

BAB II

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian terkait jaringan MANET telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Seperti pada penelitian [6] membandingkan beberapa *propagation loss model*. *Propagation loss model* yang akan digunakan adalah Friis, *Two Ray Ground* dan Nakagami. Membandingkan terhadap kinerja performansi protokol *routing Ad-hoc On Demand Distance Vector (AODV) and Distance Sequenced Distance Vector (DSDV)* menggunakan simulasi NS3, pada skenario yang digunakan adalah dengan penambahan jumlah *node* bertahap dari 20, 30, 40, 50 dan 60. Performansi yang diuji adalah *throughput, packet delivery ratio, dan end to end delay*. Dimana pada setiap jenis *routing* protokol akan dilakukan tiga kali perubahan jenis *propagation loss model* dan dari setiap perubahan jenis *propagation loss model* akan dilakukan lima kali penambahan jumlah *node*. Dan dari hasil simulasi tersebut yang kemudian akan dilakukan analisis performansi. Dimana hasilnya adalah setiap perubahan *propagation loss model* pada setiap *routing* protokol berdampak sangat signifikan pada segi performansinya. Pada *throughput* dan *PDR*, AODV lebih baik performansinya daripada DSDV karena dapat menghasilkan *throughput* maksimum terlepas dari jenis *propagation loss model* yang digunakan dan juga *PDR* yang lebih tinggi ketika menggunakan jenis *propagation loss model tworay ground*. Namun, ketika menggunakan jenis *propagation loss model Nakagami*, AODV mengalami *delay* yang tinggi pula.

Kemudian pada penelitian [8] menganalisis kinerja *propagation loss model tworayground* pada *routing AODV* menggunakan NS2 untuk mensimulasikannya. Skenario yang diujikan dengan perubahan kecepatan, yaitu 5m/s, 10m/s dan 15m/s. Performansi yang diuji adalah *Packet Delivery Ratio (PDR), End-to-End Delay* dan *Routing Overhead (RO)*. Dengan hasil, *PDR* yang didapatkan menurun pada setiap penambahan kecepatan, sedangkan hasil yg fluktuatif didapatkan untuk *RO* dan *end-to-end delay*.

Lalu terdapat penelitian [5] yang Studi ini membandingkan kinerja protokol *routing DSDV* dan *OLSR* dengan mempertimbangkan model

mobilitas Gauss-Markov. Dalam model ini, *node* awalnya bergerak dengan kecepatan dan arah tertentu, kemudian setelah interval waktu tertentu, penghitungan dilakukan berdasarkan tujuan dan kecepatan *node* pada saat itu. Terdapat tiga skenario utama yang dievaluasi, yaitu penambahan jumlah *node*, variasi kecepatan maksimal *node*, dan variasi ukuran paket yang dikirimkan. Pada penambahan jumlah *node*, nantinya akan menghasilkan 20 *node*, 40 *node*, 60 *node*, dan 80 *node*. Lalu, pada skenario variasi kecepatan maksimal *node*, terdapat kecepatan minimum 10m/s dan maksimumnya 15, 20, 25, dan 30m/s. Ukuran paketnya adalah 256, 1024, 4096, 8192 dan 12288. Dengan performansi yang diuji adalah pada nilai *packet delivery ratio*, *end-to-end delay*, dan *routing overhead*. Hasil dari uji analisis, setelah dilakukannya semua skenario yang ada, secara umum protokol OLSR memiliki kinerja yang lebih baik daripada DSDV.

Kemudian dengan penelitian [9] yang mana menganalisis kinerja *routing Dynamic Source Routing* (DSR) dengan menggunakan mobilitas *Random Waypoint* dan juga *propagation loss model* Nakagami, performansi yang dianalisis adalah *PDR*, *End-to-End Delay* dan juga *RO* dan skenario yang digunakan adalah dengan perubahan jumlah *node*, luas area dan juga kecepatan maksimal *node*. *Node* yang akan digunakan pada simulasi adalah 60, 70, 80 dan 90 *node*. Untuk luas areanya sendiri adalah 500m x 500m dan 900m x 900m dan untuk kecepatan maksimumnya berkisar pada 10, 15, 20 dan 25m/s, yang mana menghasilkan nilai yang fluktuatif.

Penelitian [10] mengenai perbandingan kinerja protokol *routing* DSDV, OLSR, AODV dan DSR pada MANET. Skenario yang akan dilakukan adalah dengan penambahan jumlah *node*, yang nantinya akan terdapat 30, 50 dan 80 *node*, dan juga dengan perbedaan dari kecepatan *node* yaitu 1, 5 dan 10m/s. Performansi yang diuji dan dianalisis adalah *throughput*, *PDR*, rata-rata *end-to-end delay* dan juga *RO*. Dengan hasil protokol *routing* AODV dan DSR lebih unggul daripada DSDV dan juga OLSR pada beberapa skenario dan juga pada beberapa performansi, seperti pada hasil *throughput*, *PDR* dan juga *RO*.

Penelitian [4] melakukan perbandingan performansi *routing* protokol OLSR dan DSDV pada MANET menggunakan simulasi NS3. Dengan

skenario penambahan jumlah *node* dan juga penambahan ukuran paket data. Performansi yang akan diuji adalah *throughput*, *packet delivery ratio*, *packet loss* dan *delay*. Ukuran paket data yang digunakan ada dua, yaitu ukuran 64 *bytes* dan 128 *bytes*. *Node* yang digunakan berjumlah 10, 20 dan 40 *node*. Untuk parameter lainnya, default dengan yang ada di NS3. Hasil dari penelitian ini pada skenario penambahan *node* adalah performansi dari OLSR lebih baik daripada DSDV, namun kekurangan dari OLSR adalah delaynya lebih besar daripada DSDV. Hal ini dapat disimpulkan bahwa OLSR lebih cocok digunakan pada kepadatan jaringan menengah keatas, dan DSDV lebih cocok digunakan pada kepadatan jaringan yang lebih kecil.

Penelitian [7] dengan menganalisis dari kinerja protokol *routing* baik reaktif maupun proaktif pada MANET. Protokol *routing*nya yaitu DSR, AODV, DSDV dan OLSR. Disimulasikan dengan menggunakan NS2. Dengan skenario penambahan jumlah *node* yang terdiri dari 25, 50, 75, 100, 150 dan 200 *node*. Parameter simulasi utama seperti luas area 1000m x 1000m, kecepatan *node* 20m/s, dan juga *propagation loss model* yang digunakan adalah jenis *tworay ground* dengan jenis mobilitas *random waypoint*. Parameter performansi yang akan diuji dan dianalisis adalah *throughput*, *packet delivery ratio*, *packet loss* dan *delay*. Hasil dari analisis dan simulasi adalah protokol *routing* OLSR lebih baik daripada ketiga jenis protokol *routing* lainnya yang diuji di penelitian ini. Hal ini juga dapat dikarenakan OLSR memiliki MPR yang dapat secara optimal mengurangi TC paket dalam setiap *node* nya.

Keseluruhan dari penelitian-penelitian sebelumnya, sama saja dalam hal membandingkan performansi dengan patokan QoS sebagai acuan parameter unjuk kerja.

2.2 DASAR TEORI

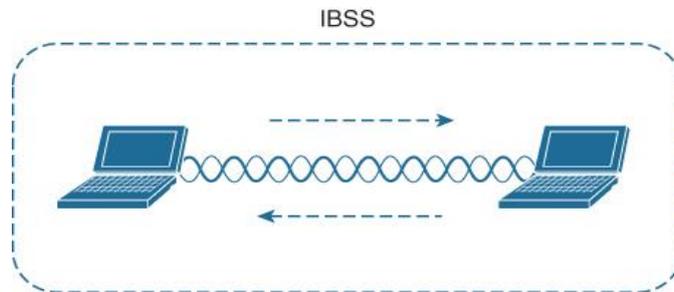
Pada penelitian ini peneliti membutuhkan teori-teori guna menunjang penelitian yang dilakukan. Referensi teori yang digunakan berasal dari jurnal, buku, website maupun penelitian orang lain.

2.2.1 Jaringan *Wireless* (nirkabel)

Jaringan nirkabel merujuk pada jaringan yang terdiri dari beberapa perangkat komputer tanpa mengandalkan kabel fisik seperti UTP atau serat optik. Prinsip kerja jaringan ini adalah menggunakan gelombang elektromagnetik untuk mentransmisikan sinyal radio dengan frekuensi tertentu agar perangkat dapat saling bertukar informasi [11]. Contoh yang sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari adalah jaringan WiFi di sekolah, kantor, rumah, dan tempat umum. Secara umum, jaringan nirkabel beroperasi pada frekuensi 2.4 GHz dan 5 GHz, meskipun dalam prinsipnya, jaringan nirkabel dapat beroperasi pada berbagai jenis frekuensi yang lebih luas tergantung pada kebutuhan dan penggunaannya [11]. Menurut *Institute and Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) yang merupakan sebuah kelompok dari organisasi insinyur yang bertanggung jawab atas standarisasi dalam bidang teknologi informasi, IEEE melakukan diskusi, riset, dan pengembangan terhadap perangkat jaringan yang kemudian menjadi standar yang digunakan dalam perangkat jaringan. Pada tahun 1997, IEEE menciptakan standar WLAN pertama yang disebut 802.11. Hingga saat ini, terdapat enam standar jaringan nirkabel yang umum dikenal, yaitu: 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, dan standar terbaru, yaitu 802.11ac dan 802.11ax [12]. Pada penelitian ini, yang digunakan adalah 802.11b yang mana sering disebut sebagai WiFi, merupakan salah satu standard untuk jaringan WLAN, yang mempunyai spektrum radio 2.4 GHz dan dengan maksimum data *transfer rate* adalah 11 Mbps.

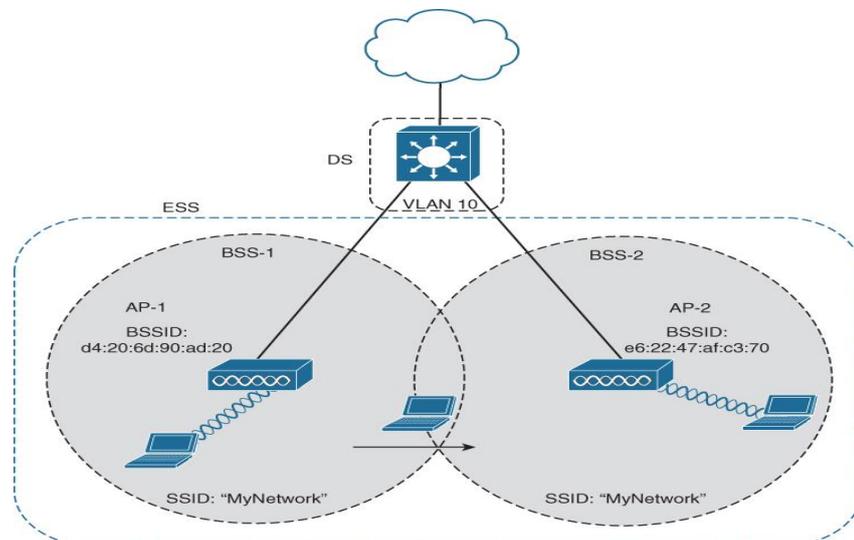
Pada jaringan *Wireless* terdapat 2 jenis model jaringan, yaitu: *Ad-hoc* dan juga *Infrastuktur*. Jaringan *Ad-hoc* sendiri dikenal juga sebagai *Independent Basic Service Set* (IBSS) yang mana didefinisikan sebagai dua perangkat yang terhubung secara nirkabel dengan cara *peer-to-peer* (P2P) tanpa menggunakan *Access Point* (AP) [13]. IBSS memfasilitasi komunikasi langsung antara dua perangkat tanpa memerlukan perangkat

nirkabel tambahan atau perangkat nirkabel lainnya [13]. Jaringan IBSS dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini:



Gambar 2.1 Topologi jaringan Ad-hoc atau IBSS [13]

Selain model jaringan *ad-hoc*, terdapat juga model jaringan infrastruktur, yang mana dengan infrastruktur, *wireless client* dapat saling terhubung melalui AP. Gambar 2.2 menggambarkan terminologi mode infrastruktur. Perhatikan bahwa konfigurasi AP untuk berbagi *Service Set Identifier* (SSID) yang sama memungkinkan klien nirkabel untuk menjelajah antar *Basic Service Area* (BSA), yang mana merupakan area yang terkoneksi oleh jangkauan sinyal AP [13]. BSA pada gambar ditandai dengan sel area abu-abu [13].



Gambar 2. 2 Topologi jaringan Infrastruktur [13]

2.2.2 MANET

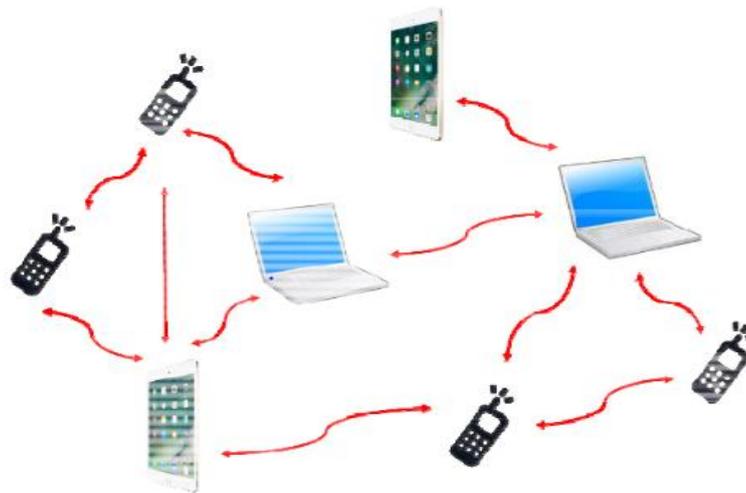
MANET adalah jaringan yang terdiri dari perangkat komunikasi yang dapat saling terhubung tanpa harus ada infrastruktur yang sudah tersedia sebelumnya. Perangkat dalam jangkauan MANET dapat

berkomunikasi secara *point-to-point* [14]. Selain itu, perangkat ini umumnya *mobile* atau dapat dibilang dapat bergerak bebas tanpa terikat sesuatu. Pada perkembangannya, MANET tidak hanya penting dalam pengaplikasiannya dibidang militer, tetapi juga berdampak juga terhadap bisnis dan sektor lainnya. Penyebaran luas perangkat seluler yang ringan dan berbiaya relatif terjangkau seperti ponsel, PDA, tablet dan lainnya yang sudah disematkan didalamnya adaptor jaringan untuk berkomunikasi, seperti misal Bluetooth ataupun IEEE 802.11 (WiFi). Perangkat-perangkat itu dapat membuat jaringan MANET, yang mana jaringan-jaringan ini kemudian dapat membentuk infrastrukturnya tersendiri, seperti berbagi aplikasi darurat dan sistem kesehatan, *groupware*, game, iklan, aplikasi jual-beli seperti proyek UbiBay dll [14].

MANET telah muncul sebagai solusi yang menjanjikan dan topik penelitian sejak pertengahan 1990-an untuk komunikasi nirkabel yang efisien antar *node* bergerak, dimana tidak memerlukan infrastruktur yang tetap, dikarenakan mobilitas *node*, interkoneksi antar *node* secara konstan dan dikonfigurasi ulang secara dinamis [15]. Semua *node* dalam MANET dapat bergerak secara individual ke segala arah kapan saja, kemudian memperbarui interkoneksi mereka ketika dibutuhkan. Tantangan terbesar dalam desain MANET adalah memastikan setiap *node* mempertahankan koneksi dengannya tetangga sambil secara bersamaan mengarahkan Informasi lalu lintas ke tujuan yang sesuai [15]. Oleh karena itu, MANET sangat cocok diaplikasikan terhadap situasi darurat, seperti daerah bencana dan zona perang. Semua host MANET bersifat *mobile* dan dapat dipasang di mobil, tentara, kapal, bus, pesawat terbang dan tim tanggap darurat sekalipun, asalkan perangkatnya memadai.

Perkembangan MANET telah meluas, sehingga kini terdapat beberapa jenis jaringan MANET, beberapa diantaranya adalah *Vehicular Ad-hoc Network* (VANET), *Smart Phone Ad-hoc Networks* (SPAN),

Internet based Mobile Ad-hoc Networks (iMANET), dan militer atau *tactical MANETs* [15]. Gambar 2.3 merupakan contoh dari MANET.



Gambar 2. 3 Jaringan MANET [15]

2.2.3 Protokol *Routing* Pada MANET

Topologi MANET bersifat dinamis, oleh karena itu setiap *node* pada MANET memiliki *bandwidth* yang terbatas, energi operasi terbatas, dan juga infrastruktur variabel & kapasitas link yang terbatas pula. Isu utama pada MANET adalah karena perubahan *node* yang cepat dan sangat dinamis. Oleh karena itu, diperlukan nya *routing* protokol. *Routing* protokol melakukan hal penting pada jaringan maupun topologi apapun. *Routing* protokol menentukan rute antara *node* dan penyebaran informasi yang memilih rute antara dua *node* ataupun lebih pada jaringan [16]. Pada MANET sendiri terdapat setidaknya 3 jenis klasifikasi *routing* protokol seperti dapat pada gambar 2.4. Ketiga klarifikasi nya yaitu:

1. *Proactive Routing Protocols (Table-Driven Routing Protocols)*

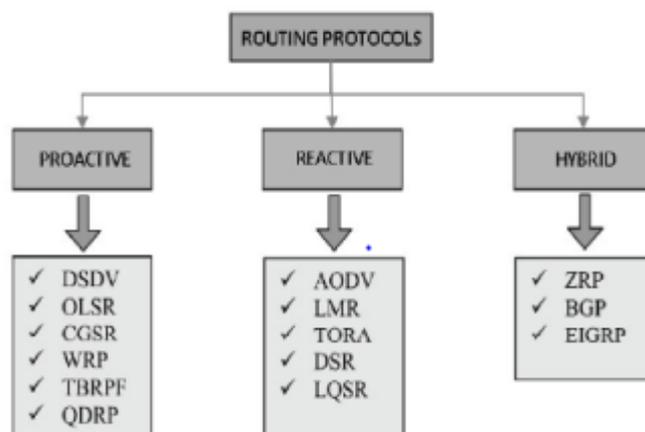
Jenis *routing* protokol ini menggunakan jenis algoritma *link-state routing*. *Link-state routing* adalah teknik dimana setiap *node* berbagi informasi tentang *node* tetangganya dengan setiap *node* lain di dalam suatu jaringan. Protokol perutean proaktif menyimpan perutean informasi dan memelihara informasi terbaru dengan menukar paket kontrol dari *node* tetangga mereka [16]. Contoh *proactive routing protocols* adalah DSDV, OLSR, WRP, dll [16].

2. Reactive Routing Protocols (On-Demand Routing Protocols)

Reactive routing protocols mengurangi *routing overhead* yang ada di dalam protokol *routing* proaktif [16]. Ini dikarenakan *reactive routing protocols* menggunakan *distance-vector routing algorithm* dan menetapkan rute ke tujuan hanya pada saat sebuah *node* memintanya, yang diawali dengan mencari dan menemukan rute ke tujuan. Terdapat beberapa contoh *reactive routing protocol* yang tersedia di MANET, seperti DSR, AODV, TORA, LMR dll [16].

3. Hybrid Routing Protocols

Hybrid Routing Protocols merupakan gabungan dari protokol *routing* proaktif dan reaktif, menggabungkan keunggulan keduanya. Proaktif *routing protocol* dan reaktif *routing protocol* digunakan untuk menyeimbangkan penundaan dan mengontrol *overhead routing* (terutama dalam pengaturan paket). Protokol *Routing* Hibrida berusaha mengoptimalkan manfaat dari *routing* proaktif dan reaktif dengan menerapkan *routing* proaktif pada jaringan kecil (untuk mengurangi penundaan) dan *routing* reaktif pada jaringan yang lebih besar (untuk mengurangi *overhead* kontrol) [17]. Contoh dari *Hybrid Routing Protocol* ini misalnya ZRP, DST, DDR, dll [17].



Gambar 2. 4 Klasifikasi Routing Protocol pada MANET [16]

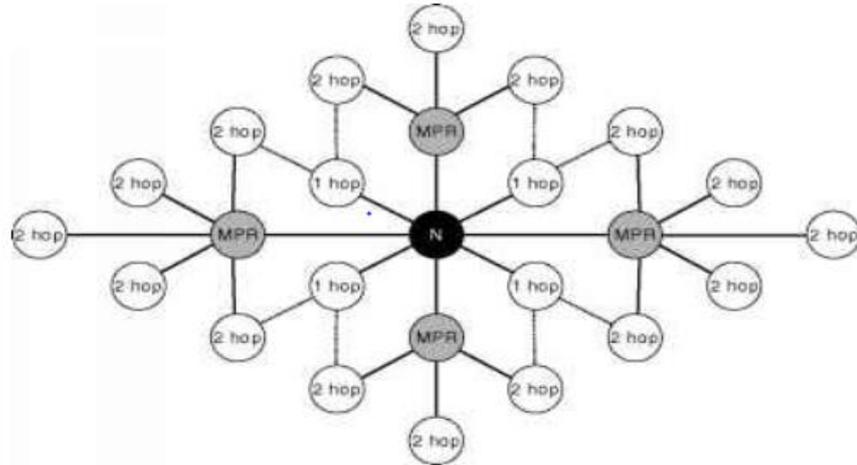
2.2.4 OLSR

Protokol *routing* OLSR adalah salah satu jenis proaktif *routing protocol* yang sering digunakan dalam jaringan *ad-hoc*. Protokol ini melakukan pertukaran pesan secara teratur untuk memelihara informasi topologi jaringan di setiap *node*. Setiap *node* mengirimkan paket kontrol secara berkala, memungkinkannya untuk mengatasi kehilangan paket yang terjadi pada beberapa waktu tertentu karena tabrakan data atau gangguan transmisi lainnya [18]. OLSR menggunakan *multihop routing*, di mana setiap *node* memanfaatkan informasi *routing* terbaru yang tersedia di *node* tersebut untuk mengantarkan paket informasi. Secara umum, OLSR melibatkan serangkaian langkah kerja, termasuk pendeteksian link, deteksi tetangga, pemilihan *MultiPoint Relays* (MPR), pengiriman pesan kontrol topologi (*TC messages*), dan perhitungan rute [18].

OLSR menggunakan *classical shortest path algorithm* berdasarkan metrik *hop-count* untuk perhitungan rute dalam jaringan [19]. Namun, konsep utama OLSR adalah mekanisme *broadcast* yang dioptimalkan untuk distribusi di seluruh jaringan dari informasi link-state yang diperlukan. Terdapat mekanisme yang disebut sebagai *Multipoint Relay* (MPR) di antara *node* tetangganya yang sedemikian rupa sehingga 2 *hop node* tetangga menerima pesan *broadcast* bahkan jika hanya MPR yang *membroadcast* ulang pesan. Penerusan pesan siaran oleh MPR hanya dapat secara signifikan mengurangi jumlah pesan *broadcast*.

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5 menunjukkan contoh di mana jumlah pesan *broadcast* berkurang setengahnya. Mekanisme penerusan yang dioptimalkan ini digunakan untuk semua siaran dalam jaringan OLSR. Selain itu, jumlah *link-state information* yang akan didistribusikan dalam jaringan dapat dikurangi dengan OLSR [19]. Seperti pada gambar 2.5 dibawah ini, dengan adanya MPR pada OLSR ini, maka *flooding* pesan dapat berkurang. Dengan mekanisme MPR dalam OLSR, paket-paket OLSR yang diterima dalam proses packet forwarding tidak akan langsung diteruskan. Hanya *node-node* yang

terpilih sebagai MPR yang berhak meneruskan paket yang diterima. Ini bertujuan untuk mengurangi penerimaan pesan kontrol yang tidak perlu dan dapat menyebabkan banjir di jaringan [20].



Gambar 2. 5 Multipoint relay (MPR) selection di OLSR [19]

OLSR mendukung pemuatan *dynamically linked libraries* (dll) yang disebut sebagai *plugins* [20]. Dengan adanya sistem plugin ini, seseorang dapat dengan mudah menambahkan fungsi tertentu pada setiap aspek program tanpa harus mengubah kode dasar dari OLSR itu sendiri. OLSR memiliki empat jenis pesan yang digunakan untuk pertukaran informasi routing:

1. Pesan HELLO (fungsi utama), digunakan dalam mekanisme pendeteksian *node* tetangga 1 sampai 2-hop, *link* sensing dan mekanisme pemilihan MPR.
2. Pesan TC (fungsi utama), berisi Informasi tentang *node-node* MPR *selector* sebuah *node*.
3. Pesan MID (fungsi utama), digunakan untuk menyebarkan informasi tentang *node* yang menjalankan OLSR menggunakan lebih dari satu *interface*.
4. Pesan HNA (fungsi tambahan), digunakan oleh *node* yang bertindak sebagai *gateway* dari jaringan diluar jaringan lokal [20].

2.2.5 Propagation Loss Model

Dalam sistem telekomunikasi, model propagasi radio sangat penting untuk melakukan perencanaan, pembangunan, dan pengembangan

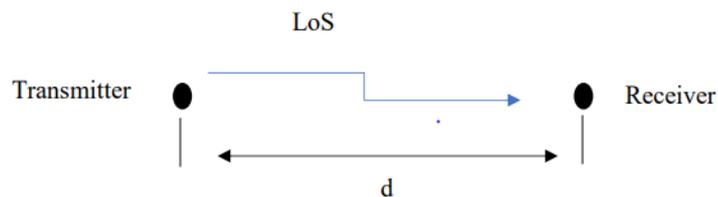
sistem komunikasi bergerak, terutama dalam hal menghitung nilai path loss. Propagasi merujuk pada perambatan gelombang melalui media transmisi. Media transmisi, atau sering disebut sebagai saluran transmisi gelombang, bisa berupa fisik seperti sepasang kawat konduktor atau kabel koaksial, atau bisa juga bersifat non-fisik seperti gelombang radio [21]. Dapat dikatakan propagasi merupakan transmisi atau penyebaran sinyal dari suatu tempat ke tempat lain dengan bantuan media perambatan atau biasa juga disebut saluran transmisi [21]. Prediksi *path loss* adalah elemen penting dari desain sistem komunikasi apa pun. Sebuah model propagasi yang andal adalah model yang dapat menghitung *path loss* dengan baik. Model yang cocok harus dipilih untuk pengukuran kekuatan pancar serta *path loss* dan juga parameter lainnya [22]. Keakuratan dari metode prediksi yang handal membantu mengoptimalkan *coverage area*, daya pemancar, dan menghilangkan masalah interferensi dari pemancar radio yang lain juga [22].

Propagasi sinyal *wireless* dalam media apa pun pasti akan mengalami pelemahan sesuai dengan sifat lingkungan perambatannya. Propagasi sinyal dapat dipantulkan, dibiaskan, difraksi atau tersebar yang akan mempengaruhi kekuatan dari *wireless* sinyal itu sendiri, yang mana meliputi *path loss*, *shadowing*, interferensi, *fading* dan *doppler shift*. Umumnya, model propagasi dapat berupa *propagation delay* atau *propagation loss model*. Di sisi lain, *propagation delay* adalah waktu yang dibutuhkan untuk paket ditransfer, sedangkan *propagation loss* mempertimbangkan kekuatan sinyal antar pemancar dan penerima. NS-3 simulator memiliki simulasi untuk *propagation loss model*.

Masing-masing model menggunakan perhitungan yang berbeda untuk menentukan kekuatan sinyal penerima. Demikian pula, masing-masing model berbeda dalam tingkatan akurasi. *Propagation loss model* dapat memberikan informasi yang jelas tentang kinerja jaringan *wireless* [6]. Ada banyak jenis *propagation loss model*, namun pada penelitian ini hanya akan dipilih 2 jenis *propagation loss model*, yaitu: Friis *Propagation Loss Model* dan Nakagami *Propagation Loss Model*.

2.2.6 Friis Propagation Loss Model

Friis *free space propagation model* digunakan untuk memodelkan *Line of Sight (LoS) path loss* yang terjadi di lingkungan ruang bebas, tanpa objek apa pun yang dapat menyebabkan penyerapan daya/gelombang, difraksi, pantulan, atau fenomena lainnya yang dapat mengubah karakteristik dari gelombang yang dipancarkan [23]. Hal ini hanya berlaku di wilayah yang jauh dengan antenna pemancar, dan didasarkan pada hukum kuadrat jarak terbalik yang menyatakan bahwa daya yang diterima pada jarak tertentu dari pemancar dapat berkurang/hilang/rusak oleh faktor kuadrat jarak [23].



Gambar 2. 6 Analogi Friis Propagation Loss Model [6]

Pada gambar 2.6 diatas, dengan menggunakan model propagasi ini dalam skala yang besar, diperkirakan bahwa kekuatan sinyal yang diterima akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan jarak antara pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) (*T-R separation*). Kekuatan sinyal "*free space*" yang diterima oleh antenna penerima yang berjarak d dari antenna pemancar disimbolkan dengan d [24].

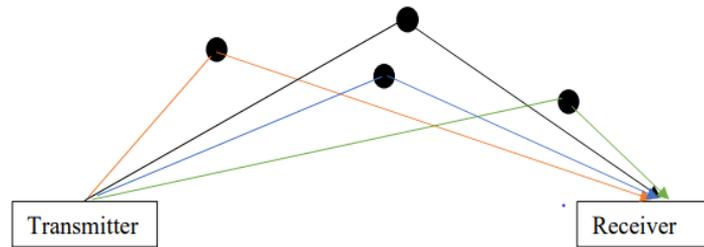
$$P_r(d) = P_t G_t G_r \lambda^2 / ((4\pi)^2 d^2 L) \quad (2.1)$$

P_t adalah *power* yang ditransmisikan, $P_r(d)$ adalah *power* yang diterima dimana merupakan fungsi dari *T-R separation*, G_t adalah tegangan antenna pada *transmitter*, d adalah jarak *T-R separation* dalam meter, L adalah *loss factor* sistem yang tidak berhubungan dengan propagasi ($L \geq 1$), dan λ adalah panjang gelombang dalam meter [24]. Dimana $\pi = c/f = 2\pi c/\omega$, f adalah frekuensi *carrier* dalam Hertz, ω adalah frekuensi *carrier* dalam radian per detik, dan c adalah kecepatan cahaya dalam meter per detik. Nilai P_t dan P_r harus memiliki satuan yang sama sedangkan G_t dan G_r tidak memiliki satuan. Nilai *losses* L ($L \geq 1$)

biasanya dikarenakan adanya atenuasi pada jalur transmisi, *filter losses* dan antenna *losses* dalam sistem komunikasi. Nilai $L = 1$ mengindikasikan tidak adanya *loss* dalam sistem perangkat keras [24].

2.2.7 Nakagami Propagation Loss Model

Nakagami *Propagation Loss Model* ini memprediksi kekuatan sinyal di lingkungan yang memiliki hambatan seperti bangunan, bukit, dinding, hutan, dll. Hal itu dikarenakan *node* dapat menggunakan *multipath* untuk menyebarkan sinyal ketika terdapat suatu *obstacle*. Model ini juga diklarifikasikan dalam model *fading* karena kekuatan sinyal sangat dipengaruhi oleh *fading*. Namun model ini hanya untuk efek *fast fading*, yang mencakup kekuatan sinyal yang diterima dengan mempertimbangkan interferensi konstruktif dan destruktif. Karena gangguan itu berasal dari *multipath*, maka distribusi Nakagami dikombinasikan dengan distribusi Erlang yang digunakan untuk memprediksi kekuatan sinyal [6].



Gambar 2. 7 Analogi Nakagami Propagation Loss Model [6]

Seperti pada gambar 2.7, model Nakagami dapat diterapkan untuk berbagai kondisi *fading*, namun tergantung pada parameter m yang digunakan [25]. Distribusi Nakagami memiliki *Probability Density Function* (PDF) yang dinyatakan sebagai berikut [26]:

$$p_z(z, \Omega) = \frac{2}{\Gamma(m)} \left(\frac{m}{\Omega}\right)^m z^{2m-1} \exp\left(-\frac{m}{\Omega} z^2\right), z > 0, m \geq \frac{1}{2} \quad (2.3)$$

Dimana $\Gamma()$ merupakan fungsi gamma, z merupakan level sinyal yang diterima dan m merupakan parameter *fading* (*fading figure*) yang didefinisikan sebagai [26]:

$$m = \frac{E^2[z]}{Var[z^2]} \quad (2.4)$$

Sedangkan Ω adalah kekuatan sinyal rata-rata:

$$\Omega = E[z^2] \quad (2.5)$$

2.2.8 QoS

QoS dalam Bahasa Indonesia berarti kualitas layanan. Ini merujuk pada teknologi apa pun yang mengatur lalu lintas data di jaringan. QoS mengendalikan dan mengelola sumber daya jaringan dengan memberikan prioritas untuk jenis data tertentu di dalam jaringan [27]. Bagi banyak organisasi, QoS termasuk dalam Perjanjian Tingkat Layanan (*Service Level Agreement/SLA*) dengan penyedia layanan jaringan untuk menjamin tingkat kinerja tertentu [27].

Pada penelitian ini, QoS yang akan digunakan adalah *throughput*, *packet delivery ratio* dan *routing overhead*.

1. *Throughput*

yaitu kecepatan (*rate*) transfer data efektif, yang diukur dalam bps. *Throughput* adalah jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut [27]. Dengan rumus yang digunakan adalah:

$$Throughput = \frac{rxBytes \times 8}{1024 \times \text{Waktu simulasi}} \quad (2.6)$$

Tabel 2.1 Nilai Batasan *Throughput* [27]

Kategori <i>Throughput</i>	<i>Throughput</i> (bps)	Indeks
Sangat Bagus	100	4
Bagus	75	3
Sedang	50	2
Jelek	<25	1

2. PDR

PDR mendefinisikan rasio dari jumlah paket yang dikirim oleh *node* sumber dan jumlah paket yang diterima oleh *node* tujuan. Dapat dibidang PDR merupakan rasio paket yang berhasil dikirim ke suatu tujuan dibanding dengan jumlah paket yang telah dikirim oleh pengirim [28]. Dengan rumus sebagai berikut:

$$PDR = \frac{rxPackets}{txPackets} \times 100 \quad (2.7)$$

Seperti diketahui, semakin tinggi PDR diperoleh, dapat dikatakan semakin bagus pula pertukaran paket tersebut, karena PDR berbanding terbalik dengan *packet loss ratio*, jika PDR tinggi, dapat dipastikan *packet loss ratio* rendah, yang mana semakin sedikit paket yang hilang ketika transmisi paket akan semakin bagus.

3. *Routing Overhead*

Routing overhead dapat dianggap sebagai jumlah paket routing yang dikirim untuk pemeliharaan dan juga untuk penemuan rute [29]. *Routing overhead* merujuk pada beban tambahan dalam jaringan yang disebabkan oleh proses *routing*. Dalam konteks ini, beban tambahan tersebut adalah jumlah paket *routing* yang harus dikirim untuk tujuan utama yaitu pemeliharaan rute dan juga proses penemuan rute. Jadi, dapat dibidang *routing overhead* ini adalah ukuran dari jumlah lalu lintas jaringan yang digunakan untuk proses *routing* daripada pengiriman data aktual. Pada simulasi ini, *routing overhead* memiliki rumus sebagai berikut:

$$Routing\ Overhead = Packet\ Headers + Message\ Headers \quad (2.8)$$

Pada OLSR sendiri yang akan digunakan pada simulasi ini, memiliki *routing overhead* yang cukup tinggi dibandingkan *routing protocol* yang lain dapat dibidang sangat wajar, karena OLSR merupakan salah satu *proactive routing*