ANALISIS MODEL MOBILITAS *RANDOM* TERHADAP KINERJA *ZONE ROUTING PROTOCOL* PADA *MOBILE AD-HOC NETWORK*

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:
Rizaldy Firmansyah Yulianto
NIM: 155150207111112

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2021

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

PENGESAHAN

Analisis Model Mobilitas *Random* Terhadap Kinerja *Zone Routing Protocol* Pada *Mobile Ad-Hoc Network*

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :

Rizaldy Firmansyah Yulianto
NIM: 155150207111112

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
7 Juli 2021
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing

Ir. Heru Nurwarsito, M.Kom.
NIP: 19650402 199002 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Achmad Basuki, S.T., M.MG., Ph.D.
NIP: 19741118 200312 1 002

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar referensi.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 7 Juli 2021

Rizaldy Firmansyah Yulianto

NIM: 155150207111112

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunianya yang telah memberikan kelancaran dan kemudahan sehingga penelitian skripsi dengan judul Analisis Model Mobilitas *Random* Terhadap Kinerja *Zone Routing Protocol* Pada *Mobile Ad-Hoc Network* ini dapat terselesaikan dengan baik. Penelitian ini dilakukan dalam rangka memenuhi mata kuliah skripsi untuk memperoleh gelar sarjana komputer di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.

Dengan terselesaikannya tugas akhir penelitian ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang terlibat dalam penyusunan penelitian ini. Pihak-pihak yang telah banyak membantu, mendoakan, membimbing, dan mendukung penulis selama penelitian ini berlangsung hingga penelitian ini dapat terselesaikan khususnya kepada:

1. Allah SWT.
2. Kedua orangtua penulis yaitu Ibu dan Nenek yang secara ikhlas telah memberikan dukungan penuh baik dalam bentuk moril maupun materil.
3. Bapak Wayan Firdaus Mahmudi, S.Si, M.T, Ph.D selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer, Bapak Achmad Basuki, S.T., M.MG., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika dan Bapak Adhitya Bhawiyuga, S.Kom., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika.
4. Bapak Ir. Heru Nurwarsito, M.Kom. selaku dosen pembimbing skripsi penulis yang telah memberikan arahan, bimbingan serta dukungan hingga terselesaikannya penelitian ini.
5. Teman – teman seperjuangan grup skripsi yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama penelitian ini berlangsung hingga dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis sadar dalam penyusunan tugas akhir penelitian ini masih banyak kekurangan baik dalam penyajian materi maupun pembahasan. Demi pengembangan penelitian selanjutnya dan kesempurnaan laporan ini, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan.

Malang, 7 Juli 2021

Rizaldy Firmansyah Yulianto

rizaldyfy@student.ub.ac.id

ABSTRAK

Rizaldy Firmansyah Yulianto, Analisis Model Mobilitas *Random* Terhadap Kinerja *Zone Routing Protocol* Pada *Mobile Ad-Hoc Network*

Pembimbing : Ir. Heru Nurwarsito, M.Kom.

Mobile Ad-Hoc Network (MANET) merupakan sebuah jaringan yang memiliki arsitektur *infrastructureless* antar perangkat *node* yang saling terhubung dan bergerak dalam jaringan nirkabel. Pergerakan *node* yang masif pada MANET, akan memicu meningkatnya resiko kegagalan hubungan antar *node*, menyebabkan koneksi terputus dan gagalnya proses komunikasi yang terjadi. Maka dari itu adanya pergerakan *node* dalam MANET diwakili oleh suatu model mobilitas. Pemilihan model mobilitas yang tepat penting dilakukan, karena dapat mempengaruhi pemilihan skema *routing* sekaligus kinerja yang didapatkan oleh protokol *routing* yang digunakan. Salah satu protokol *routing* dalam MANET yang dapat digunakan untuk menguji model mobilitas adalah *Zone Routing Protocol* (ZRP). Alasannya, ZRP merupakan tipe *hybrid* yang menggabungkan konsep *routing* tipe *reaktif* dan *proaktif* sehingga dapat beradaptasi dengan cepat terhadap kondisi jaringan yang dinamis. Penelitian ini akan melakukan analisis dari beberapa model mobilitas yaitu *Random Waypoint, Random Direction*, dan *Random Walk* terhadap kinerja protokol ZRP. Penelitian menggunakan simulator NS-2.35 dengan beberapa skenario berupa memberikan variasi jumlah *node* serta variasi luas area simulasi. Hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan parameter pengujian yaitu *end-to-end delay, packet delivery ratio (PDR)* dan *routing overhead* berdasarkan variasi jumlah *node*, pengujian *end-to-end delay* menunjukkan *Random Direction* mendapatkan waktu terendah stabil yaitu 0,666ms. Pada pengujian PDR, *Random Walk* mendapatkan rata-rata persentase tertinggi yaitu 94,72%. Sedangkan pada pengujian *routing overhead*, *Random Walk* mendapatkan rata-rata nilai terendah 3414,098. Berdasarkan variasi luas area simulasi, pengujian *end-to-end delay* menunjukkan *Random Walk* dan *Random Waypoint* lebih baik digunakan pada luas area besar, sedangkan *Random Direction* lebih baik digunakan pada luas area kecil. Pada pengujian PDR, *Random Walk* dan *Random Waypoint* lebih baik digunakan pada luas area besar, sedangkan *Random Direction* lebih baik digunakan pada luas area kecil. Pada pengujian *routing overhead*, *Random Walk* cocok digunakan pada luas area kecil ataupun besar.

Kata kunci : *mobile ad-hoc network, ZRP, random waypoint, random direction, random walk, network simulator*

ABSTRACT

Rizaldy Firmansyah Yulianto, *Analysis of Random Mobility Models on Zone Routing Protocol Performance In Mobile Ad-Hoc Network*

Supervisors : Ir. Heru Nurwarsito, M.Kom.

Mobile Ad-Hoc Network (MANET) is a network that has *infrastructureless* architecture between *node*s that are interconnected and move in a wireless network. Massive movement of *node*s in MANET, will trigger the risk of connection failure between *node*s, causing the communication process to be interrupted. Therefore, the movement of *node*s in the MANET is indicated by a mobility model. The right selection of a mobility model is important, because it can affect the *routing* selection scheme as well as the performance obtained by the *routing* protocol used. One of the *routing* protocols in MANET that can be used to test the mobility model is *Zone Routing Protocol* (ZRP). ZRP is a hybrid type *routing protocol* that combines the concept of *reactive* and *proactive routing protocols.* It can adapt to dynamic network conditions quickly. This study will analyze several mobility models, such as *Random Waypoint*, *Random Direction*, and *Random Walk* on the performance of ZRP protocol. The study used the NS-2.35 simulator with several scenarios in the form of node variations and size variations of the simulation area. The results of the research conducted based on the metrics, such as *end-to-end delay, packet delivery ratio* (PDR) and *routing overhead*. Based on node variations scenario, for an end-to-end delay testing show the *Random Direction* had the lowest value of 0.666 ms. In the PDR test, *Random Walk* got the highest average percentage of 94.72 %. Meanwhile, in the routing overhead, *Random Walk* got the lowest average score of 3414.098 packages. Based on the size variation of the simulation area, end-to-end delay testing shows the *Random Walk* and *Random Waypoint* are better for large areas, while *Random Direction* for small areas. In PDR testing, *Random Wal*k and *Random Waypoint* are better used in large areas, while Random Direction for small areas. In routing overhead testing, *Random Walk* is suitable for use in small or large areas.

Keywords : *mobile ad-hoc network, ZRP, random waypoint, random direction, random walk, network simulator*

DAFTAR ISI

PENGESAHAN ii
PERNYATAAN ORISINALITAS iii
PRAKATA iv
Abstrak v
Abstract vi
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Identifikasi Masalah 5
1.3 Rumusan Masalah 5
1.4 Tujuan 6
1.5 Manfaat 6
1.6 Batasan Masalah 6
1.7 Sistematika Pembahasan 7
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN 8
2.1 Kajian Pustaka 8
2.2 *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET) 11
2.3 *Zone Routing Protocol* (ZRP) 12
2.4 Model Mobilitas 16
2.4.1 *Random Waypoint* 16
2.4.2 *Random Direction* 17
2.4.3 *Random Walk* 18
2.5 NS-2 Simulator 19
BAB 3 METODOLOGI 20
3.1 Kajian Pustaka 20
3.2 Rekayasa Kebutuhan 21
3.2.1 Kebutuhan Fungsional 21
3.2.2 Kebutuhan Non-Fungsional 21
3.3 Perancangan 22

3.3.1 Perancangan Parameter Simulasi 22
3.3.2 Perancangan Topologi Jaringan 23
3.3.3 Perancangan Skenario Pengujian 23
3.4 Implementasi 24
3.4.Implementasi Area Simulasi 25
3.4.2Implementasi Model Mobilitas *Random Waypoint* 27
3.4.3Implementasi Model Mobilitas *Random Direction* 28
3.4.4Implementasi Model Mobilitas *Random Walk* 30
BAB 4 HASIL DAN ANALISIS 33
4.1 Skenario Pengujian Berdasarkan Variasi Jumlah *Node* 33
4.1.1 Tujuan 33
4.1.2 Prosedur 33
4.1.3 Hasil 34
4.1.4 Analisis 35
4.2 Skenario Pengujian Berdasarkan Luas Area 38
4.2.1 Tujuan 38
4.2.2 Prosedur 38
4.2.3 Hasil 39
4.2.4 Analisis 41
BAB 5 PENUTUP 47
5.1 Kesimpulan 47
5.2 Saran 48
DAFTAR REFERENSI 49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kebutuhan Fungsional 21
Tabel 3.2 Spesifikasi *Hardware* 21
Tabel 3.3 Spesifikasi *Software* 21
Tabel 3.4 Parameter Simulasi 22
Tabel 3.5 Kode Sumber untuk Parameter Simulasi 25
Tabel 3.6 Potongan Kode Sumber Untuk Memanggil Skenario Mobilitas *Random Waypoint* 27
Tabel 3.7 Potongan Kode Sumber Untuk Memanggil Skenario Mobilitas *Random Direction* 29
Tabel 3.8 Potongan Kode Sumber Untuk Memanggil Skenario Mobilitas *Random Walk* 31
Tabel 4.1 Nilai *End-to-end delay* 34
Tabel 4.2 Nilai *Packet delivery ratio (PDR)* 34
Tabel 4.3 Nilai *End-to-end delay* pada Luas Area 800 m^2 39
Tabel 4.4 Nilai *End-to-end delay* pada Luas Area 1600 m^2 40
Tabel 4.5 Nilai *PDR* pada Luas Area 800 m^2 40
Tabel 4.6 Nilai *PDR* pada Luas Area 1600 m^2 40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Hubungan *Node* dalam MANET 12
Gambar 2.2 Arsitektur ZRP 13
Gambar 2.3 Proses Mekanisme IARP 14
Gambar 2.4 Proses Mekanisme IERP Saat *Request* Rute 15
Gambar 2.5 Proses Mekanisme IERP saat *Reply* route 15
Gambar 2.6 Pola Pergerakan Model *Random Waypoint* 17
Gambar 2.7 Pola Pergerakan Model *Random Direction* 18
Gambar 2.8 Pola Pergerakan *Model Random Walk* 19
Gambar 3.1 *Block Diagram* Tahap Penelitian 20
Gambar 3.2 Contoh Topologi Persebaran 20 *Node* 23
Gambar 3.3 Eksekusi *script zrp.tcl* dan *result.nam* 26
Gambar 3.4 Visualisasi Topologi 20 *Node* 26
Gambar 3.5 Perintah Mengeksekusi Model Mobilitas *Random Waypoint* 27
Gambar 3.6 Pergerakan 20 *Node* Menggunakan *Random Waypoint* 28
Gambar 3.7 Posisi Akhir 20 *Node* Setelah Bergerak secara *Random Waypoint* ... 28
Gambar 3.8 Perintah Mengeksekusi Model Mobilitas *Random Direction* 29
Gambar 3.9 Pergerakan 20 *Node* Menggunakan *Random Direction* 30
Gambar 3.10 Posisi Akhir 20 *Node* Setelah Bergerak secara *Random Direction* .. 30
Gambar 3.11 Perintah Mengeksekusi Model Mobilitas *Random Walk* 31
Gambar 3.12 Pergerakan 20 *Node* Menggunakan *Random Walk* 32
Gambar 3.13 Posisi Akhir 20 *Node* Setelah Bergerak secara *Random Walk* 32
Gambar 4.1 Menjalankan fungsi AWK dengan file result.tr 34
Gambar 4.2 *End-to-end delay* 35
Gambar 4.3 *Packet Delivery Ratio* 36
Gambar 4.4 *Routing overhead* 37
Gambar 4.5 *End-to-end delay* pada Luas Area 800 m^2 41
Gambar 4.6 *End-to-end delay* pada Luas Area 1600 m^2 42
Gambar 4.7 PDR pada Luas Area 800 m^2 43
Gambar 4.8 PDR pada Luas Area 1600 m^2 43
Gambar 4.9 *Routing overhead* pada Luas Area 800 m^2 44
Gambar 4.10 *Routing overhead* pada Luas Area 1600 m^2 45

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hingga saat ini, pertumbuhan teknologi komunikasi berbasis jaringan nirkabel terus meningkat seiring dengan populasi masyarakat yang terus maju. Perkembangan teknologi jaringan nirkabel telah menciptakan sebuah persyaratan sendiri untuk mendukung aplikasi real-time berbasis *mobile* (Pant et al., 2016). Hampir di seluruh tempat, jaringan nirkabel sudah banyak digunakan untuk berbagai macam kebutuhan. Perkembangan jaringan ini, juga sejalan dengan perkembangan teknologi perangkat berbasis *mobile* yang terus meningkat. Ketersediaan infrastruktur jaringan yang tidak juga berkembang, memicu para peneliti di bidang jaringan untuk memikirkan cara membuat sebuah jaringan yang dapat menghubungkan perangkat – perangkat *mobile* tetap dapat berkomunikasi namun tanpa perlu adanya infrastruktur. Sehingga, dikembangkanlah sebuah teknologi bernama *Ad-Hoc Network,* dan salah satu jenis teknologi *Ad-hoc Network* yang berkembang saat ini adalah *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET). MANET merupakan sebuah jaringan yang dapat melakukan konfigurasi dan pengaturan secara independen tanpa memerlukan infrastruktur tersendiri antar perangkat *mobile*-nya / *node* yang saling terhubung dalam jaringan nirkabel (Chaturvedi & Kehmani, 2014). Secara singkat, MANET adalah jaringan yang bersifat *self-configuration* dan *infrastructureless* sehingga tidak memerlukan sebuah *access point* yang menetap di suatu titik atau tempat.

Komunikasi yang dilakukan antar *node* pada MANET dilakukan secara *wireless,* dengan mekanisme *routing* yang digunakan sama seperti pada jaringan berkabel biasa, hanya saja karena *node* – *node* berada dalam posisi yang berubah – ubah membuat proses komunikasinya lebih rumit. Maka dari itu, mekanisme *routing* pada MANET menggunakan beberapa protokol – protokol khusus yang memang digunakan untuk jaringan Ad-hoc. Ada beberapa jenis protokol *routing* pada MANET yang dikategorikan menjadi 3, yaitu (Aarti, 2013): *proactive*, *reactive* serta *hybrid*. Prinsip *Proactive Routing Protocols* pada dasarnya setiap *node* akan meng-*handle* informasi hanya pada jalur yang aktif saja menuju *node* tujuan. Sehingga rute akan dicari saat dibutuhkan saja untuk meminimalisir *overhead* komunikasi. Prinsip *Reactive Routing Protocol* pada dasarnya setiap *node* harus meng-*handle* satu atau lebih informasi tabel *routing,* memperbarui rute komunikasi dan menyebarkan pembaruan *routing* ke seluruh jaringan. Sehingga tidak cocok diterapkan pada jaringan dengan skala yang sangat besar. Sedangkan prinsip *Hybrid Routing Protocol* adalah penggabungan dari prinsip *Reactive* dan *Proactive*.

Protokol *routing* kategori *hybrid* bermacam – macam, salah satu contohnya adalah *Zone Routing Protocol* (ZRP). ZRP adalah protokol yang secara garis besar menggabungkan kemampuan dari protokol reaktif dan proaktif. Ketika posisi *node* saling berdekatan dan dapat dijangkau, maka mekanisme *routing yang digunakan adalah proaktif*. Namun apabila, jarak *node* yang saling berjauhan,

mekanisme *routing* yang digunakan *reactive* (Raheja & Maakar, 2014). ZRP akan mengurangi *control overhead* dengan *routing* protokol proaktif, dan mengurangi *latency* dalam pencarian rute dengan *routing* protokol reaktif (Khatkar & Singh, 2012). Seperti namanya, ZRP menggunakan prinsip "zonasi" dalam komunikasinya, dimana komunikasi yang terjadi antara *node* dapat terjadi di dalam zona ataupun komunikasi antar zona yang terbentuk. ZRP terbentuk dari 2 sub-protokol, yaitu *Intra-zone Routing Protocol* (IARP), dan *Inter-zone Routing Protocol* (IERP). IARP menerapkan konsep *routing* protokol proaktif, dimana digunakan masih berada dalam 1 zona yang sama. Sedangkan IERP menerapkan konsep *routing* protokol reaktif, dimana digunakan antar zona yang berbeda. Sehingga mekanisme pengirimannya, apabila rute komunikasi yang terjadi dimana masih dalam zona yang sama, maka paket dalam langsung dikirimkan secara langsung. Namun apabila komunikasi antar *node* dilakukan pada zona yang berbeda, *node* sumber pengirim akan mengirimkan paket menuju *node* yang letaknya paling dekat dengan "perbatasan zona" tersebut dan akan memberikan informasi paket yang akan dikirimkannya. Apabila *node* perbatasan mengecek bahwa alamat yang dituju tidak ada dalam zonanya, maka akan diteruskan ke "*node* perbatasan" yang lain dan melakukan proses yang sama hingga mencapai tujuan yang dicapai. Dalam pengiriman *request routing,* ZRP menggunakan *Broadcast Resolution Protocol* (BRP).

Pergerakan *node* pada MANET, akan memicu meningkatnya resiko kegagalan hubungan antar *node*, yang dapat menyebabkan koneksi terputus dan gagalnya proses komunikasi yang terjadi. Selain itu, pergerakan *node* yang sangat masif di dalam MANET, mengakibatkan topologi pada jaringan nirkabel seperti *ad-hoc* dapat berubah terus-menerus. Situasi seperti ini sering menimbulkan perubahan rute pada proses *routing*nya. Hal ini dapat menyebabkan *end-to-end delay* yang semakin tinggi karena perubahan topologi tersebut. Maka dari itu adanya pergerakan *node* dalam MANET diwakili oleh suatu model mobilitas. Model mobilitas dapat dikatakan sebagai sebuah perwakilan dari bentuk pergerakan yang dilakukan oleh *mobile node* di dalam jaringan. Dalam penelitian MANET, model mobilitas menjadi salah satu tolok ukur penting untuk menentukan karakteristik jaringan serta mengukur kinerja dari protokol *routing* yang nantinya diterapkan. Di dalam penelitian, pemilihan model mobilitas yang tepat penting dilakukan, karena akan berpengaruh terhadap pemilihan skema *routing* sekaligus kinerja yang didapatkan oleh protokol *routing* yang digunakan.

Ada banyak macam model mobilitas pada jaringan MANET. Beberapa contoh model mobilitas yang ada yaitu : *Random Waypoint, Random Walk, Random Direction, Markovian Model Column Model*, serta *Reference Point Group Model* (RPGM). Pada dasarnya model mobilitas dapat dibagi berdasarkan banyak kategori, salah satunya yaitu berdasarkan jenis perilaku pergerakan *node*nya. Menurut Sukhija dan Kumar, model mobilitas memiliki 2 cara *node* bergerak dalam sebuah jaringan (Sukhija & Kumar, 2015). Yang pertama yaitu *node* bergerak secara independen (*individual/entity*) seperti contohnya : *Random Waypoint, Random Walk* ataupun *Random Direction*. Kedua yaitu secara grup

atau berkelompok seperti pada model mobilitas *Coloumn, Nomadic, Pursue, Exponential Correlated* dan *Reference Point Group Model* (RPGM), dimana sekumpulan *node* akan bergerak bersama – sama mengikuti satu 'pemimpin' grup atau titik referensi *node* untuk menuju ke destinasi tertentu. Jenis pergerakan yang berbeda, akan mempengaruhi kinerja dari protokol *routing* yang digunakan. Dan dalam kategorinya, model mobilitas dibagi menjadi 5 kategori, dan yang paling umum digunakan dalam pengujian kinerja sebuah *routing* protokol MANET, adalah model mobilitas random (P.S, 2014).

Namun, terlepas dari pemilihan model mobilitas, tetap saja protokol *routing* yang memegang peran krusial dalam komunikasi pengiriman dan penerimaan informasi dari sumber ke tujuan. Maka dari itu, fokus penelitian yang dilakukan disini adalah bagaimana cara menjamin komunikasi antara *node* dapat terus terjalin dalam kurun waktu tertentu dengan efektif dan efisien di jaringan MANET. Untuk mendapatkan hal tersebut, diperlukan berbagai macam skenario yang realistis. Salah satu faktor penting untuk mencapainya adalah dengan pemilihan model mobilitas yang tepat untuk diimplementasikan pada protokol *routing*-nya.

Banyak peneliti yang sudah melakukan penelitian terkait model mobilitas yang diterapkan pada protokol *routing* tertentu. Sebagai rujukan, ada penelitian yang dilakukan oleh (Gowrishankar, 2007) yang membahas mengenai pengaruh dari model mobilitas random terhadap kinerja protokol AODV. Model mobilitas yang digunakan adalah *Random Waypoint, Random Walk with Reflections*, dan *Random Walk with Wrapping*. Penelitian dilakukan dengan menggunakan simulator NS-2. Uniknya, luas area simulasi yang digunakan adalah persegi Panjang, yaitu 800 m x 500 m dengan waktu simulasi 900 s. Jumlah *node* yang digunakan bervariasi, dari 5 hingga 25. Hasil penelitian berdasarkan parameter *Packet delivery ratio* (PDR), *Average end-to-end delay* dan *Protocol Control Overhead* menunjukkan *Random Waypoint* mendapatkan nilai throughput maksimal dibandingkan kedua model mobilitas yang lain. Kemudian untuk delay minimum didapatkan oleh *Random Waypoint* dan justru delay tertinggi didapatkan *Random Walk with Wrapping*. Dan untuk *Protocol Control Overhead* didapatkan hasil paling minimum oleh *Random Walk with Wrapping*. Penelitian yang lain oleh dilakukan oleh (P.S, 2014) membahas mengenai pengaruh dari model mobilitas random terhadap protokol OLSR pada MANET. Dalam penelitiannya, model mobilitas yang digunakan adalah *Random Waypoint, Random Direction* dan *Random Walk*. Parameter simulasi menggunakan simulator NS3, luas area 1000 m^2, jumlah *node* 50 serta waktu simulasi 300 s. Hasil penelitian berdasarkan parameter *throughput*, *end-to-end delay* serta *packet delivery ratio* menunjukkan bahwasanya model mobilitas *Random Direction* unggul dalam segala parameter uji dibandingkan *Random Waypoint* dan *Random Walk*. Ada juga penelitian yang dilakukan oleh (Keshav & Manjula, 2015) yang membahas mengenai Studi analisis dan implementasi dari Model mobilitas Random terhadap protokol AODV+ dalam *Integrated-Internet MANET*.

Integrated-Internet MANET secara garis besar merupakan jaringan MANET modifikasi untuk memperluas cakupan jaringannya dengan diintegrasikan dengan Internet. Berdasarkan parameter *PDR, throughput* dan *Bit Error Rate*, menunjukkan bahwa hasil paling maksimal didapatkan oleh *Random Direction* dibandingkan dua model mobilitas lainnya. Selain itu, penelitian juga dilakukan oleh (Nayak & Vathasavai, 2016) yang membahas mengenai analisis tiga model mobilitas *random* yaitu *Random Waypoint, Random Direction* dan *Random Walk* terhadap protokol reaktif dalam MANET, yaitu DSR dan AODV. Simulator yang digunakan adalah NetSim. Model Berdasarkan parameter *throughput, end-to-end delay, PDR* serta *Routing Overhead*, menunjukkan bahwa protokol DSR lebih unggul dari segi parameter *end-to-end delay, PDR* dan *Routing Overhead* terhadap AODV. Sedangkan dari nilai *throughput* maksimal didapatkan oleh AODV. Hal tersebut menunjukkan model mobilitas tertentu akan berdampak pada kinerja dari jenis protokol tertentu. Penelitian yang lain dilakukan oleh (Mentari et al., 2019) membahas mengenai pengaruh model mobilitas *Random Waypoint* dan *Random Direction* terhadap luas area dan jumlah *node* yang berbeda pada protokol *Ad Hoc On-Demand Distance Vector* atau AODV. Hasil penelitian berdasarkan parameter uji *packet delivery ratio*, *end-to-end delay* dan *time convergence*, menunjukkan model *Random Direction* memiliki kinerja yang lebih baik pada area simulasi yang sempit (750m^2) dengan nilai *PDR, end-to-end delay* dan *time convergence* yang tinggi. Sebaliknya model *Random Waypoint* memiliki kinerja yang baik pada area simulasi yang luas (1250m^2) dengan nilai *PDR, end-to-end delay* dan *time convergence* yang tinggi.

Dari beberapa rujukan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dapat diketahui persamaan bahwa analisis yang dilakukan ada pada model mobilitas random, yaitu *Random Waypoint*, *Random Direction*, dan *Random Walk*. Namun penelitian tersebut hanya dilakukan pada protokol *routing* bertipe reaktif dan proaktif saja. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa 2 tipe protokol tersebut memiliki kekurangan di setiap sisinya. Banyak sekali penelitian yang memfokuskan pada penggunaan protokol *routing* AODV, OLSR dan DSR. Alangkah lebih baik di era saat ini, protokol *routing* yang dapat diimplementasikan secara *real* nantinya berkategori *hybrid.* Hal ini dikarenakan protokol *hybrid* sendiri adalah memiliki prinsip mekanisme kerja gabungan dari reaktif dan proaktif. Mekanisme yang dinamis ini lebih cocok diterapkan pada kondisi *real* saat ini. Dengan penggunaan tipe *hybrid* disini, akan meningkatkan kualitas jaringan dalam MANET.

Maka dari itu, penulis mencoba mengajukan solusi penelitian dengan melakukan analisis model mobilitas *random* pada protokol *routing hybrid* yaitu ZRP. Penelitian akan dilakukan dengan berbagai skenario pengujian, dengan parameter uji yaitu *end-to-end delay*, *packet delivery ratio* (PDR), dan *routing overhead*. Diharapkan dengan dilakukannya penelitian ini, ZRP mampu menghasilkan kinerja yang maksimal dari segi skema *routing*, pengiriman dan penerimaan data yang efisien, serta meningkatkan kualitas jaringan dari ruang lingkup MANET yang diuji dengan menggunakan beberapa model mobilitas

tersebut. Dan juga, ZRP dapat diterapkan dalam jaringan MANET yang sebenarnya disamping protokol – protokol lain yang umum digunakan.

Hipotesis sementara dari penelitian yang akan dilakukan disini, bahwasanya model mobilitas dengan jenis *Random Waypoint* akan menghasilkan kinerja yang lebih unggul dibandingkan kedua model mobilitas yang lain apabila diterapkan pada ZRP. Ini dikarenakan pola pergerakannya yang lebih unik serta adanya pengaturan kecepatan dan jeda yang diinginkan. Kecepatan *node* yang rendah dan lamanya waktu jeda akan menghasilkan topologi jaringan yang lebih stabil.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan paparan yang diberikan pada latar belakang sebelumnya, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yang muncul. Yang pertama adalah implementasi dari protokol ZRP tersebut terhadap beberapa model mobilitas yang nantinya akan digunakan dalam penelitian, seperti *Random Waypoint, Random Direction* dan *Random Walk*. Implementasi nantinya akan dilakukan dalam bentuk simulasi pada sebuah alat simulasi jaringan bernama NS2. Yang kedua setelah dilakukan implementasi, yaitu menentukan kualitas jaringan dalam MANET tersebut. Solusinya, dengan melakukan pengujian dengan memberikan beberapa beberapa parameter uji seperti *end-to-end delay*, *packet delivery ratio* (PDR), dan *routing overhead*-nya. Untuk penjelasannya, *end-to-end delay* digunakan untuk mengetahui seberapa cepat waktu yang diperlukan untuk mengirim data antar *node*nya. Kemudian *packet delivery ratio* (PDR) digunakan untuk memperhitungkan tingkat keberhasilan pengiriman data yang terjadi dalam sebuah komunikasi. Sedangkan *routing overhead* digunakan untuk mendapatkan jumlah paket *routing* yang dikirimkan ke semua *node*. Yang terakhir adalah mengetahui pengaruh dari perbedaan model mobilitas bertipe random yang diujikan terhadap protokol ZRP. Hal ini diperlukan analisis dari pengujian yang telah dilakukan sebelumnya untuk mendapatkan kesimpulan akhir. Dengan demikian, model mobilitas akan menjadi hal yang sangat dipertimbangkan saat mengaplikasikannya dengan protokol bertipe tertentu.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan yang diberikan pada latar belakang sebelumnya, maka didapatkan beberapa rumusan masalah, sebagai berikut :

1. Bagaimana implementasi dari *Zone Routing Protocol* (ZRP) terhadap beberapa model mobilitas *Random Waypoint, Random Direction* dan *Random Walk* yang digunakan?
2. Bagaimana analisis kinerja *Zone Routing Protocol* (ZRP) terhadap beberapa model mobilitas yang digunakan dengan parameter uji *end-to-end delay*, *packet delivery ratio* (PDR), dan *routing overhead*-nya ?
3. Bagaimana pengaruh perbedaan model mobilitas *random* terhadap protokol ZRP ?

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini terbagi menjadi 2 bagian, yaitu tujuan umum dan tujuan khusus.

Tujuan Umum

Tujuan umum pada penelitian ini adalah menganalisis model mobilitas random terhadap kinerja dari protokol *routing* ZRP yang digunakan dalam MANET.

Tujuan Khusus

Tujuan khusus pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengimplementasikan protokol *routing* ZRP dengan menerapkan berbagai macam model mobilitas bertipe random,
2. Untuk mengetahui kinerja dari protokol *routing* ZRP terhadap model mobilitas yang digunakan dengan pengujian menggunakan 3 parameter uji jaringan,
3. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh dari perbedaan model mobilitas random yang digunakan terhadap protokol *routing* ZRP.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, sebagai berikut :

1. Dapat digunakan sebagai acuan pemilihan model mobilitas yang paling tepat ketika menggunakan protokol *Zone Routing Protocol* (ZRP).
2. Dapat mengetahui kualitas jaringan sebuah protokol *routing* ZRP pada topologi MANET berdasarkan model mobilitas tertentu.
3. Dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian terkait selanjutnya.

1.6 Batasan Masalah

Terdapat beberapa batasan masalah yang ditetapkan dalam penelitian ini, sebagai berikut :

1. Protokol *routing* yang dibahas dalam penelitian hanya ZRP saja.
2. Model mobilitas yang dibahas, yaitu *Random Waypoint, Random Direction* dan *Random Walk* yang merupakan jenis model mobilitas *Random.*
3. Parameter pengujian yang digunakan adalah *end-to-end delay, packet delivery ratio* (PDR), dan *routing overhead*.
4. Hasil pengujian yang dipaparkan nantinya berdasarkan skenario pengujian yang dibuat, yaitu variasi jumlah node 20 hingga 100 saja serta luas area 800 m^2 dan 1600 m^2 saja.

1.7 Sistematika Pembahasan

Sistematika Pembahasan ditujukan untuk memberikan gambaran dan uraian dari penyusunan proposal tugas akhir secara garis besar yang meliputi beberapa bab, diantaranya sebagai berikut :

Bab I : PENDAHULUAN

Pada bab ini, menjelaskan mengenai latar belakang pemilihan topik skripsi, perumusan masalah yang menjadi fokus permasalahan utama untuk dipecahkan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah serta sistematika pembahasan.

Bab II : LANDASAN KEPUSTAKAAN

Pada bab ini, menjelaskan mengenai dasar teori dan kajian pustaka yang berhubungan dengan permasalahan yang dirumuskan sebagai acuan dalam membahas permasalahan yang dihadapi.

Bab III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini, menjelaskan mengenai metode dan alur yang dilakukan ketika penelitian yang terdiri dari studi literatur, perancangan simulasi jaringan MANET dan skenario uji**,** implementasi pada simulator, pengujian dan analisis, serta pengambilan kesimpulan dan saran.

Bab IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini, menjelaskan mengenai hasil dari pengujian yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Hasil pengujian tersebut akan dianalisis dan dibahas berdasarkan parameter yang telah ditetapkan dan ditampilkan dalam bentuk diagram dan tabel yang sesuai.

Bab V : PENUTUP

Pada bab ini, menguraikan kesimpulan yang diperoleh setelah melakukan penelitian ini dan memberikan saran – saran dari hasil yang diperoleh untuk menjadi kebermanfaatan dalam pengembagan selanjutnya.

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Pada bab ini, akan dibahas mengenai kajian pustaka berupa penelitian yang sudah pernah dilakukan, serta teori – teori yang berhubungan dengan topik permasalahan, diantaranya tentang pengertian dari MANET, protokol *routing Zone Routing Protocol* (ZRP), model mobilitas dalam MANET yang meliputi *Random Waypoint, Random Direction* dan *Random Walk* serta NS-2 simulator sebagai peralatan simulasi utama.

2.1 Kajian Pustaka

Kajian pustaka pada penulisan skripsi ini berisi tentang penelitian – penelitian sebelumnya yang menjadi acuan dan referensi dari pelaksanaan penelitian ini.

Pertama – tama terdapat penelitian yang membahas mengenai pengaruh dari beberapa model mobilitas terhadap kinerja protokol *routing* bertipe reaktif. Masalah yang dihadapi peneliti sebelumnya adalah menganalisis bagaimana pengaruh dari beberapa model mobilitas bertipe random terhadap kinerja dari protokol AODV. Oleh karena itu, peneliti menggunakan dua tipe model mobilitas untuk diuji, yaitu tipe *trace base* dan tipe *synthetic base. Trace base* merupakan pengembangan dari model mobilitas yang sudah ada dimana pola pergerakannya berdasarkan keadaan yang sebenarnya. Untuk *synthetic base* merupakan model mobilitas umum yang sering digunakan dalam simulasi jaringan. Model mobilitas untuk *synthetic base* adalah *Random Waypoint* dan model mobilitas untuk *trace base* adalah *Random Walk with Reflections*, dan *Random Walk with Wrapping*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan simulator NS-2 dengan area simulasi berbentuk persegi berukuran 800 m x 500 m, waktu simulasi 900 s dan variasi *node* dari 5 hingga 25. Hasil penelitian berdasarkan parameter uji yaitu, *Packet delivery ratio* (PDR), *Average end-to-end delay* dan *Protocol Control Overhead* menunjukkan *Random Waypoint* mendapatkan nilai throughput maksimal dibandingkan kedua model mobilitas yang lain. Kemudian untuk delay minimum didapatkan oleh *Random Waypoint* dan justru delay tertinggi didapatkan *Random Walk with Wrapping*. Dan untuk *Protocol Control Overhead* didapatkan hasil paling minimum oleh *Random Walk with Wrapping*. Hasil akhirnya, *Random Waypoint* unggul dibandingkan kedua model mobilitas yang lain. Dari sini, didapatkan bahwasanya kinerja dari protokol juga ditentukan pemilihan model mobilitas yang tepat (Gowrishankar, 2007). Korelasi dengan penelitian yang akan dilakukan sama – sama ingin membuktikan pengaruh model mobilitas terhadap sebuah protokol dalam MANET. Penulis akan membandingkan tiga model mobilitas bertipe random, yaitu *Random Waypoint, Random Direction* dan *Random Walk*. Untuk protokol, penulis lebih memilih jenis *hybrid* dengan alasan yang sudah diberikan pada bagian latar belakang. Dan untuk pengujian yang nantinya akan dilakukan juga menggunakan simulator NS-2 dengan variasi skenario uji yang berbeda.

Penelitian yang lain membahas mengenai pengaruh dari beberapa model mobilitas terhadap protokol *routing* bertipe proaktif. Masalah yang dihadapi peneliti sebelumnya yaitu ingin mengetahui bagaimana pengaruh dari model mobilitas terhadap kinerja dari protokol OLSR. Oleh karena itu, peneliti menggunakan model mobilitas bertipe random untuk diuji, yaitu *Random Waypoint, Random Direction* dan *Random Walk.* Dalam mobilitas bertipe *random*, *node* akan bergerak secara individual dengan memilih kecepatan dan arah pergerakan yang acak juga. Pengujian dilakukan dengan menggunakan simulator NS-3 dengan area simulasi 1000 m^2 dan jumlah variasi *node* maksimal ada 50 *node*. Kecepatan *Node* juga dinamis berkisar naik dari 10 m/s hingga 50 m/s dan waktu *pause* 10 s. Hasil penelitian berdasarkan parameter uji yaitu *throughput, end-to-end delay* dan *packet delivery ratio (PDR)*, didapatkan hasil analisis sebagai berikut. Pada PDR, *Random Direction* mendapatkan nilai yang unggul, namun *throughput* dan *end-to-end delay* nya yang kurang baik. Untuk *throughput* dan *End-to-End delay*, *Random Waypoint* lebih unggul dibandingkan model mobilitas yang lain. Sehingga dapat diambil kesimpulan secara umum, model mobilitas mempengaruhi kinerja sebuah protokol dalam kondisi – kondisi tertentu (P.S, 2014). Korelasi dengan penelitian yang akan dilakukan sama – sama ingin membuktikan pengaruh model mobilitas terhadap kinerja sebuah protokol. Untuk model mobilitas yang diuji sama, hanya saja protokol *routing* yang digunakan bertipe *hybrid* yaitu ZRP. Pengujian yang nantinya akan dilakukan juga berbeda, karena penulis menggunakan NS-2 dengan variasi skenario uji yang berbeda.

Penelitian berikutnya membahas mengenai pengaruh dari beberapa model mobilitas bertipe random dalam MANET yang diterapkan dalam jaringan MANET-hybrid. Maksud dari hybrid disini, adalah integrasi antara jaringan MANET dengan jaringan Internet. Dengan adanya *gateway* antara Internet dengan perangkat – perangkat di jaringan MANET, maka mekanisme komunikasi yang dapat dilakukan semakin meluas. Masalah yang dihadapi peneliti sebelumnya yaitu ingin mengetahui bagaimana pengaruh dari model mobilitas yang diterapkan di jaringan MANET modifikasi terhadap kinerja protokol *routing* yang juga dimodifikasi. Untuk model mobilitas yang diuji dalam penelitian ini adalah jenis model mobilitas random, yaitu *Random Waypoint*, *Random Direction* serta *Random Walk*. Protokol *routing* yang digunakan disini adalah AODV+, yang merupakan modifikasi protokol AODV agar mobile *node*s didalamnya dapat terhubung ke internet melalui *gateway*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan simulator NS-2 dengan luas area simulasi 1000 m^2, jumlah *mobile node* 50, 4 *fixed node*, 4 *router* dan 4 *gateway* dan waktu simulasi 500 s. Hasil penelitian berdasarkan parameter uji yaitu *packet delivery ratio (PDR), throughput* dan *Bit Error Rate* didapatkan hasil pengujian sebagai berikut. Model mobilitas *Random Direction* unggul dalam uji PDR, *throughput* serta *Bit Error Rate* dibandingkan model mobilitas *Random Waypoint* dan *Random Walk*. Sehingga hasil akhirnya menunjukkan model mobilitas *Random Direction*, lebih cocok digunakan dalam jaringan Internet-MANET yang saling terintegrasi karena kinerja AODV yang semakin baik (Keshav & Manjula, 2015). Korelasi dengan

penelitian yang akan dilakukan sama – sama ingin membuktikan pengaruh model mobilitas terhadap kinerja sebuah protokol MANET. Untuk model mobilitas yang diuji sama, hanya saja protokol *routing* yang digunakan bertipe *hybrid* yaitu ZRP. Pengujian yang nantinya akan dilakukan juga menggunakan simulator NS-2 dengan variasi skenario uji yang berbeda.

Penelitian yang lain membahas mengenai pengaruh dari beberapa model mobilitas untuk protokol *routing* dengan tipe reaktif dalam MANET. Masalah yang dihadapi peneliti sebelumnya yaitu ingin mengetahui bagaimana pengaruh model mobilitas bertipe random terhadap kinerja dua protokol reaktif yaitu DSR dan AODV. Untuk model mobilitas random yang digunakan yaitu *Random Waypoint, Random Direction* dan *Random Walk*. Pengujian dilakukan menggunakan aplikasi NetSim Simulator dengan beberapa parameter simulasi antara lain luas area simulasi 500 $m^{2,}$ jumlah *node* minimal 6 dan maksimal 40, kecepatan maksimal *node* adalah 20 m/s dengan durasi waktu 200 s. Hasil penelitian berdasarkan parameter uji *throughput, end-to-end delay, packet delivery ratio (PDR)* dan *routing overhead* antara lain sebagai berikut. Yang pertama dalam pengukuran *throughput*, dengan model mobilitas *Random Waypoint,* AODV menghasilkan nilai yang lebih baik dari DSR. Dengan model mobilitas *Random Walk*, DSR dan AODV menghasilkan nilai yang rata-rata sama. Dan dengan model mobilitas *Random Direction*, DSR menghasilkan nilai yang lebih baik dibandingkan AODV. Pengukuran kedua, yaitu untuk *end-to-end delay*, DSR menghasilkan hasil yang lebih baik dibandingkan AODV dari ketiga model mobilitas yang digunakan. Pengukuran ketiga, yaitu untuk PDR, DSR juga menghasilkan hasil yang lebih baik dibandingkan AODV dari ketiga model mobilitas yang digunakan. Dan pengukuran terakhir yaitu *routing overhead,* DSR juga menunjukkan nilai yang paling minimum dibandingkan AODV dari ketiga model mobilitas. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa semakin meningkatnya jumlah *node*, *routing* protokol DSR rata – rata menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan AODV dengan menggunakan ketiga model mobilitas yang berbeda tersebut (Nayak & Vathasavai, 2016). Korelasi dengan penelitian yang akan dilakukan sama – sama ingin membuktikan pengaruh model mobilitas terhadap kinerja sebuah protokol MANET. Untuk model mobilitas yang diuji sama, hanya saja protokol *routing* yang digunakan hanya satu dan bertipe *hybrid* yaitu ZRP. Pengujian yang nantinya akan dilakukan juga berbeda, karena penulis menggunakan NS-2 dengan variasi skenario uji yang berbeda.

Pada penelitian yang lain membahas mengenai pengaruh dua model mobilitas terhadap sebuah protokol *routing* reaktif. Masalah yang dihadapi peneliti sebelumnya yaitu ingin mengetahui bagaimana pengaruh dua model mobilitas random terhadap kinerja protokol *routing* AODV. Model mobilitas yang digunakan adalah *Random Waypoint* dan *Random Walk*. Pengujian dilakukan menggunakan simulator NS-3, dengan skenario pengujian berupa variasi jumlah *node* 15, 25, 40 dan 50 dan luas area yang berbeda yaitu 750 m^2 dan 1250 m^2. Hasil penelitian berdasarkan parameter uji *packet delivery ratio* (PDR), *average end-to-end delay* dan waktu konvergensi menunjukkan PDR pada *Random Direction* mendapatkan nilai tertinggi yaitu 89,15% pada area simulasi 750m^2.

Sementara nilai *end-to-end delay* mendapat nilai terendah pada *Random Direction* yaitu 25,93 ms pada area simulasi 750 m^2. Dan nilai waktu konvergensi *routing* terendah pada model *Random Direction* yaitu selama 0,534 s pada area simulasi 750 m^2. Garis besarnya adalah dua model mobilitas yang diujikan akan menghasilkan kinerja maksimal untuk protokol AODV di luas area yang berbeda. *Random Waypoint* lebih cocok digunakan untuk area yang besar dan luas, sedangkan *Random Walk* lebih cocok digunakan untuk area yang kecil dan sempit (Mentari et al., 2019). Korelasi dengan penelitian yang akan dilakukan sama – sama ingin membuktikan pengaruh model mobilitas terhadap kinerja sebuah protokol MANET. Untuk model mobilitas yang diuji berbeda, karena penulis menggunakan 3 model. Protokol *routing* yang digunakan bertipe *hybrid* yaitu ZRP. Pengujian yang nantinya akan dilakukan juga berbeda, karena penulis menggunakan NS-2 dengan variasi skenario uji yang juga berbeda.

Dari pemaparan kajian pustaka di atas, penelitian yang dilakukan disini memiliki perbedaan dengan penelitian – penelitian yang dilakukan sebelumnya, dimana terdapat beberapa poin. Pertama, terdapat pada pemilihan objek protokol *routing* yang digunakan dalam penelitian hanya satu dengan kategori *hybrid* yaitu ZRP. Kedua, model mobilitas yang digunakan hanya ada tiga, yaitu *Random Waypoint*, *Random Direction* dan *Random Walk*. Namun untuk masalah yang ingin diselesaikan adalah sama – sama mengetahui bagaimana pengaruh model mobilitas terhadap kinerja protokol *routing* dalam MANET.

2.2 *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET)

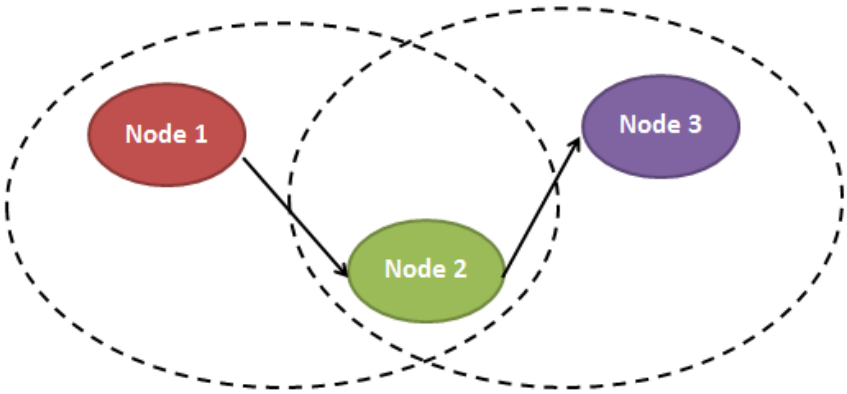
Mobile Ad-Hoc Network atau yang lebih sering dikenal dengan istilah MANET adalah sekumpulan dari *mobile node* secara independen yang dapat berkomunikasi dengan *node* lainnya melalui gelombang radio. Antar *node* tersebut baru bisa berkomunikasi jika berada dalam satu jangkauan gelombang yang sama, bila tidak perlu menggunakan *node* perantara. Jaringan *Ad-Hoc* sendiri juga dapat dikatakan sebagai jaringan nirkabel dengan karakteristik utama tidak memiliki infrastruktur tetap (Sukhija & Kumar, 2015).

Karakteristik umum dari jaringan MANET adalah memiliki sifat *self-configuring* serta *infrastructureless.* Karakteristik tersebut menunjukkan dinamisnya sebuah jaringan MANET, dengan topologi jaringan yang selalu berubah – ubah sesuai dengan pergerakan antar *node* – *node* didalamnya. *Node* – *node* yang saling terhubung dalam MANET dapat bertindak sebagai *node* sumber, *node* tujuan dan *node* perantara karena setiap *node* nya berjalan secara independen. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1, *node* 1 ingin berkomunikasi dengan *node* 3, tetapi tidak dalam satu cakupan area. *Node* 2 dapat bertindak sebagai router untuk menjadi perantara antara *node* 1 dan 3, sehingga dapat saling berkomunikasi.

Ada beberapa karakteristik tersendiri yang menunjukkan ciri khas jaringan MANET, antara lain (Sukhija & Kumar, 2015) :

1. Operasi yang dilakukan secara terdistribusi,

2. *Routing* yang dijalankan bersifat Multi-hop,
3. *Node – Node* bertindak secara independen,
4. Topologi yang terbentuk secara dinamis,
5. *Node* pada MANET tersifat *light-weight* karena pada dasarnya menggunakan perangkat *mobile*.



Gambar 2.1 Contoh Hubungan *Node* dalam MANET

Beberapa keuntungan yang dimiliki jaringan MANET, antara lain (Sukhija & Kumar, 2015) :

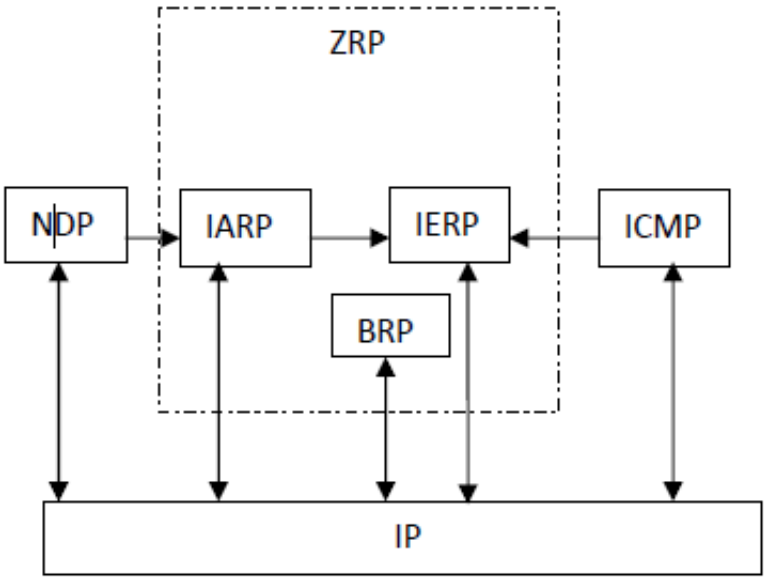
1. MANET menyediakan akses informasi dan layanan yang baik terlepas dari posisi geografis,
2. Lebih murah dibandingkan jaringan kabel secara umum, karena *node* pada MANET bersifat *self-configure* dan independen (dapat menjadi *client* sekaligus *router*),
3. Skalabilitasnya dapat mengakomodasi penambahan lebih banyak *node*,
4. Fleksibilitas yang sangat tinggi,
5. Administrasi jaringan dilakukan secara *decentralized*,
6. Jaringan dapat diatur dengan mudah di setiap tempat dan waktu.

2.3 *Zone Routing Protocol* (ZRP)

Dalam MANET, ada beberapa kategori protokol *routing*, diantaranya adalah protokol *proactive*, *reactive* dan *hybrid*. Fokus penelitian ini adalah protokol *routing* dengan kategori *hybrid*. Secara garis besar, protokol dengan kategori *hybrid* adalah bentuk kombinasi dari protokol reactive dan proactive. Ada beberapa contoh protokol *routing hybrid*, diantaranya : ZHLS dan ZRP. Penelitian ini akan fokus pada pembahasan protokol *routing* ZRP.

ZRP atau *Zone Routing Protocol* adalah protokol yang menggabungkan kemampuan dari protokol reaktif dan proaktif. ZRP akan mengurangi *control overhead* dengan *routing* protokol proaktif, dan mengurangi *latency* dalam pencarian rute dengan *routing* protokol reaktif (Khatkar & Singh, 2012). Seperti namanya, Secara arsitektur, seperti namanya ZRP menggunakan prinsip "zonasi"

dalam komunikasinya, dimana komunikasi yang terjadi antara *node* dapat terjadi di dalam zona ataupun komunikasi antar zona yang terbentuk. ZRP terbentuk dari 2 sub-protokol, yaitu *Intra-zone Routing Protocol* (IARP), dan *Inter-zone Routing Protocol* (IERP).



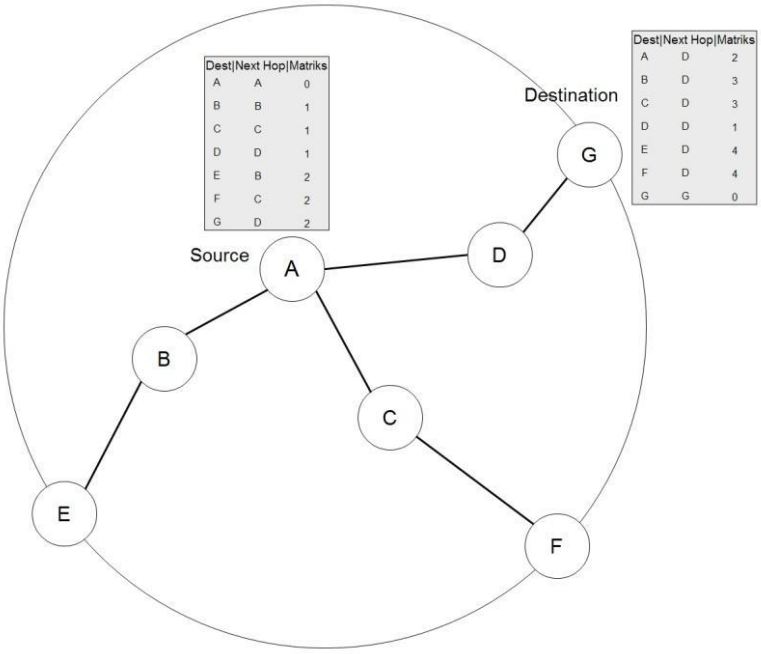
Gambar 2.2 Arsitektur ZRP

Sumber : (Raheja & Maakar, 2014)

Secara arsitektur, protokol ZRP seperti ada pada gambar 2.2. IARP akan menerapkan protokol *routing* proaktif, dimana berlaku di dalam zona lokal saja (dalam satu zona yang sama). Dan IERP menerapkan protokol *routing* reaktif, dimana berlaku antar zona yang berbeda. Sehingga mekanisme pengirimannya, apabila rute komunikasi yang terjadi dimana masih dalam zona yang sama, maka paket dalam langsung dikirimkan secara langsung. Namun apabila komunikasi antar *node* dilakukan pada zona yang berbeda, *node* sumber pengirim akan mengirimkan paket menuju *node* yang letaknya paling dekat dengan "perbatasan zona" tersebut dan akan memberikan informasi paket yang akan dikirimkannya. Apabila *node* perbatasan mengecek bahwa alamat yang dituju tidak ada dalam zonanya, maka akan diteruskan ke "*node* perbatasan" yang lain dan melakukan proses yang sama hingga mencapai tujuan yang dicapai. Mekanisme yang digunakan oleh *node* perbatasan untuk memberitahu *node* perbatasan zona yang lain adalah dengan menggunakan "*broadcast*". Layanan broadcast paket tersebut, ZRP menggunakan konsep bernama *bordercasting*. Layanan pengiriman paket secara *bordercast* tersebut ditangani oleh BRP atau *Bordercast Resolution Protocol* seperti yang ada pada gambar diatas.

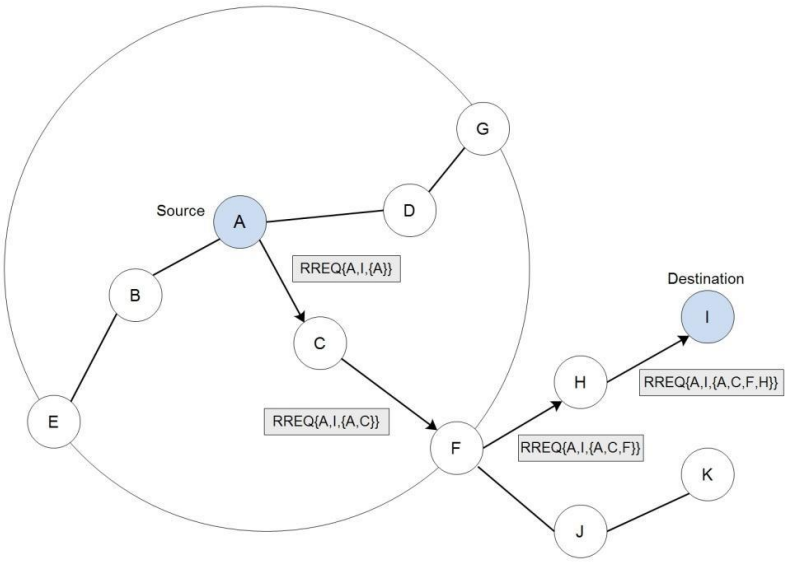
Pada Gambar 2.3, ditunjukkan gambaran mekanisme pengiriman paket ketika *node* sumber dan tujuan masih didalam zona yang sama. Proses ini sama dengan mekanisme pada *routing* proaktif yang mana, *node* akan melakukan broadcast ke

seluruh *node* dalam zona yang sama sehingga *node* – *node* lain dapat mengetahui informasi paket yang akan dikirimkan ke *node* tujuan.

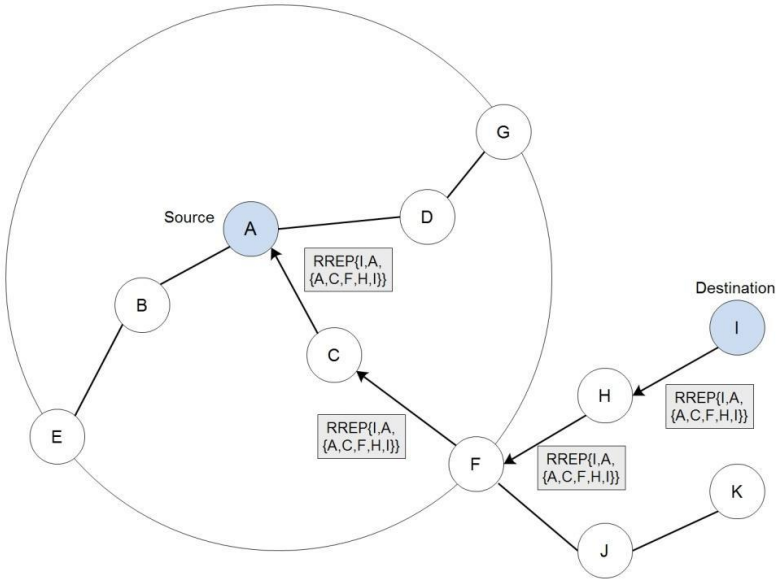


Gambar 2.3 Proses Mekanisme IARP

Pada gambar 2.4 ditunjukkan gambaran mekanisme pengiriman paket ketika antar *node* sumber dengan tujuan tidak berada dalam zona yang sama. Proses ini sama dengan mekanisme *routing* protokol reaktif, yang mana diperlukan proses request dan reply antara *node* sumber dan tujuan hanya saat adanya permintaan rute. Setelah request berhasil didapatkan *node* tujuan, *node* tujuan akan mengirimkan balasan berupa reply menuju *node* sumber. Untuk proses *reply* ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.4 Proses Mekanisme IERP Saat *Request* Rute



Gambar 2.5 Proses Mekanisme IERP saat *Reply* route

Ada beberapa keuntungan dari protokol *routing* ZRP, diantaranya (Raheja & Maakar, 2014) :

1. Memiliki performa yang lebih baik, karena menggunakan konsep protokol *routing* reaktif dan proaktif secara bersamaan,
2. Dapat mengurangi kontrol lalu lintas yang dihasilkan dari paket informasi *routing* yang sangat banyak secara berkala (skema proaktif),
3. Dapat mengurangi sisa – sisa bandwidth dan control overhead yang telah dihasilkan (skema reaktif).

2.4 Model Mobilitas

Model mobilitas merupakan representasi dari pergerakan dari para pengguna *mobile*, yang mana dalam model mobilitas tersebut dapat dideskripsikan secara analitik dan simulasi. Model analitik memberikan parameter kinerja sedangkan model simulasi memberikan solusi bernilai secara praktek dalam kasus yang lebih kompleks (Chaturvedi & Kehmani, 2014).

Dengan adanya model mobilitas dalam MANET, mampu mempermudah dalam klasifikasi pola pergerakan *mobile node* itu sendiri, baik secara acak berkelompok atau semacamnya.

Menurut Chaturvedi dan Khemani, ada beberapa contoh dari model mobilitas pada MANET yang populer, diantaranya :

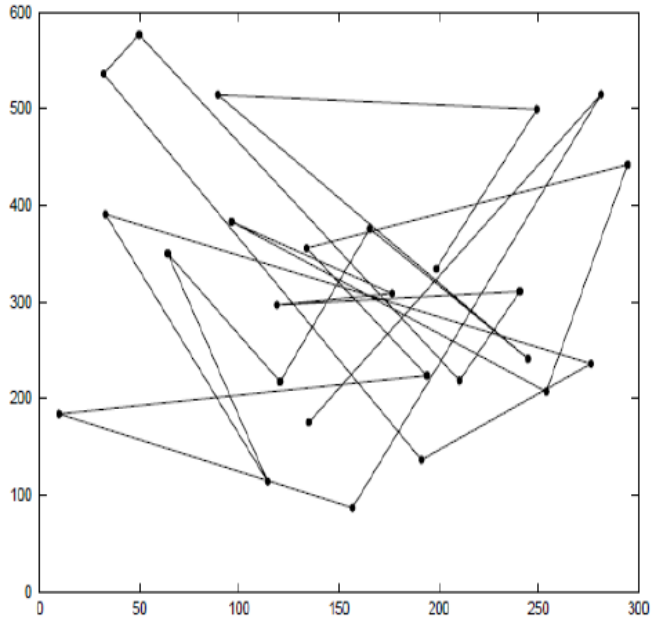
- *Random Waypoint* Model
- *Random Walk* Model
- *Random Direction* Model
- *Random Gauss- Markov* Model
- *Manhattan Mobility* Model
- *Column* Model
- *Reference Point Group Model* (RPGM)

Ada dua jenis pergerakan model mobilitas, yang pertama secara independen. Independen disini, berarti masing masing *node* bergerak secara bebas tanpa ada ketergantungan satu sama lain (Sukhija & Kumar, 2015). Contoh dari model mobilitas independen adalah *Random Waypoint*, *Random Walk* dan *Random Direction*. Sedangkan yang kedua secara berkelompok atau group. Berkelompok yang dimaksud adalah *node* – *node* saling berkumpul dan bergantung kepada satu pemimpin *node* untuk mengatur semua pergerakan *node* – *node* yang lain seperti kecepatan, arah dan vektor lainnya. Contoh dari model kelompok adalah *Reference Point Group Model* (RPGM).

2.4.1 *Random Waypoint*

Salah satu yang dibahas dalam penelitian ini adalah model mobilitas *Random Waypoint*. Seperti namanya, pada model mobilitas ini *node* akan didistribusikan secara acak dan menyebar di bidang simulasi secara independen satu sama lain. Tak ada batasan apapun yang diberikan pada *node* tersebut. *Node* akan secara acak memilih tempat destinasinya, kecepatan pergerakannya, arah pergerakannya. Saat *node* sampai di tujuan, *node* akan berhenti sejenak sesuai dengan waktu jeda / *pause time* yang telah ditentukan, sebelum bergerak kembali dengan proses yang sama sebelumnya (Pant et al., 2016). Kecepatan dan waktu jeda akan membantu mendefinisikan perilaku pergerakan dari *node* tersebut. Kecepatan yang rendah dan lamanya waktu jeda akan menghasilkan topologi jaringan yang stabil, sedangkan kecepatan yang tinggi dan waktu jeda

yang singkat akan membuat topologi jaringan yang dinamis. Gambar 2.3 menunjukkan pola pergerakan dari *mobile node* dengan model mobilitas *Random Waypoint*.

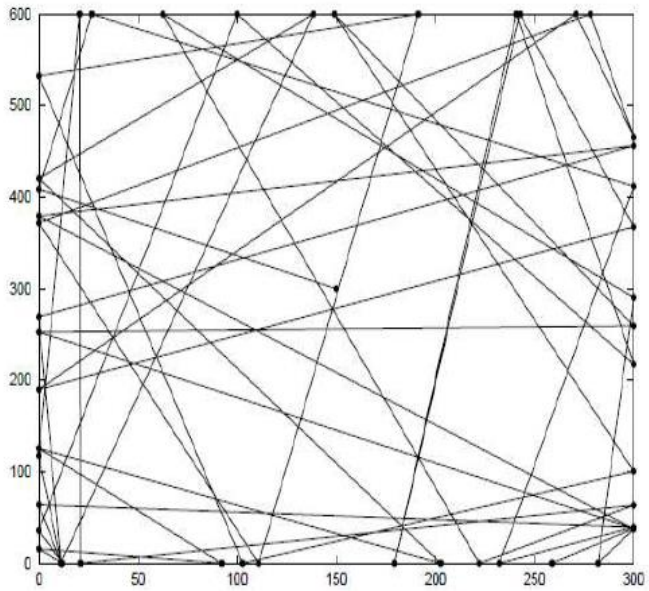


Gambar 2.6 Pola Pergerakan Model *Random Waypoint*

Sumber : (Keshav & Manjula, 2015)

2.4.2 *Random Direction*

Model mobilitas *Random Direction* adalah salah satu model mobilitas yang bergerak secara individu seperti *Random Waypoint*. *Node – node* akan bergerak menuju batasan wilayah atau area simulasi yang ditetapkan. Setelah sampai pada batas wilayah atau area yang ditentukan, *node* akan berhenti dalam periode waktu tertentu (*pause time*) untuk kemudian memilih arah pergerakan selanjutnya menuju bagian yang lain (Keshav & Manjula, 2015). Pergerakan ini berlangsung terus menerus hingga waktu simulasi berakhir. Ini bertujuan agar *node* tersebar merata di seluruh area simulasi. Gambar 2.4 menunjukkan pola pergerakan dari *mobile node* dengan model mobilitas *Random Direction.*

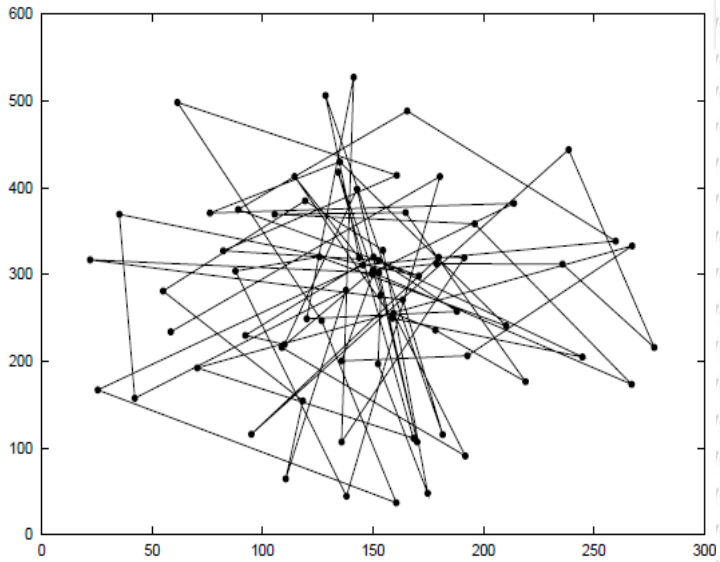


Gambar 2.7 Pola Pergerakan Model *Random Direction*

Sumber : (Keshav & Manjula, 2015)

2.4.3 *Random Walk*

Model mobilitas *Random Walk* juga merupakan jenis model mobilitas bertipe individual yang benar – benar menunjukkan sifat acaknya. Pergerakan *node*nya dilakukan secara acak, dimana penempatan *node*, arah, kecepatan, destinasi *node* semua nya secara acak. Inisiasi penempatan *node* di awal mula simulasi pun juga secara acak, dan memulai pergerakan secara bebas hingga simulasi berakhir. *Random Walk* juga memiliki mekanisme *pause time*, dan ada mekanisme pemberian t waktu. t waktu disini menunjukkan kapan *node* akan bergerak hingga interval waktu t terpenuhi. Sehingga mobilitas ini termasuk kedalam model mobilitas paling *simple* diantara model mobilitas yang lain (Keshav & Manjula, 2015). Gambar 2.5 menunjukkan pola pergerakan model mobilitas *Random Walk.*



Gambar 2.8 Pola Pergerakan *Model Random Walk*

Sumber : (Keshav & Manjula, 2015)

2.5 NS-2 Simulator

Network simulator versi 2, atau yang dikenal dengan NS-2 adalah sebuah alat simulasi yang digunakan dalam membuat sebuah jaringan komunikasi dinamis. Dengan menggunakan NS2, simulasi jaringan baik itu berupa perantara kabel maupun nirkabel, bahkan fungsi ataupun protokol tertentu dapat dibuat disana. Karena sifatnya yang fleksibel dan modular, NS2 telah mendapatkan popularitas dalam komunitas riset bidang jaringan sejak tahun 1989. Kemudian berlanjut tahun 1995, DARPA atau *Defense Advanced Research Projects Agency* mendukung pengembangan Network Simulator. Hingga saat ini, NSF atau *National Science Foundation* yang bergabung dalam tim pengembangan, masih terus bekerja untuk mempertahankan aplikasi simulator NS-2 ini. Versi terakhir yang dikembangkan untuk NS-2 ini ada pada versi 2.35.

NS-2 menggunakan dua Bahasa pemrograman utama, yaitu C++ dan *Object-oriented Tool Command Language* (OTcl), yang mana membuat sistem *debugging* menjadi semakin kompleks. (Issariyakul & Hossain, 2012).

BAB 3 METODOLOGI

Pada bab ini, akan dibahas mengenai proses dan alur penelitian yang dilakukan terkait dengan perancangan jaringan MANET untuk melaksanakan proses *routing* menggunakan protokol ZRP dengan dua model mobilitas yang berbeda pada environment yang berbeda – beda. Langkah – langkah yang dilakukan pada penelitian ini dipaparkan pada Gambar 3.1 berupa block diagram dibawah ini.

Gambar 3.1 *Block Diagram* Tahap Penelitian

3.1 Kajian Pustaka

Kajian pustaka dilakukan untuk mempelajari serta memahami konsep – konsep, permasalahan dan penyelesaian dari penelitian – penelitian sebelumnya yang mana menjadi acuan untuk penyelesaian penelitian yang dilakukan saat ini. Untuk sumber kajian pustaka yang digunakan pada penulisan skripsi ini bersumber dari jurnal / paper internasional.

Di dalam kajian Pustaka ini sudah dijabarkan pada bab sebelumnya, yang berisi mengenai penelitian – penelitian terdahulu yang menjadi acuan penulisan skripsi ini, serta beberapa landasan teori terkait dengan penelitian yang dilakukan saat ini diantaranya mengenai : MANET, *Zone Routing Protocol*, Model Mobilitas, *Random Waypoint, Random Direction, Random Walk* dan NS-2 Simulator.

3.2 Rekayasa Kebutuhan

Rekayasa kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan – kebutuhan tertentu terkait dengan penelitian ini, yaitu kebutuhan dalam membangun simulasi jaringan MANET pada simulator NS-2. Rekayasa Kebutuhan juga dibutuhkan untuk mengetahui kondisi lapangan dan juga spesifikasi simulator yang digunakan, agar dapat dipetakan dengan benar. Kebutuhan secara garis besar dalam merancang sebuah sistem, terdiri dari dua yaitu kebutuhan fungsional dan kebutuhan non-fungsional.

3.2.1 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional menjadi kebutuhan dasar dalam membangun penelitian ini. Berikut kebutuhan fungsional yang diperlukan, dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kebutuhan Fungsional

No	Kebutuhan Fungsional
1	Sistem dapat menjalankan protokol *routing* ZRP
2	Sistem dapat menampilkan gambaran topologi MANET dalam simulator
3	Sistem dapat menjalankan model mobilitas *Random Waypoint* pada protokol *routing* ZRP
4	Sistem dapat menjalankan model mobilitas *Random Direction* pada protokol *routing* ZRP
5	Sistem dapat menjalankan model mobilitas *Random Walk* pada protokol *routing* ZRP

3.2.2 Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non-fungsional pada penelitian ini terkait dengan spesifikasi *hardware*, serta *software* yang digunakan dalam menunjang kebutuhan fungsional. Berikut kebutuhan non – fungsional yang diperlukan terkait spesifikasi *hardware* dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Spesifikasi *Hardware*

Jenis Spesifikasi	Keterangan
Hardware	CPU Intel(R) Core(TM) i3 CPU @2.1GHz
Sistem Operasi	Linux Ubuntu 16.04 LTS
Memori	4 GB
Harddisk	800 GB

Berikut kebutuhan non-fungsional yang diperlukan terkait spesifikasi *software* dalam Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Spesifikasi *Software*

Software	Keterangan
Network Simulator NS-2.35	Simulator Jaringan yang digunakan untuk mengimplementasikan rancangan yang telah dibuat.

3.3 Perancangan

Perancangan dilakukan untuk membuat gambaran kasar / rekayasa sistem yang akan dibuat untuk siap dieksekusi atau diimplementasi. Pada dasarnya penelitian dilakukan berbasis simulasi, sehingga digunakan peralatan simulator untuk melakukan implementasinya. Perancangan akan dibuat menjadi tiga perancangan besar, yaitu :

- Perancangan Parameter Simulasi,
- Perancangan Topologi Jaringan,
- Perancangan Skenario Pengujian.

3.3.1 Perancangan Parameter Simulasi

Tahapan pertama perancangan yang diperlukan adalah mempersiapkan segala keperluan simulasi, yang dipaparkan dalam Tabel 3.4 beserta keterangan spesifikasi parameter tersebut.

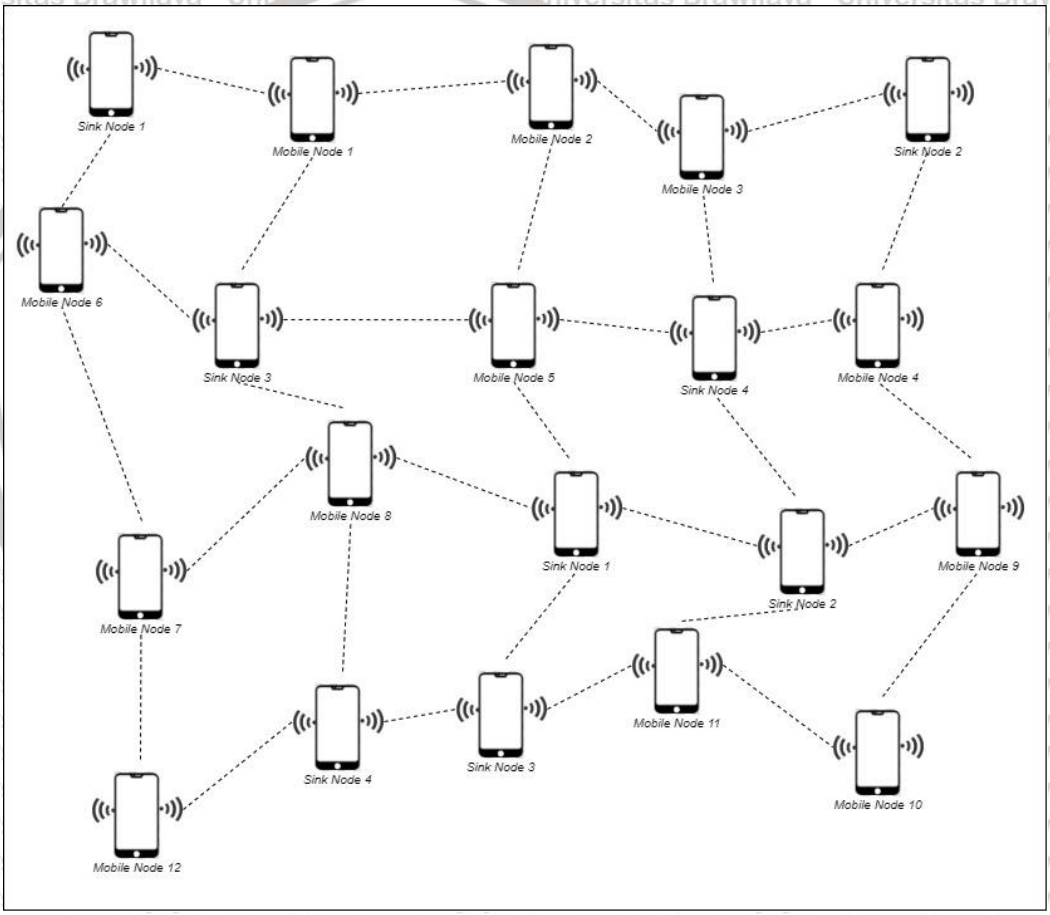
Tabel 3.4 Parameter Simulasi

Parameter	Nilai
Protokol *Routing*	ZRP
Jumlah *Node*	20, 40, 60, 80, 100
Kecepatan Maksimal *Node*	2 m/s
Model Mobilitas *Node*	*Random Waypoint, Random Direction, Random Walk*
Luas Area	800 m x 800 m, 1600 m x 1600 m
Waktu Simulasi	100 second
Protokol Transport	UDP (*User Datagram Protocol*)
Ukuran Paket Data	512 *byte*
Data *Rate*	2048 kbps

Protokol *routing* yang diterapkan dalam simulasi adalah *Zone Routing Protocol* (ZRP) dengan simulator jaringannya adalah NS-2.35. Kemudian jumlah variasi *node* yang digunakan ada 5, yaitu 20 *node*, 40 *node*, 60 *node*, 80 dan 100 *node*. Masing – masing variasi *node* tersebut untuk menguji bagaimana pengaruh semakin banyaknya variasi *node* terhadap kinerja dari protokol ZRP dengan parameter yang telah ditentukan. Kecepatan maksimal *node* diberikan 2 m/s, karena, rata-rata kecepatan maksimal manusia dalam berjalan hingga berjalan cepat sekitar 1.5 m/s sampai 2 m/s. Kemudian model mobilitas yang digunakan *Random Waypoint*, *Random Direction* dan *Random Walk*. Luas area simulasi yang digunakan ada dua, yaitu ukuran 800 m^2 dan 1600 m^2. Guna menggunakan 2 jenis luas area adalah membandingkan semaksimal apa kinerja protokol yang didapatkan antara luas area yang sempit dengan luas area yang besar. Waktu simulasi yang digunakan adalah 100 detik. Protokol Transport yang digunakan adalah UDP. Ukuran paket data yang dikirimkan sejumlah 512 *byte* dengan besar data *rate* 2048 kbps.

3.3.2 Perancangan Topologi Jaringan

MANET memiliki topologi yang sangat dinamis. Dalam tahapan ini, akan dirancang model topologi yang akan dibuat dalam area simulasi dimana jumlah *node*nya berbeda – beda. Yang pertama sejumlah 20 *node*. Yang kedua sejumlah 40. Yang ketiga sejumlah 60. Yang keempat dan kelima sejumlah 80 dan 100. Perbedaan jumlah *node* yang digunakan disini digunakan untuk menguji densitas dari *mobile node* dalam luas area 800 m^2 dan 1600 m^2. Rancangan topologi yang akan dilakukan, untuk contoh jumlah *node* 20 seperti ada pada gambar 3.2 dibawah ini. Dalam gambar dibawah ini, tersambung dengan protokol *MAC Layer* 802.11 atau yang lebih dikenal dengan Wifi. Contoh model topologi dengan jumlah *node* 20 ada pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Contoh Topologi Persebaran 20 *Node*

3.3.3 Perancangan Skenario Pengujian

Rancangan skenario pengujian yang akan dilakukan berdasarkan dua point utama, yaitu :

1. Variasi Jumlah *Node*
2. Variasi Luas Area SImulasi

Sehingga apabila dijabarkan menjadi beberapa skenario, berikut diantaranya :

1. Skenario pertama dengan menguji topologi MANET pada luas area 800 m^2 dengan jumlah *node* 20, 40, 60, 80 dan 100 menggunakan model mobilitas *Random Waypoint.*
2. Skenario kedua dengan menguji topologi MANET pada luas area 800 m^2 dengan jumlah *node* 20, 40, 60, 80 dan 100 menggunakan model mobilitas *Random Direction.*
3. Skenario ketiga dengan menguji topologi MANET pada luas area 800 m^2 dengan jumlah *node* 20, 40, 60, 80 dan 100 menggunakan model mobilitas *Random Walk.*
4. Skenario keempat dengan menguji topologi MANET pada luas area 1600 m^2 dengan jumlah *node* 20, 40, 60, 80 dan 100 menggunakan model mobilitas *Random Waypoint.*
5. Skenario kelima dengan menguji topologi MANET pada luas area 1600 m^2 dengan jumlah *node* 20, 40, 60, 80 dan 100 menggunakan model mobilitas *Random Direction.*
6. Skenario keenam dengan menguji topologi MANET pada luas area 1600 m^2 dengan jumlah *node* 20, 40, 60, 80 dan 100 menggunakan model mobilitas *Random Walk.*

Skenario tersebut bertujuan untuk mendapatkan hasil berupa data dari parameter yang telah ditetapkan untuk dicari sebelumnya, yaitu : *end-to-end delay, packet delivery ratio* (PDR), dan *routing overhead*. Nantinya, hasil file result.tr akan dijalankan bersama dengan *script* awk yang telah dibuat untuk pengujian masing-masing parameter yaitu *e2ed.awk, pdr.awk* dan *ro.awk*. Setelah didapatkan hasilnya, kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik yang akan disajikan pada bagian pengujian. Pengujian akan dilakukan sebanyak lima (5) kali di tiap – tiap skenario tersebut.

3.4 Implementasi

Tahapan implementasi dilakukan ketika analisis kebutuhan dan perancangan dari apa yang akan dilakukan telah selesai. Implementasi yang akan dilakukan yaitu :

1. Membangun area simulasi sesuai topologi perancangan pada NS-2,
2. Menyusun kode sumber untuk konfigurasi protokol *routing* dengan model mobilitas yang akan digunakan dan skenario pengujian yang telah disusun,
3. Mengeksekusi kode sumber protokol *routing* ZRP dengan masing – masing model mobilitas sesuai skenario pengujian yang telah disusun.

3.4.1 Implementasi Area Simulasi

Tahapan pertama dari implementasi yang dilakukan adalah menambahkan konfigurasi untuk protokol *routing* ZRP. Dalam simulator NS-2.35, perlu ditambahkan patch untuk ZRP sendiri, karena dari awal simulator NS-2.35 tidak ada konfigurasi bawaan untuk dapat menjalankan protokol ZRP. Setelah patch berhasil dilakukan, tahapan selanjutnya adalah membangun area simulasi sesuai parameter yang telah ditentukan sebelumnya.

Pertama – tama adalah menyiapkan kode sumber zrp.tcl yang berisi *script* untuk menjalankan simulasi protokol berdasarkan parameter simulasi yang sesuai dengan perancangan. Kode sumber zrp.tcl tersebut secara keseluruhan, akan menjadi kode sumber utama dalam implementasi yang dilakukan dalam penelitian. Terdapat beberapa baris kode yang menyusun *script* zrp.tcl ini. Baris 2 sampai 14 menunjukkan deklarasi parameter simulasi yang digunakan nantinya dalam simulator. Baris 2 menunjukkan kanal atau saluran yang digunakan dalam simulasi. Baris 3 menunjukkan model propagasinya yaitu TwoRayGround. Baris 4 menunjukkan tipe dari Network Interface yang digunakan. Baris 5 menunjukkan tipe MAC yang digunakan yaitu 802.11. Baris 6 menunjukkan jenis interface queue. Baris 7 menunjukkan link layer yang digunakan. Baris 8 menunjukkan model antena yang digunakan yaitu Omni. Baris 9 menunjukkan jumlah maximum paket dalam antrian interface queue. Baris 10 menunjukkan jumlah *mobile node* dalam simulasi. Baris 11 menunjukkan jenis protokol *routing* yang digunakan. Baris 12 menunjukkan luas area simulasi sumbu X (horizontal). Baris 13 menunjukkan luas area simulasi sumbu y (vertikal). Baris 14 menunjukkan konfigurasi radius yang diperlukan khusus untuk protokol ZRP. Contoh kode sumber yang digunakan secara lengkap, disajikan dalam bentuk tabel 3.5 dibawah ini.

Tabel 3.5 Kode Sumber untuk Parameter Simulasi

No	zrp.tcl
1	`# Set up parameters`
2	`set val(chan)  Channel/WirelessChannel;`
3	`set val(prop)  Propagation/TwoRayGround;`
4	`set val(netif)  Phy/WirelessPhy;`
5	`set val(mac)  Mac/802_11;`
6	`set val(ifq)  Queue/DropTail/PriQueue;`
7	`set val(ll)  LL;`
8	`set val(ant)  Antenna/OmniAntenna;`
9	`set val(ifqlen)  500;`
10	`set val(nn)  20;`
11	`set val(rp)  ZRP;`
12	`set val(x)  800;`
13	`set val(y)  800;`
14	`Agent/ZRP set radius_ 2;`
15	
16	`# Create a simulator object`
17	`set ns_ [new Simulator]`

```
18
19  ...
```

Setelah *script .tcl* dibuat, kemudian dieksekusi dengan perintah

```
ns zrp.tcl
```

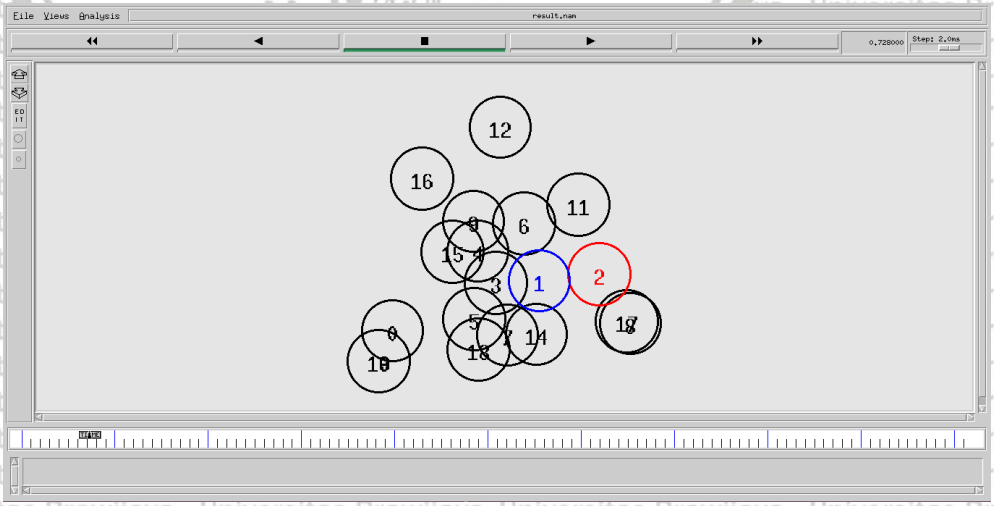
Nantinya akan menghasilkan 2 file baru yaitu *result.nam* dan *result.tr* dimana kedua file tersebut akan otomatis dibuat saat eksekusi kode sumber zrp.tcl berhasil dilakukan. File *result.tr* berisi data dokumentasi dari segala aktivitas yang terjadi dalam simulasi, dimulai dari pembuatan agen/*node* hingga pergerakannya selama simulasi berlangsung Gambar 3.3 menunjukkan eksekusi dari *script zrp.tcl* dan eksekusi untuk menampilkan visualisasi *result.nam*. File result.nam disini berisi hasil simulasi juga, namun dapat divisualisasikan dalam bentuk animasi 2D dengan menggunakan perintah

```
nam result.nam
```

```
root@aldyhdd-PC:/home/aldyhdd/Desktop/TES1# ns zrp.tcl
num_nodes is set 20
INITIALIZE THE LIST xListHead
Starting Simulation...
channel.cc:sendUp - Calc highestAntennaZ_ and distCST_
highestAntennaZ_ = 1.5,  distCST_ = 550.0
SORTING LISTS ...DONE!
root@aldyhdd-PC:/home/aldyhdd/Desktop/TES1# nam result.nam
```

Gambar 3.3 Eksekusi *script zrp.tcl* dan *result.nam*

Ketika hasil result.nam diatas dieksekusi seperti pada gambar 3.3, nantinya akan menghasilkan visualisasi topologi sesuai dengan rancangan sebelumnya. Gambar 3.4 menunjukkan topologi 20 *node* dalam area simulasi 800m x 800m.



Gambar 3.4 Visualisasi Topologi 20 *Node*

3.4.2 Implementasi Model Mobilitas *Random Waypoint*

Tahapan yang berikutnya adalah konfigurasi untuk model mobilitas yang akan digunakan dalam simulasi. Aplikasi *bonnmotion* yang memudahkan dalam memasukkan skenario mobilitas yang diinginkan untuk diintegrasikan dengan NS-2.35 seperti pada gambar 3.5. Gambar 3.5 merupakan contoh eksekusi perintah skenario mobilitas dengan jumlah *node* 20 dan luas area 800 m x 800 m. Caranya dengan ketikkan perintah :

```
./bm -f [Nama_File] RandomWaypoint -n [Jumlah_Node] -d
[Waktu_Simulasi] -x -y [Luas_Area] -h
[Kecepatan_Maksimal_Node] -p [waktu_pause_maksimal] -o
[dimensi].
```

```
root@aldyhdd-PC:/home/aldyhdd/Downloads/netsim/bonnmotion/bin# ./bm -f 20rwp800
RandomWaypoint -n 20 -d 100 -i 0 -x 1600 -y 1600 -h 2 -p 5 -o 3
```

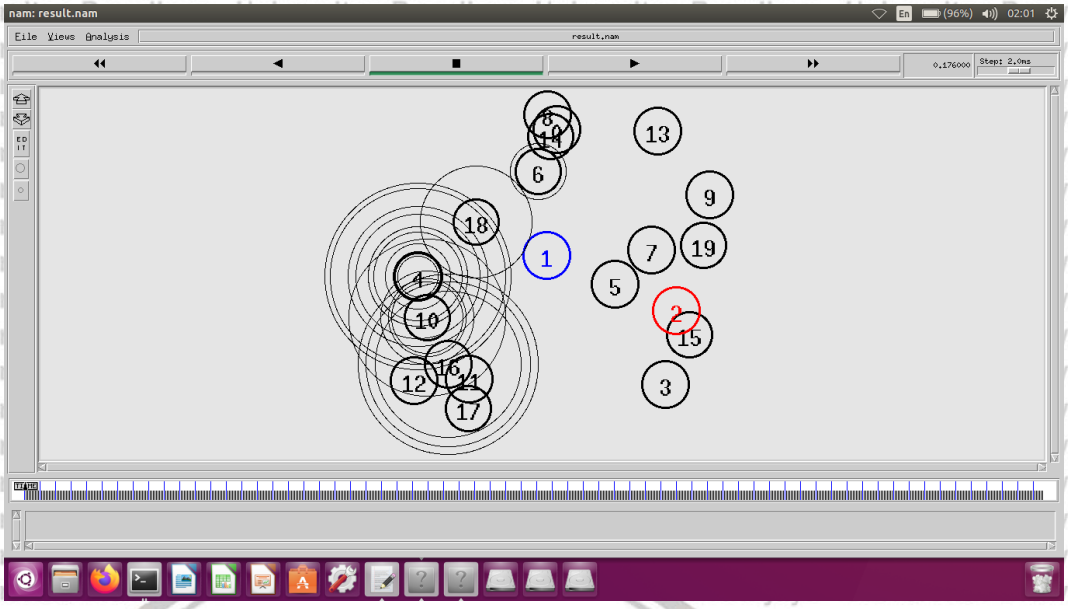
Gambar 3.5 Perintah Mengeksekusi Model Mobilitas *Random Waypoint*

Dalam perintah tersebut, juga dijabarkan beberapa parameter seperti jumlah *node*, luas area dan kecepatan maksimal *node* bergerak. Kemudian saat dieksekusi nantinya akan membuat file baru dimana file tersebut akan merujuk ke skenario pergerakan menggunakan mobilitas *Random Waypoint*. Untuk dapat menyelaraskan antara file dari bonnmotion dengan *script* zrp.tcl, maka file tersebut dipanggil dengan perintah `source`. Tabel 3.6 menunjukkan cara untuk memanggil file yang dihasilkan dari bonnmotion sebelumnya. Baris 22 menunjukkan pemanggilan file NS-2 yang dinamai *20rwp800.ns_movements* yang merupakan pergerakan 20 *node* menggunakan mobilitas *Random Waypoint*.

Tabel 3.6 Potongan Kode Sumber Untuk Memanggil Skenario Mobilitas *Random Waypoint*

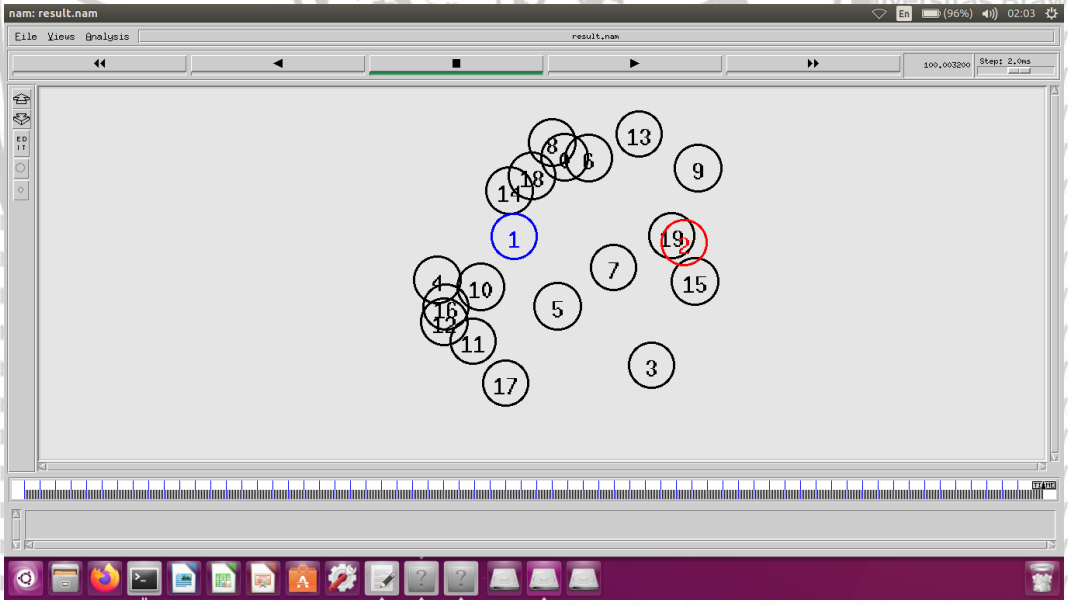
No	zrp.tcl
20	...
21	# *Script* for Mobility skenario
22	source 20rwp800.ns_movements
23	...

Untuk gambar 3.6 menunjukkan visualisasi bentuk pergerakan *node* dan pertukaran data yang terjadi dalam ruang lingkup simulasi 800m^2 dengan jumlah *node* 20.



Gambar 3.6 Pergerakan 20 *Node* Menggunakan *Random Waypoint*

Sedangkan untuk gambar 3.7 menunjukkan visualisasi posisi akhir dari *node* – *node* yang telah bergerak dalam waktu simulasi 100 s di ruang lingkup 800 m^2 dengan jumlah *node* 20.



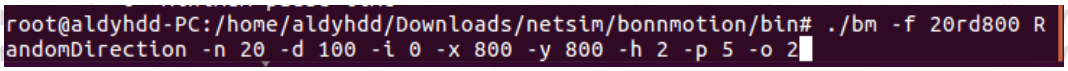
Gambar 3.7 Posisi Akhir 20 *Node* Setelah Bergerak secara *Random Waypoint*

3.4.3 Implementasi Model Mobilitas *Random Direction*

Kemudian konfigurasi untuk model mobilitas *Random Direction* hampir sama dengan *Random Waypoint* dimana perlu diatur untuk jumlah *node* yang digunakan, waktu simulasi, hingga luas area simulasi. Gambar 3.8 menunjukkan contoh eksekusi perintah skenario mobilitas dengan jumlah *node* 20 dan luas

area 800 m² dengan mobilitas *Random Direction*. Caranya dengan ketikkan perintah :

```
./bm -f [Nama_File] RandomDirection -n [Jumlah_Node] -d [Waktu_Simulasi] -x -y [Luas_Area] -h [Kecepatan_Maksimal_Node] -p [waktu_pause_maksimal] -o [waktu_pause_minimum].
```



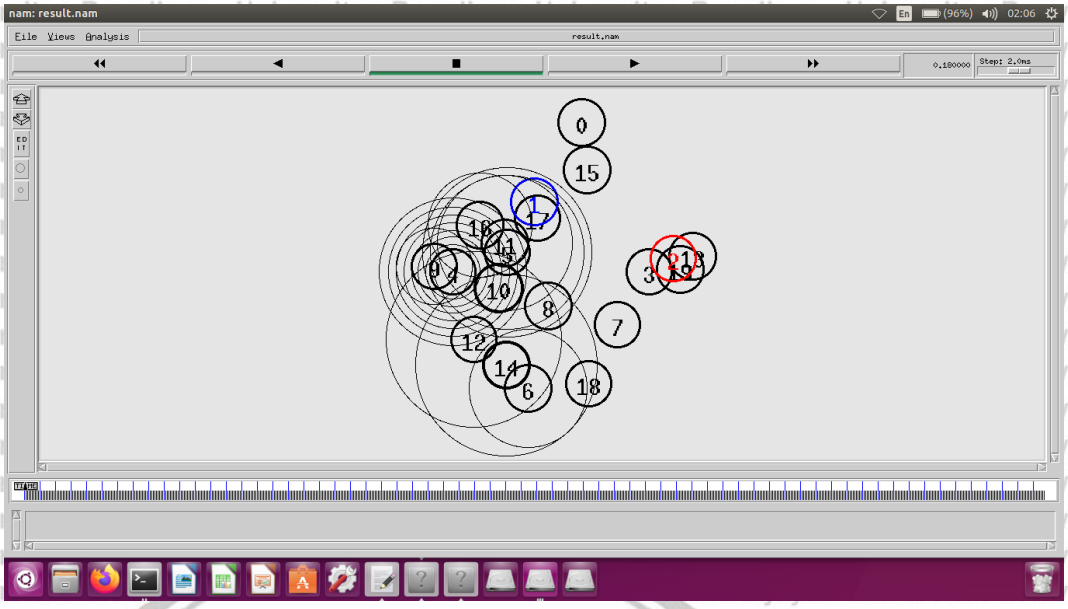
Gambar 3.8 Perintah Mengeksekusi Model Mobilitas *Random Direction*

Dalam perintah tersebut, juga dijabarkan beberapa parameter seperti jumlah *node*, luas area dan kecepatan maksimal *node* bergerak. Kemudian saat dieksekusi nantinya akan membuat file baru dimana file tersebut akan merujuk ke skenario pergerakan menggunakan mobilitas *Random Direction*. Untuk dapat menyelaraskan antara file dari bonnmotion dengan *script* zrp.tcl, maka file tersebut dipanggil dengan perintah `source`. Tabel 3.7 menunjukkan cara untuk memanggil file yang dihasilkan dari bonnmotion sebelumnya. Baris 22 menunjukkan pemanggilan file NS-2 yang dinamai *20rd800.ns_movements* yang merupakan pergerakan 20 *node* menggunakan model mobilitas *Random Direction.*

Tabel 3.7 Potongan Kode Sumber Untuk Memanggil Skenario Mobilitas *Random Direction*

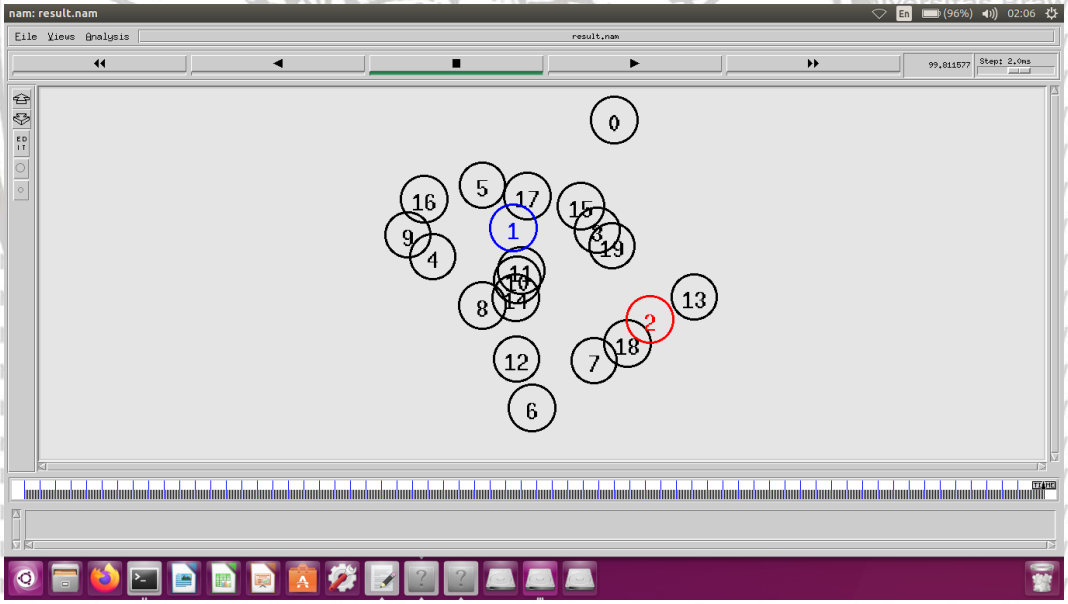
No	zrp.tcl
20	...
21	# *Script* for Mobility skenario
22	source 20rd800.ns_movements
23	...

Untuk gambar 3.9 menunjukkan visualisasi bentuk pergerakan *node* dan pertukaran data yang terjadi dalam ruang lingkup simulasi 800 m² dengan jumlah *node* 20.



Gambar 3.9 Pergerakan 20 *Node* Menggunakan *Random Direction*

Sedangkan untuk gambar 3.10 menunjukkan visualisasi posisi akhir dari *node* – *node* yang telah bergerak dalam waktu simulasi 100 s di ruang lingkup 800 m^2 dengan jumlah *node* 20.



Gambar 3.10 Posisi Akhir 20 *Node* Setelah Bergerak secara *Random Direction*

3.4.4 Implementasi Model Mobilitas *Random Walk*

Kemudian konfigurasi untuk model mobilitas *Random Direction* hampir sama dengan *Random Waypoint* dan *Random Direction* dimana perlu diatur untuk jumlah *node* yang digunakan, waktu simulasi, hingga luas area simulasi. Gambar 3.11 merupakan bentuk eksekusi perintah skenario mobilitas dengan jumlah *node* 20 dan luas area 800 m^2. Caranya ketikkan perintah :

```
./bm -f [Nama_File] RandomWalk -n [Jumlah_Node] -d
[Waktu_Simulasi] -x -y [Luas_Area] -h
[Kecepatan_Maksimal_Node] -p [waktu_pause_maksimal] -t
[Waktu_yang_dibutuhkan_node_bergerak_hingga_interval_t]
```

```
root@aldyhdd-PC:/home/aldyhdd/Downloads/netsim/bonnmotion/bin# ./bm -f 20rw800 R
andomWalk -n 20 -d 100 -x 800 -y 800 -h 2 -p 5 -t 5
```

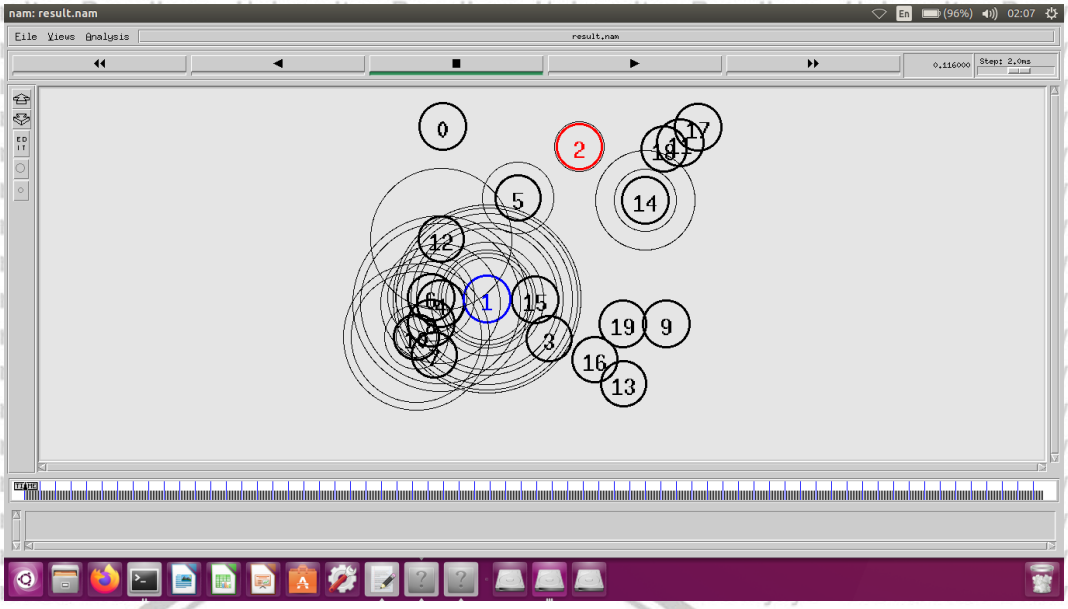
Gambar 3.11 Perintah Mengeksekusi Model Mobilitas *Random Walk*

Dalam perintah tersebut, juga dijabarkan beberapa parameter seperti jumlah *node*, luas area, kecepatan maksimal *node* bergerak serta menentukan t waktu dimana *node* akan bergerak hingga interval waktu t terpenuhi. Saat perintah dieksekusi nantinya akan membuat file baru dimana file tersebut akan merujuk ke skenario pergerakan menggunakan mobilitas *Random Walk*. Untuk dapat menyelaraskan antara file dari bonnmotion dengan *script* zrp.tcl, maka file tersebut dipanggil dengan perintah `source`. Tabel 3.8 menunjukkan cara untuk memanggil file yang dihasilkan dari bonnmotion sebelumnya. Baris 22 menunjukkan pemanggilan file NS-2 yang dinamai *20rw800.ns_movements* yang merupakan pergerakan 20 *node* menggunakan model mobilitas *Random Direction.*

Tabel 3.8 Potongan Kode Sumber Untuk Memanggil Skenario Mobilitas *Random Walk*

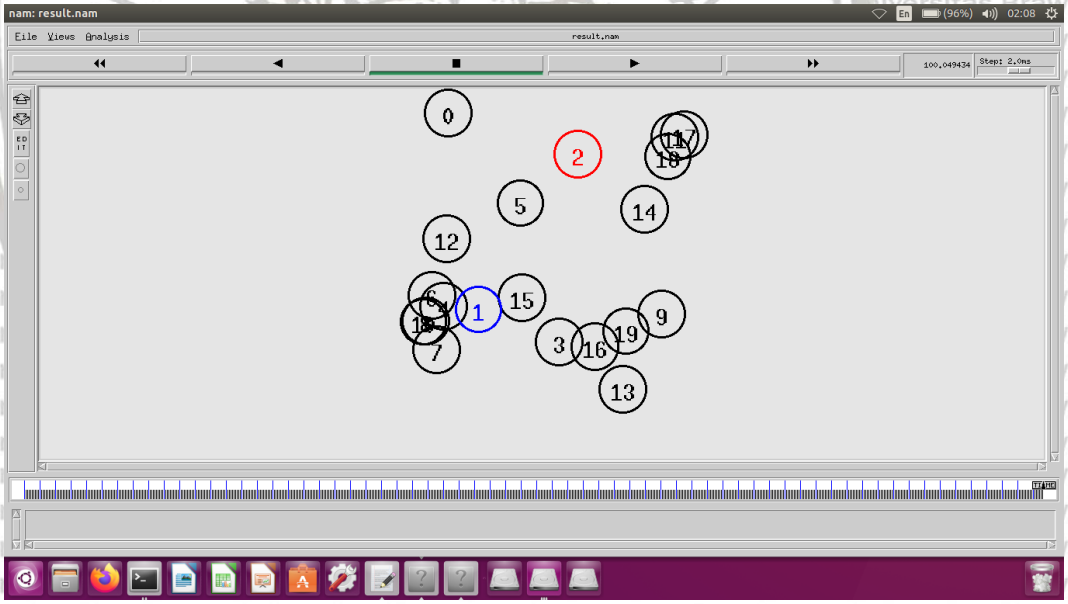
No	zrp.tcl
20	...
21	# *Script* for Mobility skenario
22	source 20rw800.ns_movements
23	...

Untuk gambar 3.12 menunjukkan bentuk visualisasi pergerakan *node* serta pertukaran data yang terjadi dalam ruang lingkup simulasi 800 m^2 dengan jumlah *node* 20.



Gambar 3.12 Pergerakan 20 *Node* Menggunakan *Random Walk*

Sedangkan untuk gambar 3.13 menunjukkan visualisasi posisi akhir dari *node* – *node* yang telah bergerak dalam waktu simulasi 100 s di ruang lingkup 800 m^2 dengan jumlah *node* 20.



Gambar 3.13 Posisi Akhir 20 *Node* Setelah Bergerak secara *Random Walk*

BAB 4 HASIL DAN ANALISIS

Pada bab ini, akan dibahas mengenai pengujian dan analisis dari implementasi dalam jaringan MANET. Pertama – tama akan dipaparkan skenario pengujian seperti apa yang dilakukan. Kemudian prosedur atau langkah – langkah pengujiannya. Kemudian hasil pengujiannya yang akan dipaparkan dalam bentuk grafik. Dan yang terakhir adalah analisis dari hasil pengujian yang didapatkan. Nantinya hasil analisis tersebut dapat menjadi acuan jawaban dari rumusan masalah yang dibahas pada bab sebelumnya.

4.1 Skenario Pengujian Berdasarkan Variasi Jumlah *Node*

4.1.1 Tujuan

Tujuan dilakukannya pengujian berdasarkan variasi jumlah *node* ini, adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh dari variasi jumlah *node* yang ada dalam lingkup jaringan MANET ini terhadap kinerja dari protokol komunikasi yang sedang berjalan d dalamnya. Dalam artian disini menggunakan beberapa model mobilitas bertipe *random* sebagai acuan penelitian dan 5 variasi jumlah *node* yang sudah ditetapkan. Untuk itu, dalam penelitian ini digunakan 4 parameter uji, yaitu *end-to-end delay*, *packet delivery ratio* (PDR), dan *routing overhead*. Untuk variasi jumlah *node* yang digunakan, ada 20 *node*, 40 *node*, 60 *node*, 80 *node* dan 100 *node*.

4.1.2 Prosedur

Prosedur atau tahapan yang perlu dilakukan dalam pelaksanaan pengujian ini berdasarkan luas area simulasi yang berbeda adalah sebagai berikut :

1. Tentukan model mobilitas mana yang akan diuji dahulu, semisal *Random Direction,*
2. Jalankan bonnmotion di terminal untuk disesuaikan dengan model mobilitas yang dipilih dan luas area yang digunakan yaitu 800 m x 800 m
3. Integrasikan dengan *script* zrp.tcl beserta jumlah *node* yang dipilih berurutan, dari 20, 40, 60, 80 dan 100
4. Jalankan *script zrp.tcl* dalam terminal,
5. Setelah didapatkan output file *result.tr* dan *result.nam*, ambil file *result.tr* saja,
6. Buat *script* awk berupa *e2ed.awk, pdr.awk dan ro.awk* untuk menghitung kinerja berdasarkan parameter – parameter uji sebelumnya, berikut *end-to-end delay*, *packet delivery ratio* (PDR), dan *routing overhead,*
7. *Integrasikan* file *result.tr* dan *script* awk sebelumnya untuk dieksekusi melalui terminal,

8. Setelah didapatkan hasil, ganti model mobilitas dengan yang lain hingga terlaksana semua,
9. Paparkan hasil pengujian sebelumnya dalam bentuk tabel
10. Konversikan tabel tadi kedalam bentuk grafik

4.1.3 Hasil

Setelah dilakukan pengujian sesuai skenario dengan parameter – parameter yang telah ditentukan sebelumnya, didapatkan hasil pengujian berupa nilai *end-to-end delay, PDR* dan juga *routing overhead*. Seperti yang telah dijelaskan pada tahapan prosedur sebelumnya, dimana sebelumnya telah dibuat *script* awk yang digunakan untuk menghitung nilai – nilai parameter uji tersebut yaitu *e2ed.awk, pdr.awk* dan *ro.awk.* Ketika dijalankan pada terminal, dan digabungkan dengan file result.tr yang didapatkan, contohnya akan seperti pada gambar 4.1 berikut.

```
root@aldyhdd-PC:/home/aldyhdd/Desktop/TES1# awk -f e2ed.awk result.tr
Average delay:0.9166
root@aldyhdd-PC:/home/aldyhdd/Desktop/TES1# awk -f pdr.awk result.tr
cbr s:100 r:99, r/s Ratio:0.9900, f:99
root@aldyhdd-PC:/home/aldyhdd/Desktop/TES1# awk -f ro.awk result.tr
Routing Overhead: 169.808
root@aldyhdd-PC:/home/aldyhdd/Desktop/TES1#
```

Gambar 4.1 Menjalankan fungsi AWK dengan file result.tr

4.1.3.1 *End-to-end delay*

Tabel 4.1 Nilai *End-to-end delay*

Jumlah *Node*	Model Mobilitas		
	RWP (ms)	RD (ms)	RW (ms)
20	1,01614	0,58028	0,35556
40	0,19144	0,18732	0,23656
60	0,17996	0,10198	0,12872
80	0,76088	0,06476	0,23166
100	7,25464	0,66592	1,74692

Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengujian untuk parameter *end-to-end delay* dari ketiga model mobilitas berdasarkan jumlah *node* yang terus meningkat dari 20 *node* hingga 100 *node*. Untuk satuan yang digunakan adalah milisekon (ms).

4.1.3.2 *Packet delivery ratio (PDR)*

Tabel 4.2 Nilai *Packet delivery ratio (PDR)*

Jumlah *Node*	Model Mobilitas		
	RWP (%)	RD (%)	RW (%)
20	89,6	97,6	97,6
40	98	97,6	94,8
60	97,4	99,4	98,2
80	85,4	98,8	89
100	71,8	74	94

Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengujian untuk parameter PDR dari ketiga model mobilitas berdasarkan jumlah *node* yang terus meningkat dari 20 *node* hingga 100 *node*. Untuk satuan yang digunakan adalah persen (%).

4.1.3.3 *Routing overhead*

Tabel 4.3 Nilai *Routing overhead*

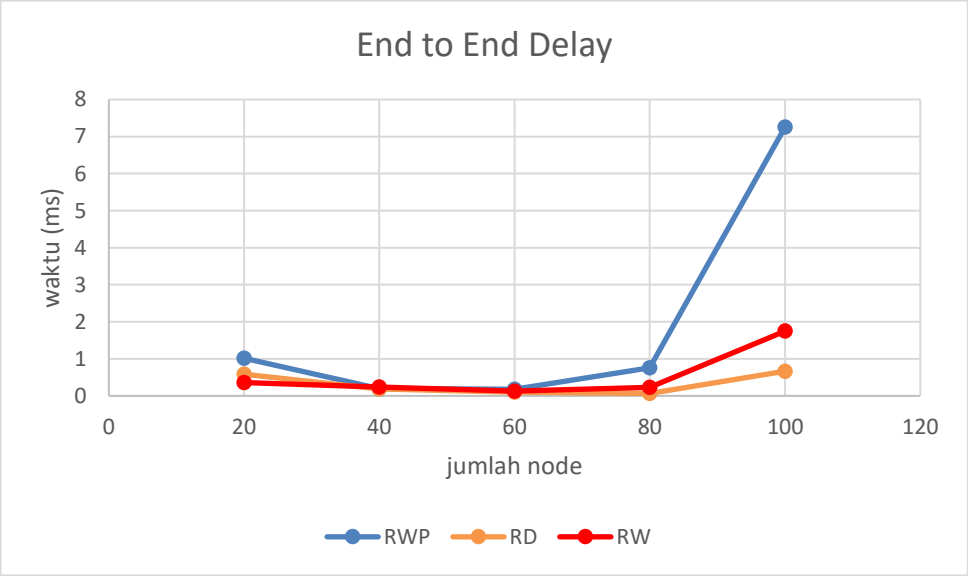
Jumlah *Node*	Model Mobilitas		
	RWP (paket)	RD (paket)	RW (paket)
20	242,2896	167,8436	183,6492
40	850,0438	559,7656	609,319
60	1808,1824	1164,1938	1311,5278
80	3268,526	2060,2322	2544,3858
100	5562,3338	4366,343	3414,0984

Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengujian untuk parameter *routing overhead* dari ketiga model mobilitas berdasarkan jumlah *node* yang terus meningkat dari 20 *node* hingga 100 *node*. Untuk satuan yang digunakan adalah paket (paket).

4.1.4 Analisis

Pada pengujian yang telah dilakukan sebelumnya dan didapatkan hasil berupa nilai dari tiap – tiap parameter uji yang dituliskan dalam bentuk tabel, langkah berikutnya adalah merubah data tampilan pada tabel tadi menjadi bentuk grafik dan dilakukan analisis terhadapnya. Untuk analisis yang dilakukan, dipaparkan di bawah grafik yang telah dibuat.

4.1.4.1 *End-to-end delay*



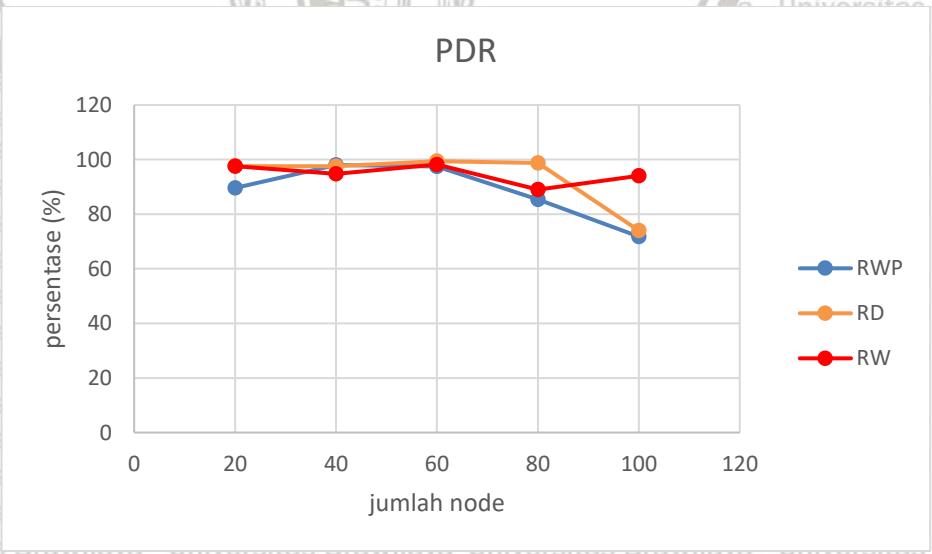
Gambar 4.2 *End-to-end delay*

Pada pengujian *End-to-end delay*, kinerja protokol dapat dikatakan baik apabila nilai *End-to-end delay* nya rendah, dan juga berlaku sebaliknya. Semakin rendah waktu delay yang didapatkan, semakin efisien waktu pengiriman data yang diperlukan.

Pengujian *End-to-end delay* pada gambar 4.2 menunjukkan RWP memiliki rata rata *End-to-end delay* yang lebih lama dibandingkan RW dan RD saat jumlah *node*nya semakin meningkat. Nilai delay pada RWP dari node 20 hingga 100 yaitu 1,016 ms, 0,191 ms, 0,179 ms, 0,76 ms dan 7,255 ms. Dapat dilihat dari grafik bahwa waktu delay dari RWP melonjak naik hampir 8 ms ketika jumlah *node*nya meningkat dari 80 *node* ke 100 *node*. Hal ini disebabkan pergerakan node pada RWP cenderung berkumpul satu sama lain sehingga menimbulkan *congestion* dalam jaringan. Ini menyebabkan waktu delay yang meningkat drastis karena ramainya lalu lintas jaringan saat bertambahnya node dari 80 hingga 100. RW menunjukkan pergerakan yang cukup stabil, namun pada node 80 hingga 100 cukup meningkat hingga hampir 2 ms. Nilai delay pada RW dari node 20 hingga 100 yaitu 0,355 ms, 0,236 ms, 0,129 ms, 0,232 ms dan 1,747 ms. Berkebalikan dengan RWP, RD justru stabil dan tidak menunjukkan peningkatan waktu yang berarti dari jumlah node 20 hingga 100. Nilai delay pada RD dari node 20 hingga 100 yaitu 0,58 ms, 0,187 ms, 0,102 ms, 0,065 ms dan 0,666 ms. Hal ini disebabkan pergerakan nodenya yang cenderung menyebar dengan merata sehingga tidak menimbulkan *congestion* seperti RWP sebelumnya. Sehingga pengiriman paket dapat mendapatkan waktu *delay* yang paling minimum.

Ini menunjukkan rata – rata waktu delay minimum paling baik diraih oleh model mobilitas *Random Direction* dibandingkan *Random Waypoint* dan *Random Walk* ketika dibandingkan berdasarkan kenaikan jumlah node dari 20 hingga 100 di luas area 800 m^2.

4.1.4.2 *Packet delivery ratio (PDR)*



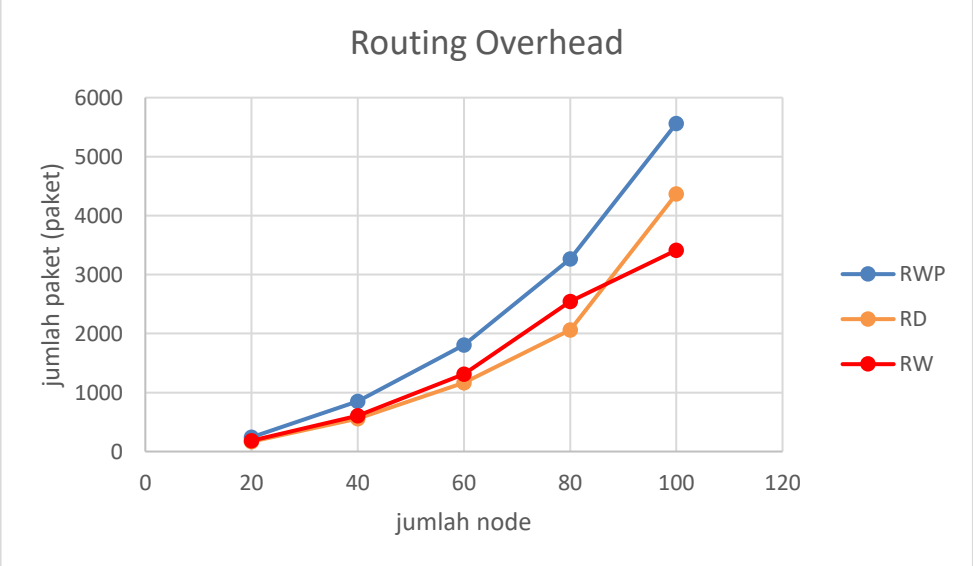
Gambar 4.3 *Packet Delivery Ratio*

Pada pengujian PDR, kinerja protokol dapat dikatakan efektif apabila persentase atau rasio paket yang berhasil terkirim mendapatkan nilai tinggi. Semakin tinggi persentase yang didapatkan, maka paket yang berhasil terkirim ke tujuan juga semakin tinggi.

Pengujian PDR pada gambar 4.3 menunjukkan rasio pengiriman paket menggunakan model mobilitas RWP kurang baik. Terlihat dari jumlah node 40 hingga ke 100 terus menurun. Persentase yang didapatkan dari 40 yaitu 98% turun ke 97,4% di 60 node, 85,4% di 80 node dan sampai ke 71,8% di 100 node. Hal ini disebabkan karena pergerakan nodenya yang cenderung berkumpul tersebut, menyebabkan congestion sehingga rasio paket yang berhasil terkirim ke node tujuan pun menurun. RD dan RWD sebenarnya mendapatkan rasio persentase yang sama - sama stabil dari node 20 ke 60. Namun, pada node 80 hingga ke 100, nilai RD menurun drastis dari 98,8% ke 74%. Hal ini dikarenakan persebaran nodenya yang terlalu jauh dari node sumber ke tujuan pada penambahan node dari 80 ke 100, sehingga ada kemungkinan paket di drop di tengah – tengah pengiriman. RW lebih stabil dari node 20 hingga ke 100, dengan persentase 97,6% untuk 20 node, 94,8% untuk 40 node, 98,2% untuk 60 node, 89% untuk 80 node dan 94% untuk 100 node.

Ini menunjukkan rasio paket terkirim paling tinggi ada pada model mobilitas *Random Walk*, dibandingkan *Random Waypoint* dan *Random Walk* ketika dibandingkan berdasarkan kenaikan jumlah node dari 20 hingga 100 di luas area 800m^2.

4.1.4.3 *Routing overhead*



Gambar 4.4 *Routing overhead*

Pada pengujian *routing overhead*, kinerja protokol dapat dikatakan baik apabila perbandingan antara jumlah paket kontrol berupa *request rute (RREQ), replay rute (RREP),* dan *error rate (RRER)* selama pengiriman dibandingkan

dengan total jumlah paket yang diterima oleh *node* tujuan mendapatkan nilai yang kecil.

Pada gambar 4.4 menunjukkan jumlah paket yang dibutuhkan ketiga model mobilitas tersebut sama-sama cenderung meningkat seiring bertambahnya *node*. Namun, RWP memiliki kenaikan jumlah paket yang lebih banyak dibandingkan RW dan RD, dimana saat jumlah *node* 20, nilai overhead nya 242,289 paket. Terus meningkat dari 40, 60 80 hingga 100 menjadi 850,044 paket, 1808,182 paket. 3268,526 paket dan tertinggi di 5562,334 paket. Hal ini disebabkan karena node – node pada RWP saling berkumpul dan berada dalam satu zona yang sama pada ZRP. Sehingga pengiriman paket yang terjadi ketika node sumber dan tujuan berada dalam zona yang sama, menggunakan prinsip *Proaktif* dimana semua nodenya memiliki informasi keseluruhan node yang ada dalam zona tersebut. *Message overhead* nya pun semakin tinggi. Sedangkan untuk RD pertambahan nilai overheadnya sebanyak 167,844 paket, 559,756 paket, 1164,194 paket, 2060,232 paket dan 4366,343 paket. Untuk RW disini sebanyak 183,649 paket, 609,319 paket, 1311,528 paket, 2544,386 paket dan 3414,098 paket. RD terlihat di grafik saat node 80 ke 100 cukup meningkat lebih banyak dibandingkan RW dengan 4366,343 paket. Justru RW dari node 80 ke 100 lebih menurun dibandingkan RD dengan 3414, 098 paket. Hal ini dikarenakan pergerakan node dari RD dan RW sama – sama menyebar, dimana penempatan node di dalam dan luar zona ZRP lebih seimbang. Akan tetapi RW memiliki persebaran yang tidak sejauh RD yang selalu bergerak ke arah tepian area.

Ini menunjukkan rata - rata nilai overhead yang paling kecil didapatkan oleh model mobilitas *Random Walk* dibandingkan *Random Waypoint* dan *Random Direction* ketika dibandingkan berdasarkan kenaikan jumlah node dari 20 hingga 100 di luas area 800 m^2.

4.2 Skenario Pengujian Berdasarkan Luas Area

4.2.1 Tujuan

Tujuan dilakukannya pengujian berdasarkan luas area ini, adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh ukuran luas area dalam lingkup jaringan MANET ini terhadap kinerja dari protokol komunikasi yang sedang berjalan di dalamnya. Dalam artian disini menggunakan beberapa model mobilitas bertipe *random* sebagai acuan penelitian dan 2 ukuran area simulasi yang berbeda. Untuk itu, dalam penelitian ini digunakan 3 parameter uji, yaitu : *end-to-end delay*, *packet delivery ratio* (PDR), dan *routing overhead*. Untuk luas area yang digunakan, seperti pada bab sebelumnya ada 2, yaitu 800 x 800 meter dan 1600 x 1600 meter.

4.2.2 Prosedur

Prosedur atau tahapan yang perlu dilakukan dalam pelaksanaan pengujian ini berdasarkan luas area simulasi yang berbeda adalah sebagai berikut :

1. Tentukan model mobilitas mana yang akan diuji, semisal *Random Waypoint*,
2. Jalankan bonnmotion di terminal untuk disesuaikan dengan model mobilitas yang dipilih dan luas area yang dipilih pertama semisal 800 m x 800 m,
3. Integrasikan dengan *script zrp.tcl* beserta jumlah *node* yang diaplikasikan,
4. Jalankan *script zrp.tcl* dalam terminal,
5. Setelah didapatkan output file *result.tr* dan *result.nam*, ambil file *result.tr* saja,
6. Buat *script* awk berupa *e2ed.awk, pdr.awk dan ro.awk* untuk menghitung kinerja berdasarkan parameter – parameter uji sebelumnya, berikut *end-to-end delay*, *packet delivery ratio* (PDR), dan *routing overhead,*
7. *Integrasikan* file *result.tr* dan *script* awk sebelumnya untuk dieksekusi melalui terminal,
8. Setelah didapatkan hasil, ganti model mobilitas dengan yang lain hingga terlaksana semua,
9. Setelah didapatkan hasil uji kinerja dari ketiga model mobilitas, ganti luas area yang kedua,
10. Lakukan sama seperti tahapan sebelumnya hingga didapatkan hasil uji kinerja,
11. Paparkan hasil pengujian sebelumnya dalam bentuk tabel
12. Konversikan tabel tadi kedalam bentuk grafik

4.2.3 Hasil

Untuk hasil yang didapatkan pada skenario kedua ini hampir sama dengan yang pertama, hanya saja ada tambahan luas area kedua yaitu 1600 m^2, dimana implementasinya juga masuk ke terminal dan jalankan fungsi awk bersama dengan file .tr yang telah ada untuk dieksekusi.

4.2.3.1 *End-to-end delay*

Tabel 4.3 Nilai *End-to-end delay* pada Luas Area 800 m^2

Jumlah *Node*	Model Mobilitas		
	RWP (ms)	RD (ms)	RW (ms)
20	1,01614	0,58028	0,35556
40	0,19144	0,18732	0,23656
60	0,17996	0,10198	0,12872
80	0,76088	0,06476	0,23166

100	7,25464	0,66592	1,74692

Tabel 4.4 Nilai *End-to-end delay* pada Luas Area 1600 m²

Jumlah *Node*	Model Mobilitas		
	RWP (ms)	RD (ms)	RW (ms)
20	2,24086	1,58474	0,0682
40	1,00956	0,8664	0,48244
60	0,2206	1,09838	0,27764
80	0,54154	1,218	2,28696
100	0,37694	1,59458	0,31576

4.2.3.2 *Packet delivery ratio (PDR)*

Tabel 4.5 Nilai *PDR* pada Luas Area 800 m²

Jumlah *Node*	Model Mobilitas		
	RWP (%)	RD (%)	RW (%)
20	89,6	97,6	97,6
40	98	97,6	94,8
60	97,4	99,4	98,2
80	85,4	98,8	89
100	71,8	74	94

Tabel 4.6 Nilai *PDR* pada Luas Area 1600 m²

Jumlah *Node*	Model Mobilitas		
	RWP (%)	RD (%)	RW (%)
20	84,4	74,4	100
40	90,6	90,2	98,4
60	93,4	93,6	98
80	95,2	86,2	84,2
100	91,2	78,8	95

4.2.3.3 *Routing overhead*

Tabel 4.9 Nilai *Routing overhead* pada Luas Area 800 m²

Jumlah *Node*	Model Mobilitas		
	RWP (paket)	RD (paket)	RW (paket)
20	242,2896	167,8436	183,6492
40	850,0438	559,7656	609,319
60	1808,1824	1164,1938	1311,5278
80	3268,526	2060,2322	2544,3858
100	5562,3338	4366,343	3414,0984

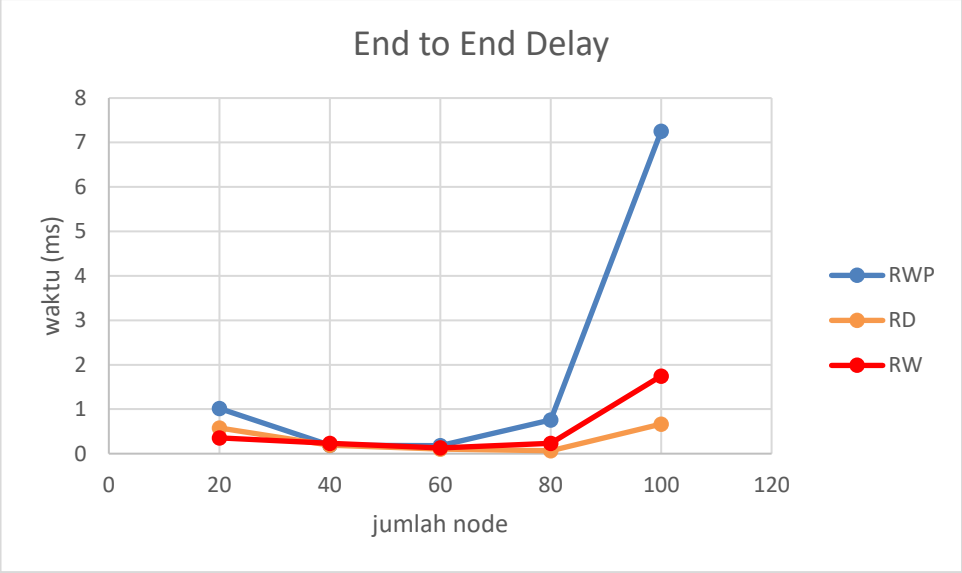
Tabel 4.10 Nilai *Routing overhead* pada Luas Area 1600 m²

Jumlah *Node*	Model Mobilitas		
	RWP (paket)	RD (paket)	RW (paket)
20	112,1232	114,9064	62,058
40	342,9262	287,9086	207,9958
60	562,3916	561,3768	456,4794
80	1086,1006	1130,197	951,9258
100	1656,9266	1950,4578	1173,6882

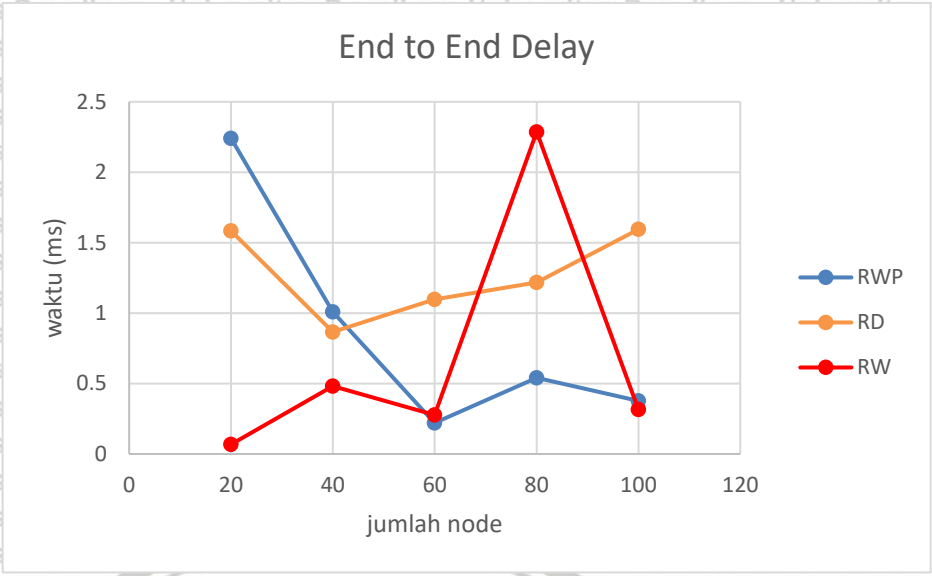
4.2.4 Analisis

Pada pengujian yang telah dilakukan sebelumnya dan didapatkan hasil berupa nilai dari tiap – tiap parameter uji yang dituliskan dalam bentuk tabel, langkah berikutnya adalah merubah data tampilan pada tabel tadi menjadi bentuk grafik dan dilakukan analisis terhadapnya. Untuk analisis yang dilakukan, dipaparkan di bawah grafik yang telah dibuat.

4.2.4.1 *End-to-end delay*



Gambar 4.5 *End-to-end delay* pada Luas Area 800 m²



Gambar 4.6 *End-to-end delay* pada Luas Area 1600 m^2

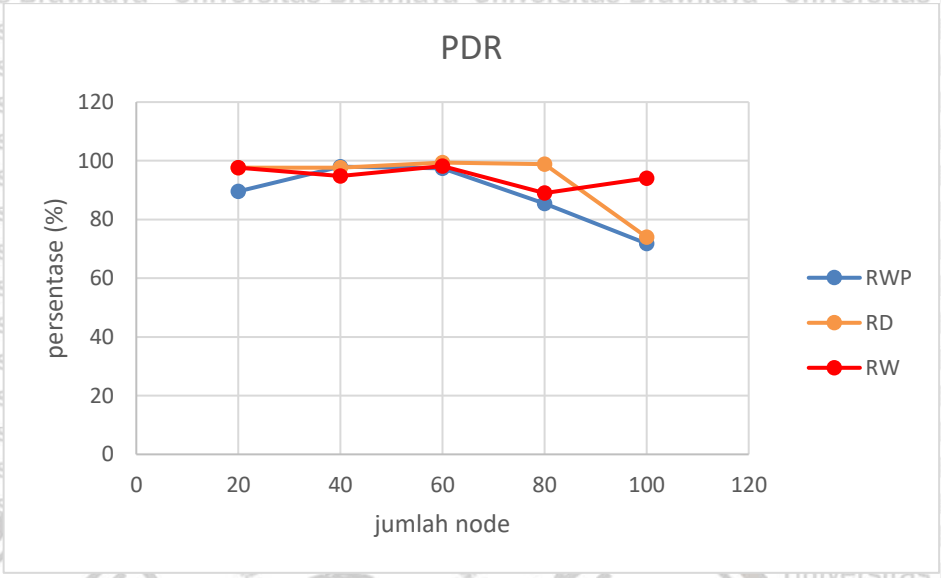
Pada pengujian *End-to-end delay* secara garis besar, semakin luas area simulasi yang diuji, maka nilai rata-rata *End-to-end delay* akan semakin tinggi. Ini karena tingginya densitas yang terjadi dalam jaringan, sehingga *congestion* juga semakin meningkat seiring dengan pertambahan variasi jumlah *node* juga.

Gambar 4.5 di luas area 800 m^2 menunjukkan berdasarkan data pengujian, RWP mendapatkan nilai delay tertinggi di 100 *node* yaitu 7,255 ms, sedangkan delay tertinggi di 100 *node* untuk RD yaitu 0,666 ms dan RW yaitu 1,747 ms. RWP mendapatkan waktu delay paling banyak, sedangkan RD mendapatkan waktu delay paling sedikit. Hal ini dikarenakan kepadatan node yang terus bertambah menyebabkan meningkatnya congestion dalam jaringan. Pada gambar 4.6 menunjukkan pada area yang lebih luas yaitu 1600 m^2, justru waktu delay dari RWP dan RD menunjukkan grafik yang turun naik dari pertambahan jumlah *node* 20 ke 100. RWP dari node 20 ke 60 start di 2,24 ms kemudian terus mengalami penurunan waktu hingga 0,22 ms. Kemudian stabil di 0,54 ms dan 0,38 ms di node 100. Untuk waktu delay RD justru terlihat lebih tinggi dibandingkan RWP dengan start di 1,58 ms, 0,86 ms, 1,098 ms, 1,22 ms dan sampai di 1,59 ms. Hal ini dikarenakan, semakin luas area simulasinya, maka jarak yang ditempuh node pada RD untuk sampai ke tepian area juga semakin tinggi. Ini menyebabkan waktu delay yang didapatkan lebih lama dibandingkan RWP dan RW. RWP lebih unggul dari RD karena pergerakannya yang cenderung berkumpul dalam area yang luas, sehingga jarak persebarannya node nya semakin kecil. Sedangkan RW terlihat stabil dari node 20 ke 60. Hanya saja ketika dari node 60 ke 80, persebaran node yang terjadi terpaut cukup saling menjauh satu sama lain, sehingga waktu delay naik ke 2,387 ms. Dan dari 80 ke 100 waktu delaynya kembali turun ke 0,316 ms. Ini menunjukkan keunggulan dari RWP dan RW yang lebih stabil pada luas area 1600 m^2.

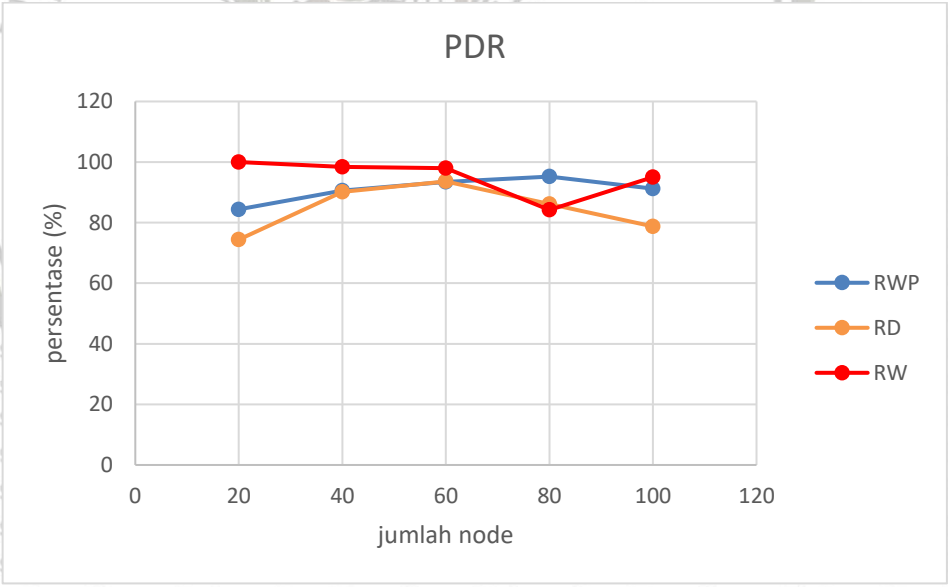
Sehingga dapat disimpulkan bahwa model mobilitas *Random Walk* atau *Random Waypoint* akan lebih baik digunakan pada luas area yang besar di 1600

m², sedangkan *Random Direction* lebih baik digunakan pada luas area yang lebih kecil di 800 m².

4.2.4.2 *Packet delivery ratio (PDR)*



Gambar 4.7 PDR pada Luas Area 800 m²



Gambar 4.8 PDR pada Luas Area 1600 m²

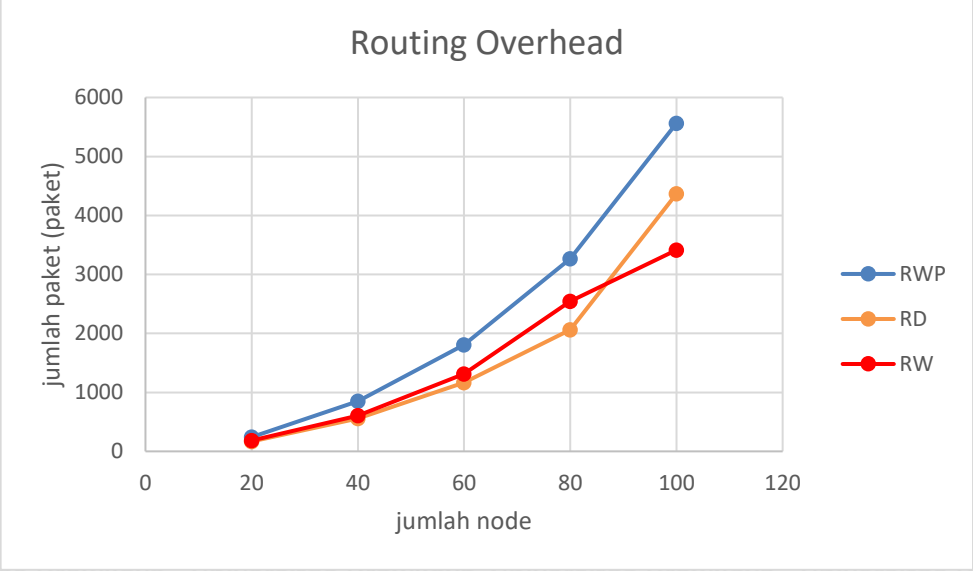
Pada pengujian PDR, kinerja protokol dapat dikatakan efektif apabila persentase atau rasio paket yang berhasil terkirim mendapatkan nilai tinggi. Semakin tinggi persentase yang didapatkan, maka paket yang berhasil terkirim ke tujuan juga semakin tinggi.

Pada gambar 4.7 menunjukkan semakin tinggi densitas yang terjadi pada luas area 800 m², menyebabkan nilai PDR semakin turun karena tingginya

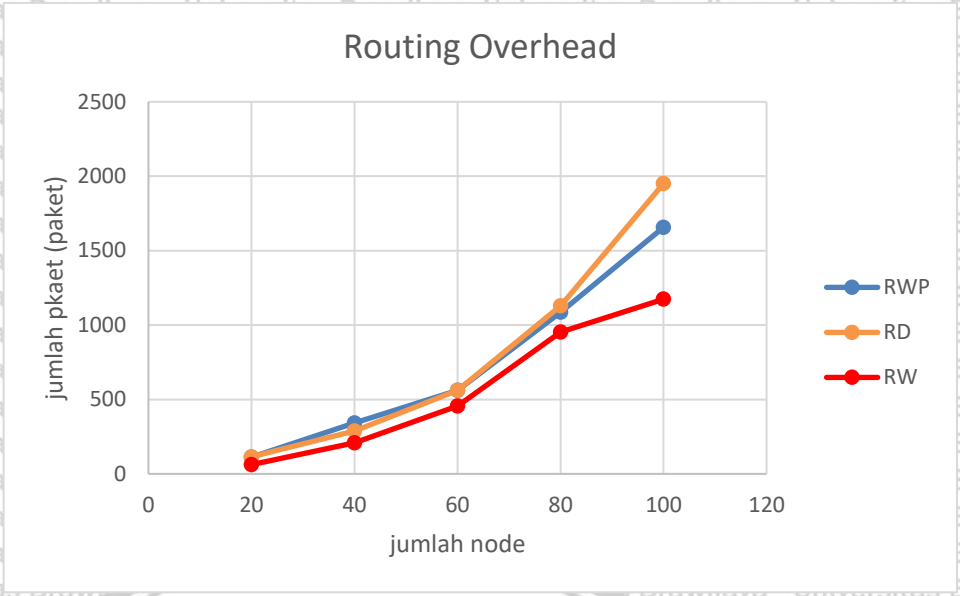
congestion pada jaringan, terutama dialami RWP yang nilai PDR nya makin menurun persentasenya dari node 80 ke 100 hingga ke 71,8 % dibandingkan yang lainnya. RD juga mengalami penurunan persentase yang cukup tinggi, di node 80 ke node 100 yaitu 74 %. Sedangkan kestabilan rasio pengiriman paket didapatkan oleh RW. Sedangkan gambar 4.8 menunjukkan pada luas area 1600 m^2, nilai PDR RWP lebih stabil dibandingkan kedua mobilitas lain, dan juga pada area sebelumya. Terlihat dari persentase yang baik dari node 2- ke 100 yaitu 84,4 %, 90,6 %, 93,4 %, 95,2 %, dan 91,2 %. Berbeda sekali dengan RD yang justru naik turun dari node 20 ke 100 yaitu 74,4 %, 90,2 %, 93,6 %, 86,2 %, dan 78,8 %. Ini dikarenakan luas area yang besar menimbulkan jarak pengiriman paket pada RD lebih jauh yang mana resiko drop paket lebih tinggi ditengah perjalanan. Sedangkan RWP yang cenderung lebih dekat antar nodenya diunggulkan di luas area besar, karena persebarannya lebih merata dibandingkan pada luas area kecil. Untuk RW sendiri juga stabil dari node 20 ke 100 yaitu 100 %, 98,4 %, 98,8 %, 84,2 % dan 95 %. Secara grafik, nilai PDR dari RW dan RWP sama – sama lebih baik dibandingkan RD.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa model mobilitas *Random Walk* dan *Random Waypoint* memiliki nilai rasio paket diterima yang lebih baik pada luas area besar di 1600 m^2, sedangkan *Random Direction* memiliki nilai rasio paket diterima yang lebih baik pada luas area kecil di 800 m^2.

4.2.4.3 *Routing overhead*



Gambar 4.9 *Routing overhead* pada Luas Area 800 m^2



Gambar 4.10 *Routing overhead* pada Luas Area 1600 m^2

Pada pengujian *routing overhead*, seperti sebelumnya kinerja protokol dapat dikatakan baik apabila perbandingan antara jumlah paket kontrol komunikasi selama pengiriman dibandingkan dengan total jumlah paket komunikasi yang diterima oleh *node* tujuan mendapatkan nilai yang kecil.

Pada pengujian *Routing overhead*, dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 bahwasanya ketiga model mobilitas yang diujikan sama – sama menunjukkan nilai yang cenderung naik seiring *node* yang bertambah dan luas area yang besar. Dan juga RWP mendapatkan nilai *routing overhead* yang lebih besar dibandingkan kedua model mobilitas lain baik di luas area kecil ataupun besar. Dan juga yang didapatkan bahwasanya nilai routing overhead di luas area kecil, semuanya lebih besar dibandingkan pada luas area yang besar. Hal ini dikarenakan pengaruh persebaran dan pergerakan dari node – node tersebut. Semakin luas areanya, mekanisme routing ZRP dapat dimaksimalkan dengan mekanisme reaktif dan proaktifnya. Ini menyebabkan *message overhead*nya tidak menumpuk dibandingkan pada luas area yang kecil. Pada luas area 800 m^2 terlihat nilai overhead pada RD lebih baik paling kecil dibanding RWP dan RD dengan pertambahan nilai overhead dari 20 ke 100 node yaitu 167,844 paket, 559,765 paket, 1164,194 paket, 2060,232 paket dan 4366,343 paket. Hasil ini lebih baik dibandingkan dengan kedua mobilitas lainnya, walaupun pada node ke 80 hingga 100, RW mengalami peningkatan drastis. Sedangkan untuk luas area 1600 m^2, nilai paling kecil didapatkan RW dengan pertambahan dari node 20 ke 100 yaitu 62,058 paket, 207,996 paket, 456,479 paket, 951,926 paket, dan 1173,6882 paket. Hal ini dikarenakan pergerakan dan persebaran node pada RW cenderung lebih seimbang antara yang berada dalam zona yang sama, ataupun zona yang berbeda pada ZRP. Selain itu, RD dan RWP tidak bisa lebih maksimal nilainya dibandingkan RW karena persebaran nodenya yang masih terlalu tidak seimbang. Dimana RWP dan RD cenderung banyak yang berdekatan nodenya.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai *routing overhead* dari ketiga model mobilitas sama – sama stabil cenderung naik, ketika luas area ataupun jumlah *node* terus ditingkatkan, namun *Random Walk* memiliki nilai overhead yang lebih baik di luas area besar ataupun kecil.

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini, akan dibahas mengenai kesimpulan dari penelitian yang dilakukan serta saran. Kesimpulan yang didapatkan disini berdasarkan hasil analisis dari pengujian yang telah dilakukan sebelumnya. Kesimpulan juga menjadi acuan jawaban dari rumusan masalah yang dibuat pada bab pertama. Saran yang dipaparkan juga dapat menjadi sarana informasi untuk penelitian selanjutnya agar dapat dikembangkan lebih jauh dan lebih baik lagi.

5.1 Kesimpulan

1. Implementasi dari protokol ZRP dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan simulator jaringan yaitu NS versi 2.35, dimana tahapannya yang pertama perlu membangun area simulasi sesuai topologi perancangan dahulu, kemudian dilakukan penyusunan kode sumber untuk konfigurasi protokol *routing* dengan model mobilitas yang akan digunakan beserta skenario pengujian yang telah disusun, baru kemudian mengeksekusi kode sumber tersebut dengan masing – masing model mobilitas sesuai skenario pengujian yang telah disusun.
2. Analisis kinerja protokol ZRP terhadap model mobilitas yang diujikan sebelumnya, berdasarkan parameter uji *end-to-end delay*, PDR dan *routing overhead* dan skenario uji peningkatan jumlah node dari 20 hingga 100 didapatkan data sebagai berikut. Yang pertama pada *end-to-end delay*, model mobilitas *Random Direction* mendapatkan hasil waktu paling minimal dibandingkan *Random Waypoint* dan *Random Walk*. Kemudian pada PDR, model mobilitas *Random Walk* atau *Random Waypoint* mendapatkan rasio terkirimnya paket yang tinggi dibandingkan *Random Direction*. Dan untuk *routing overhead*, model mobilitas *Random Walk* mendapatkan rata – rata nilai overhead yang paling kecil dibandingkan *Random Waypoint* dan *Random Direction*. Sehingga beberapa model mobilitas ada yang mampu memaksimalkan kinerja ZRP, ada juga yang kurang mampu memaksimalkannya.
3. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan sebelumnya, pengaruh dari pemilihan model mobilitas *random* yang tepat dapat memaksimalkan kinerja dari protokol *routing* ZRP dan sebaliknya pemilihan model mobilitas yang kurang tepat juga dapat membuat performa dari ZRP kurang maksimal seperti pada pengujian sebelumnya. Namun perlu diperhatikan juga kondisi yang terjadi dilapangan juga mempengaruhi kinerja dari protokol tersebut misalkan luas area jaringan ataupun bertambahnya *node* dalam jaringan tersebut.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah didapatkan, berikut ada beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya :

1. Membandingkan model mobilitas yang berbeda dari jenis pergerakannya, karena penelitian ini hanya membahas model mobilitas dengan jenis pergerakan yang sama yaitu individual. Sehingga dapat dicoba dilakukan penelitian mengenai perbandingan model mobilitas dengan jenis pergerakan kelompok antar kelompok, atau individu dengan kelompok.
2. Dapat menambahkan skenario – skenario uji lain yang terkait dengan kondisi realita jaringan yang ada di saat ini.

DAFTAR REFERENSI

Aarti, T. S. S. (2013). Study of MANET : Characteristics , Challenges , Application and Security Attacks. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, *3*(5), 252–257. https://www.ijarcsse.com/docs/papers/Volume_3/5_May2013/V3I5-0267.pdf

Chaturvedi, A. K., & Kehmani, J. K. (2014). Analysis of Mobility Models in *Mobile Ad-Hoc Network*s. *International Journal of Computer Applications*, *3*, 5–9.

Gowrishankar, S. (2007). Effect of random mobility models pattern in mobile ad hoc networks. … *Science and Network …*, *7*(6), 160–164. http://paper.ijcsns.org/07_book/200706/20070622.pdf

Issariyakul, T., & Hossain, E. (2012). Introduction to network simulator NS2. In *Introduction to Network Simulator NS2* (Vol. 9781461414). https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1406-3

Keshav, N., & Manjula, S. (2015). *Implementation And Performance Analysis Of Mobility Models In Integrated Internet-Manet*. *16*(1), 107–110.

Khatkar, A., & Singh, Y. (2012). Performance evaluation of hybrid *routing* protocols in mobile ad hoc networks. *Proceedings - 2012 2nd International Conference on Advanced Computing and Communication Technologies, ACCT 2012*, 542–545. https://doi.org/10.1109/ACCT.2012.86

Mentari, L. R. P., Primananda, R., & Basuki, A. (2019). Pengaruh Model Mobilitas *Node* Pada Protokol *Routing* AODV dalam. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya*, *3*(1), 563–572.

Nayak, P., & Vathasavai, B. (2016). Impact of random mobility models for reactive *routing* protocols over MANET. *International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology*, *17*(34), 13.1-13.9. https://doi.org/10.5013/IJSSST.a.17.34.13

P.S, V. (2014). Impact of Random Mobility Models on OLSR. *International Journal of Wireless & Mobile Networks*, *6*(6). https://doi.org/10.5121/ijwmn.2014.6607

Pant, S., Nitin, N., Das, A. X., & Jaiswal, A. K. (2016). *Performance Analysis of Various MANET Routing Protocols with Change in Number of Nodes over Different Mobility Models*. *6*(5), 1680–1685.

Raheja, K., & Maakar, S. K. (2014). A Survey on Different Hybrid *Routing* Protocols of MANET. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, *3*(5), 5512–5516.

Sukhija, I., & Kumar, D. (2015). *A Comparative Study & Analysis of Random Waypoint and Reference Point Group Mobility Model in Ad-hoc networks*. *4*(4), 1170–1172.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya