

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian terkait protokol *routing* pada jaringan MANET telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Penggunaan protokol *routing* sangat diperlukan untuk menentukan rute komunikasi antar *node* di jaringan. Salah satu protokol *routing* yang digunakan yaitu DSR. Shiddiqi, dkk melakukan penelitian terkait implementasi protokol *routing* DSR menggunakan mobilitas *random waypoint* [7]. Penelitian ini mengukur kinerja PDR, *routing overhead*, dan *end to end delay*. Skenario yang digunakan yaitu variasi jumlah *node* dan kecepatan pergerakan *node*. Variasi jumlah *node* yang digunakan yaitu 60, 70, 80, dan 90. Variasi kecepatan yang digunakan yaitu 10 m/s, 15 m/s, 20 m/s, dan 25 m/s. *Software* yang digunakan yaitu *Network Simulator 2.35*. Berdasarkan hasil penelitian, nilai PDR, *routing overhead*, dan *end to end delay* yang didapatkan fluktuatif terhadap skenario variasi jumlah *node* dan kecepatan pergerakan *node*. DSR terbukti mampu menangani perubahan kecepatan dan jumlah *node* terkait kualitas pengiriman data, *routing overhead*, dan *end-to-end delay*.

Pada penelitian [8] Poonia, dkk mensimulasikan kinerja protokol *routing* DSR terkait jumlah paket yang di-*drop*. Simulasi dilakukan menggunakan skenario variasi luas area jaringan. Variasi luas yang digunakan yaitu 150 x 150 m, 250x 250 m, 350 x 350 m, 450 x 450 m, 550 x 550 m, 650 x 650 m, dan 750 x 750 m. Parameter yang dianalisis yaitu banyaknya paket yang di *drop*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa jumlah paket yang di *drop* mengalami kenaikan pada luas 150 x 150 m sampai 550 x 550 m. Namun ketika luas bertambah menjadi 650 x 650 dan 750 x 750 m jumlah paket yang di *drop* mengalami penurunan. Berdasarkan hasil tersebut, DSR terbukti mampu menangani luas area jaringan terkait pengiriman paket. Hal ini dibuktikan dengan semakin luas area jaringan, jumlah paket yang di-*drop* cenderung menurun.

Pada penelitian [10], selain menggunakan protokol *routing* DSR juga menggunakan AODV dan DSDV. Skenario yang digunakan yaitu penambahan jumlah *node* dan *pause time*. Parameter yang dianalisis yaitu konsumsi energi,

*throughput*, dan *packet loss ratio*. Berdasarkan hasil penelitian, DSR memiliki performansi lebih baik daripada AODV dan DSDV. Hal ini dibuktikan ketika jumlah *node* 20, DSR memiliki nilai PDR, *throughput*, dan *packet loss ratio* paling bagus. Nilai PDR yang diperoleh yaitu 84,48%, *throughput* 126,84 bps, dan *packet loss ratio* sebesar 14,47%. DSR juga terbukti lebih hemat energi dibandingkan AODV dan DSDV dalam hal konsumsi energi.

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai kinerja protokol *routing* DSR pada jaringan MANET, penelitian [8] dan [9] membahas mengenai performansi QoS namun tidak membahas konsumsi energi. Konsumsi energi baterai hanya dianalisis oleh Suladria [10]. Skenario yang digunakan pada penelitian tersebut juga menggunakan penambahan *node* dan *pause time* saja. Oleh karena itu dibutuhkan penelitian lain dengan skenario berbeda yang juga mempengaruhi konsumsi energi baterai pada jaringan MANET. Skenario yang digunakan pada penelitian ini yaitu penambahan kecepatan pergerakan *node* dan luas area jaringan, skenario ini diambil dari referensi penelitian [8] dan [9] namun dengan variasi nilai yang berbeda. Jumlah *node* pada jaringan yang digunakan pada penelitian ini juga sama dengan penelitian [9]. Selain menganalisis konsumsi energi, penelitian ini juga menganalisis kinerja protokol *routing* DSR berdasarkan parameter energi yang tersisa dan PDR. *Software* yang digunakan untuk penelitian ini yaitu *Network Simulator 2.35*.

## **2.2 DASAR TEORI**

### **2.2.1 Jaringan Nirkabel (*Wireless*)**

Jaringan nirkabel atau *wireless* merupakan sekumpulan komputer yang saling terhubung satu sama lain sehingga membentuk sebuah jaringan komputer dengan menggunakan udara sebagai perantara untuk melakukan komunikasi. Teknologi ini merupakan perkembangan dari teknologi jaringan lokal (*Local Area Network*) yang memungkinkan efisiensi dalam implementasi dan pengembangan jaringan komputer karena dapat meningkatkan mobilitas pengguna. Jaringan ini merupakan suatu alternatif terbaik dalam membangun sebuah jaringan komputer yang praktis [11]. Frekuensi kerja dari jaringan ini yaitu 2,4 GHz (802.11 b/g/n/ac) [12]. Topologi pada jaringan nirkabel terbagi menjadi dua yaitu [13]:

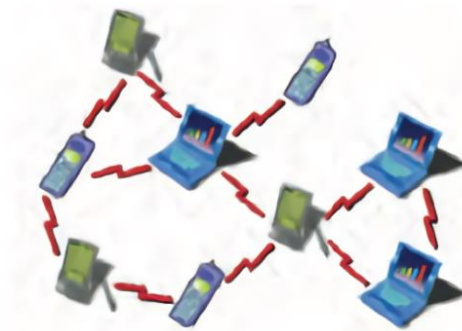
1. Topologi *wireless* berbasis infrastruktur (*access point*)



Gambar 2.1 Jaringan *wireless* berbasis infrastruktur [14]

Jaringan nirkabel yang berbasis infrastruktur merupakan jaringan nirkabel yang biasanya digunakan untuk memperluas jaringan LAN (*Local Area Network*) atau untuk berbagi jaringan agar dapat terkoneksi dengan internet. Untuk membangun jaringan nirkabel berbasis infrastruktur diperlukan sebuah *device* yaitu *wireless access point* untuk menghubungkan semua *client* pada jaringan dan sebagai pusat manajemen jaringan nirkabel [13]. Pada Gambar 2.1 semua *end device* seperti laptop dan *smatphone* menggunakan perangkat tambahan sebagai penghubung.

2. Topologi *wireless* tanpa infrastruktur (*ad hoc*).



Gambar 2.2 Jaringan *wireless* tanpa infrastruktur (*ad hoc*) [14]

Jaringan nirkabel tanpa infrastruktur (*ad hoc*) merupakan jaringan yang memungkinkan *device* saling terhubung secara langsung satu sama lain dan tidak membutuhkan perangkat tambahan seperti *access point*, yang dibutuhkan hanya *wireless adapter* pada setiap *client* yang ingin terhubung [13]. Seperti pada Gambar 2.2 dimana semua perangkat terhubung langsung satu sama lain

tanpa menggunakan perangkat tambahan. Salah satu jenis jaringan nirkabel tanpa infrastruktur yaitu *Mobile Ad Hoc Network* (MANET).

### 2.2.2 *Mobile Ad Hoc Network*

*Mobile Ad Hoc Network* merupakan sebuah jaringan nirkabel yang terdiri dari kumpulan *node* yang saling berkomunikasi dan bergerak secara bebas [15]. Setiap *node* dalam jaringan dapat berfungsi sebagai pengirim, penerima, atau *router*. Setiap *node* dapat saling melakukan komunikasi tanpa menggunakan *access point*. Jaringan ini memungkinkan *node* untuk mempertahankan koneksi ke jaringan serta dapat dengan mudah menambahkan dan menghapus *node* pada jaringan. *Node* pada jaringan MANET bergerak secara dinamis sehingga topologi jaringan dapat berubah dengan cepat dan tidak dapat diprediksi dari waktu ke waktu. Jaringan ini juga bersifat desentralisasi, dimana pengaturan tentang jaringan dan proses transmisi data harus dijalankan oleh *node* sendiri [7]. MANET memiliki beberapa karakteristik diantaranya yaitu [1],[14]:

1. Topologi yang dinamis

Dalam jaringan MANET, *node* dapat bergerak secara bebas dan dapat bertambah atau berkurang dalam suatu waktu menyebabkan topologi jaringan berubah dengan cepat dan tidak dapat diprediksi.

2. Otonomi

Jaringan *ad hoc* merupakan jaringan yang terdesentralisasi, karena setiap *node* beroperasi secara independent dan tidak ada server atau computer terpusat yang mengelola jaringan. Semua *node* berkomunikasi secara *peer-to-peer*, dapat berperan sebagai *end user* sekaligus menjadi *router* penghubung jalur komunikasi.

3. *Bandwidth*

Jaringan MANET memiliki kapasitas *bandwidth* yang lebih rendah jika dibandingkan dengan jaringan kabel. Pada jaringan ini juga terdapat keterbatasan area transmisi gelombang yang dipengaruhi oleh pemancar sinyal. MANET dapat mengalami masalah *bit error rate* dan kapasitas *bandwidth* yang kecil karena jalur *link end-to-end* digunakan oleh beberapa *node* dalam jaringan.

#### 4. Energi

Jaringan MANET memiliki keterbatasan dalam hal energi, karena *device* menggunakan baterai sebagai sumber daya. Baterai merupakan sumber daya yang terbatas, berapa pun energi yang dimiliki oleh *node* harus digunakan dengan efisien.

#### 5. Keamanan

*Node* dan informasi dalam MANET rentan ancaman seperti penyadapan, *spoofing*, dan penolakan layanan. Selain itu, perangkat seluler tinggi resiko keamanan dibandingkan dengan perangkat yang bersifat tetap. Hal tersebut karena perangkat portabel dapat dicuri dan lalu lintas ketika melalui jaringan nirkabel rentan ancaman.

Pengaplikasian jaringan MANET beragam, mulai dari skala besar, seluler, jaringan yang sangat dinamis, hingga jaringan kecil dan statis yang dibatasi oleh daya yang terbatas. Berikut contoh pengaplikasian jaringan MANET:

##### 1. Sektor militer

Jaringan *ad hoc* sangat berguna dalam membangun komunikasi antara sekelompok tentara untuk operasi taktis. Jaringan ini juga dapat diatur tanpa perencanaan dan infrastruktur yang tetap sehingga akan memudahkan pasukan militer untuk berkomunikasi satu sama lain.

##### 2. Sektor komersial

Jenis lingkungan lain yang menggunakan jaringan *ad hoc* yaitu operasi penyelamatan darurat. Bentuk komunikasi *ad hoc* sangat berguna dalam aplikasi keselamatan publik, pencarian, dan penyelamatan pasca bencana dimana prasarana jaringan telekomunikasi mengalami kerusakan, *node-node* yang digunakan menggunakan jaringan nirkabel seperti *cellular*, *wi-fi*, dan *bluetooth* [2],[16].

##### 3. Sektor lokal

Jaringan *ad hoc* dapat secara mandiri menghubungkan jaringan multimedia sementara menggunakan computer *notebook* atau komputer *palmtop* untuk berbagi informasi antar peserta di konferensi, rapat, atau ruang kelas.

#### 4. *Personal Area Network (PAN)*

*Personal Area Network* merupakan interkoneksi perangkat teknologi informasi dalam jangkauan individu, biasanya dalam jarak 10 meter. Contohnya, ketika seseorang berpergian dengan laptop, *Personal Digital Assistant (PDA)*, dan *printer* portabel dapat menghubungkan ketiganya tanpa harus mencolokkan apapun [16].

Beberapa teknologi yang bisa digunakan untuk jaringan MANET yaitu [17]:

##### 1. *Bluetooth*

Merupakan teknologi nirkabel gelombang mikro berkecepatan tinggi dan berdaya rendah. Teknologi ini dirancang untuk menghubungkan ponsel, laptop, PDA, dan peralatan portabel lainnya. Beberapa fitur yang dimiliki oleh *Bluetooth* diantaranya:

- a. Beroperasi di pita ISM 2,56 GHz yang tersedia secara global (tidak memerlukan lisensi).
- b. Menggunakan *Frequency Hop Spread Spectrum (FHSS)*.
- c. Mendukung hingga 8 perangkat dalam jaringan kecil yang dikenal sebagai '*piconet*'.
- d. Jarak 10 – 100 meter.
- e. Daya 1 *miliWatt*.
- f. Jangkauan tambahan jika menggunakan *power amplifier* tambahan mencapai 100 meter.

##### 2. *HomeRF*

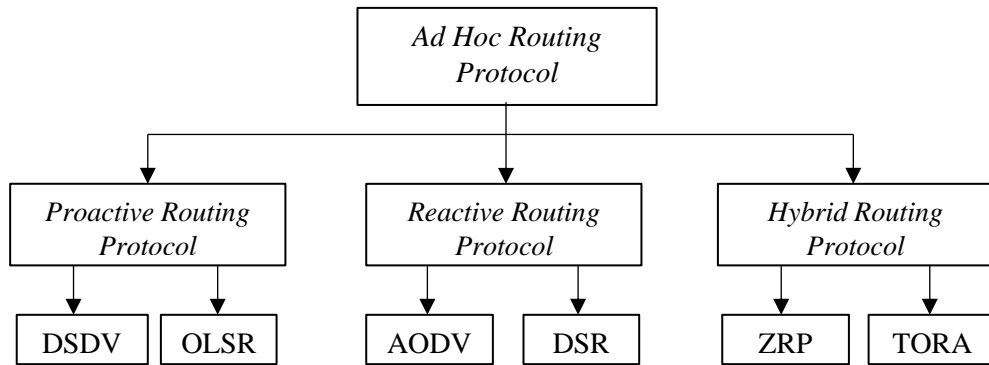
*HomeRF* merupakan bagian dari *International Telecommunication Union (ITU)* dan bekerja pada pengembangan standar untuk komunikasi suara dan data frekuensi radio yang murah. Beberapa fitur dari *HomeRF* diantaranya yaitu:

- a. Beroperasi dalam rentang 2,45 GHz dari pita ISM yang tidak berlisensi.
- b. Jangkauan hingga 50 meter.
- c. Menggunakan frekuensi *hopping 50 hops per second*.
- d. Mendukung hingga 127 *node*.
- e. Daya transmisi 100 *miliWatt*.

- f. *Data rate* 1 Mbps menggunakan 2 modulasi FSK dan 2 Mbps menggunakan 4 modulasi FSK.
3. IEEE 802.11 (*WiFi*)
- Wifi* merupakan teknologi nirkabel yang umum digunakan oleh pemilik rumah, usaha kecil, dan ISP pemula. Beberapa standar yang dikembangkan yaitu 802.11a, 802.11b, 802.11g, dan sebagainya. Berikut beberapa spesifikasi dari pengembangan 802.11:
- a. 802.11  
Beroperasi pada pita ISM 2,4 GHZ dengan *data rate* 1-2 Mbps.
  - b. 802.11a  
Beroperasi pada pita 5 GHZ dengan *data rate* mencapai 54 Mbps. Teknologi ini menggunakan *Orthogonal Frequency Multiplexing* (OFDM).
  - c. 802.11b  
Menyediakan *data rate* 5,5 dan 11 Mbps pada pita frekuensi 2,4 GHZ. Modulasi yang digunakan yaitu *Complementary Code Keying* (CCK).
  - d. 802.11g  
Beroperasi pada pita 2,4 GHz dan menyediakan *data rate* hingga 54 Mbps. Teknologi ini menggunakan *Orthogonal Frequency Multiplexing* (OFDM).

### 2.2.3 Protokol *Routing* Pada MANET

*Routing* merupakan suatu fungsi dari lapisan *network* yang bertugas untuk menentukan rute dari *node* pengirim ke *node* penerima. Proses *routing* membutuhkan protokol *routing*. Protokol *routing* merupakan aturan yang digunakan untuk mempertukarkan informasi *routing*. Namun pada jaringan MANET, protokol *routing* memiliki fungsi lain yaitu melakukan adaptasi terhadap perubahan topologi dan trafik jaringan yang disebabkan oleh pergerakan *node* secara bebas. Penggunaan protokol *routing* pada jaringan MANET dapat membantu kelancaran komunikasi antar *node* [2]. Protokol *routing* berbasis topologi pada jaringan MANET dikategorikan menjadi tiga berdasarkan fungsinya yaitu proaktif, reaktif, dan *hybrid* [5]. Berikut klasifikasi protokol *routing* pada MANET:



Gambar 2.3 Klasifikasi *protokol routing* pada MANET

### 1. *Proactive Routing Protocol*

Protokol ini memungkinkan setiap *node* untuk memelihara informasi *routing* ke *node* lain dalam jaringan bahkan sebelum dibutuhkan. Informasi *routing* umumnya disimpan dalam tabel *routing* dan diperbarui secara berkala seiring perubahan topologi pada jaringan [18]. Namun hal tersebut menyebabkan *overhead routing* yang tinggi sehingga membutuhkan *bandwidth* lebih banyak. Sementara itu, *delay* pencarian rute ke *node* tujuan relatif berkurang karena probabilitas dari tabel *routing* yang siap digunakan untuk komunikasi lebih tinggi [5]. Beberapa contoh protokol *routing* proaktif yaitu *Optimized Link State Routing Protocol* (OLSR), *Better Approach to Mobile Ad Hoc Network* (BATMAN), dan *Dynamic Destination Sequenced Distance Vector* (DSDV) [19].

### 2. *Reactive Routing Protocol*

Protokol reaktif mempunyai mekanisme pencarian rute hanya saat diperlukan saja. Protokol ini melakukan *route discovery* sebelum melakukan komunikasi data dengan cara menyebarkan *Route Request* (RREQ). *Node* penerima yang memiliki informasi rute akan melakukan *reply* menggunakan pesan *Route Reply* (RREP). Selain itu, protokol *routing* reaktif juga memiliki *route maintenance* jika terjadi *route failure* pada jaringan menggunakan pesan *Route Error* (RERR). Karena pada protokol *routing* reaktif pemeliharaan tabel *routing* tidak dilakukan secara periodik, maka *routing overhead* menjadi relatif berkurang. Namun ketika *node* pengirim melakukan *route discovery* dapat menyebabkan *route discovery*



*delay* yang tinggi. Beberapa contoh protokol *routing* reaktif yaitu *Ad Hoc Demand Distance Vector* (AODV) dan *Dynamic Source Routing* (DSR) [5].

### **3. Hybrid Routing Protocol**

Protokol *hybrid* merupakan kombinasi dari protokol *routing* proaktif dan reaktif. Mekanisme yang digunakan pada protokol *hybrid* yaitu menggunakan fungsi protokol proaktif apabila jarak antar node relatif pendek dan menggunakan fungsi protokol *routing* reaktif apabila jarak antar *node* relatif jauh [5]. Beberapa contoh protokol *routing hybrid* yaitu *Zone Routing Protocol* (ZRP) dan *Temporally-Ordered Routing Algorithm* (TORA).

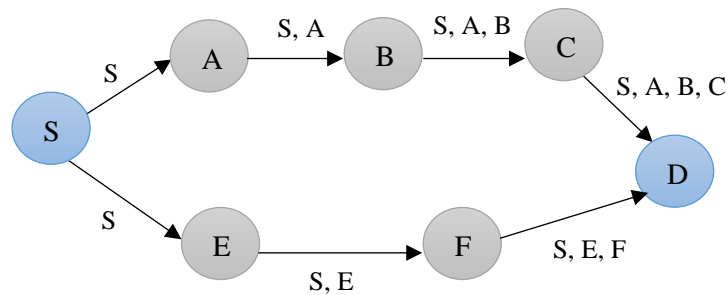
#### **2.2.4 DSR (Dynamic Source Routing)**

DSR merupakan salah satu protokol *routing* reaktif yang bekerja ketika ada permintaan dari *node* sumber untuk mengirimkan pesan ke *node* tujuan. Mekanisme yang digunakan oleh DSR yaitu *route discovery* dan *route maintenance*. DSR juga memiliki *cache memory* yang digunakan untuk menyimpan semua informasi *routing* dari *node* sumber yang terdapat pada paket data [9]. Hal ini yang memudahkan protokol *routing* DSR untuk melakukan *recovery* jaringan ketika terdapat perubahan topologi secara tiba-tiba [10]. DSR juga menggunakan konsep sumber *routing* yaitu teknik *routing* dimana pengirim paket menentukan urutan lengkap dari *node* yang akan digunakan untuk meneruskan paket, pengirim secara eksplisit mendaftarkan jalur dalam *header* paket, mengidentifikasi setiap *forwarding* hop dengan alamat dari *node* berikutnya untuk mengirimkan paket dalam perjalanannya ke *node* tujuan [20].

Proses penemuan rute dimulai dengan pengiriman pesan RREQ dari *node* sumber ke *node* tetangga, kemudian setiap *node* akan mengikuti tiga instruksi. Pertama, apabila *node* tujuan menerima pesan RREQ maka *node* tersebut harus menerimanya. Kedua, apabila bukan *node* tujuan maka *node* tersebut menambahkan identitas (Id) pada pesan RREQ dan meneruskannya. Ketiga, apabila *node* telah menerima pesan RREQ sebelumnya, maka pesan tersebut di-*drop* [9].

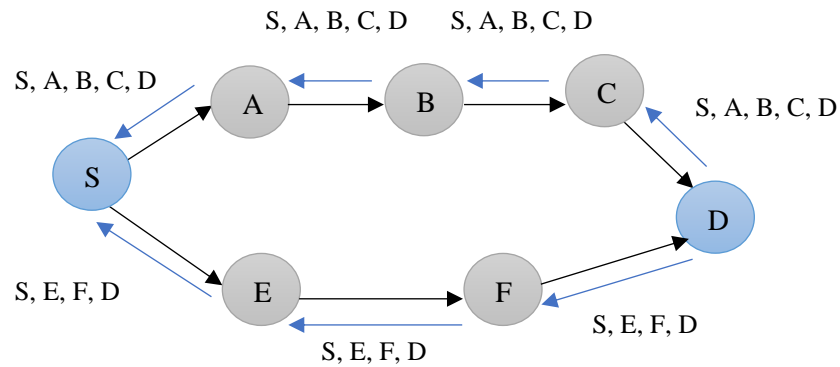
## 1. Mekanisme *Route Discovery*

Mekanisme *route discovery* pada DSR terbagi menjadi dua bagian yaitu *Route Request* (RREQ) dan *Route Reply* (RREP). Ketika *node* sumber (S) ingin mengirimkan data ke *node* tujuan (D) maka dimulai dengan tahap pencarian rute. *Route discovery* melakukan *broadcast* pesan RREQ ke jaringan. *Node* tetangga yang menerima RREQ kemudian melihat ke dalam *cache*-nya untuk mengetahui apakah ada informasi ke *node* tujuan, apabila ada maka *node* tersebut membalas dengan pesan RREP yang mengandung informasi rute. Namun apabila *node* tetangga yang menerima RREQ tidak memiliki informasi rute, maka *node* tersebut melakukan *broadcast* ke *node* lain dengan menambahkan *identifier* [20].



Gambar 2.4 *Route request* pada DSR

Pada Gambar 2.4 pesan RREQ yang dikirimkan oleh *node* sumber (S) diterima oleh *node* A dan E. Pada *node* A dan E, pesan RREQ yang diterima diperiksa apakah sebelumnya pernah singgah pada *node* tersebut. Karena belum pernah singgah, maka pesan RREQ tersebut di-*forward* oleh *node* A dan E dengan ditambahkan *identifier* terlebih dahulu. Sehingga pesan RREQ yang diteruskan oleh *node* A terdapat catatan [S, A] yang menunjukkan bahwa pesan telah menempuh rute S→A dan pada *node* E terdapat catatan [S, E] yang menunjukkan pesan RREQ telah menempuh rute S→E. Begitu seterusnya hingga pesan RREQ sampai ke *node* tujuan. Ketika RREQ sampai ke *node* tujuan, pesan tersebut tidak diteruskan melainkan *node* tujuan (D) membalas dengan RREP.



Gambar 2.5 *Route reply* pada DSR

Pada Gambar 2.5 menunjukkan bahwa *node* D menerima pesan RREQ [S, A, B, C, D] dan RREQ [S, E, F, D]. Kemudian *node* D membalas dengan RREP [S, A, B, C, D] dan RREP [S, E, F, D] yang dikirim kepada *node* sumber (S). Rute yang ditempuh oleh RREP [S, A, B, C, D] adalah  $D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow S$  dan rute untuk RREP [S, E, F, D] adalah  $D \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow S$ . *Node* S yang menerima kedua RREP tersebut akan mengetahui informasi rute yang harus ditempuh untuk mengirim paket data ke *node* D. *Node* S dapat memilih salah satu dari kedua rute tersebut untuk mengirimkan paket data. Ketika *node* S mengirimkan paket-paket data ke *node* D, *node* S menyisipkan informasi rute yang harus dilewati oleh paket-paket tersebut untuk menuju *node* D [20].

## 2. Mekanisme *Route Maintenance*

Protokol *routing* DSR memiliki mekanisme *route maintenance* dimana *node* sumber dapat mendeteksi adanya perubahan topologi jaringan yang dikarenakan oleh rusaknya jalur komunikasi atau adanya *node* yang gagal terdeteksi selama transmisi data. Hal ini disebabkan adanya *node* yang terdaftar dalam rute sebelumnya namun bergerak menjauh dari jangkauan *node* yang lain. Ketika *node* mendeteksi masalah pada rute, maka pesan RERR akan dikirim ke *node* pengirim. Saat pesan RERR diterima oleh *node* sumber maka *node* yang mengalami masalah akan dihilangkan dari *route cache*, kemudian rute lain yang masih tersimpan di *cache* akan digunakan. Jika tidak ada rute alternatif pada *route cache*, maka protokol *routing* DSR akan melakukan proses *route discovery* lagi untuk menemukan *rute* baru [20].

### 2.2.5 Energi Model

Energi merupakan sebuah faktor penting dalam jaringan MANET. Energi dikonsumsi oleh *node* dalam jaringan untuk berkomunikasi dan melakukan proses *routing*. Penggunaan energi terbagi menjadi empat keadaan yaitu *transmit*, *receive*, *idle*, dan *sleep* [21]. Keempat keadaan tersebut mewakili tingkat konsumsi energi yang berbeda.

a. *Transmit*

Keadaan dimana *node* melakukan transmisi paket dengan *power* transmisi  $P_{Tx}$ .

b. *Receive*

Keadaan dimana *node* menerima paket dengan *power* penerimaan  $P_{Rx}$ .

c. *Idle*

Keadaan dimana tidak ada paket yang dikirim melalui media transmisi. *Node* tetap diam dan terus mendengarkan media transmisi dengan  $P_{Idle}$ .

d. *Sleep*

Keadaan ketika radio dimatikan dan *node* tidak mampu mendeteksi sinyal. *Node* menggunakan  $P_{Sleep}$  yang lebih kecil dari energi lainnya.

Simulasi pengujian dengan parameter konsumsi energi pada jaringan MANET memiliki beberapa model. Model tersebut digunakan sebagai acuan untuk membuat skenario pengujian pada penelitian. Beberapa model berdasarkan penelitian yang sudah ada sebelumnya yaitu [5]:

a. *Network Size Model*

Perubahan pada besarnya ukuran jaringan sangat berpengaruh terhadap konsumsi energi pada jaringan MANET, terutama pada proses *route discovery* dan *multi-hop data transmission*. Meskipun demikian, setiap protokol *routing* pada MANET memiliki mekanisme tersendiri untuk melakukan penyesuaian terhadap perubahan jaringan.

b. *Constant-Speed Model*

Kecepatan dari pergerakan *node* juga berpengaruh terhadap konsumsi energi pada jaringan MANET.

c. *Pause-Time Model*

Ketika *node* bergerak dari posisi awal menuju tujuan dan terdapat jeda waktu dimana *node* akan berhenti kemudian melanjutkan pergerakannya kembali.

d. *Different Node Density*

Ketika jumlah *node* pada jaringan MANET semakin padat dengan jumlah pengirim dan penerima yang semakin banyak, maka hal tersebut berpengaruh terhadap besarnya energi yang dikeluarkan oleh setiap *node*.

### 2.2.6 Model Mobilitas *Random Waypoint*

Pada model mobilitas *random waypoint* [22], *node* terdistribusi secara *random* di jaringan. Setiap *node* menyebar tanpa bergantung dengan *node* lain. Pertama, setiap *node* akan memilih target lokasi dengan kecepatan acak dalam rentang [kecepatan minimum, kecepatan maksimum] kemudian *node* akan terus berpindah ke target lokasi lain dengan kecepatan acak dalam rentang yang telah ditentukan. Ketika *node* sampai ke lokasi target, *node* akan berhenti selama beberapa waktu (*pause time*) sebelum berpindah ke target lokasi lain. Kecepatan dan *pause time* merupakan dua parameter yang menentukan mobilitas *node*. Jaringan akan memiliki topologi yang lebih stabil jika *pause time* besar dan kecepatan pergerakan *node*-nya rendah dan topologi jaringan akan lebih dinamis jika *pause time* kecil dan kecepatan pergerakannya *node*-nya tinggi.