

ANALISA KINERJA PROTOKOL ROUTING *DELAY TOLERANT NETWORK (DTN)* UNTUK TRANSPORTASI PUBLIK

Henni Endah Wahanani¹, I Made Suartana², Dewi Adityawati³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, UPN “Veteran” Jatim

Jl. Rungkut Madya, Surabaya

Email : henni_endah@yahoo.com¹, deneajus@yahoo.com², dhewie.switist93@gmail.com³

Abstrak. *Delay Tolerant Network (DTN)* merupakan arsitektur jaringan untuk menyediakan solusi bagi jaringan yang sering terputus-putus dikarenakan mobilitas node yang senantiasa bergerak sehingga mengakibatkan delay yang lama atau latency yaitu ukuran waktu tunda yang dialami suatu sistem ataupun berapa banyak waktu tunggu yang diperlukan oleh paket data untuk menerima sejumlah informasi dari sumber ke tujuan dengan melalui banyak node. Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan menganalisa kinerja protokol routing DTN dengan memanfaatkan alat transportasi sebagai router DTN. Simulasi dan evaluasi kinerja protokol DTN dengan menggunakan 4 model routing yaitu Epidemic, Spray and Wait, MaxProp, dan Prophet V2 dengan menggunakan aplikasi the ONE Simulator. Evaluasi yang diprioritaskan yaitu nilai Delivery Message, Delivery Probability, Latency Average dan Overhead Ratio dengan besar ukuran data yang dikirim yaitu 1 MB, 5 MB, 10 MB, dan 15 MB. Berdasarkan hasil data pengujian, model routing MaxProp dengan ukuran pesan 1 MB sampai 10 MB memiliki kemampuan pengiriman pesan lebih banyak dibandingkan dengan model routing lainnya.

Kata Kunci: *DTN, Routing, Epidemic, MaxProp, Spray and Wait, ProphetV2*

Perkembangan teknologi semakin mengalami peningkatan terutama yang berkaitan dengan jaringan. Dalam perkembangan jaringan diharapkan dalam pengiriman data atau konektivitas dari komunitas jaringan tidak mengalami putus atau *delay* yang lama terutama untuk jaringan *wireless*. Jaringan *ad hoc* adalah salah satu jenis dari jaringan *wireless* yang terdiri dari sekumpulan *node-node* yang berkomunikasi satu dengan yang lain secara langsung tanpa melibatkan *node* perantara seperti *access point*. Setiap *node* pada jaringan *ad hoc* memiliki *interface wireless* dimana tidak hanya berfungsi sebagai pengirim dan penerima informasi tetapi juga berfungsi sebagai pendukung jaringan seperti *router*. Di dalam jaringan internet menggunakan protokol untuk *routing* data dan memastikan pertukaran paket data secara *reliability*.

Munculnya *DTN* sebagai teknologi dengan arsitektur komunikasi yang terbentuk melalui jaringan yang memiliki koneksi yang sering terputus-putus dikarenakan mobilitas *node* yang senantiasa bergerak sehingga mengakibatkan *delay* yang lama atau *latency* yaitu ukuran waktu tunda yang dialami suatu sistem ataupun berapa banyak waktu tunggu yang diperlukan oleh paket data untuk menerima sejumlah informasi dari sumber ke tujuan dengan melalui banyak *node*.

Beberapa penelitian telah dilakukan mengenai jaringan berbasis DTN yaitu yang dilakukan peneliti [5] bahwa DTN dapat dibangun dengan memanfaatkan sarana dan prasarana yang ada di sekitar daerah itu untuk memberikan layanan dengan menambahkan beberapa peralatan pendukung seperti angkutan transportasi publik dalam hal ini bus antar kota yang di jadikan *router* DTN. Dalam penelitian lain [4] tentang pemanfaatan kereta api sebagai jalur DTN untuk menyediakan layanan portal berita dan email, di sini ditekankan bahwa dengan menggunakan protokol routing DTN dan satu set peralatan WiFi, transmisi data antara dua atau lebih *node* dapat dilakukan tanpa membangun jalur *end-to-end* atau koneksi langsung antara pengirim dan penerima.

Pada penelitian ini memanfaatkan *DTN* sebagai jaringan untuk mengirimkan data dan simulasi menggunakan aplikasi *The ONE Simulator* dengan rute dari Terminal Joyoboyo menuju Kampus UPN “Veteran” Jawa Timur.

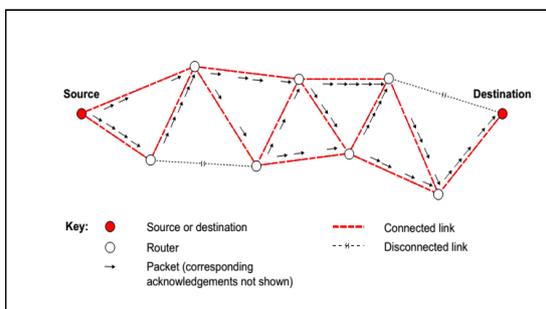
DTN adalah jaringan dari jaringan yang lebih kecil. Protokol DTN melalui jaringan khusus, termasuk Internet. Komunikasi di Internet didasarkan pada *packet switching*. Paket adalah potongan-potongan dari blok lengkap data pengguna (misalnya, potongan pesan email atau halaman web) yang mengalir dari sumber ke tujuan melalui jaringan yang terhubung dengan *router*. *Router* beralih arah di

mana paket bergerak. Sumber, tujuan, dan kolektif *router* disebut *node*.

Setiap paket membuat pesan dapat melalui jalan yang berbeda melalui jaringan *router*. Jika satu link terputus, mengarahkan *router* paket untuk menggunakan jalur alternatif. Paket berisi KEDUA data aplikasi-program pengguna (bagian *payload*) dan *header* (bagian control). *Header* berisi alamat tujuan dan antrian informasi lainnya menentukan bagaimana paket yang beralih dari satu *router* yang lain.

Kegunaan dari internet tergantung pada beberapa asumsi penting:

- *Continuous, Bidirectional End-to-End Path*: Koneksi dua arah terus tersedia antara sumber dan tujuan untuk mendukung interaksi end-to-end.
- *Short round-Trips*: relatif konsisten dan kecil delay di jaringan per mili detik, bukan jam atau hari dalam mengirim dan menerima paket data.
- *Symmetric Data Rates*: kecepatan data yang relatif konsisten dalam kedua arah antara sumber dan tujuan.
- *Low error rate*: Relatif sedikit kehilangan atau kerusakan data pada setiap jalur.



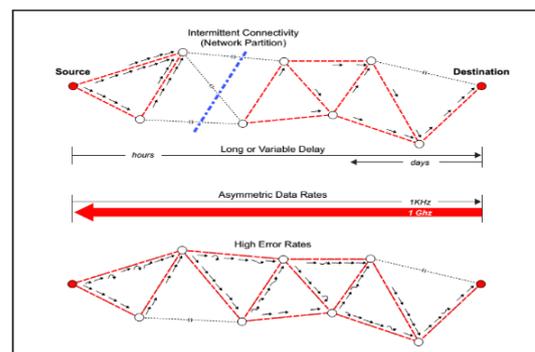
Gambar 1. Pengiriman Paket Data dalam Internet[5]

Banyak karakteristik komunikasi berkembang dan potensi tidak sesuai dengan asumsi yang mendasari Internet. Lingkungan ini ditandai dengan:

- *Intermittent connectivity* (koneksi yang tidak selalu ada): Apabila tidak terdapat jalur yang tersedia antara sumber dan tujuan disebut jaringan partisi. Dalam kasus tersebut, maka komunikasi end to end dengan menggunakan protokol TCP / IP tidak dapat dilakukan. diperlukan protokol tambahan untuk melakukan komunikasi pada jaringan tersebut.
- *Long* atau *variable delay* (waktu tunda yang panjang): Selain *intermittent connectivity*,

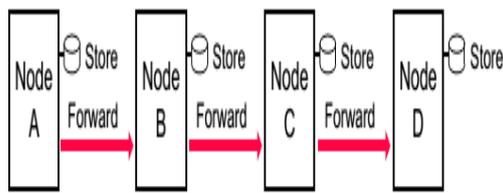
waktu tunda perambatan yang panjang antara *node* menghasilkan waktu tunda yang cukup panjang antara sumber dan tujuan. Hal ini membuat protocol IP tidak dapat dijalankan karena IP dan aplikasi-aplikasinya membutuhkan sinyal *acknowledgement* antara sumber dan tujuan dengan cepat.

- *Asymmetric Data Rates*: IP dapat dijalankan pada jaringan dengan laju data yang asimetris antara *download* dan *upload*. walaupun perbedaan laju dan tidak boleh terlalu besar. Contoh jaringan yang memiliki laju data yang asimetris adalah jaringan internet melalui TV kabel atau akses layanan DSL.
- *High Error Rate*: kesalahan bit pada jalur memerlukan koreksi (yang membutuhkan lebih bit dan lebih pengolahan) atau transmisi ulang dari seluruh paket (yang menghasilkan lalu lintas jaringan yang lebih).



Gambar 2. Komunikasi dalam Internet [5]

DTN mengatasi masalah yang terkait dengan koneksi yang selalu tidak ada, waktu tunda yang panjang, kecepatan data asimetris, dan tingkat kesalahan yang tinggi dengan menggunakan metode *Store and Forward*. Ini adalah metode yang sangat tua, yang digunakan oleh sistem pos sejak zaman kuno. Cara kerja metode *Store and Forward* yaitu sebuah paket data saat melewati *node-node* perantara atau *router* akan disimpan terlebih dahulu sebelum diteruskan. Hal ini untuk mengantisipasi seandainya *node* berikut tidak dapat dijangkau (mati) atau ada kendala yang lain. Ilustrasi konsep *Store and Forward* ditunjukkan pada gambar 3.

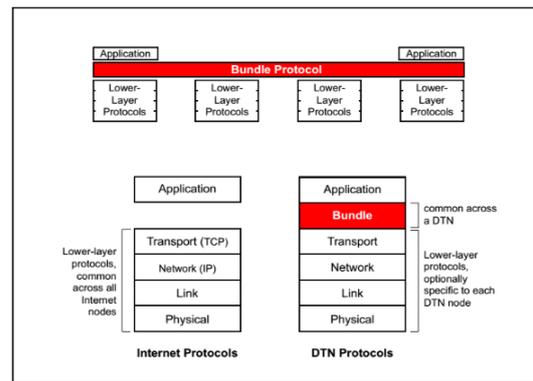


Gambar 3. Metode *Store and Forward*[5]

Dalam gambar diatas, menunjukkan proses pengiriman data dari *node* A dengan tujuan akhir *node* D. Saat melewati *node* B dan *node* C sebagai perantara, data disimpan terlebih dahulu sebelum dikirimkan apabila koneksi dengan *node* berikutnya telah siap. Metode *Store and Forward* berbeda dengan proses pengiriman data pada *TCP/IP*. Pada *TCP/IP*, *router* hanya menerima data dan langsung mem-*forward*. Akibatnya, jika koneksi putus di suatu tempat, data yang sedang dalam proses pengiriman tersebut akan hilang.

Metode *Store and Forward* memiliki konsekuensi yaitu setiap *node* harus memiliki media penyimpanan (*storage*). *Storage* digunakan untuk menyimpan data apabila koneksi dengan *node* berikutnya belum tersedia. Oleh karena itu, *router* yang hanya terdiri atas *router board* seperti yang biasa dipakai dalam jaringan *TCP/IP* tidak dapat digunakan dalam jaringan *DTN*. *Router* pada jaringan *DTN* harus memiliki media penyimpan, contohnya pada *router* yang berupa *PC*.

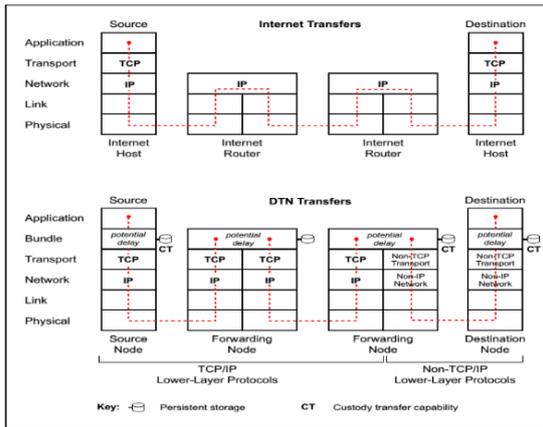
Arsitektur *DTN* mengimplementasikan metode *Store and Forward* pada paket switching dengan layer transmisi baru yang disebut layer *bundle*. Layer *bundle* adalah sebuah layer tambahan untuk memodifikasi paket data dengan fasilitas-fasilitas yang disediakan *DTN*. Layer *bundle* terletak langsung dibawah layer application. Didalam layer *bundle*, data dari layer application akan dipecah-pecah menjadi *bundle*. *Bundle* inilah yang akan dikirim ke layer transport untuk diproses lebih lanjut.



Gambar 4. *Layer Bundle* pada Protokol *DTN*[5]

Di Internet, protokol *TCP* dan *IP* yang digunakan di seluruh jaringan. *TCP* beroperasi pada titik akhir jalur, di mana dapat diandalkan pengiriman segmen *TCP* dari sumber ke tujuan. *IP* beroperasi pada semua *node* di jalur, di mana merupakan rute *IP* datagram. Dalam *DTN*, *node* adalah sebuah entitas dengan suatu layer *bundle*. Sebuah *node* dapat menjadi suatu *host*, *router* atau *gateway* atau kombinasinya bertindak sebagai sumber, tujuan atau *forwarder* dari *bundle* :

- a. *Host*, mengirim dan atau menerima *bundle*, tetapi tidak meneruskannya. suatu *host* dapat menjadi sumber atau tujuan dari sebuah transfer *bundle*. Layer *bundle* dari suatu *host* yang mengoperasikan jalur yang *delay* nya terlalu lama menggunakan *persistent storage* untuk *queue bundle* tersebut sampai jalur selanjutnya tersedia.
- b. *Router*, meneruskan *bundle* dalam suatu regional *DTN* tunggal dan dapat juga menjadi suatu *host*.
- c. *Gateway*, meneruskan *bundle* diantara dua atau lebih region *DTN* dan dapat menjadi suatu *host*. *Gateway* menyediakan konversi diantara layer protokol yang lebih rendah dari regionnya.



Gambar 5. Cara Kerja Layer *Bundle* di DTN[5]

Saat ini ada 6 model routing pada DTN yang dapat diuji dengan ONE Simulator yaitu diantaranya *Direct Delivery*, *Epidemic*, *First Contact*, *MaxProp*, *Spray and Wait* dan *Prophet V2*. [1]. Pada penelitian ini hanya menggunakan 4 model *routing* sebagai perbandingan untuk mendapatkan model *routing* yang optimal dengan memperhatikan ukuran file.

Epidemic (EP)

Protokol *routing* yang dalam proses penyebaran pesan antar *node* tidak memiliki batasan jumlah pesan yang direplikasi dari *source node* menuju *destination node*. Penelitian yang dilakukan oleh [9] dan diusulkan sebagai algoritma *DTN*. Dalam skema *Epidemic routing*, *node* menerima pesan lalu meneruskan salinan itu ke semua *node*. Dengan demikian, pesan tersebut tersebar di seluruh jaringan dengan *mobile node* dan akhirnya semua *node* akan memiliki data yang sama.

Meskipun tidak ada jaminan pengiriman data, algoritma ini dapat dilihat sebagai pendekatan upaya terbaik untuk mencapai tujuan. Setiap pesan dan *identifier* unik akan disimpan dalam *buffer node* yang disebut dengan *vektor* ringkasan. Setiap kali dua *node* yang berdekatan mendapatkan kesempatan untuk berkomunikasi satu sama lain, mereka saling bertukar dan bandingkan *vektor* untuk mengidentifikasi pesan yang belum mereka memiliki kemudian mereka mengirimkan *request*.

Dengan asumsi sumber daya yang cukup seperti *buffer* simpul dan *bandwidth* komunikasi antara *node*, protokol *Epidemic routing* yang menemukan jalur optimal untuk pesan pengiriman ke tujuan dengan *delay*

terkecil. Alasannya adalah bahwa *routing Epidemic* mengeksplorasi semua jalur komunikasi yang tersedia untuk menyampaikan pesan dan memberikan redundansi yang kuat terhadap kegagalan *node*.

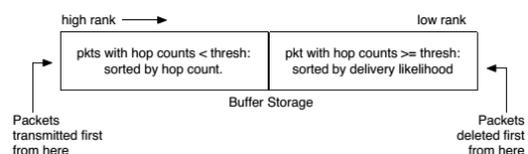
Kelemahan utama adalah membuang-buang dari sumber seperti *buffer*, *bandwidth* dan *node* daya karena penyampaian beberapa salinan pesan yang sama. Hal ini menyebabkan perselisihan ketika sumber daya yang terbatas, menyebabkan ini untuk menjatuhkan pesan.

Epidemic Routing disarankan untuk digunakan pada kondisi ketika ada algoritma yang lebih baik untuk menyampaikan pesan. Hal ini terutama berguna ketika ada kurangnya informasi tentang topologi jaringan dan pola mobilitas *node*.

MaxProp (MP)

Menurut penelitian [2] Protokol *MaxProp* menggunakan beberapa mekanisme meningkatkan tingkat pengiriman dan rendah *latency* dalam pengiriman paket.

MaxProp menggunakan beberapa mekanisme untuk menentukan urutan paket yang ditransmisikan dan dihapus. Gambar 6 menggambarkan mekanisme ini. Inti dari protokol *MaxProp* adalah daftar peringkat paket disimpan peer berdasarkan *cost* yang ditugaskan untuk setiap tujuan. *Cost* adalah perkiraan kemungkinan pengiriman. Selain itu, *MaxProp* memberikan prioritas yang lebih tinggi untuk paket baru, dan juga upaya untuk mencegah penerimaan paket yang sama dua kali.



Gambar 6. Strategi routing *MaxProp*

Spray and Wait

Konsumsi sumber daya yang boros dalam routing *Epidemic*, bisa secara signifikan berkurang jika tingkat distribusi tidak terkontrol. [7] mengusulkan *Spray and Wait* merupakan mekanisme untuk mengontrol tingkat penyebaran pesan ke seluruh jaringan. Mirip dengan routing *Epidemic*, *Spray and Wait* merupakan protokol yang tidak menganggap pengetahuan tentang topologi jaringan dan pola mobilitas *node* dan hanya berupa beberapa salinan dari pesan diterima menggunakan

teknik *flooding*. Perbedaan antara protokol ini dan skema *Epidemic routing* bahwa hanya pada menyebar salinan pesan.

Spray and Wait merupakan metode terdiri dari dua tahap, tahap *spray* dan *wait*. Dalam tahap *spray*, *node* sumber setelah meneruskan salinan pesan ke *node* yang pertama, melanjutkan ke tahap *wait*, yaitu *wait* untuk konfirmasi pengiriman. Pada tahap *wait* semua *node* yang menerima salinan dari pesan menunggu untuk bertemu *node* tujuan langsung untuk memberikan data untuk itu. Setelah data disampaikan konfirmasi dikirim kembali menggunakan prinsip yang sama.

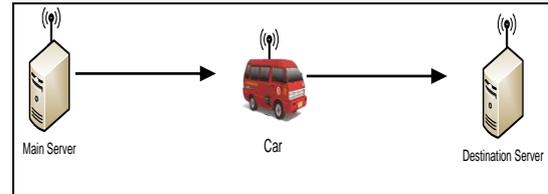
Prophet v2

Prophet v2 merupakan update fungsi yang digunakan dalam metode *Prophet*. menggunakan pengiriman prediktabilitas sebagai metrik untuk mengevaluasi kemungkinan satu *node* mampu menyampaikan pesan ke tujuan. *Forwarding* berdasarkan pengiriman prediktabilitas dan didasarkan sejarah, dan mencoba untuk memperkirakan *node* mana memiliki kemungkinan tertinggi untuk bisa menyampaikan pesan ke tujuan akhir berdasarkan pertemuan *node*.

Dalam proses pengiriman data dalam DTN terdapat 2 teknik dasar pengiriman pesan yaitu *Forwarding* dan *Replication*. Sebuah teknik umum untuk memaksimalkan probabilitas pengiriman paket adalah untuk replikasi untuk *node* yang berbeda sehingga setidaknya salah satu salinan akan berhasil mencapai tujuannya dengan probabilitas tinggi [10]. Protokol routing yang berperilaku seperti ini disebut *replication*. Sebaliknya, protokol DTN yang tidak meniru paket disebut berbasis *forwarding* [3], [8].

I. Metodologi

Rancangan simulasi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan The ONE Simulator berbasis Java untuk memodelkan pergerakan *node*, hubungan antar *node*, routing dan penanganan pesan. Berikut merupakan penjelasan dari gambar 7. rancangan pengiriman data.

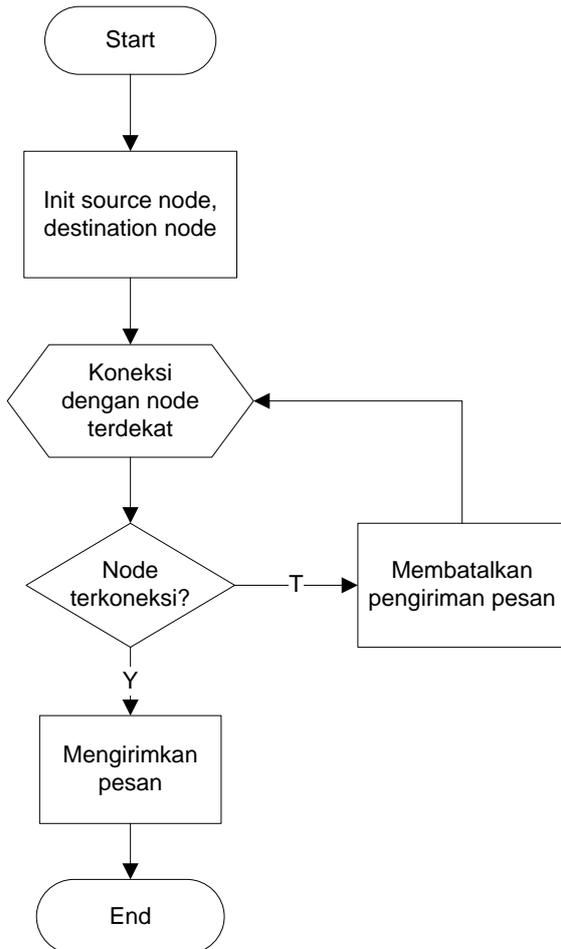


Gambar 7. Rancangan DTN dalam Pengiriman Data

Dari gambar 7 dapat dilihat bahwa main server merupakan *node* source sebagai server pembuat pesan, angkutan umum sebagai *router* DTN untuk mengirimkan pesan, dan destination server sebagai penerima pesan. Pesan yang dikirimkan memiliki 4 ukuran yang berbeda, yaitu 1 MB, 5 MB, 10 MB, dan 15 MB. Banyaknya *node* yang digunakan sebagai *router* DTN adalah sebanyak 15 *node*.

Pada simulasi ini diasumsikan angkutan umum memiliki peralatan komunikasi *high speed interface* seperti *wifi* yang bertugas sebagai perantara untuk pengiriman data dari source *node* ke destination *node*.

Dalam skenario pengiriman data ini menggunakan 4 protokol routing yaitu *Epidemic*, *MaxProp*, *Spray and Wait* dan *ProphetV2*. Sedangkan parameter yang akan dievaluasi yaitu *Message Delivery Report*, *Delivery Probability Report*, *Latency Average* dan *Overhead Ratio*.



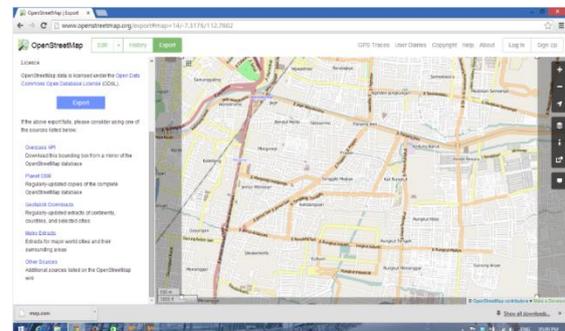
Gambar 8. Algoritma Pengiriman Pesan pada DTN

Tabel 1. Parameter Simulasi

Parameter	Value
Simulation Time	2 Hours
World Size	10000m x 10000m
Movement Model	Car Movement, Stationary Movement
Node Buffer Size	Car, Source, Destination = 50MB
Interface Type	Wi-Fi
Interface Transmit Speed	1375k
Interface Transmit Range	30m
Node Movement Type	Car Movement, Stationary Movement
Total Message Created	5992 Messages
Message Created Duration	From 0s to 7200s
Message Size	1MB, 5MB, 10MB, dan 15MB
Node Numbers	Source = 1, Car = 15, Destination = 1
Warm Up Time	0 second

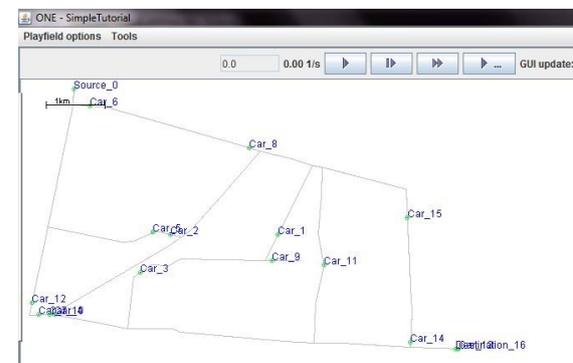
II. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan skenario DTN pada the ONE Simulator membutuhkan map yang memiliki skala yang tepat sesuai dengan kenyataannya.



Gambar 9. Peta Rute Pengiriman pada Openstreetmap.org

Gambar 9. merupakan hasil *screenshot* dari peta yang digunakan untuk rute pengiriman data. Rute yang dipakai adalah dari Terminal Joyoboyo Surabaya hingga kampus UPN”Veteran” Jatim. Peta didapatkan dari website *Openstreetmap.org* yang di digitalisasi menggunakan GIS Openjump untuk mengubah format dari .jpg menjadi .wkt (well known format) untuk digunakan pada simulasi *the ONE Simulator*.

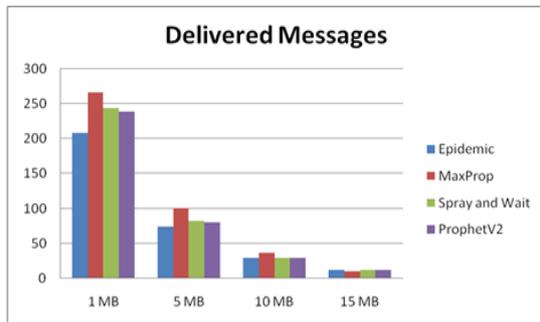


Gambar 10. Peta Rute Node dalam Konfigurasi *the ONE Simulator*

Gambar 10. merupakan hasil berupa peta dari kode koordinat digitalisasi yang telah diterapkan ke dalam the ONE Simulator untuk pergerakan *node* pengiriman data berdasarkan skenario simulasi.

Dari hasil uji coba sesuai dengan skenario yang telah dirancang maka dihasilkan grafik yang menunjukkan perbandingan pengiriman data dengan 4 ukuran pesan yang berbeda, 4 model *routing* yang berbeda. [9]

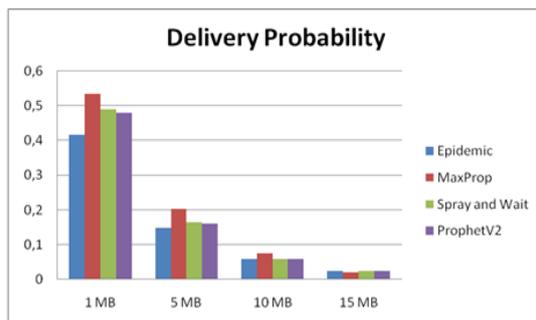
Nilai Delivered Messages dalam Pengiriman Data



Gambar 11. Grafik Nilai *Delivered Message*

Gambar 11. merupakan grafik *delivered message* dari pengiriman data sebesar 1 MB, 5 MB, 10 MB, dan 15 MB dengan 4 model routing. Grafik diatas menunjukkan bahwa routing *MaxProp* memiliki nilai yang paling tinggi sehingga *MaxProp* merupakan routing yang baik dalam hal pengiriman pesan.

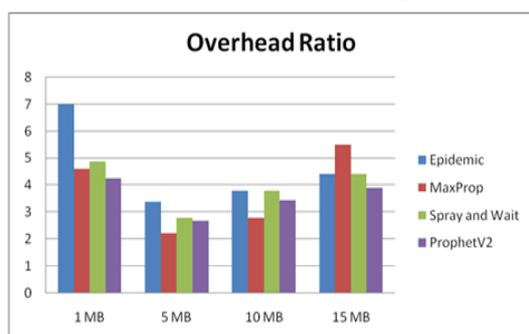
Nilai Delivery Probability dalam Pengiriman Data



Gambar 12. Grafik Nilai *Delivery Probability*

Dari gambar 12. menunjukkan *MaxProp* memiliki nilai probabilitas yang paling tinggi dibandingkan dengan model routing lainnya.

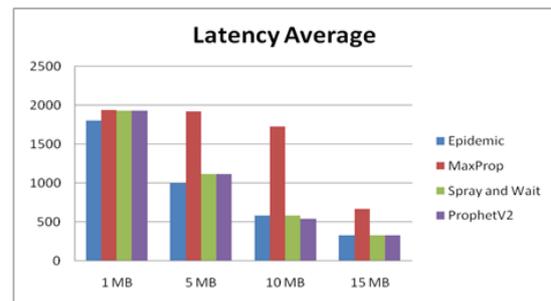
Nilai Overhead Ratio dalam Pengiriman Data



Gambar 13 Grafik Nilai *Overhead Ratio*

Gambar 13. merupakan grafik yang menunjukkan nilai *overhead ratio* pada simulasi, dimana *overhead* merupakan lama paket disimpan sebelum diteruskan ke *node* yang lain. Pada pengiriman data sebesar 1 MB, 5 MB, dan 10 MB routing *Epidemic* merupakan routing yang memiliki nilai *overhead* yang tinggi.

Nilai Latency Average dalam Pengiriman Data



Gambar 14. Grafik Nilai *Latency Average*

Gambar 14. merupakan grafik yang menunjukkan *latency average*. *Latency average* merupakan jumlah waktu yang dibutuhkan paket untuk berpindah diseluruh koneksi jaringan. *MaxProp* merupakan model routing yang memiliki nilai *latency* yang tinggi untuk semua ukuran pesan 1 MB, 5 MB, 10 MB dan 15 MB.

III. Simpulan

Dalam penelitian yang dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

1. Semakin kecil ukuran pesan, maka semakin banyak pesan yang terkirim. Semakin besar ukuran data maka akan semakin sedikit pesan yang terkirim.
2. Pengiriman pesan dengan ukuran 1 MB – 10 MB, routing *MaxProp* memiliki kemampuan untuk mengirimkan pesan lebih banyak dibanding model yang lain, tetapi memiliki kelemahan yaitu nilai *latency* yang tinggi.
3. Semakin besar ukuran pesan maka semakin menurun nilai *latency* dan semakin meningkat nilai *overhead* nya.

IV. Daftar Pustaka

[1] A. Keranen, J. Ott, and T. Karkkainen. (2009). The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation. in Proc. 2nd. in conf. on Simulation Tools and Techniques.

- [2] Burgess, J., Gallagher, B., Jensen, D., Levine, B. N. (2006). *MaxProp: Routing for Vehicle Based Disruption Tolerant Networks*. In *Proceedings of IEEE Infocom* on April.
- [3] D. Henriksson, T.F.Abdelzaher, R.K. Ganti. 2007. A Caching Based Approach to Routing in *Delay Tolerant Networks*. in Proc. of ICCCN Honolulu, HI, pp. 69-74.
- [4] Emir M. Husni, Ari Rinaldi Sumarmo. (2010). Delay Tolerant Network Utilizing Train for News Portal and Email Services. 2010 3rd International Conference on ICT4M.
- [5] Forrest Warthman. (2012). Delay-Tolerant-Networks (DTNs) A Tutorial version 2.0. Warthman Associates.
- [6] Lindgren, A., Doria, A., Schelen, O.(2004). Probabilistic routing in intermittently connected networks. In *The First International Workshop on Service Assurance with Partial and Intermittent Resources (SAPIR)*.
- [7] Spyropoulos, T., Psounis, K., and Raghavendra, C. S. (2005). *Spray and Wait: An Efficient Routing Scheme for Intermittently Connected Mobile Networks*. In *Proc. of the ACM SIGCOMM Workshop on Delay-Tolerant Networking(WDTN)*.
- [8] S.Jain, K.Fall, R.Patra. (2004). Routing in a *Delay Tolerant Network*. in Proc. of ACM SIGCOMM, Portland, OR pp.145-157.
- [9] Adityawati, Dewi. (2014). Simulasi Kinerja Pengiriman Data dengan Protokol Routing Delay Tolerant Network (DTN) Menggunakan Alat Transportasi Publik. Skripsi UPN"Veteran" Jawa Timur.
- [10] Vahdat, A., dan Becker, D. (2000). *Epidemic routing for partially connected ad hoc networks*. Department of Computer Science, Duke University, Tech. Rep. CS-2000-06, April.