

## BAB 2

### DASAR TEORI

#### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

Terdapat penelitian yang membahas mengenai evaluasi kinerja *routing protocol* DSDV dalam *Wireless Sensor Network* (WSN) dalam hal *end-to-end delay* dan *throughput* [8]. Jurnal ini juga membahas penerapan DSDV dalam berbagai skenario, seperti buku panduan multimedia dan sistem pelacakan pengunjung. Metodologi penelitian melibatkan *prototyping* berbasis simulasi menggunakan simulator jaringan NS2. Penelitian ini menyajikan studi simulasi tentang *routing protocol* DSDV dalam jaringan sensor nirkabel ad-hoc menggunakan standar IEEE 802.15.4. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi kemampuan protokol dalam merespons perubahan topologi jaringan. Simulasi ini mempertimbangkan berbagai metrik jaringan seperti jumlah node, waktu jeda node bergerak, dan kecepatan mobilitas node. Hasilnya menunjukkan bahwa DSDV berperforma baik dalam hal rasio pengiriman paket, *delay end-to-end*, dan *throughput* jaringan. Protokol ini khususnya cocok untuk aplikasi yang sensitif terhadap *delay*. Penelitian ini membahas analisis kinerja *routing protocol Destination Sequenced Distance Vector* (DSDV) dalam jaringan sensor nirkabel ad-hoc. Studi ini berfokus pada dampak mobilitas dan ukuran paket terhadap kinerja protokol. Hasilnya menunjukkan bahwa kinerja protokol ini menurun seiring dengan peningkatan ukuran paket dan tingkat mobilitas. Penulis menyarankan bahwa perbaikan dapat dilakukan pada protokol DSDV untuk meningkatkan kinerjanya dalam hal rasio pengiriman paket dan *delay end-to-end*.

Penelitian yang selanjutnya membahas mengenai analisis efisiensi energi dalam *Wireless Sensor Network* (WSN) untuk aplikasi *Structural Health Monitoring* (SHM) [9]. Penelitian ini membandingkan berbagai *routing protocol* dan dampaknya pada konsumsi energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *routing protocol Multipath Ring* memiliki konsumsi energi terendah di antara

protokol lain yang diuji. Penelitian ini menyimpulkan bahwa mengoptimalkan *routing protocol* dapat membantu meminimalkan konsumsi energi dalam WSN. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa *routing protocol Multipath Ring* memiliki konsumsi energi terendah di antara protokol yang diuji. Dalam simulasi dengan jumlah node yang meningkat, konsumsi energi dalam protokol *Multipath Ring* lebih rendah dibandingkan dengan *routing protocol GPSR* dan tanpa routing. Hasil analisis menunjukkan bahwa rata – rata konsumsi energi *routing protocol Multipath Ring* adalah yang terendah dibandingkan dengan kedua *routing protocol* lainnya dalam pengujian.

Penelitian selanjutnya melakukan perbandingan kinerja antara *routing protocol* DSDV, DSR, dan AODV pada jaringan *mobile ad hoc* yang pengujiannya dilakukan pada *software* NS2 [10]. Penelitian ini dilakukan untuk mencari kinerja protokol DSDV, DSR, dan AODV pada jaringan *Mobile Ad Hoc Network* (MANET). Tujuan dari pengujian yaitu untuk menganalisa kinerja dari setiap *routing protocol* tersebut yang ditinjau dari *throughput*, *delay*, *packet loss* dan *packet delivery ratio*. Skenario pengujian dilakukan dengan mengatur dan menetapkan jumlah node serta besar ukuran paket yang dikirimkan dari node sumber menuju ke node tujuan untuk setiap *routing protocol* yang akan dianalisis. Hasil dari pengujian dapat diambil kesimpulan yaitu untuk nilai *throughput* rata – rata protokol DSR lebih unggul dibandingkan dengan protokol AODV dan DSDV. Untuk besar *delay* kinerja protokol DSR lebih baik dibandingkan dengan AODV dan DSDV dengan rata – rata *delay* yang sedikit. Untuk nilai *packet loss* protokol DSR dan AODV memiliki rata – rata nilai yang lebih kecil dengan selisih 0.01% dibandingkan dengan protokol DSDV. Untuk nilai rata – rata dari *Packet Delivery Ratio* (PDR) yang lebih unggul yaitu protokol DSR dan AODV yang memiliki selisih 0.01% dibandingkan protokol DSDV.

Kemudian terdapat penelitian mengenai analisis kinerja *routing protocol* AODV, OLSR dan DSDV yang pengujiannya dilakukan pada *software* NS3 [11]. Penelitian ini menyimpulkan bahwa sifat proaktif dan reaktif yang dimiliki oleh *routing protocol* MANET cukup untuk diimplementasikan pada kasus WSN, khususnya pada manajemen bencana yang membutuhkan data *streaming* secara terus menerus untuk mendapatkan informasi yang valid. Penelitian tersebut akan

dianalisa dengan parameter PDR, *delay*, *throughput*, dan juga *packet loss*. Penelitian ini menggunakan 3 skenario dalam pengujian simulasinya yaitu dengan menambah jumlah node, mengubah area simulasi, dan mengubah kecepatan simulasi. Hasil dari pengujian dapat diambil kesimpulan yaitu didapatkan bahwa *routing protocol* OLSR memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan *routing protocol* AODV dan DSDV untuk semua parameter QoS. Hal ini menunjukkan bahwa *routing protocol* OLSR dapat memilih MPR sehingga PDR dan *throughput* akan meningkat bersama meningkatnya jumlah node, area simulasi, dan kecepatan simulasinya.

Selanjutnya terdapat penelitian mengenai analisis kinerja *routing protocol* proaktif DSDV terhadap serangan *blackhole* dan *grayhole* pada MANET [12]. Serangan keamanan tersebut berpengaruh terhadap *routing protocol* dan bisa memberikan dampak yaitu penurunan kualitas pada *routing protocol*-nya. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan mengenai protokol DSDV sebelum dan sesudah terkena serangan *blackhole* dan *grayhole* dimana setiap serangan akan diuji secara terpisah. Pengukuran kinerja protokol akan dilakukan dengan melakukan pengujian *Quality of Service* (QoS) yaitu *packet delivery ratio*, *average end-to-end delay*, *throughput* dan *normalized routing load*. Skenario dalam penelitian ini menggunakan dua perancangan topologi yaitu topologi tanpa serangan dan dengan serangan yang keduanya memiliki variasi jumlah node. Hasil dari pengujian dapat diambil kesimpulan yaitu kinerja *routing protocol* DSDV mengalami penurunan di beberapa parameter QoS jika terkena serangan. Baik serangan *blackhole* maupun *grayhole*, keduanya memberikan dampak bagi penurunan kualitas kinerja *routing protocol* DSDV.

Pada penelitian yang penulis lakukan memiliki tujuan untuk menganalisis performa topologi jaringan yaitu topologi *star*, *tree*, dan *mesh* yang diterapkan untuk *Structural Health Monitoring* (SHM) menggunakan *routing protocol* DSDV. Penerapan ini dilakukan pada sebuah infrastruktur berupa jembatan yang akan diletakkan beberapa node *Wireless Sensor Network* (WSN). Penelitian ini menggunakan parameter QoS antara lain *delay*, *packet loss*, dan *throughput*. Skenario dalam penelitian ini tiap topologi jaringannya menggunakan *routing protocol* DSDV yang diberi kecepatan node bervariasi.

Penjelasan mengenai perbandingan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Keterkaitan dengan Penelitian Sebelumnya**

<b>Tahun</b>	<b>Penelitian Oleh</b>	<b>Objective</b>	<b>Software</b>	<b>Routing Protocol</b>	<b>Hasil</b>
2017	Mohammed Zid Ghawy dan Dr. Maher Ali Al- Sanabani	Mengevaluasi kinerja <i>routing protocol</i> DSDV dalam <i>Wireless Sensor Network</i> (WSN) dalam hal <i>end-to-end delay</i> dan <i>throughput</i> .	NS2	DSDV	<i>Routing protocol</i> DSDV memiliki performa yang baik dalam WSN. Protokol ini mampu merespons perubahan topologi jaringan dengan baik dan cocok untuk aplikasi yang sensitif terhadap <i>end-to-end delay</i> .
2017	Pawan Kumar, Merugu Naresh Babu, Dr. Kota Solomon Raju, Dr. Sudir Kumar Sharma,	Menganalisis efisiensi energi dalam WSN untuk aplikasi SHM dan membandingkan <i>routing protocol</i> .	OMNeT+ +	GPSR, Multipath Ring, No <i>Routing</i>	Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata konsumsi energi <i>routing protocol</i> Multipath Ring adalah yang terendah dibandingkan dengan <i>routing</i>

<b>Tahun</b>	<b>Penelitian Oleh</b>	<b>Objective</b>	<b>Software</b>	<b>Routing Protocol</b>	<b>Hasil</b>
	Vaibhav Jain				<i>protocol</i> lainnya seperti GPSR dan tanpa <i>routing</i>
2018	Sandy Febri Ramadhan, Muhamad Syamsu Iqbal, dan A. Sjamsjiar Rachman	Melakukan perbandingan <i>routing protocol</i> DSDV, DSR, dan AODV	NS2	DSDV, DSR, dan AODV	Parameter <i>throughput</i> dan <i>delay</i> paling baik yaitu <i>routing protocol</i> DSR Parameter <i>packet loss</i> dan <i>PDR</i> paling baik adalah <i>routing protocol</i> AODV
2020	Ashadi Kurniawan, Prima Kristalina, dan Moch Zen Samsono Hadi	Melakukan analisis performa dari <i>routing protocol</i> AODV, OLSR, dan DSDV	NS3	AODV, OLSR, dan DSDV	<i>Routing protocol</i> OLSR lebih unggul dibandingkan dengan <i>routing protocol</i> AODV dan DSDV di semua parameter QoS.

<b>Tahun</b>	<b>Penelitian Oleh</b>	<b>Objective</b>	<b>Software</b>	<b>Routing Protocol</b>	<b>Hasil</b>
2022	Made Ayu Gayatri, Widhiastuti, Dany Primanita, Kartikasari, dan Adhitya Bhawiyuga	Melakukan analisis kinerja <i>routing protocol</i> DSDV terhadap serangan <i>Blackhole</i> dan <i>Grayhole</i>	NS2	DSDV	Serangan <i>blackhole</i> dan <i>grayhole</i> memberikan dampak bagi penurunan kualitas kinerja <i>routing protocol</i> DSDV.
2023	Nugrahita Purbasantika, Paramashinta	Melakukan analisis kinerja variasi topologi jaringan pada <i>structural health monitoring</i> dengan menggunakan <i>routing protocol</i> DSDV	NS2	DSDV	Topologi <i>Mesh</i> memiliki kinerja QoS paling baik dengan <i>throughput</i> 1.35 kbps dan <i>delay</i> 0.04 s dibandingkan dengan topologi yang lain dalam pengujian

## 2.2 DASAR TEORI

### 2.2.1 STRUCTURAL HEALTH MONITORING (SHM)

Kegiatan analisis *Structural Health Monitoring* (SHM) yang dilakukan pada sebuah infrastruktur seperti gedung, jembatan, dan bendungan bertujuan untuk

mendeteksi kerusakan pada struktur bangunan saat proses pengerjaan konstruksi *berlangsung* atau bisa juga ketika konstruksi selesai dilaksanakan. Hal ini menjadi anggapan bahwa semua struktur bangunan akan memburuk dari waktu ke waktu dan sangat penting untuk mengetahui tingkat kerusakan, pengaruh terhadap masa pakai dan kapasitas yang tersisa serta diperlukan untuk mendapatkan informasi lain yang cukup untuk membuat keputusan mengenai perbaikan atau pengoptimalan pada infrastruktur tersebut.

Dalam konteks struktur sipil, Housner mendefinisikan mengenai pemantauan SHM sebagai penggunaan *in-situ*, penginderaan non-destruktif, dan analisis karakteristik struktural, termasuk respon struktural, untuk tujuan memperkirakan tingkat keparahan kerusakan dan mengevaluasi konsekuensi pada struktur dalam hal respon, kapasitas, dan *service-life* [13], [14]. Dengan semakin majunya teknologi dalam bidang instrumentasi didukung dengan kemajuan di bidang teknologi informasi dan komunikasi, SHM untuk melakukan *monitoring* kesehatan struktur jembatan dapat difasilitasi dengan lebih mudah. Proses ini dapat mendeteksi kerusakan dengan metode pengujian yang tidak merusak objek pengujiannya, sehingga dapat memperpanjang umur struktur bangunan karena penurunan kemampuan dan kerusakan dapat diidentifikasi lebih awal sebelum terjadinya kerusakan lebih parah dan membutuhkan biaya rehabilitasi yang sangat besar [15].



**Gambar 2.1** *Structural Health Monitoring using Wireless Sensor Network*

Pada gambar 2.1 [16], [17]; menggambarkan bidang *Structural Health Monitoring* (SHM). Bidang tersebut memiliki penerapan jaringan sensor yang semakin meningkat setiap hari karena kemajuan teknologi dan biaya implementasi yang rendah. Umumnya, node sensor mereka mengumpulkan data dari lapangan dan mengirimkannya ke stasiun pangkalan menggunakan arsitektur jaringan dan algoritme yang tepat dan, akhirnya, ke bagian analisis, dengan sistem pengumpulan data berbasis kabel, pendekatan tradisional untuk mengumpulkan data yang diindera karena daya tahannya lebih besar daripada sistem lainnya. Namun, karena beberapa masalah, seperti biaya instalasi yang tinggi, sistem ini telah kehilangan popularitasnya [16]. Sebuah sistem merancang sistem pemantauan berdasarkan karakteristik peristiwa tertentu dan, di area yang diminati, banyak sensor telah ditempatkan untuk mendeteksi kerusakan.

Untuk memeriksa kondisi kesehatan pada suatu struktur, dilakukan dengan mengumpulkan informasi dari berbagai sensor yang ditempatkan pada lokasi yang berbeda, bahkan pada satu objek dapat dipasang lebih dari 1 macam sensor. Sensor untuk temperatur dan regangan merupakan 2 jenis sensor yang paling sering dipasang. Kedua sensor tersebut berfungsi untuk melakukan deteksi terhadap pemantauan retakan, yang dapat mengakibatkan kerusakan serius pada bangunan struktur, dan dapat mengurangi kinerja dan keselamatan [18].

Secara umum, sensor, pemrosesan sinyal, dan akuisisi data semuanya terhubung secara fisik. Beberapa tahun terakhir, banyak peneliti telah mengimplementasikan *Structural Health Monitoring* tersebut menggunakan jaringan kabel. Tetapi, cara tersebut memiliki beberapa keterbatasan seperti dibutuhkan banyak waktu untuk pemasangan kabel yang panjang dan pemeliharaannya ketika terjadi kerusakan atau permasalahan. Oleh karena itu, penggunaan metode transmisi data secara *wireless* sangat mempermudah kegiatan pemantauan tersebut. Berdasarkan studi [18]; serat optik dan sensor nirkabel merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk melakukan pengambilan data SHM.

Terdapat beberapa tujuan dari pengimplementasian *Structural Health Monitoring* (SHM), antara lain [15]:

1. Menjamin keamanan struktur



2. Memperoleh perencanaan pemeliharaan struktur yang rasional dan ekonomis
3. Mencapai pekerjaan pemeliharaan yang aman dan ekonomis
4. Mengidentifikasi penyebab respon yang tidak dapat diterima.

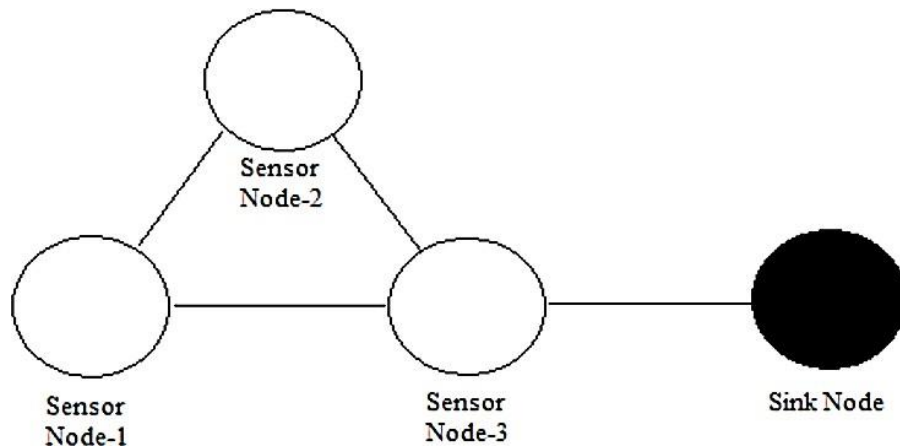
### 2.2.2 WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN)

*Wireless Sensor Network* (WSN) merupakan jaringan nirkabel yang terdiri dari sejumlah node sensor yang didistribusikan pada area tertentu (*sensor field*). Jumlah node WSN seringkali lebih dari satu sebuah node biasanya berisi sensor, komputasi, dan perangkat komunikasi [19]. Setiap node sensor memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan berkomunikasi dengan node sensor lainnya. Node sensor tersebut digunakan untuk melakukan *monitoring* kondisi lingkungan sekitarnya antara lain suhu, suara, getaran, gelombang elektromagnetik, tekanan, gerakan, dan lain – lain. Namun, macam node yang digunakan ada dua yaitu node sensor (node untuk *sensing*; kadang disebut juga *end node*) dan master node (untuk pengumpulan data untuk diolah atau dikirimkan ke tempat lain; terkadang disebut juga *host node*) [20].

WSN dapat didefinisikan sebagai *self-configured* dan *infrastruktur-less* jaringan nirkabel untuk memantau kondisi fisik atau lingkungan seperti suhu, suara, getaran, tekanan, dan gerakan. Beberapa sensor membentuk jaringan untuk secara kooperatif memantau lingkungan fisik yang besar atau kompleks [21]. *Wireless sensor network* memungkinkan untuk mengamati pada skala *spatiotemporal* yang merupakan skala ruang dan waktu yang digunakan untuk menggambarkan perubahan/dampak di bumi. Sehingga teknologi WSN ini sangat tepat untuk diterapkan pada *Structural Health Monitoring* (SHM) karena perangkat WSN ditempatkan pada jaringan berskala besar yang memiliki kemampuan melakukan deteksi, komputasi, dan komunikasi dengan mengkombinasikan teknologi sensor, komputasi, komunikasi dan pemrosesan tersebut.

Node sensor dan node sink adalah dua komponen penting dalam *Wireless Sensor Network* (WSN). Node sensor adalah perangkat sensor yang tersebar pada jaringan dan digunakan untuk memonitor lingkungan. Node sensor dapat berfungsi sebagai pengumpul data dan pengirim data ke node sink. Node sink adalah perangkat yang berfungsi sebagai basis jaringan dan tempat mengumpulkan data

dari node sensor. Node sink juga dapat berfungsi sebagai titik akhir jaringan dan dapat berhubungan dengan basis data atau sistem lain yang digunakan untuk mengolah dan menganalisis data. Kedua komponen ini bekerja sama untuk membentuk jaringan WSN dan memastikan data dapat dikumpulkan dan diolah dengan efisien. Node sensor biasanya dilengkapi dengan sensor – sensor yang digunakan untuk melakukan pengindraan berupa getaran, ketegangan (*strain*), kelembaban, korosi, dan beberapa kondisi lain yang berpengaruh terhadap kondisi jembatan. *Wireless Sensor Network* (WSN) dengan node sink dan node sensor bisa dilihat pada gambar 2.2 [22].



**Gambar 2.2 WSN dengan Node Sink**

Pada dasarnya arsitektur WSN hanya terdiri dari beberapa node sensor yang dapat saling berkomunikasi satu sama lain. Komunikasi antar node dapat melakukan pertukaran data dimana setiap node sensor saling terhubung satu sama lain secara Ad Hoc dan mendukung komunikasi *Multi Hop*. Ad Hoc merupakan suatu fungsi dimana sebuah node sensor dapat melakukan komunikasi satu sama lain secara langsung tanpa ada perantara infrastruktur jaringan lain seperti *router* atau *akses point*, karena pada node sensor dapat berperan sebagai *router* atau perangkat perantara (*Intermediate*) [22].

WSN juga memiliki kemampuan *Multi Hop*, dimana setiap node sensor dapat mengirim data ke node sensor lain dengan menggunakan node sensor yang ada di tengahnya sebagai perantara (berperan sebagai *router*). WSN dapat terdiri

dari banyak sensor node dengan minimal sebuah Node Sink. Node Sink berperan sebagai ujung dari sistem pada jaringan milik WSN berbasis Ad Hoc. Node Sink berperan sebagai pengumpul data (*data collector*) atau sebagai *gateway* (pintu gerbang) ke jaringan *public* (internet). Node Sink juga berperan sebagai penyebar paket dari perangkat atau sistem lain ke WSN, misalkan untuk keperluan pengendalian atau konfigurasi node sensor secara *remote* [23].

Dalam *Wireless Sensor Nirkabel* (WSN), terdapat beberapa komponen yang digunakan. Beberapa diantaranya yaitu:

1. Node Sensor

Node Sensor memiliki sensor fisik yang akan melakukan pengukuran dan mengumpulkan data dari lingkungan sekitarnya. Sebagai contoh yaitu sensor suhu, kelembaban, cahaya, tekanan, gerakan, suara, gas. Selain itu, dalam node sensor terdapat modul komunikasi yang digunakan untuk mengirimkan data yang dikumpulkan oleh sensor fisik ke node sink atau node yang lain dalam jaringan. Contoh modul komunikasi yang digunakan adalah Zigbee, Wi-Fi, Bluetooth, dan LoRa.

2. Node Sink

Node sink merupakan node yang berfungsi sebagai pusat pengumpulan data dalam jaringan sensor. Node sink biasanya memiliki kemampuan komunikasi yang lebih kuat dan sumber daya yang lebih besar dibandingkan dengan node sensor.

3. Infrastruktur Jaringan

Dalam infrastruktur jaringan terdapat antena yang digunakan untuk mentransmisikan dan menerima sinyal nirkabel antara node sensor dan node sinknya. Jaringan nirkabel juga termasuk infrastruktur yang digunakan untuk menghubungkan semua node dalam jaringan sensor karena dalam WSN jaringan kabel termasuk kedalam opsional yang terkadang juga diperlukan penggunaannya seperti Ethernet untuk menghubungkan node sink dengan jaringan yang lebih luas, seperti internet.

4. Daya

Sumber daya dalam node sensor terbatas karena biasanya menggunakan baterai yang membutuhkan pengisian daya atau penggantian secara periodik.

Manajemen daya yang efisien penting dalam jaringan sensor untuk memperpanjang masa pakai baterai dan memaksimalkan efisien energi.

### 2.2.3 ZIGBEE (802.15.4)

Zigbee merupakan protokol komunikasi nirkabel yang dirancang khusus untuk aplikasi IoT dengan kebutuhan jaringan yang luas dan kekuatan baterai yang efisien [24]. Salah satu pengaplikasian ZigBee yaitu bisa dilakukan untuk *monitoring* kesehatan struktur bangunan berskala besar [25]. ZigBee memiliki fitur dimana mampu mengatur jaringan sendiri, maupun mengatur pertukaran data pada jaringan [26]. Zigbee membutuhkan daya yang rendah, sehingga dapat digunakan untuk alat pengatur secara *wireless* yang penginstalan hanya perlu dilakukan sekali, karena hanya dengan satu baterai dapat membuatnya bertahan hingga setahun. Zigbee yang merupakan standar IEEE 802.15.4 memiliki beberapa karakteristik kinerja.

**Tabel 2.2 Spesifikasi ZigBee**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Frequency</i>	2.4 GHz
<i>Data Rate</i>	250 Kbps
<i>Range Outdoor</i>	<i>Up to 1.200 m</i>

Tabel 2.2 yang menjelaskan mengenai beberapa karakteristik kinerja dari modul Zigbee versi 3.0 dan dikembangkan oleh perusahaan Digi International yang merupakan salah satu produsen konektivitas nirkabel [27]. Zigbee bekerja pada beberapa rentang frekuensi berbeda tergantung pada wilayah geografisnya, frekuensi 2.4 GHz yang memiliki 16 kanal, frekuensi 868 MHz yang memiliki 1 kanal dan frekuensi 915 MHz yang memiliki 10 kanal. Penggunaan kanal ini mencegah terjadi tabrakan komunikasi antara jaringan yang saling berdekatan agar menjaga kualitas komunikasi dalam jaringan Zigbee. Selain itu, maksimum *data rate* pada tiap lebar pita adalah 250 Kbps untuk 2.4 GHz, 20 Kbps untuk 868 MHz dan 40 Kbps untuk 915 MHz. Kecepatan 250 Kbps, mewakili jumlah data yang dapat ditransfer dalam satu detik. Meskipun terlihat relatif rendah dibandingkan

dengan beberapa teknologi nirkabel lainnya, Zigbee dirancang untuk aplikasi IoT yang cenderung mengirimkan data dalam jumlah kecil dan dengan frekuensi rendah. Kemudian, Jarak maksimum komunikasi dalam lingkungan luar ruangan adalah hingga 1.200 meter. Hal tersebut berarti bahwa perangkat Zigbee dapat berkomunikasi dengan perangkat lain yang berada dalam jarak hingga 1.200 meter di kondisi luar ruangan. Namun, jarak komunikasi yang sebenarnya dapat dipengaruhi oleh hambatan fisik, interferensi, dan faktor lingkungan lainnya. Bentuk perangkat dari Zigbee tersebut terdapat pada gambar 2.3 [27].



**Gambar 2.3 Perangkat Zigbee**

#### **2.2.4 TOPOLOGI JARINGAN**

Secara umum, *Wireless Sensor Network* (WSN) didefinisikan sebagai jaringan nirkabel terdistribusi dengan menggunakan teknologi *embedded system* dan node – node sensor digunakan untuk melakukan pemrosesan sensor, pemantauan, pengiriman data, dan penyajian informasi kepada pengguna. WSN dapat digunakan untuk *Structural Health Monitoring* (SHM) yang diterapkan pada infrastruktur berupa jembatan dan digunakan untuk melakukan penilaian terhadap kondisi infrastruktur tersebut.

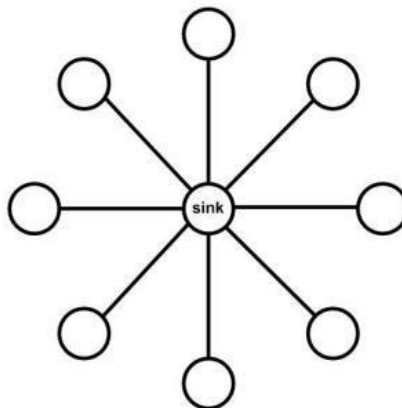
Topologi *Wireless Sensor Network* (WSN) menggunakan teknologi nirkabel untuk menghubungkan sensor-sensor. Oleh karena itu, topologi pada WSN akan lebih berfokus pada rute nirkabel dan aspek ketersediaan daya (energi), serta mengoptimalkan jaringan agar dapat beroperasi dalam kondisi yang seringkali energi terbatas dan lingkungan yang tidak terprediksi. WSN seringkali mencakup banyak sensor yang tersebar di area yang luas. Jumlah perangkat dalam WSN

biasanya lebih besar dan lebih banyak dibandingkan dengan jaringan kabel tradisional. Oleh karena itu, topologi WSN harus dapat diatur dan dikelola dengan efisien dalam skala yang lebih besar.

Topologi yang dipilih dalam *Wireless Sensor Network* (WSN) harus mempertimbangkan beberapa faktor seperti jumlah node, jarak antar node, dan jumlah data yang dikirimkan. Beberapa topologi memiliki kelebihan dan kekurangan yang berbeda, dan harus dipilih berdasarkan kondisi dan kebutuhan jaringan.

#### **2.2.4.1 TOPOLOGI STAR**

Topologi *star* adalah bentuk topologi jaringan dimana setiap nodenya terhubung langsung ke satu node sink. Dalam topologi ini, setiap node mempertahankan satu jalur komunikasi langsung dengan node sink yang menjadikan setiap node tidak diizinkan untuk mengirim pesan satu sama lain. Topologi *star* bisa dilihat pada gambar 2.4 [28].



**Gambar 2.4 Topologi Jaringan Star**

Topologi ini merupakan salah satu bentuk topologi jaringan yang paling banyak digunakan, karena topologi ini memiliki kelebihan ketika satu nodenya mengalami kegagalan maka tidak akan mempengaruhi ke node yang lain. Topologi ini juga mudah dalam hal pemeliharaan dan menambah node baru. Karakteristik dari topologi *star*, antara lain:

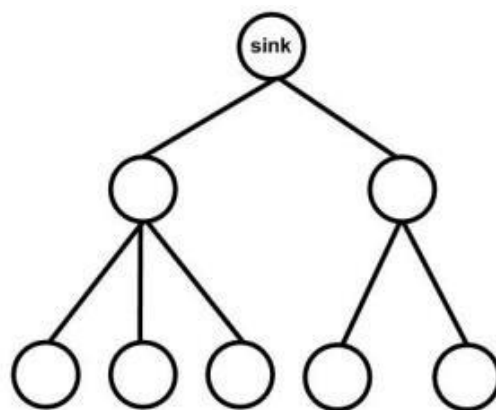
1. Semua node pada jaringan mengarahkan permintaan dan informasi ke node utama (node sink), yang berfungsi sebagai pusat kontrol jaringan. Mudah

dalam menambah node baru ke jaringan, karena hanya perlu berkomunikasi dengan node sink.

2. Jika node sink gagal, jaringan tetap dapat berfungsi dengan baik karena node – node lain tidak terpengaruh.
3. Topologi ini membutuhkan banyak energi untuk berkomunikasi dengan node sink, karena node – node harus mengirim data melalui jarak yang jauh.
4. Waktu yang dibutuhkan untuk mengirim data dari node ke node sink bisa lebih lama dibandingkan dengan topologi lain.

#### **2.2.4.2 TOPOLOGI *TREE***

Topologi *tree* terdiri dari beberapa node sensor yang terhubung langsung dengan node sink atau node tengah lain yang terhubung ke node sink, membentuk hierarki dari node sensor ke node sink. Topologi ini merupakan perkembangan dari topologi *star* yang memiliki perbedaan jaringan lebih kompleks dibandingkan dengan topologi *star* dan lebih kompleks. Tujuannya adalah untuk memperoleh jangkauan yang lebih luas karena topologi *tree* ini menggunakan node – node lain dalam mengirimkan data, namun masih dalam satu jalur tersebut serta setiap nodenya masih mempertahankan satu jalur komunikasi untuk node sink. Topologi tersebut dapat dilihat pada gambar 2.5 [28].



**Gambar 2.5 Topologi Jaringan *Tree***

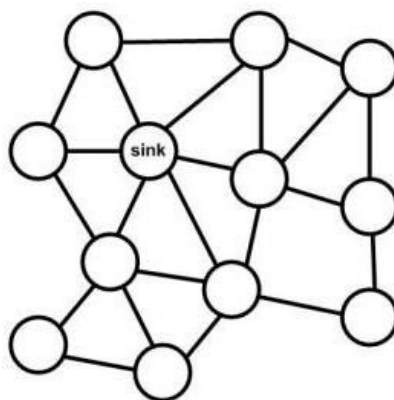
Topologi *tree* memiliki bentuk bercabang, dimana terdapat satu atau lebih

anak node dan satu node induk. Keuntungan dari topologi ini adalah skalabilitas yang baik dalam jaringan besar. Karakteristik dari topologi ini, antara lain:

1. Setiap node pada jaringan memiliki *parent* dan *child node*, membentuk struktur hierarki dalam jaringan.
2. Topologi ini memiliki fleksibilitas yang baik dalam menambah node baru ke jaringan, dengan memperluas hirarki jaringan.
3. Jaringan memiliki tingkat reliabilitas yang tinggi, karena setiap node memiliki *parent* node yang dapat mengatasi gagalnya node tersebut.
4. Konsumsi energi bisa menjadi masalah dalam topologi ini, terutama pada node yang berada pada tingkat hierarki tinggi, karena harus berkomunikasi dengan banyak node.
5. Jaringan tidak terlalu tergantung pada satu node tertentu, sehingga jika salah satu node rusak, jaringan masih dapat berfungsi dengan baik.

#### 2.2.4.3 TOPOLOGI MESH

Topologi jaringan *mesh* memiliki node sensor yang berfungsi sebagai *relay* (*forwarder*) untuk node sensor lainnya. Topologi jaringan ini memungkinkan cakupan yang lebih luas serta setiap nodenya akan mempertahankan jalur komunikasi untuk kembali ke node sink, sehingga jika salah satu node mengalami *down*, secara otomatis data akan dapat dilewatkan melalui jalur yang berbeda. Topologi ini merupakan pengembangan dari topologi *tree*, dimana terdapat jalur *routing* tambahan [29]. Topologi ini dapat dilihat pada gambar 2.6 [28].



**Gambar 2.6 Topologi Jaringan Mesh**



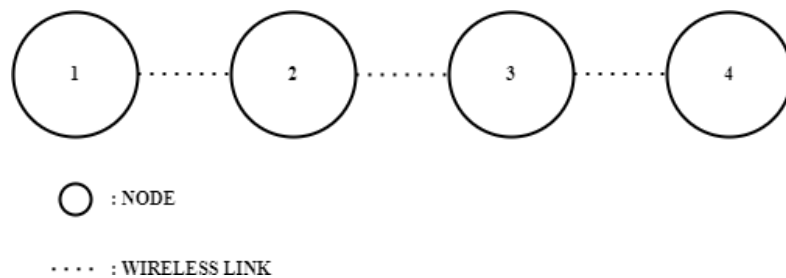
Topologi ini lebih efisien dalam mengirimkan data dari node sensor ke node sink karena menggunakan jaringan yang saling terkoneksi, sehingga memperpanjang masa pakai baterai node dan memastikan ketersediaan jalur pengiriman data pada saat ada kegagalan node. Keuntungan dari topologi ini adalah tingkat toleransi kesalahan yang tinggi dan fleksibilitas dalam hal pemeliharaan dan penambahan node baru. Karakteristik dari topologi ini, antara lain:

1. Setiap node pada jaringan memiliki koneksi dengan beberapa node lain, memastikan jaringan tetap terkoneksi meskipun ada node yang rusak.
2. Mudah dalam menambah node baru ke jaringan, karena node baru hanya perlu terkoneksi dengan beberapa node lain.
3. Jaringan memiliki tingkat reliabilitas yang tinggi, karena setiap node memiliki beberapa jalur alternatif untuk berkomunikasi.
4. Konsumsi energi bisa menjadi masalah dalam topologi ini, terutama pada node yang harus berkomunikasi dengan banyak node.
5. Waktu yang dibutuhkan untuk mengirim data dari node ke node sink bisa lebih cepat dibandingkan dengan topologi lain, karena data dapat diteruskan melalui beberapa jalur alternatif.
6. Jaringan tidak terlalu tergantung pada satu node tertentu, sehingga jika salah satu node rusak, jaringan masih dapat berfungsi dengan baik.

### **2.2.5 MOBILE AD HOC NETWORK (MANET)**

MANET adalah sekumpulan perangkat mobile yang membentuk jaringan yang tidak terdapat pusat administrasi. Setiap perangkat yang ada dalam jaringan dapat berperan sebagai router, forwarding paket data bagi perangkat lain. MANET merupakan kumpulan dari node yang saling berhubungan tetapi tidak memerlukan infrastruktur. Node dapat bertindak sebagai *host* yang terhubung ke jaringan dan node dapat bertindak sebagai pengirim dan penerima yang meneruskan data, sehingga tidak dibutuhkan sebuah *Base Station* (BS). *Mobile Ad-Hoc Network* ini memiliki karakteristik topologi dinamis yang menjadikan node di MANET dapat bergerak bebas kemana dan kapan saja. Fungsi *routing protocol* pada MANET yaitu untuk membantu kelancaran komunikasi antar node.

Tujuan mendasar dari MANET adalah untuk mengizinkan kumpulan node komunikasi untuk mengatur dan menjaga jaringan di antara mereka sendiri, tanpa dukungan dari stasiun pangkalan atau pengontrol fokus. Tidak adanya infrastruktur di MANET mengharuskan node untuk melakukan pengaturan jaringan, administrasi, dan kontrol di antara mereka sendiri. Setiap node harus bertindak sebagai router dan data *forwarder* selain berperan sebagai terminal data [30].



**Gambar 2.7 Mobile Ad hoc Network**

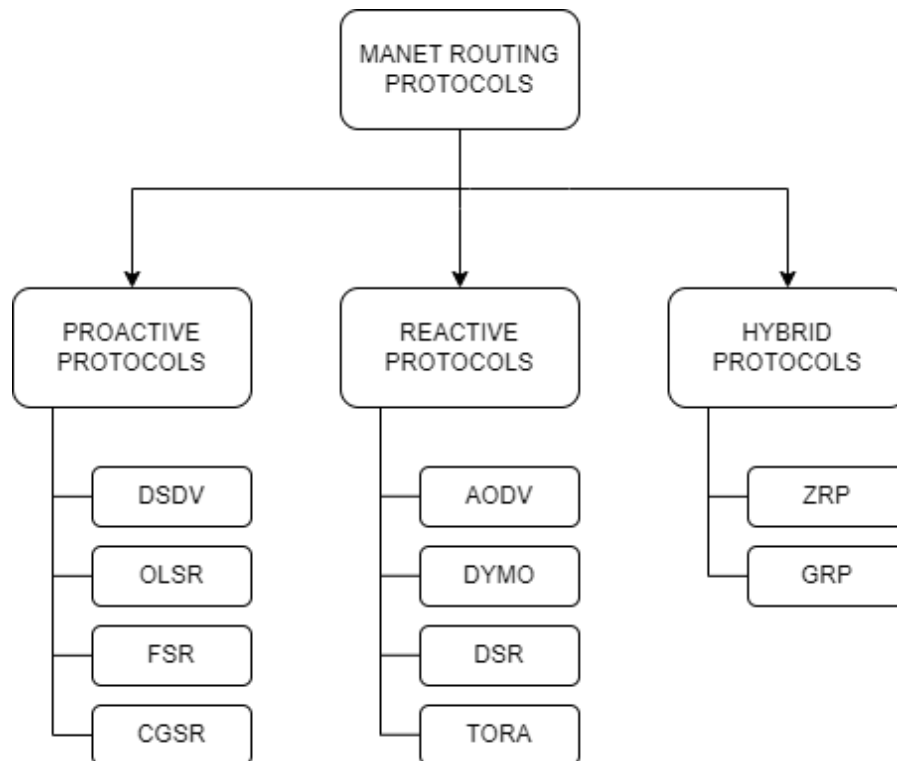
Pada gambar 2.7 merupakan node – node dalam jaringan MANET berkomunikasi melalui koneksi nirkabel, yang disebut "*wireless link*". Koneksi ini dapat menggunakan berbagai teknologi seperti WiFi, Bluetooth, atau teknologi nirkabel lainnya. Koneksi nirkabel memungkinkan node-node untuk berkomunikasi satu sama lain tanpa perlu infrastruktur kabel fisik atau *access point*.

### **2.2.6 ROUTING PROTOCOLS**

Protokol adalah seperangkat aturan yang mengatur setiap komputer untuk saling bertukar informasi melalui media jaringan, sedangkan *routing* adalah proses memindahkan informasi dari pengirim ke penerima melalui sebuah jaringan. Terdapat berbagai jenis jaringan, ada berbagai jenis protokol perutean juga yang memiliki aspek serupa dalam tugas utama yaitu perutean, tetapi berbeda dalam cara kerjanya, di mana masing – masing memiliki algoritma khusus yang berbeda [31]. Protokol mencakup berbagai aspek seperti format data, tata cara pengiriman, identifikasi alamat, dan lain – lain. Protokol memastikan bahwa komunikasi antar komputer berjalan lancar dan sesuai dengan standar yang ditetapkan. *Routing* melibatkan pengambilan keputusan tentang jalur terbaik yang harus diambil oleh data untuk mencapai tujuannya dengan cepat dan efisien. *Routing*

mempertimbangkan topologi jaringan, kondisi jaringan saat ini, dan informasi lain untuk menentukan jalur yang optimal.

Proses pertukaran informasi dari *host* ke *host* dalam jaringan merupakan aspek yang penting, maka diperlukan mekanisme *routing* yang efektif untuk membangun kelancaran transmisi melalui jaringan [32]. Setiap kali informasi atau data perlu dikirim dari satu *host* (komputer atau perangkat) ke host lain dalam jaringan, sebuah proses pertukaran informasi terjadi. Ini bisa mencakup pengiriman pesan, file, permintaan, atau respons melalui koneksi jaringan. Pertukaran informasi ini adalah salah satu aspek paling penting dalam jaringan komputer. Fungsi utama jaringan adalah memungkinkan komunikasi dan berbagi data antara berbagai perangkat di berbagai lokasi. *Routing protocol* pada MANET terdapat pada gambar 2.8 [33].



**Gambar 2.8 MANET Routing Protocols**

Untuk *routing protocol* proactive atau *table-driven routing protocols* setiap nodenya memelihara informasi topologi jaringan dibentuk *routing table* dengan bertukar informasi *routing* secara periodik. Setiap saat sebuah node membutuhkan jalur ke tujuan, protokol ini menjalankan pencarian jalur yang sesuai. Setiap node

dalam jaringan memantau kondisi jaringan dan berkomunikasi dengan node lain untuk memastikan bahwa jaringan bekerja dengan baik dan mengatasi masalah sebelum mereka mempengaruhi kinerja jaringan. Hal ini berbeda dari *MANET Reactive*, di mana node hanya bereaksi setelah masalah terjadi. Pendekatan proactive ini membantu untuk meminimalkan *downtime* dan meningkatkan keterbukaan jaringan. *On-demand routing protocol* atau *routing protocol reactive* ini tidak memelihara informasi topologi jaringan. Protokol ini mendapatkan jalur yang diperlukan ketika diperlukan, dengan menggunakan koneksi proses sendiri karena tidak bertukar *routing* informasi secara berkala. Sedangkan untuk *hybrid routing protocol* merupakan gabungan dua kategori sebelumnya. Node dalam jarak tertentu dari node yang bersangkutan atau dalam wilayah geografis tertentu, dikatakan berada di dalam zona *routing* dari node yang diberikan. Untuk *routing* dalam zona ini, menggunakan *routing table-driven*. Untuk node yang berada di luar zona ini, menggunakan *routing on-demand* [34].

### **2.2.7 DESTINATION SEQUENCED DISTANCE VECTOR (DSDV)**

*Destination Sequenced Distance Vector* (DSDV) adalah salah satu dari protokol pertama yang diusulkan untuk *ad hoc wireless network*. Protokol ini perkembangan dari algoritma terdistribusi *Bellman-Ford* yang dimana setiap node mempertahankan tabel yang berisi jarak terpendek dan node pertama pada jalur terpendek ke setiap node lain di dalam jaringan. DSDV menggabungkan pembaruan tabel dengan peningkatan tag nomor urut untuk mencegah *loop*, untuk mengatasi masalah penghitungan hingga tak terhingga, dan untuk konvergensi yang cepat [34]. *Routing protocol* ini digunakan dalam jaringan nirkabel, salah satunya yaitu *Wireless Sensor Networks* (WSN). Protokol ini berfokus pada pengiriman data antara node – node dalam jaringan dengan mempertahankan tabel *routing* yang mencatat jalur – jalur yang tersedia menuju tujuan yaitu dengan mencapai konvergensi yang cepat dan mencegah *loop* dalam jaringan.

*Routing protocol* ini termasuk kedalam *routing protocol proactive*, dimana informasi di *routing table* di-update secara berkala. Sehingga informasi *routing table* terus diperbarui [35]. *Destination Sequenced Distance Vector* (DSDV) merupakan *protocol proaktif* yang bersifat *table-driven* artinya adalah masing –

masing node akan memiliki tabel *routing* yang mengandung informasi *next hop* dan juga *sequence number* tetangganya dan juga node itu sendiri [36]. Setiap node perutean memelihara tabel perutean yang terdiri dari catatan "*next hop*" untuk setiap tujuan yang dapat dijangkau, juga jumlah hop yang dapat dicapai ke tujuan dan nomor urut ditetapkan oleh node sink. Nomor urut dapat digunakan untuk membuat perbedaan antara *stale routes* dan yang baru sehingga dapat menghindari *looping*. Sesuai dengan kebutuhan jaringan yang stabil, pembaruan *routing table* ditransmisikan secara berkala di seluruh jaringan untuk memberikan semua node tampilan tata letak jaringan yang konsisten [37].

Setiap node dalam jaringan dapat mempertahankan tabel *routing* yang berisi informasi mengenai tujuan (alamat tujuan), jalur terpendek menuju tujuan tersebut, jumlah hop (jumlah node yang harus dilalui), dan nomor urutan (*sequence number*). *Sequence number* digunakan untuk memastikan bahwa informasi tentang jalur yang lebih baru akan didahulukan daripada yang lama. Kemudian setiap node secara periodik mengirimkan tabel *routing*-nya kepada node lain. Informasi mengenai jalur dan *sequence number* dapat diperbarui dalam tabel tersebut. Jika ada perubahan dalam jaringan (misal, topologi yang berubah karena perangkat yang bergerak atau terdapat node baru), node akan memperbarui tabel *routing*-nya dan mengirimkan informasi terbaru kepada node lainnya. Node – node ini akan menyebarkan informasi lebih lanjut dalam jaringan. Ketika sebuah node mengirimkan data ke tujuan tertentu, node tersebut akan memeriksa tabel *routing*-nya untuk mencari jalur terpendek menuju tujuannya. Node akan mengirimkan paket data melalui jalur ini.

*Routing protocol DSDV* ini memiliki beberapa kelebihan, antara lain DSDV menjamin tidak ada *looping route*. DSDV dapat mereduksi masalah *count to infinity*. Untuk mengatasi masalah masalah *count to infinity* yaitu dengan membuat nomor urut pada tabel *routing* yang setiap saatnya diperbarui.

### **2.2.8 QUALITY OF SERVICES (QoS)**

Telah diketahui dengan baik bahwa *Quality of Services (QoS)* adalah istilah yang terlalu sering digunakan dengan berbagai arti dan perspektif. Secara umum, QoS adalah ukuran kualitas layanan yang ditawarkan jaringan pada

aplikasi/pengguna. Jaringan sensor nirkabel (WSNs) adalah teknologi baru yang telah mendapatkan minat besar dari para peneliti karena ketersediaan komponen murah dan kecil yang tersebar luas dan aplikasinya yang tak terhingga jumlahnya. WSN digunakan dalam banyak aplikasi, termasuk militer, pengamatan satwa liar, deteksi kebakaran, dukungan medan perang, dan pemantauan lingkungan [38].

Penilaian untuk kinerja topologi *jaringan* menggunakan beberapa parameter *Quality of Services* (QoS) yang digunakan. Parameter yang digunakan antara lain *delay*, *packet loss*, dan *throughput*.

### 2.2.8.1 DELAY

Komunikasi antar node pada *Wireless Sensor Network* (WSN) juga dapat dianalisa dengan menggunakan parameter *delay* pada saat saat mentransfer paket antar nodenya [39]. *Delay* merupakan waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan [40]. *Delay* dipengaruhi oleh jarak, media fisik, dan waktu proses yang lama karena nilainya didapatkan dari waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak asal ke tujuan. Perhitungan *delay* ditunjukkan pada persamaan 2.1

$$\text{Rata - Rata Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Packet Recieved}} \quad (2.1)$$

**Tabel 2.3 Standarisasi *Delay* versi TIPHON**

<b>Kategori</b>	<b><i>Delay</i></b>	<b>Indeks</b>
<i>Poor</i>	> 450 ms	1
<i>Medium</i>	300 – 450 ms	2
<i>Good</i>	150 – 300 ms	3
<i>Perfect</i>	< 150 ms	4

Pada tabel 2.3 [41], menjelaskan mengenai standarisasi *delay* yang memiliki kategori yang baik atau '*perfect*' ketika *delay* < 150 ms, kategori '*good*' ketika *delay* memiliki 150 – 300 ms, kategori '*medium*' dengan *delay* 300 – 450 ms dan *delay* dikatakan sebagai kategori '*poor*' ketika memiliki > 450 ms.

### 2.2.8.2 THROUGHPUT

*Throughput* adalah jumlah efektif data yang diangkut dalam periode waktu tertentu. Secara umum, dengan meningkatnya *throughput network*, kinerja sistem akan meningkat. Node yang menghasilkan aliran data berkecepatan tinggi, seperti node sensor kamera yang digunakan untuk mengirimkan gambar untuk pelacakan target, seringkali membutuhkan *throughput* yang tinggi. Dengan demikian, aplikasi WSN tertentu memerlukan pemaksimalan *throughput* dan kemungkinan jaminan *throughput* [38]. Perhitungan *throughput* ditunjukkan pada persamaan 2.2

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Packet Recieved (kb)}}{\text{Time Transmitted (s)}} \quad (2.2)$$

**Tabel 2.4 Standarisasi *Throughput* versi TIPHON**

<b>Kategori</b>	<b><i>Throughput</i></b>	<b>Indeks</b>
<i>Bad</i>	0 – 338 kbps	0
<i>Poor</i>	338 – 700 kbps	1
<i>Fair</i>	700 – 1200 kbps	2
<i>Good</i>	1200 kbps – 2.1 Mbps	3
<i>Excellent</i>	>2.1 Mbps	4

Pada tabel 2.4 [41], merupakan standarisasi nilai *throughput* dengan kategori ‘*excellent*’ ketika nilainya >2,1 Mbps, kategori ‘*good*’ dengan nilai 1200 kbps – 2.1 Mbps, kategori ‘*fair*’ dengan nilai 700 – 1200 kbps, kategori ‘*poor*’ dengan nilai 338 – 700 kbps, dan kategori ‘*bad*’ untuk nilai *throughput* 0 – 338 kbps.

### 2.2.8.3 PACKET LOSS

Parameter *packet loss* menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang dikarenakan *collision* dan *congestion* pada jaringan.

Kegagalan transmisi paket data ini disebabkan oleh beberapa kemungkinan, antara lain: overload trafik dalam jaringan dan congestion (tabrakan) dalam jaringan. Perhitungan *packet loss* ditunjukkan pada persamaan 2.3

$$Packet\ loss = \frac{(Packet\ Transmitted - Packet\ Recieved)}{Packet\ Transmitted} \times 100\ \% \quad (2.3)$$

**Tabel 2.5 Standarisasi *Packet Loss* versi TIPHON**

<b>Kategori</b>	<b><i>Packet Loss</i></b>	<b>Indeks</b>
<i>Poor</i>	>25%	1
<i>Medium</i>	15 – 24%	2
<i>Good</i>	3 – 14%	3
<i>Perfect</i>	0 – 2%	4

Pada tabel 2.5 [41], merupakan standarisasi *packet loss* yang memiliki beberapa kategori yaitu ‘*perfect*’ ketika *packet loss* berada pada nilai 0 – 2%, kategori ‘*good*’ pada nilai 3 – 14%, kategori ‘*medium*’ dengan nilai 15 – 24%, dan kategori ‘*poor*’ dengan *packet loss* > 25%.

### 2.2.9 NETWORK SIMULATOR 2

*Network Simulator* (NS) merupakan *event driven simulation tool* yang terbukti berguna dalam pembelajaran perilaku jaringan internet. NS bersifat *open source* dibawah *Gnu Public License* (GPL). Sifat *open source* juga mengakibatkan pengembangan NS menjadi lebih dinamis [42]. NS dibuat dengan menggunakan dua bahasa pemrograman yaitu C++ dan Tcl/OTcl (*Object Oriented Extension* dari *Tcl/Tool Command Language*). C ++ berfungsi untuk *library* yang berisi pengatur waktu acara, protokol, dan komponenjaringan yang diimplementasikan pengguna dalam simulasi. Tcl/OTcl digunakan untuk menulis *script* kontrol dan konfigurasi untuk mensimulasikan jaringan yang diinginkan oleh *user*.

Dalam NS2, *user* dapat membuat topologi jaringan yang terdiri dari node dan dapat mengatur parameter serta konfigurasi protokol jaringan yang ingin



disimulasikan, seperti TCP/IP dan *routing protocol*. Setelah melakukan konfigurasi, *user* dapat menjalankan simulasi untuk mengamati perilaku jaringan dan mengumpulkan data statistik. NS2 menyediakan berbagai *tools* analisis dan visualisasi yang memungkinkan pengguna untuk memahami kinerja jaringan, *latency*, *throughput*, dan parameter lainnya.

*Software* ini telah digunakan dalam waktu yang lebih lama, ada banyak dokumentasi dan juga tutorial yang tersedia yang dapat membantu *user* untuk lebih mudah mempelajari dan menggunakannya. NS2 memiliki banyak modul khusus atau paket tambahan yang dikembangkan oleh komunitas pengguna untuk menambahkan fitur dan kemampuan tambahan. Beberapa modul populer dalam NS2 yaitu *Quality of Service* (QoS) yang dimana modul ini memperluas NS2 untuk mensimulasikan jaringan dengan persyaratan QoS, seperti *bandwidth* yang dijamin, *latency* rendah, atau keandalan tinggi. Ini memungkinkan pengguna untuk mengevaluasi kinerja protokol QoS dan algoritma penjadwalan. Selain itu modul ini menyediakan dukungan untuk simulasi jaringan sensor dalam NS2. Ini mencakup model energi, *routing protocol*, dan pemrosesan data yang khusus untuk jaringan sensor. Beberapa parameter yang terdapat pada *software* ini, antara lain:

1. *Channel type*

Dalam jaringan nirkabel, parameter ini merujuk pada tipe atau kategori kanal frekuensi yang digunakan untuk komunikasi data melalui media udara atau gelombang radio. Tipe kanal ini dapat mempengaruhi karakteristik komunikasi nirkabel seperti kecepatan data, jangkauan, interferensi, dan ketahanan terhadap gangguan. *Wireless channel type* adalah jenis kanal nirkabel yang digunakan untuk mentransmisikan data melalui media udara atau gelombang radio. Jenis kanal ini dapat mencakup berbagai macam teknologi dan karakteristik yang digunakan dalam komunikasi nirkabel. Contoh dari *wireless channel type* adalah teknologi jaringan zigbee.

2. *Model Propagasi*

Propagasi *two-ray ground* adalah propagasi yang mengasumsikan bahwa terdapat dua sinar propagasi yang digunakan, yaitu *line of sight (direct wave)* dan *reflection ground path (reflection wave)* antara *transmitter* dan *receiver* [43]. Model yang digunakan dalam komunikasi nirkabel ini digunakan untuk

memprediksi daya sinyal yang diterima di suatu lokasi tertentu berdasarkan jarak antara pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) serta pengaruh dari pantulan gelombang di permukaan tanah. Dalam model propagasi *two-ray ground*, diasumsikan bahwa sinyal yang diterima oleh penerima adalah hasil dari dua komponen gelombang: gelombang langsung (*direct wave*) dari pemancar ke penerima, dan gelombang pantulan (*reflected wave*) yang dipantulkan dari permukaan tanah dan mencapai penerima. Dua komponen ini diberikan bobot (*weights*) yang berbeda berdasarkan panjang jalur (*path*) yang dilalui masing-masing gelombang.

### 3. *Physical Layer*

*Physical layer type* dalam konteks jaringan nirkabel adalah lapisan fisik dari protokol komunikasi yang bertanggung jawab untuk mengatur transmisi data melalui media fisik atau gelombang radio. Lapisan fisik ini beroperasi di tingkat paling rendah dari model referensi OSI (*Open Systems Interconnection*) dan bertanggung jawab untuk mengirim dan menerima bit data melalui media transmisi. Dalam konteks nirkabel, *Physical layer type* mengacu pada jenis teknologi fisik atau modulasi yang digunakan untuk transmisi data melalui gelombang radio atau media nirkabel lainnya. Contoh dalam jaringan nirkabel yaitu zigbee yang menggunakan modulasi O-QPSK (*Offset Quadrature Phase Shift Keying*) atau modulasi BPSK (*Binary Phase Shift Keying*) untuk mentransmisikan data pada frekuensi 2,4 GHz atau 915 MHz.

### 4. *Model Antenna*

Model antena *OmniAntenna* merupakan jenis antena yang dirancang untuk memancarkan atau menerima sinyal dalam semua arah secara merata. Antena omnidirectional memiliki pola radiasi 360 derajat dalam bidang horizontal, sehingga dapat "memancarkan" sinyal dalam semua arah di sekitarnya tanpa perlu diarahkan secara khusus. Model antena ini yang tidak memiliki sudut fokus sehingga sinyal dapat menyebar secara merata dalam seluruh arah. Oleh karena itu, *OmniAntenna* ideal untuk aplikasi jaringan nirkabel yang cocok untuk aplikasi dimana perangkat harus berkomunikasi dengan banyak perangkat dalam area yang luas.

### 5. *MAC protocol type*

Pada parameter ini, spesifikasi yang tertulis yaitu Mac/802\_11. *Medium Access Control* (MAC) adalah lapisan dari protokol jaringan yang beroperasi di lapisan *data link* (Layer 2) dalam model referensi OSI (*Open Systems Interconnection*) yang bertanggung jawab untuk mengatur dan mengontrol akses ke media transmisi (seperti kabel atau gelombang radio) untuk perangkat-perangkat dalam jaringan komunikasi. Zigbee termasuk dalam *MAC protocol type* karena Zigbee juga menggunakan protokol MAC (*Medium Access Control*) untuk mengatur akses ke media nirkabel dalam jaringan nirkabelnya. Sedangkan type 802.11 memiliki beberapa variasi, yang dikenal sebagai standar Wi-Fi.

#### 6. *Queue type*

*Queue type* yang terdapat pada parameter yaitu *droptail* dan *priqueue*. Tipe tersebut adalah dua jenis antrian (*queue*) yang digunakan dalam sistem jaringan untuk mengelola paket data yang masuk. Antrian digunakan ketika ada lebih banyak paket data yang ingin dikirimkan daripada yang dapat segera ditransmisikan melalui media transmisi yang terbatas, seperti kabel atau gelombang radio. Antrian membantu mengatur urutan dan prioritas pengiriman paket agar lalu lintas data dapat diatur dengan baik dan menghindari tabrakan (*collisions*).

*Droptail queue* adalah jenis antrian yang paling sederhana. Ketika kapasitas antrian penuh, paket – paket data yang masuk selanjutnya akan ditambahkan ke ujung antrian. Namun, jika antrian sudah mencapai batas maksimum, paket – paket baru akan dihapus (*drop*). Ini berarti paket-paket yang melewati antrian ini mungkin terkena "*tail drop*" atau penghapusan pada bagian akhir antrian ketika antrian penuh. Antrian *droptail* bekerja dengan cara "*First-In-First-Out*" (FIFO), artinya paket yang pertama masuk ke antrian adalah yang pertama juga yang akan dikeluarkan dan dikirim.

*Priority queue* adalah jenis antrian yang memberikan prioritas tertentu pada paket – paket data. Setiap paket diberi tanda atau diberi label prioritas berdasarkan kriteria tertentu. Saat antrian memiliki kapasitas penuh, paket – paket dengan prioritas lebih tinggi akan diutamakan untuk dikirim, bahkan jika ada paket – paket dengan prioritas lebih rendah yang sudah ada di dalam

antrian. Dalam *priority queue*, ada beberapa tingkat prioritas (contohnya, *high*, *medium*, dan *low*). Paket – paket dengan prioritas tinggi akan diambil dan dikirim lebih dulu daripada paket – paket dengan prioritas lebih rendah.

#### **2.2.10 NSG2.1**

NSG2.1 merupakan sebuah simulator jaringan komputer yang digunakan untuk memodelkan jaringan komputer. *Software* atau *tools* ini digunakan dalam konteks jaringan untuk membantu dalam pengaturan dan konfigurasi layanan jaringan. NSG2.1 berperan dalam memudahkan pengaturan dan penerapan berbagai jenis layanan jaringan. Simulator ini menyediakan lingkungan virtual untuk memodelkan berbagai jenis jaringan dan menguji bagaimana jaringan akan bereaksi terhadap berbagai situasi dan kejadian. Fungsi dari NSG digunakan untuk mempersingkat waktu dalam membuat skrip tcl yang digunakan pada NS2 dan bentuk visualisasi dari *script* tersebut.