



## Permodelan Efisiensi Energi Set *Gateway* Pada Ad Hoc Jaringan Nirkabel

### *Energy Efficiency Gateway Set Modeling on Ad Hoc Wireless Network*

Alfian Yuanata<sup>a,1</sup>, Endra Joelianto<sup>a,2\*</sup>

<sup>a</sup> Institut Teknologi Bandung

<sup>1</sup> [alfianyuanata@gmail.com](mailto:alfianyuanata@gmail.com); <sup>2</sup> [ejoel@tf.itb.ac.id](mailto:ejoel@tf.itb.ac.id)

\* penulis yang sesuai (corresponding author)

**Abstrak.** Salah satu hal yang sangat penting pada jaringan nirkabel terutama industri 4.0 adalah efisiensi *routing* pada *node* yang tersedia di dalamnya yang melalui suatu *gateway*. Untuk hal itu dilakukan pendekatan menggunakan set *gateway* yang terhubung satu sama lain. Diinginkan penggunaan *gateway* yang seminimal mungkin sehingga dapat mengurangi tingkat penggunaan energi. Wu dan Li memberikan suatu algoritma untuk menghitung *gateway* pada *ad hoc* jaringan nirkabel. Algoritma tersebut digunakan dalam permodelan pada penelitian ini. Perhitungan dilakukan dengan memperhatikan koneksi antar *node* yang ditentukan berdasarkan letak geografis *node* tersebut dengan lainnya. *Gateway* merupakan *node* yang menjadi perantara pesan, sehingga *node* tersebut melakukan penerimaan data dan pengiriman data sekaligus dengan transmisi *Wi-Fi*. Hal ini mengakibatkan energi yang dikonsumsi lebih banyak dari pada *node* biasa yang hanya melakukan pengiriman atau hanya penerimaan data saja. Untuk hal tersebut, pemakaian energi dapat ditekan dengan mengatur *gateway* seminimal mungkin tanpa merusak alur pendistribusian data ke *node* yang dituju. Pada penelitian ini dilakukan pemodelan berdasarkan algoritma Wu dan Li. Pada simulasi dalam penentuan dan membangun model *node*, diberikan beberapa aturan sebelumnya. Hasil simulasi menunjukkan pengurangan *gateway* signifikan relatif tanpa algoritma. Diperoleh *gateway* yang dibutuhkan adalah 97 untuk tanpa algoritma, 35 untuk algoritma ID dan 25 untuk algoritma ND pada saat jumlah *node* adalah 100.

**Kata Kunci:** *ad hoc*, *Gateway*, Nirkabel, *Node*, *Routing*, Simulasi, *Wi-Fi*.

**Abstract.** One of the most important matter on wireless network especially the 4.0 industry is the routing efficiency on the available node inside which is processed through a gateway. An approach using an interconnected set of gateway is conducted for that matter. The purpose is to use gateway as minimal as possible to decrease the energy level usage. Wu and Li gave an algorithm to calculate the gateway on the wireless network ad hoc. The algorithm is used in the modelling in this study. The calculation is done by paying attention to the internode connection which was determined based on the geographical node position with the others. Gateway is the node with the role of the message medium, in which the node is both receiving and sending data along with the *Wi-Fi* transmission. This caused the consumed energy to be more than the average node which only does sending or receiving data only. For that matter, the energy usage can be suppressed by regulating the gateway as minimal as possible without damaging the data distribution flow to the designated node. On this study, a modelling based on the Wu and Li algorithm was conducted. On the simulation in determining and building the node model, several regulations were given prior to the modelling. The simulation results showed that the gateway reduction is relatively significant without algorithm. The obtained results showed the needed gateway for without algorithm is 97, and 35 for the ID algorithm, and 25 for the ND algorithm when the amount of node is 100.

**Keywords:** *Ad hoc*, *Gateway*, *Node*, *Routing*, *Simulation*, *Wi-Fi*.

## 1 Pendahuluan

*Ad hoc* jaringan nirkabel merupakan suatu jenis jaringan nirkabel khusus yang memilih suatu kumpulan *mobile host* dengan membentuk jaringan sementara tanpa tambahan infrastruktur yang terpusat. Jika dua *host* berdekatan dan berada pada jangkauan masing-masing, maka tidak perlu ada protokol *routing* atau pemilihan yang dibutuhkan, keduanya dapat melakukan komunikasi secara langsung. Sedangkan jika keduanya terpisah di luar jangkauan transmisi *Wi-Fi*nya maka keduanya hanya dapat berkomunikasi jika ada perantara di antaranya yang dapat/mengizinkan pengiriman data melalui perantara tersebut.

Pada laptop khususnya jaringan *ad hoc* dapat dilakukan dengan aktivasi menggunakan *command prompt*. Hal tersebut dilakukan dengan melakukan 2 tahap yaitu:

- a. Pendefinisian: untuk membangun identitas seperti nama *node* dan *password* (sebagai perizinan) jika diinginkan terhubung, maka ditulis perintah tanpa kutip “*netsh wlan set hostednetwork mode=allow ssid=node key=12341234*”
- b. Aktivasi: dilakukan setelah pendefinisian telah dilakukan “*netsh wlan start hostednetwork*”

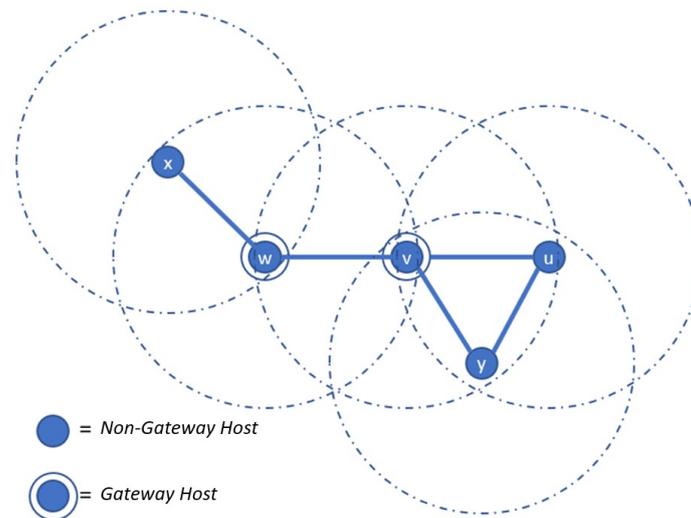
Untuk pendefinisian yang perlu diperhatikan adalah *value ssid* dan *key*, *ssid* digunakan sebagai nama dari *node* sedangkan *key* merupakan *password* untuk dapat terhubung ke dalam jaringannya. Untuk aktivasi *node*, dilakukan dengan melakukan tahap b, dan untuk mematikan fungsi ini cukup dengan melakukan seperti tahap b namun mengganti kata *start* menjadi *stop* di dalamnya.

Untuk merepresentasikan *ad hoc* ini dapat direpresentasikan oleh suatu diagram  $G=(V, E)$ . Dalam hal ini,  $V$  merupakan set dari *host* dan  $E$  merupakan set dari *edges*. *Edge* antar pasangan host  $\{v, u\}$  yang menyatakan  $v$  dan  $u$  berada pada jangkauan transmisinya. Untuk memudahkan, berdasarkan  $W_u$  dan  $L_i$ , asumsikan semua *host* bersifat homogen sehingga jarak transmisi sama.

*Routing* pada *ad hoc* jaringan nirkabel memiliki beberapa tantangan. Protokol tradisional pada jaringan kabel biasanya menggunakan *link state* [1],[2] atau vektor posisi [3],[4] tidak cocok diaplikasikan pada *ad hoc* jaringan nirkabel.

*Gateway routing* [5] merupakan konsep dari teori *dominating set in graph* [6]. Suatu sub set dari suatu simpul pada diagram merupakan *gateway* jika terdapat titik yang tidak terhubung dengan titik lainnya secara langsung namun dapat terhubung jika melewati sub set tersebut. Tujuan dari pendekatan ini adalah mengurangi *routing* dan proses pencarian pada set *gateway*. Kelebihan pendekatan ini adalah melakukan simplifikasi terhadap proses *routing* ke sub jaringan yang lebih kecil yang dibangkitkan dari jaringan yang terhubung.

Sehingga hanya *gateway* yang dibutuhkan untuk menyimpan informasi *routing*. Sepanjang perubahan topologi jaringan tidak mengubah sub jaringan tersebut, maka tidak diperlukan perhitungan ulang pada *routing*. Pada Gambar 1,  $v$  dan  $w$  adalah *gateway* yang terkoneksi pada  $u$ ,  $x$ , dan  $y$ .



**Gambar 1. Contoh *ad hoc* jaringan nirkabel**

Garis lingkaran putus-putus menyatakan jangkauan transmisi pada host, sehingga garis penghubung suatu *host* berdasarkan daftar *host* lain pada jangkauannya. Dengan jelas bahwa efisiensi untuk menemukan *gateway* dan jumlahnya berdasarkan seberapa besar jaringan tersebut. Namun untuk menemukan jumlah minimum *gateway* biasanya menggunakan *NP-complete (Non-deterministic Polynomial Time)*. Wu dan Li [5] memberikan suatu algoritma yang mampu secara cepat untuk menentukan *gateway* dan jumlahnya berdasarkan diagram jaringan yang diberikan yang merepresentasikan *ad hoc* jaringan nirkabel. Secara umum, suatu titik disebut *gateway* jika dua tetangga di dalam jangkauannya tidak terhubung satu sama lain. Penelitian ini disusun dengan: Bagian 2 rangkuman yang memiliki hubungan dengan pembahasan ini. Bagian 3 penjelasan singkat algoritma Wu dan Li. Bagian 4 perancangan model berdasarkan algoritma Wu dan Li serta hasilnya. Lalu terakhir bagian 5 merupakan kesimpulan paper ini.

## 2 Pembahasan Terkait

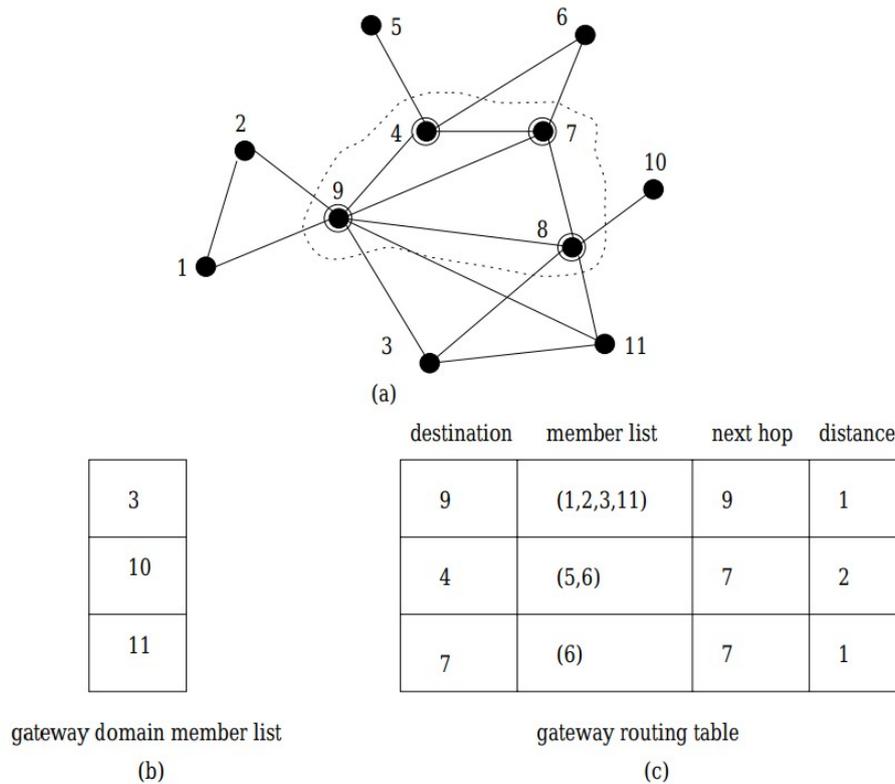
Skema konservasi energi jaringan seharusnya diaplikasikan pada lapisan berbeda yaitu *physical layer*, *data link layer*, dan *network layer*. Pada *network layer* efisiensi energi dapat dipilih antara *minimum total transmission power routing (MTPR)* atau *minimum battery cost routing (MBCR)* [8]. MTPR meminimalkan total energi yang dibutuhkan untuk mengirimkan paket data pada jaringan. Sedangkan MBCR memaksimalkan usia semua *node*. Untuk mencapai MTPR, dipilih algoritma yang memilih jarak terpendek [9]. MBCR fokus langsung kepada usia setiap *host*. Selain itu *conditional max-min battery capacity (CMMBCR)* [10] membuat penggunaan yang lebih baik untuk keduanya MTPR dan MBCR.

Proses penentuan *gateway* sangat penting untuk melakukan perhitungan efisiensi. Salah satu metode yang diberikan adalah oleh grup MIT [11]. Suatu *node* akan diatur sebagai *gateway* jika dua dari tetangganya gagal untuk kondisi:

- a. Terhubung langsung
- b. Terhubung oleh salah satu atau lebih *gateway*

Contoh *routing* diberikan oleh Wu dan Li seperti pada Gambar 2. Di dalam gambar dicontohkan *node 8*. *Node 8* merupakan *gateway* yang memiliki anggota non-*gateway* yaitu 3, 10, dan 11. Kemudian jika dari *node 8* pengiriman dilakukan menuju *node 9*, maka jaraknya dihitung 1 hop. Begitu juga dengan 7. Lalu jika dilakukan ke *node 4*, maka pengiriman dapat dilakukan dengan

melewati 7 atau 9. Namun dalam memilih, dipilih jarak yang terdekat yaitu ke 7 kemudian ke 4. Berarti dalam hop jaraknya adalah 2 hop.



Gambar 2. Contoh routing Wu dan Li [5]

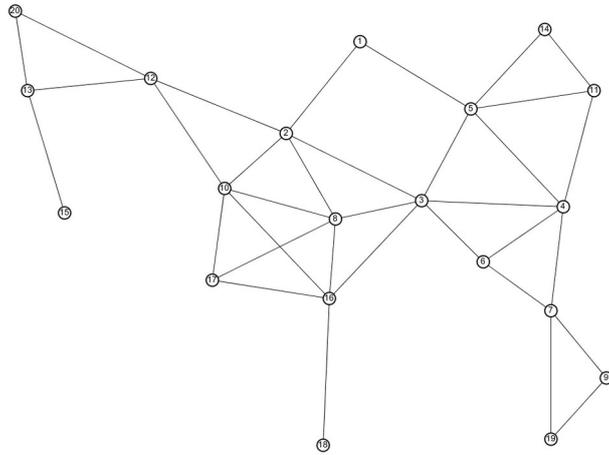
Dari gambar 2, pembuatan gateway dilakukan berdasarkan cara sederhana seperti syarat yang sudah dipaparkan. Namun kemudian Wu dan Li memberikan aturan lebih spesifik sehingga efisiensi dapat ditingkatkan.

### 3 Algoritma Wu dan Li

Pada bagian ini, dibahas proses penentuan gateway yang diberikan oleh Wu dan Li [5] yang kemudian disempurnakan Wu beserta rekan-rekannya [7] berdasarkan diagram node yang diberikan.

#### 3.1 Aturan berdasarkan ID

Wu dan Li [5] memberikan suatu algoritma untuk penentuan gateway pada ad hoc jaringan nirkabel. Algoritma ini berdasarkan proses penandaan yang menandai setiap titik pada diagram  $G=(V, E)$ . Kemudian  $m(v)$  merupakan variabel penanda dari titik  $v \in V$  yang bernilai T (ditandai sebagai gateway) dan F (ditandai non-gateway).

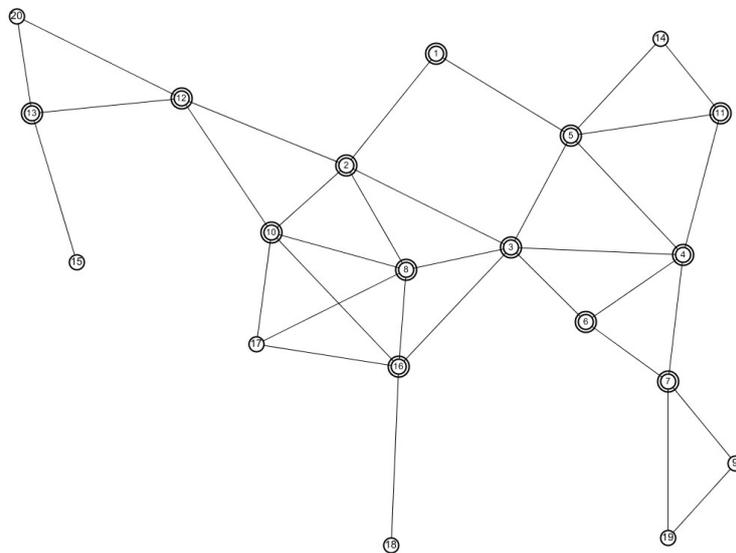


**Gambar 3. Contoh diagram jaringan**

Asumsikan pada mula semua penanda bernilai F, kemudian  $N(v) = \{u \mid v, u \in E\}$  merupakan notasi untuk daftar tetangga (*open*, jadi dirinya  $v$  tidak termasuk) dari titik  $v$ . Proses penandaan mengikuti aturan berikut:

- Mula-mula atur semua *node* memiliki nilai F pada variabel penandaanya
- Setiap  $v$  diatur memiliki nilai T jika terdapat 2 tetangganya yang tidak berhubungan

Berdasarkan gambar 3 sebagai contoh diagram yang digunakan untuk mengaplikasikan aturan di atas, maka menghasilkan bentuk seperti Gambar 4 berikut:



**Gambar 4. Diagram setelah aturan awal diberikan**

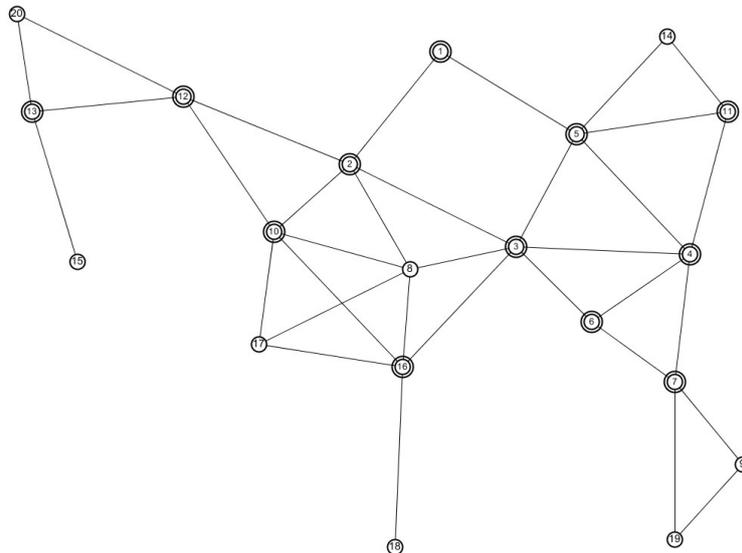
Pada gambar di atas, diperoleh bahwa *node* 9, 14, 15, 18, dan 19 memiliki nilai tanda F sedangkan yang lainnya bernilai T.

Kemudian Wu dan Li memberikan aturan berdasarkan *node* ID sehingga dapat mengurangi jumlah *gateway* dari proses penandaan. Pertama tentukan ID,  $id(v)$ , yang diberikan kepada tiap titik seperti penomoran pada *node* Gambar 3. Definisikan  $N[v] = N(v) \cup \{v\}$  maka lakukan aturan berikut:

- Tinjau 2 *node*  $v$  dan  $u$ , jika  $N \bar{v}$  dan  $id(v) < id(u)$ , tanda  $m(v) = F$  jika sebelumnya T

- b. Tinjau *node*  $v$  dan  $w$ . Jika  $N \dot{v}$  dan  $id(v)$  yang terkecil di antaranya, maka tanda  $m(v)=F$  jika sebelumnya T

Sehingga jika aturan di atas diaplikasikan kepada Gambar 4, maka menghasilkan Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Hasil Aturan ID

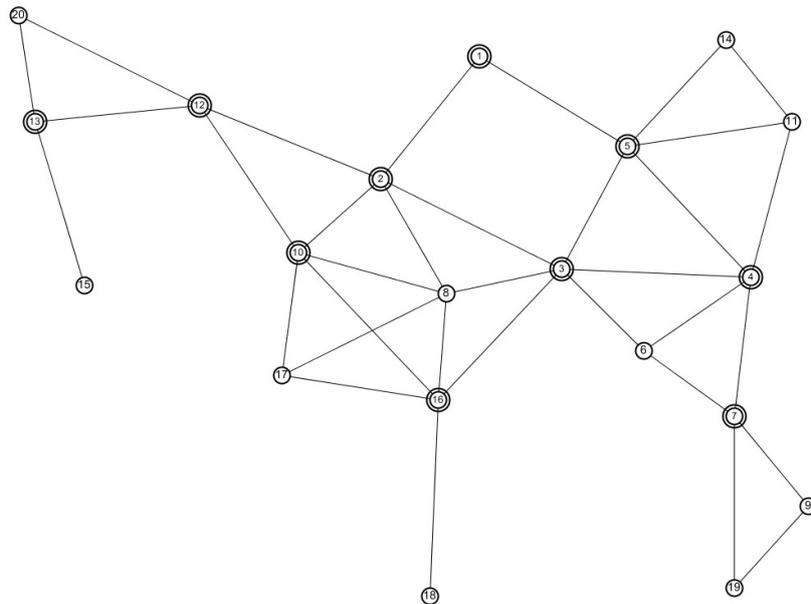
Dari Gambar 5 di atas, dapat dilihat *node* 8 dikeluarkan dari grup *gateway* yang semula memiliki tanda T kemudian dikenakan aturan ID sehingga tanda dikembalikan ke F.

### 3.2 Aturan Node Degree

Kemudian Wu dan rekannya [7] mengajukan algoritma baru yaitu berdasarkan *node degree* (ND) (disebut algoritma Wu-Li *Extended*) untuk mengurangi kembali jumlah *gateway* dari proses penandaan. Pertama didefinisikan tambahan notasi yaitu  $nd(v)$  yang menyatakan *node degree* dari  $v$ . Aturan yang diberikan adalah:

1. Tanda  $m(v)=F$  berubah dari T jika memenuhi salah satu syarat:
  - a.  $N \dot{v}$  dan  $nd(v) < nd(u)$
  - b.  $N \dot{v}$  dan  $id(v) < id(u)$  jika  $nd(v) = nd(u)$
2. Tanda  $m(v)=F$  berubah dari T jika memenuhi salah satu syarat:
  - a.  $N \dot{v}$  tapi  $N(u) \not\subseteq N(v) \cup N(w)$  dan  $N(w) \not\subseteq N(u) \cup N(v)$
  - b.  $N \dot{v}$  dan  $N \dot{v}$  tapi  $N(w) \not\subseteq N(u) \cup N(v)$  serta mengikuti salah satu kondisi:
    - i.  $nd(v) < nd(u)$
    - ii.  $nd(v) = nd(u)$  dan  $id(v) < id(u)$
  - c. Tanda  $m(v)=F$  berubah dari T jika  $N \dot{v}$  dan  $N(u) \subseteq N(v) \cup N(w)$  dan  $N(w) \subseteq N(u) \cup N(v)$  serta mengikuti salah satu kondisi:
    - i.  $nd(v)$  paling kecil di antaranya
    - ii.  $nd(v) = nd(u) < nd(w)$  dan  $id(v)$  paling kecil

Sehingga dengan aturan tersebut dapat diaplikasikan kepada Gambar 4 sehingga menghasilkan Gambar 6 berikut:



**Gambar 6. Hasil Aturan ND**

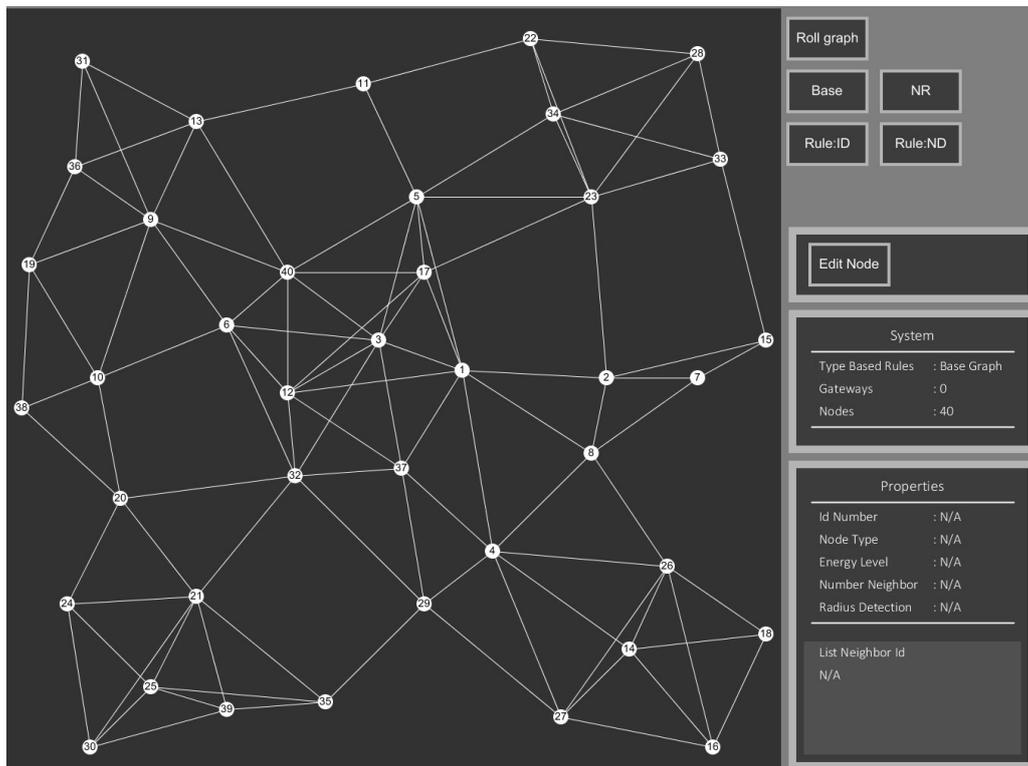
Dari Gambar 6 di atas, selain *node 8*, *node 6* dan *node 11* juga dikembalikan menjadi tanda F. Hal ini membuat jumlah *gateway* semakin berkurang tanpa merusak sistem komunikasi jaringannya.

#### 4 Perancangan Model

Permodelan dibuat dengan melakukan simulasi dengan menggunakan 1000x1000 2-D *space* dengan memberikan pilihan dapat membentuk jaringan dengan jumlah *node* antara 20 hingga 100. Radius transmisi diatur 250 unit, namun semua parameter nantinya ditulis 25 saja (di dalam sistem dilakukan perkalian 10). Hal tersebut dibuat menggunakan *Processing 3* dengan menggunakan *Jawa*. Kemudian ikuti beberapa prosedur seperti berikut:

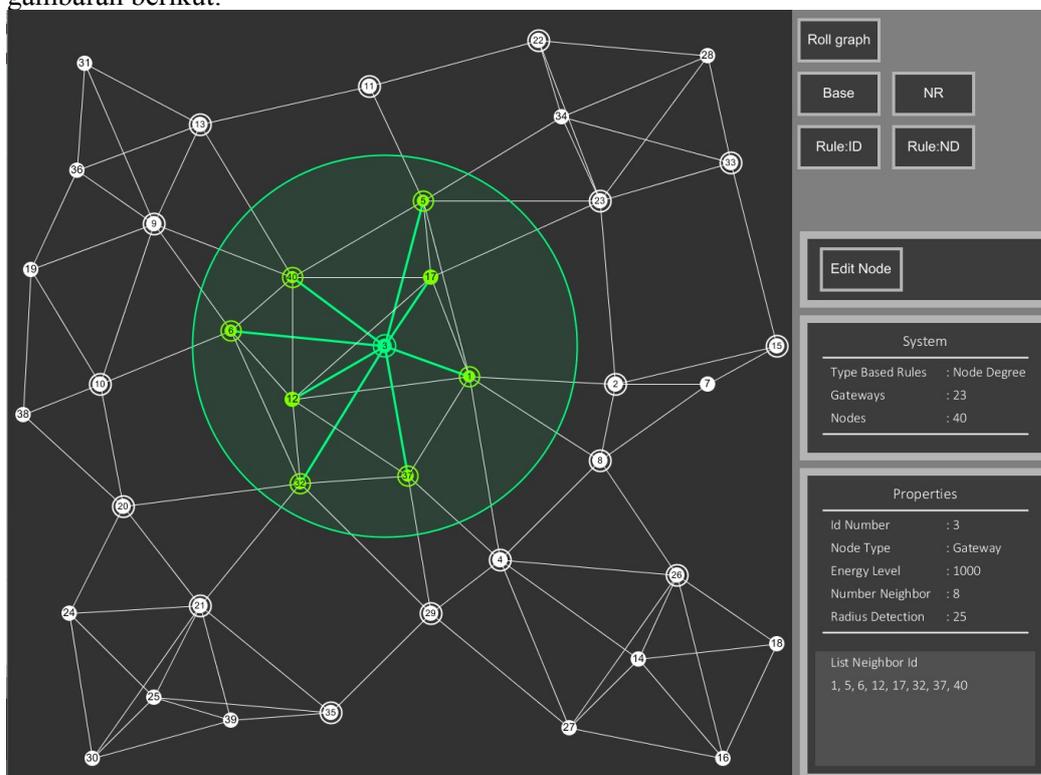
- a. Membangkitkan *node*
  - i. Buat sebuah *node* posisi acak pada 2-D *space*, lalu berikan id=1
  - ii. Untuk *node* selanjutnya yaitu id=2 diposisikan acak namun hanya boleh di dalam area transmisi id=1.
  - iii. Kemudian *node* id=3, seperti point 2, namun area acak mencakup transmisi 2 dan 3. Begitu seterusnya hingga *node* id=n.
- b. Membangkitkan garis penghubung. Garis penghubung hanya menghubungkan *node* yang berada di dalam area transmisinya saja.
- c. Atur semua *node*  $m(v) = F$
- d. Buat daftar properti masing-masing *node* yaitu id, jenis *node* (*gateway* atau bukan), jumlah tetangga yang berada di dalam jangkauan transmisinya, daftar id tetangga tersebut
- e. Dibuat pilihan aturan yang diaplikasikan pada *node* yaitu: *No Rule* (NR), ID atau ND
- f. Buat properti sistem yang meliputi aturan yang diaplikasikan, jumlah *gateway* dan jumlah *node*

Kemudian dari langkah tersebut dihasilkan:



Gambar 7. Tampilan awal pemodelan

Saat dilakukan simulasi, *pointer* dapat di-*hover* kepada tiap *node* sehingga menghasilkan gambaran berikut:



Gambar 8. Tampilan lengkap pemodelan

Dari Gambar 7 dan Gambar 8 dapat dilihat beberapa tombol yang dapat digunakan yaitu:

- |    |  |   |
|----|--|---|
| a. | randomisasi kembali bentuk diagram                             | <i>Roll graph</i> : untuk melakukan         |
| b. | aturan yang diberikan  | <i>Base</i> : melakukan <i>reset</i> kepada |
| c. | penentuan <i>gateway</i> tanpa menggunakan aturan khusus       | <i>NR</i> : mengaplikasikan                 |
| d. | aturan ID kepada diagram                                       | <i>Rule ID</i> : mengaplikasikan            |
| e. | aturan ND kepada diagram                                       | <i>Rule ND</i> : mengaplikasikan            |
| f. | jumlah <i>node</i> yang digunakan pada diagram (20 hingga 100) | <i>Edit Node</i> : untuk memilih            |

Khusus Gambar 8, saat *pointer* dilakukan pada *node* 3, maka akan muncul garis hijau penghubung dengan dirinya yang menyatakan *node* yang terkoneksi langsung dengan dirinya. Lalu lingkaran besar hijau merupakan jangkauan transmisinya.

Saat hal tersebut dilakukan, maka akan muncul informasi (dapat dilihat perbandingan informasi pada gambar 7 dan 8), yaitu bagian *Properties*. Untuk gambar 8, dapat dilihat:

- Id: 3
- Node type*: Gateway
- Energy level*: 1000
- Number Neighbor*: 8
- Radius detection*: 25
- List neighbor id*: 1, 5, 6, 12, 1, 32, 37, 40

Khusus untuk Energi level nanti digunakan untuk keperluan pengembangan terkait terutama dalam sistem dinamis.

Dari simulasi dilakukan pencatatan terhadap jumlah *gateway* relatif jumlah nodenya. Lalu didapat rata-rata jumlah *gateway* berbagai model (dilakukan 20 model diagram berbeda dengan mengambil rata-ratanya yang nilainya dikenakan fungsi integer):

**Tabel 1. Hasil rata-rata jumlah *gateway* untuk jumlah *node* 20, 60, dan 100**

Aturan yang digunakan	Gateway untuk node=20	Gateway untuk node=60	Gateway untuk node=100
NR	16	58	97
ID	14	31	35
ND	13	23	25

## 5 Kesimpulan

Pada penelitian ini, dimodelkan algoritma Wu dan Li serta versi tambahannya. *Gateway* dipilih berdasarkan ID dan *node degree*. Objektif penggunaan algoritma tersebut adalah untuk memperoleh jumlah *gateway* seminimal mungkin sehingga dapat mengurangi pemakaian energi pada struktur jaringan nirkabel. Dari permodelan tersebut dapat dilihat hasil bahwa algoritma *Node Degree* dapat menekan jumlah *gateway* tanpa merusak sistem pengiriman data.

## Referensi

- [1] J.M. McQuillan, I. Richer, and E. C. Rosen, *The new routing algorithm for ARPANET*, IEEE Trans. Commun., vol. 28 No. 5, pp. 711-719, 1980.

- [2] J. Moy, *OSPF Version 2*, Internet Request for Comments RFC 1247, July 1991.
- [3] C. Hedrick, *Routing information protocol*, Internet Request for Comments RFC 1058, June 1988.
- [4] J.M. McQuillan and D. C. Walden, *The ARPA network design decisions*, Computer Network, vol. 1, No. 5, pp. 243-289 Aug. 1977.
- [5] J. Wu and H. Li, *On Calculating connected dominating set for efficient routing in ad hoc wireless network*, in Proc. of the 3<sup>rd</sup> Int'l Workshop on Discrete Algorithms and Methods for Mobile Computing and Commun, 1999, pp. 7-14.
- [6] T. W. Haynes et. al., *Fundamentals of Domination in Rraphs*, Marcel Dekker, Inc., A Series of Monographs and text books, 1998.
- [7] J. Wu, F. Dai, M. Gao and I. Stojmenovic, *On Calculating Power-Aware Connected Dominating Sets for Efficient Routing in Ad Hoc Wireless Networks*, Journal of Communication and Networks, vol. 4, No. 1, March 2002
- [8] S. Singh, M. Woo, and C. S. Raghavendra, *Power-aware routing in mobile ad hoc networks*, in Proc. MobiCom'98, October 1998.