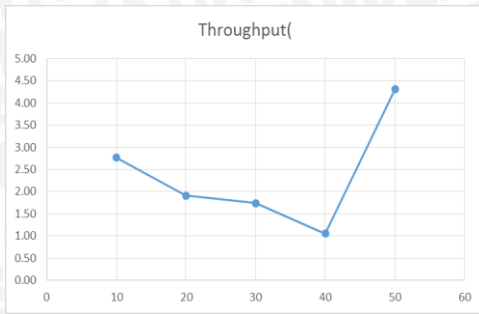
Gambar 22 grafik packet loss pengiriman 30km/jam

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa packet loss tidak dipengaruhi jarak antar node, bisa dilihat pada jarak 10m-30m memiliki nilai packet loss yang sangat rendah sementara pada jarak 40m memiliki packet loss yang tinggi namun packet loss kembali turun pada jarak 50m.



Gambar 25 grafik packet loss pengiriman OBU

Dari grafik dapat dianalisa bahwa packet loss pada pengujian ini sangat rendah, hanya saja pada jarak 40m memiliki packet loss yang cukup banyak yaitu 10 packet loss.



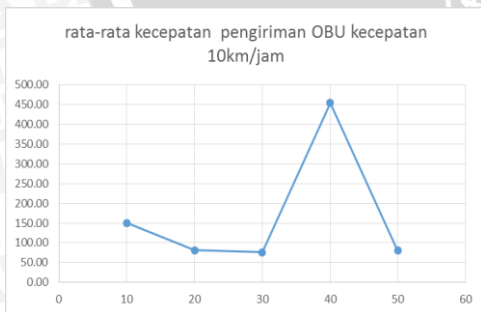
Gambar 26 grafik throughput pengiriman OBU

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa nilai throuput sangat tinggi, pada jarak 10 memiliki nilai 2.60Mbit/s namun pada jarak 20m, 30m, dan 40m nilai tersebut turun hingga 1Mbit/s, tetapi pada jarak 50m throuput kembali naik begitu drastis hingga mencapai throuput 4.5Mbit/s.

4. Pengujian Pengiriman Paket Data Node OBU yang bergerak

Pengujian ini dilaksanakan dengan cara menyalakan kedua node OBU dan membiarkan kedua node OBU tersebut saling mengirim paket data sebanyak 200 kali. Pada pengujian ini ada beberapa skenario yang akan dilakukan, antara lain:

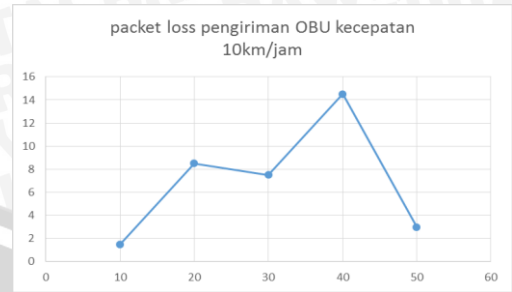
1. Pengiriman paket data oleh kedua node OBU dimana kedua node OBU bergerak saling mendekat dengan kecepatan 10km/jam
2. Pengiriman paket data oleh kedua node OBU dimana kedua node OBU bergerak saling mendekat dengan kecepatan 20km/jam
3. Pengiriman paket data oleh kedua node OBU dimana kedua node OBU bergerak saling mendekat dengan kecepatan 30km/jam



Gambar 27 grafik RTT pengiriman OBU 10km/jam

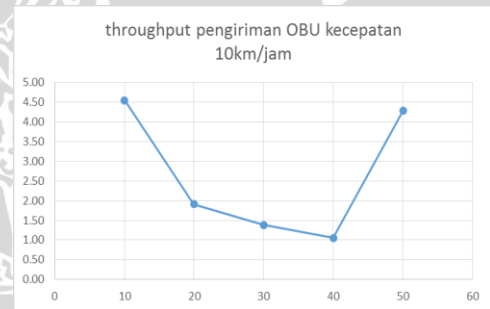
Dari grafik diatas menunjukkan bahwa node 2 memiliki nilai RTT yang lebih stabil daripada node 1. Perbedaan nilai antara node 1 dan node 2 sebenarnya tidak terlalu jauh, namun hasil pengujian node 1 pada jarak 40 meter

mengalami kenaikan yang signifikan sehingga membuat grafik pada node 1 terlihat tidak stabil.



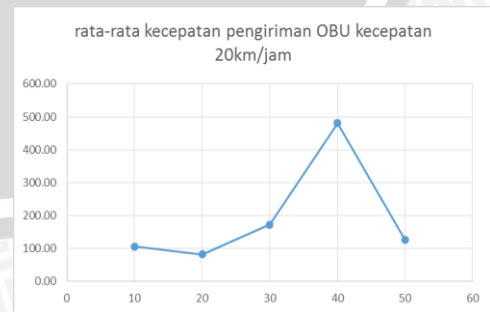
Gambar 28 grafik packet loss pengiriman OBU 10km/jam

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa jarak antar node dapat mempengaruhi besarnya paket loss pada node 1 dan node 2. Pada jarak 10 meter kedua node tidak terjadi paket loss, sementara ketika dilakukan pengujian pada jarak 20 sampai 40 meter kedua node mengalami kenaikan pada jumlah paket loss, di sisi lain pengujian dengan jarak 50 meter kedua node mengalami penurunan jumlah paket loss yang nilainya lebih kecil dari pengujian dengan jarak 20 meter.



Gambar 29 grafik throughput pengiriman OBU 10km/jam

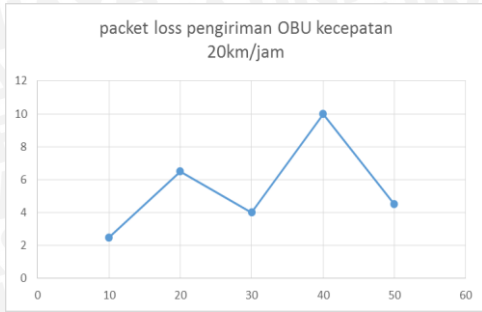
Dari grafik diatas dapat dianalisa bahwa throughput dari kedua node tidak berbeda jauh mulai dari jarak 10m hingga 50m, grafik yang terbentuk dari kedua node juga tidak terlalu jauh



Gambar 30 grafik RTT pengiriman OBU 10km/jam

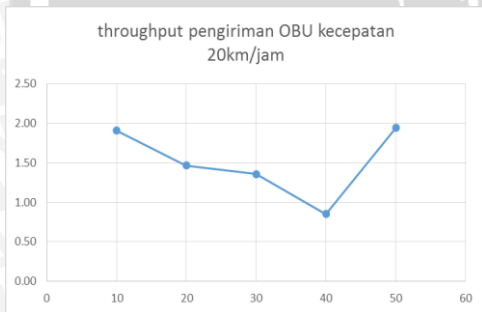
Dari grafik diatas menunjukkan bahwa node 2 memiliki nilai RTT yang lebih stabil daripada node 1.

Perbedaan nilai antara node 1 dan node 2 sebenarnya tidak terlalu jauh, namun hasil pengujian node 1 pada jarak 40 meter mengalami kenaikan yang signifikan sehingga membuat grafik pada node 1 terlihat tidak stabil.



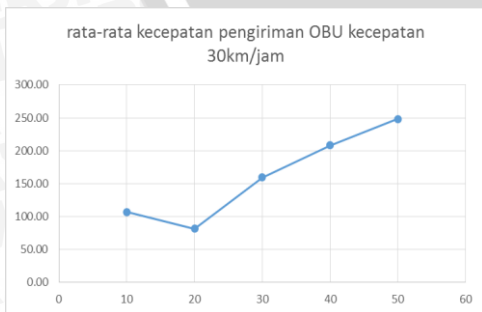
Gambar 31 grafik packet loss pengiriman OBU 20km/jam

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa jarak antar node dapat mempengaruhi besarnya paket loss pada node 1 dan node 2. Secara keseluruhan nilai paket loss pada node 1 cukup stabil, hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian pada jarak 10 m, 20 m, 30 m, dan 50 m memiliki nilai yang tidak berbeda jauh. Hal serupa juga terjadi pada node 2, dimana hasil pengujian pada jarak 10 m, 30 m, 40 m, dan 50 m memiliki perbedaan nilai yang tidak signifikan, hanya saja pada node 1 jarak 40 m dan node 2 jarak 20 m terjadi kenaikan nilai yang cukup signifikan.



Gambar 32 grafik throughput pengiriman OBU 20km/jam

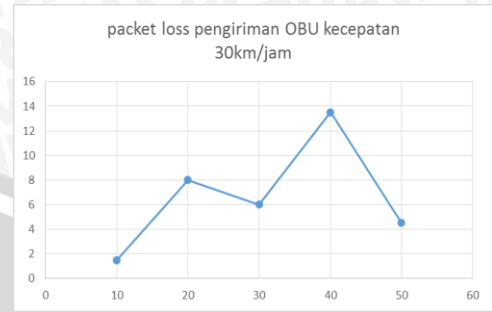
Dari gambar diatas dapat dianalisa bahwa throughput kedua node sedikit menurun ketika jarak semakin jauh antara 10m sampai 40m, namun kedua node memiliki throughput yang tinggi saat berada pada jarak 50m.



Gambar 33 grafik RTT pengiriman OBU 30km/jam

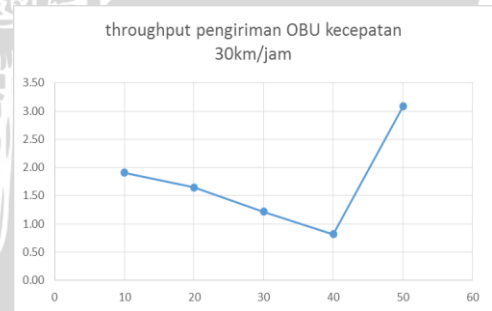
Dari grafik diatas, menunjukkan bahwa jarak pengiriman antar node mempengaruhi kecepatan pengiriman

data. Hal ini dapat dilihat pada hasil pengujian pada node 1 dan node 2 yang memiliki kenaikan pada rata-rata kecepatan pada setiap 10 meter jarak yang diujikan.



Gambar 34 grafik packet loss pengiriman OBU 30km/jam

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa jarak antar node dapat mempengaruhi besarnya paket loss pada node 1 dan node 2. Pada jarak 10 meter kedua node terjadi paket loss dengan nilai yang kecil, sementara ketika dilakukan pengujian pada jarak 20 sampai 40 meter kedua node 1 mengalami kenaikan pada jumlah paket loss, di sisi lain pengujian dengan jarak 50 meter kedua node mengalami penurunan jumlah paket loss yang nilainya lebih kecil dari pengujian dengan jarak 20 meter. Sedangkan pada node 2 jarak antar node tidak terlalu berpengaruh pada paket loss karena hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai pada jarak 30 meter lebih kecil dari nilai jarak 20 meter, begitu juga dengan hasil pengujian pada jarak 50 meter yang memiliki nilai lebih kecil dari hasil pengujian pada jarak 20 meter sampai 40 meter.



Gambar 35 grafik throughput pengiriman OBU 30km/jam

Dari grafik diatas dapat dianalisa bahwa throuput pada jarak 10m hingga 40m memiliki grafik yang turun, namun pada jarak 50m throughput justru melonjak naik memiliki nilai yang paling tinggi.

IX. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Penerapan nRF24L01 pada VANET dilakukan hampir sama seperti penerapan nRF24L01 pada umumnya, yang sudah dijelaskan pada perancangan sistem.
- 2) Proses pengiriman data yang dilakukan oleh node RSU maupun proses penerimaan data yang dilakukan oleh node OBU memanfaatkan library RF24.
- 3) Dengan memanfaatkan library RF24, nRF24L01 hanya bisa melakukan pengiriman data atau penerimaan data dalam satu waktu.
- 4) Node OBU juga bisa melakukan pengiriman data ketika keadaan darurat dengan cara menekan tombol darurat.
- 5) Sesuai dengan hasil pengujian yang sudah dilakukan, jarak antar node sedikit mempengaruhi waktu pengiriman data, packet loss, dan throughput. Namun pengaruh dari jarak sendiri tidak terlalu besar
- 6) Kecepatan tidak mempengaruhi proses pengiriman data pada nRF24L01 karena ketika dalam jangkauan nRF24L01 masih tetap bisa mengirimkan data dengan hasil yang tidak terlalu berbeda dengan saat pengujian jarak.
- 7) Dengan memanfaatkan arduino dan nRF24L01 sebagai alat komunikasi menyebabkan data yang dikirim tidak bisa terlalu besar karena memory yang dimiliki kedua alat tersebut yang sangat terbatas.
- 8) nRF24L01 juga memiliki sinyal yang lemah sehingga nRF24L01 harus saling berhadapan dan tidak ada penghalang diantara kedua node.
- 9) Hasil penelitian yang dilakukan tidak dapat diterapkan dalam aplikasi VANET manapun dikarenakan jarak antar node pada penelitian ini dianggap terlalu dekat.

2. Saran

Dari kesimpulan penelitian ini, terdapat beberapa saran yang bisa menjadi acuan dalam pengembangan penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Perlu dilakukan penambahan antenna pada nRF24L01 agar pengiriman data bisa lebih jauh dan memiliki sinyal yang lebih kuat.
2. Perlu dibuat standart pengiriman data yang cocok untuk diterapkan pada arduino dan nRF24L01 yang memiliki memory terbatas.

X. DAFTAR PUSTAKA

- Bhoi, Sourav Kumar., Khilar, Pabrita Mohan. 2013. Vehicular communication: a survey. Rourkela : Department of Computer Science and Engineering, National Institute of Technology
- Amudhavel, J., dkk, 2015. An Robust Recursive Ant Colony Optimization Strategy in Vanet for Accident Avoidance (RACO-VANET). Pondicherry: International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies [ICCPCT]
- Zhang, Liren., dkk., 2013. Mobility analysis in vehicular ad hoc network (VANET). UAE. College of Information Technology, United Arab Emirates University.
- Al-Sultan, Saif., dkk., 2013. A comprehensive survey on vehicular Ad Hoc network. Leicester. Software Technology Research Laboratory, De Montfort University, Bede Island Building.
- ASA, Nordic Semiconductor, *nRF24L01 Product Specification V2.0*, (http://www.nordicsemi.com/eng/nordic/download_resource/8041/1/62435711 diakses tanggal 12 September 2015).
- Arduino, *Arduino Pro Mini*, (<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardProMini> diakses tanggal 13 September 2015).
- C.C. Communication Consortium. Car 2 car communication consortium manifesto. ([Http://car-to-car.org/index.php?id=31](http://car-to-car.org/index.php?id=31)).
- WHO, Number of road traffic deaths (http://www.who.int/gho/road_safety/mortality/number_text/en/ diakses tanggal 17 mei 2016)