

Analisis Performansi Protokol Routing SeeR Pada Teknologi Delay-Tolerant Networks Berbasis Kendaraan

Sendy Achdika Maulana¹, Leanna Vidya Yovita², Tody Ariefianto Wibowo³

^{1,2,3} Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Jl. Telekomunikasi No. 1,

Terusan Buah Batu, Dayeuhkolot, Bandung, Jawa Barat 40257 Email:

sendyachdika@gmail.com

ABSTRAK

Vehicular networks merupakan jaringan dengan node berbasis kendaraan yang dinamis, sehingga memiliki konektivitas yang tidak dapat diperkirakan jalurnya. Bahkan dalam kondisi tertentu, jalur dari sumber ke tujuan belum terbentuk dengan sempurna menyebabkan delay yang beragam. Arsitektur Delay-Tolerant Networks (DTNs) diciptakan untuk menghadapi keterbatasan konektivitas seperti ini. Penelitian ini berdasarkan hasil simulasi teknologi DTNs menggunakan kendaraan sebagai node utama yang melintasi jalur pada peta yang ditentukan. Analisis protokol routing Simulated Annealing-based (SeeR) dilakukan dengan memperhatikan peningkatan jumlah kendaraan, penggunaan relay node serta model pergerakannya terhadap nilai rata-rata delay dan rasio pengiriman. Hasil uji terbaik, SeeR mampu menekan hingga 50% lebih nilai rata-rata delay dengan rasio pengiriman mencapai 98%.

Kata Kunci: Delay-Tolerant Networks, Vehicular Networks, Routing

I. PENDAHULUAN

Jaringan yang memungkinkan *node* dalam jaringannya bergerak secara dinamis, menyebabkan diskonektivitas sering terjadi dalam jaringan dan sulit untuk membentuk jalur *end-to-end* yang tetap. Arsitektur *delay-tolerant networks* (DTNs) dirancang untuk interoperabilitas terhadap kondisi jaringan tersebut yang berbasis pada sebuah abstraksi perpindahan (*switching*) pesan [1].

Pesan pada jaringan ini dikirimkan melalui *node* perantara sebagai bantuan dari arah sumber menuju ke arah tujuan. Mekanismenya ialah dengan menyimpan pesan dalam *buffer*nya, lalu membawa/menyimpannya seiring dengan pergerakan *node*. Ketika bertemu dengan *node* lain yang dirasa memiliki peluang untuk dapat mengirimkan pesan ke tujuan, pesan akan berpindah/bereplikasi ke *node* yang baru, begitu seterusnya hingga pesan diterima oleh *node* tujuan yang dimaksud.

Pergerakan *node* yang begitu dinamis dalam jaringan DTNs memberikan tantangan tersendiri untuk mengembangkan skema *routing* yang paling sesuai. Protokol *routing* SeeR [2] (*Simulated Annealing-based Routing*) memiliki skema pengambilan keputusan skema *routing* berdasarkan informasi yang tersedia secara lebih global serta berdasarkan perhitungan akumulasi fungsi *cost*, bukan informasi yang hanya didapat dari koneksi antar *node* secara lokal seperti *routing* pada umumnya. Dengan skema ini, SeeR dikembangkan untuk menawarkan perkembangan skema *routing* terbaik.

Perkembangan DTNs sudah mulai memasuki teknologi berbasis kendaraan. Kendaraan digunakan sebagai pembawa data dari sumber trafik ke *sinik* [3], ke dalam

jaringan. Komunikasi antar kendaraan ini dapat dimanfaatkan pengemudi untuk mendapatkan informasi mengenai kemacetan, kebedaraan lampu merah, kepadatan trafik lalu lintas, hingga *traffic safety approaches*.

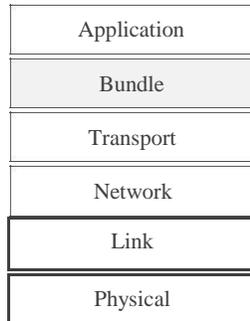
Pada [2] menjelaskan pengaruh ukuran *buffer* dan nilai TTL untuk SeeR, juga dibandingkan dengan protokol *routing* lainnya seperti: (1) PROPHETv2 [4]; (2) *Delegation Forwarding* (DF) [5]; dan *Contact-based Routing* (CBR) [6]. Berdasarkan penelitian ini, maka dilakukan penelitian lanjutan terhadap teknologi DTNs berbasis kendaraan menggunakan *routing* SeeR yang meneliti pengaruh jumlah kendaraan, penggunaan *relay node*, serta memperhatikan model pergerakan kendaraan yang sederhana.

Penggunaan *relay node* dalam penelitian ini dimaksudkan untuk menambah peluang pengiriman pesan serta menekan waktu pengiriman. *Relay node* sendiri ialah *node* perantara yang tersebar dalam jaringan ditempatkan di beberapa titik pada wilayah penelitian.

Delay-Tolerant Networks (DTNs)

Delay-tolerant networks (DTNs) mengatasi masalah konektivitas yang sering terputus dalam jaringan dengan *delay* yang lama dalam proses pengiriman pesan. Prinsip DTNs memungkinkan *node* jaringan untuk menyimpan pesan dan kemudian meneruskan pesan tersebut ketika terbentuk suatu konektivitas antar *node* dalam jaringan. Hal terpenting dalam DTNs ialah koneksi *end-to-end* yang tidak selalu tersedia dengan jelas dalam jaringan.

Gambar 1 menggambarkan arsitektur layer pada DTNs, jaringan ini menambahkan model *store-carry-and-forward* melalui layer *bundle* yang terdapat di antara layer aplikasi dan layer transport. Layer *bundle* juga memberikan *internetworking* pada wilayah jaringan yang berbeda. DTNs mengusungkan model komunikasi baru yang mengubah jalur komunikasi *end-to-end* menjadi sesi *hop-by-hop*, yang memungkinkan pengiriman pesan *asynchronous* (disebut *bundle*) melalui lingkungan jaringan yang secara fisik tertunda atau terganggu.



Gambar 1 Ilustrasi Arsitektur Layer Pada DTNs [7]

Dalam DTNs, konsepnya ialah memungkinkan aplikasi mengirimkan semua informasi yang diperlukan untuk transaksi, yakni seluruh blok program data aplikasi dan metadata/informasi kontrol untuk membantu *routing*. Secara kontras, DTNs tidak mengharapkan adanya *link* jaringan yang selalu tersedia melainkan memungkinkan *node* memilih untuk menyimpan pesan dalam jangka waktu yang relatif lama, sehingga pada DTNs membutuhkan penyimpanan yang presisten [8].

Simulated Annealing-Based Routing (SeeR) [2]

Sebagian besar protokol *routing* untuk DTNs menggunakan pendekatan *greedy heuristics* untuk menentukan keputusan *routing* yang berdasarkan keberadaan informasi yang didapat secara lokal, atau dapat dikatakan informasi yang didapat oleh antar *node* dalam jaringan ketika koneksi sedang berlangsung. Nyatanya, hal ini sering kali membuat protokol *routing* terjebak optimasi secara lokal saja. SeeR melibatkan eksplorasi dan eksploitasi sebagai solusi untuk menghindari optimasi terjebak dalam secara lokal dengan cara mengumpulkan dan mengkalkulasikan *cost function* tertentu, sehingga pertukaran *metadata* yang terjadi dalam jaringan melibatkan suatu bentuk optimasi secara global. Metadata ini yang dijadikan SeeR sebagai informasi yang akan digunakan untuk penentuan *routing* dalam jaringan.

Sebagai contoh, suatu *routing* protokol memungkinkan menggunakan satu set *user IDs*, atau yang lain, untuk ditukarkan dalam jaringannya. Semakin banyak tipe data

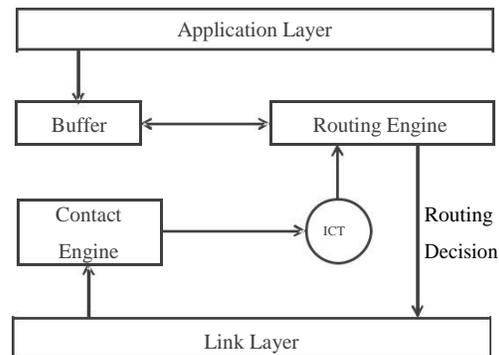
yang beredar dalam jaringan, dapat meningkatkan risiko terjadinya kebocoran keamanan.

Data-data yang digunakan SeeR sebagai satu kumpulan data yang dikalkulasi sebagai penentu *routing decision* diantaranya:

Rata-rata estimasi *inter-contact time* (ICT), lama waktu koneksi antar dua *node* yang dihitung selama kedua *node* tersebut saling terhubung,

Time-to-live (TTL) pesan, masa aktif suatu pesan,

Hop-count, banyaknya *hop* atau *node* yang dilalui suatu pesan.



Gambar 2 Ilustrasi Arsitektur SeeR [2]

SeeR menargetkan suatu performansi yang mampu mengurangi rata-rata *latency* dengan mendorong kemungkinan terbaik dalam pengiriman pesan. Gambar 2 memberikan gambaran arsitektur penentuan *routing* dalam SeeR. Mesin yang digunakan untuk mengatur rata-rata estimasi ICT ialah *contact engine*. Data ICT dan *hop-count* pada pesan dikalkulasi oleh *routing engine* untuk mengumpulkan *cost metric* pesan yang tersimpan dalam *buffer*. Lalu, data-data ini yang akan dijadikan SeeR sebagai bahan penentuan *routing* yang ditukar antar *node* dalam jaringannya.

Inspirasi SeeR berasal dari pemanasan secara fisik pada bahan metalurgi dengan suhu yang sangat tinggi. Dari sini, SeeR memiliki parameter *suhu* untuk penentuan *routing* dan meneruskan paket data. Variabel *suhu* di sini, langsung bekerja ketika koneksi mulai berlangsung, dan mutlak untuk penentuan dalam meneruskan pesan.

Secara garis besar, penentuan *routing* yang dilakukan SeeR ditentukan berdasarkan:

Routing cost function: untuk mengambil keputusan *routing*, SeeR mengatur beberapa fungsi *cost* yang didapatkan dari pertukaran informasi antar *node*. Fungsi *cost* pada suatu *node*, misalnya *node i*, yang memiliki pesan *m*, dirumuskan sebagai:

$$f(i, m) = x [1 + h(i, m)] \quad (1)$$

Jika *node i* ingin meneruskan pesan *m* ke *node j*, yang mana *node j* belum memiliki pesan *m* tersebut dalam *buffernya*. Fungsi *cost* pada *node j* akan dirumuskan sebagai berikut:

$$C(i, j) = \alpha \times [2 + h(i, j)] \quad (2)$$

Perlu dijadikan catatan bahwa pesan *m* dari *node i* diperbolehkan untuk melakukan perjalanan melalui lebih dari satu *node*. Penjelasan fungsi *cost* di atas terdiri dari: (1) Rata-rata estimasi ICT *node*, ICT ialah rata-rata waktu koneksi yang dikalkulasi oleh *node* ketika terjadi sebuah koneksi pada *node* lainnya dalam jaringan. Misalkan T_{ij} adalah ICT yang dihitung antara *node i* dengan *node j*. Jika pada satu waktu *t* selanjutnya terjadi koneksi kembali antara *node i* dan *node j*, *node i* sebagai *node* pengirim akan memberikan sebuah nilai:

$$T_{ij} = \alpha \times T_{ij} + (1 - \alpha) \times t \quad (3)$$

α bernilai sebuah rentang dari 0 hingga 1 yang menandakan seberapa lebar pengaturan untuk pembaharuan estimasi ICT. Setelah melakukan

perhitungan ICT, T_{ij} akan kembali bernilai waktu *t*; (2) TTL pesan, berupa sebuah nilai sisa waktu bertahan pesan *m* dalam satu waktu t , $\rho(m, t)$:

$$\rho(m, t) = \frac{m.ttl}{m.createdAt + t} \quad (4)$$

m.ttl akan bernilai sisa TTL pesan, dan *m.createdAt* adalah waktu ketika pesan *m* dibuat; (3) *Hop-count* pesan, setiap kali *node* meneruskan pesannya ke *node* lain, nilai *hop-count* akan meningkat seiringan. Untuk itu, nilai *hop-count* pada sumber akan bernilai 0. *Simulated annealing* pada satu pesan: seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, SeeR memiliki parameter *suhu* untuk simulasi protokol *routingnya* yang terletak pada setiap pesan. Inisial *suhu* dinotasikan sebagai θ . Inisial ini diatur ketika pesan dibuat. Sebagai konsep ‘didinginkan dengan kontrol’, inisial *suhu* ini akan menurun seiring terjadinya percobaan koneksi pada jaringan. Penurunan *suhu* ini diatur oleh koefisien pendinginan, β . Untuk itu, ketika pendinginan ini terjadi, *suhu* pada satu pesan *m*, $\theta(m)$, akan menurun sebanyak $\theta(m) = \beta \times \theta$, k menunjukkan angka sudah berapa replikasi yang

Replikasi pesan: replikasi pesan akan terjadi jika *node-node* yang berada di sekitar *node* pengirim telah ditentukan untuk dijadikan pertimbangan dalam proses replikasi atau meneruskan pesan. Pada akhirnya, fungsi untuk menentukan keputusan *routing*

dirumuskan sebagai:

$$P(i, j) = \frac{C(i, j)}{\sum_{k \in N(i)} C(i, k)} \quad (5)$$

Fungsi di atas ditentukan untuk pertimbangan replikasi pesan *m* dari *node i* ke *node j*. Dapat disimpulkan bahwa *node i* akan mereplikasi pesan ke *node j* jika perbedaan *cost* antar dua *node* bernilai negatif. Jika dihasilkan perbedaan *cost* yang positif, *acceptance probability* akan dihitung berdasarkan:

$$P = \exp(-\Delta C) \quad (6)$$

II. METODE

Penelitian ini melakukan analisa terhadap performansi algoritma *routing* SeeR yang diterapkan pada jaringan DTNs berbasis kendaraan. Analisa performansi dilakukan di wilayah dengan skenario yang beragam. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi performansi algoritma *routing* SeeR yang diterapkan di daerah dengan karakteristik tertentu dengan memperhatikan kekurangan dan kelebihan dari algoritma *routing* yang dianalisis.

SeeR mengambil asumsi bahwa *nodenya* tidak mengetahui keberadaan lokasinya tanpa perangkat *positioning* pendukung seperti GPS dan peta. Data penelitian didapat berdasarkan hasil simulasi menggunakan ONE simulator [9] yang didesain untuk evaluasi jaringan DTNs, dari skenario-skenario yang dipilih akan dikumpulkan dan dianalisis. Parameter yang dianalisis adalah pengaruh jumlah kendaraan serta penggunaan *relay node*.

Peta wilayah yang dipilih untuk penelitian diambil dari ONE simulator *packaging*, Helsinki downtown dengan luas wilayah 4.500 m x 3.400 m. Penelitian untuk pengaruh jumlah kendaraan tersebar dalam peta dengan tiga grup kendaraan: (1) Mobil, kecepatan 5-20 m/s, waktu tunggu tiap pemberhentian 5-15 menit; (2) Bis, kecepatan 7-10 m/s, waktu tunggu tiap pemberhentian 10-30 detik; (3) Kereta lokal, kecepatan 7-10 m/s, waktu tunggu tiap pemberhentian 10-30 detik. Waktu simulasi berjalan selama 12 jam.

Untuk mendukung standar penggunaan parameter komunikasi antar kendaraan. penelitian ini

terjadi pada pesan m . Proses ini berulang setiap kali terjadi koneksi pada $node$ yang membawa pesan m

sampai nilai $suhu$ melampaui titik $threshold$ nya, Untuk memperjelas penggunaan parameter SeeR, tabel 1 memberikan keterangan nilai yang digunakan. Nilai ini diatur dalam pengaturan algoritma SeeR dalam simulator.

Tabel 1 Nilai parameter SeeR

Parameter	Nilai
	0.6
	15000
	(0.95, 1)
	0.001

Variabel performasi yang diukur dalam penelitian ini antara lain: (1) Rasio pengiriman, atau *delivery probability*, menunjukkan tingkat kemungkinan pesan terkirim secara sempurna ke tujuannya; (2) Rata-rata *latency*, atau delay, menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan pesan untuk melakukan perjalanan sampai tujuannya.

Tabel 2 Pengaturan nilai simulasi pada simulator ONE

Parameter	Nilai
Waktu simulasi	12 jam (43.200 detik)
Protokol <i>routing</i>	SeeR
Ukuran <i>buffer</i>	250MB
TTL pesan	100 menit
Antarmuka radio	WiFi 802.11b
Tipe antarmuka	<i>Simple Broadcast</i>
Jumlah <i>node</i>	(25, 50, 75, 100)
Rentang pembuatan pesan	(25 - 35) seconds
Rentang ukuran pesan	(0.5 - 1) MB
<i>Relay node</i>	(0, 5, 10)

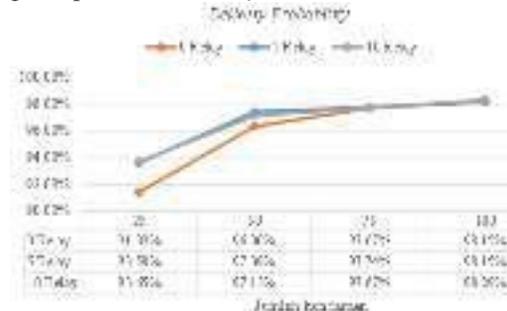
Tabel 2 menunjukkan pengaturan nilai-nilai simulasi yang menunjukkan lingkungan seperti apa yang diinginkan dalam penelitian. Skenario simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu: (1) Menganalisa pengaruh perubahan jumlah kendaraan/*node* dalam performasi jaringan. Besaran jumlah kendaraan tersedia pada tabel 2; (2) Menganalisa pengaruh penggunaan *relay node/node* statis yang digunakan untuk menyimpan dan meneruskan pesan. Perlu diperhatikan bahwa *relay node* diatur sebagai *node* yang tidak dapat membentuk pesan baru. Jumlah *relay node* yang diteliti dituliskan pada tabel 2.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan menjelaskan data-data yang didapat dari hasil simulasi beserta analisisnya. Hasil analisis ini didapat berdasarkan simulasi yang telah dikonfigurasi sesuai skenario yang telah dibahas pada pembahasan sebelumnya.

mempertimbangkan standar IEEE 802.11b. Untuk itu, kecepatan transmisi pada penelitian ini diatur 2 Mbps dengan jangkauan transmisi sejauh 100 m.

Hasil analisis pertama untuk performasi rasio pengiriman, atau *delivery probability*. Data disajikan dalam bentuk persentase. Gambar 3 menunjukkan grafik hasil simulasi pengaruh perubahan jumlah kendaraan beserta pengaruh penambahan *relay node*.



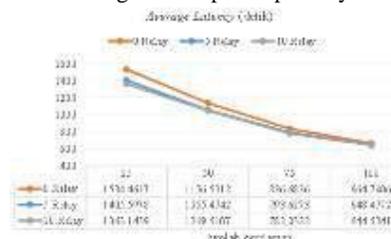
Gambar 3 Grafik performasi rasio pengiriman pesan

Hasil simulasi dapat diamati bahwa jumlah kendaraan sangat mempengaruhi rasio pengiriman pesan. Semakin padat jumlah kendaraan yang tersebar dalam jaringan, rasio pengiriman pesan akan turut meningkat. Kondisi terbaik pada jumlah 100 kendaraan mencapai rasio 98,29%.

Sejauh ini dapat disimpulkan bahwa SeeR mampu memberikan layanan terbaik dalam pengiriman pesan. Ditunjukkan dengan rasio pengiriman yang berada di angka lebih besar dari 90%.

Penambahan *relay node* dalam pengaruhnya terhadap rasio pengiriman pesan mampu memberikan pengaruh lebih baik lagi pada performasinya. Hal ini disebabkan sifat *relay node* yang statis. Sehingga ketika terdapat kesempatan untuk membentuk koneksi, pesan dalam kendaraan dapat disimpan sementara di *relay node*. Tidak seperti kendaraan yang selalu bergerak, *relay node* tetap diam hingga menemukan kendaraan lain yang dirasa mampu membawa pesan ke tujuan. Menjadikan semakin banyak pesan yang terkirim sampai tujuannya.

Penambahan *relay node* juga perlu memperhatikan titik-titik penempatannya. Hal ini memberikan penjelasan bahwa dari *relay node* berjumlah 10, tidak memberikan hasil yang berbeda dengan 5 *relay node*. Hal ini dapat diperkirakan karena penempatan 5 *relay node* sudah mampu mewakili titik-titik strategis untuk penempatannya.



Gambar 4 Grafik performasi rata-rata delay

Hasil analisis kedua untuk performasi rata-rata *delay*, atau *average latency*. Data disajikan dalam bentuk persentase. Gambar 4 menunjukkan grafik hasil simulasi pengaruh perubahan jumlah kendaraan beserta pengaruh penambahan *relay node*.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pengaruh perubahan jumlah kendaraan mampu menurunkan rata-rata *delay* pengiriman pesan. SeeR mampu menekan angka rata-rata *delay* hingga 56,7% akibat penambahan jumlah kendaraan. Hal ini dapat disimpulkan karena semakin banyak kendaraan, semakin banyak *node* yang ikut berperan dalam pengiriman pesan. Sehingga mempercepat pengiriman pesan sampai ke tujuannya.

Pengaruh penambahan *relay node* juga ikut berperan dalam mengefisiensi waktu pengiriman pesan. Hal ini ditunjukkan dengan turut berkurangnya waktu *delay* yang disebabkan pengaruh penambahan *relay node*. Sifat *relay node* yang statis menjadikan pengiriman pesan lebih efisien, menyebabkan *delay* yang dibutuhkan juga semakin kecil.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini telah disetujui oleh Mr. Barun Saha sebagai pengembang *routing* SeeR, dan penulis ingin mengucapkan terima kasih untuk Mr. Barun Saha dan timnya.

IV. PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil studi dalam skenario pada penelitian ini, algoritma SeeR mampu dijadikan salah satu algoritma pertimbangan untuk jaringan DTNs. Dikarenakan performasi SeeR yang mampu memberikan rasio pengiriman yang tinggi dengan waktu tempuh pengiriman paket yang kecil. Selain itu, daerah dengan kepadatan kendaraan yang tinggi lebih diutamakan untuk penggunaan *routing* ini. Penambahan *relay node* juga disarankan guna meningkatkan performasi lebih dalam.

Saran

Penelitian selanjutnya untuk SeeR dapat dilakukan dengan percobaan terhadap transportasi umum dengan perubahan parameter-parameter SeeR juga penyesuaian lebih dalam dengan lingkungan penelitiannya.

DAFTAR PUSTAKA

(1) K. Fall, "A Delay-Tolerant Network Architecture for Challenged Internets," Intel Research Berkeley, Februari, 2003.

- (2) B. K. Saha, S. Misra, and S. Pal, "SeeR: Simulated Annealing-based Routing in Opportunistic Mobile Networks," IEEE Transactions on Mobile Computing, 2017.
- (3) D. Niyato; et al., "Performance Analysis of the Vehicular Delay Tolerant Network," dalam IEEE Communication Society subject matter experts for publication in the WCNC, 2009.
- (4) S. Grasic, E. Davies, A. Lindgren, and A. Doria, "The evolution of a DTN routing protocol - PROPHETv2," dalam Proceedings of the 6th ACM Workshop on Challenged Networks, New York, 2011.
- (5) V. Erramilli, M. Crovella, A. Chaintreau, and C. Diot, "Delegation forwarding," dalam Proceedings of the 9th ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing, New York, 2008.
- (6) S. Pal and S. Misra, "Contact-based routing in DTNs," dalam Proceedings of the 9th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, New York, 2015.
- (7) J. J. P. C. Rodrigues; et al., Advances in Delay-tolerant Networks (DTNs), Woodhead Publishing, 2015.
- (8) V. Cerf; et al., "Delay-Tolerant Networking Architecture," The IETF Trust, 2007.
- (9) A. Keranen, J. Ott, and T. Karkkainen, "The ONE simulator for DTN protocol evaluation," dalam Proceedings of the 2nd International Conference on Simulation Tools and Techniques, ICST, Brussels, Belgium, 2009.