

Analisis Kinerja Protokol Routing Social Aware Berbasis Konten Pada Opportunistic Network

Ricky Yonas¹, Bambang Soelistijanto²

^{1,2} *Universitas Sanata Dharma*

^{1,2} *Jalan Afandi, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281 INDONESIA*

rjonas34@gmail.com¹, b.soelistijanto@usd.ac.id²

Abstract— Opportunistic Networks (OppNet) is one of Delay Tolerant Network (DTN) application. It is a wireless communication that does not require any infrastructure thus, the difference between OppNet and conventional cellular communication is obvious. In OppNet, nodes are communicating via other node's radiowave (in this case, we used Bluetooth). Messages are handed over node by node until it reaches its destination node. In social aware routing protocol, social weights are given to each node. Social weights will determine node's movement and its transitivity or even its community to help messages reach its destination faster. With transitivity, the delivery probability can reach an optimum number of 80%, that means in every 10 messages, 8 messages are successfully delivered.

Keywords— Opportunistic Networks, Social Weights, Node Movement, Node Transitivity, Wireless Communication.

I. PENDAHULUAN

Saat ini Internet telah menjadi salah satu media atau sarana penyaji dan pertukaran informasi yang banyak digunakan oleh masyarakat di seluruh dunia. Dalam proses mengakses Internet, terkadang kita memiliki kendala. Kini kendala tersebut dapat diatasi dengan memanfaatkan salah satu arsitektur dan protokol jaringan yang bernama Opportunistic Network. Opportunistic Network adalah salah satu evolusi yang paling menarik dari MANET (Mobile Ad-hoc Network). Dalam Opportunistic Network, setiap node tetap dapat bertukar informasi walaupun tidak ada rute yang menghubungkan. Dengan Opportunistic Network, layanan Internet dapat diterapkan dan disajikan untuk suatu area yang memiliki karakteristik menantang seperti tingkat delay dan packet loss yang tinggi, dan tingkat konektivitas yang rendah.

Pada Opportunistic Network, perangkat memiliki mobilitas yang tinggi dan resource yang sangat terbatas. Berbagai macam jenis protokol pada Opportunistic Network mencoba untuk mencari titik optimal pengiriman pesan dengan meminimalisir performa aspek lainnya. Berangkat dari sebuah ide tentang ketergantungan manusia dan Internet yang telah berubah, kini Opportunistic Network terus dikembangkan. Dahulu, manusia harus mencari tempat yang terhubung dengan Internet jika ingin menggunakan Internet. Saat ini Internet dirancang untuk tidak dicari oleh manusia, melainkan Internetlah yang akan mencari manusia. Oleh sebab itu pendekatan psikologis juga turut terlibat dalam proses perkembangannya.

A. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah utama yang akan dibahas adalah mengenai analisa unjuk kerja dari protokol social aware berbasis konten pada Opportunistic Network.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui unjuk kerja protokol social aware, kelebihan, serta kekurangannya pada Opportunistic Network, yang diukur dengan beberapa parameter unjuk kerja, yaitu delivery ratio, latency, dan overhead ratio.

II. DASAR TEORI

Jaringan wireless adalah jaringan dengan menggunakan teknologi nirkabel, dalam hal ini adalah hubungan telekomunikasi suara maupun data dengan menggunakan gelombang elektromagnetik sebagai sarana pengganti kabel. Teknologi nirkabel ini lebih sering disingkat dengan istilah jaringan wireless. Teknologi wireless juga dapat digunakan untuk komunikasi, dikenal dengan istilah wireless communication atau transfer informasi secara jarak jauh tanpa batasan penggunaan kabel, misalnya telepon seluler, jaringan komputer wireless dan komunikasi satelit. Pengontrolan secara jarak jauh tanpa menggunakan kabel adalah salah satu aplikasi wireless. Misalnya penggunaan remote TV. Sekarang ini penggunaan wireless semakin marak sejak masyarakat menggunakan ponsel atau penggunaan layanan wifi atau hotspot. Sebagai contoh, si pengguna bisa mengakses internet di dapur, bahkan di basement gedung-gedung. Pengguna bisa saja mentransfer file antara komputer melalui jaringan wireless. Jaringan wireless menggunakan Standard Institute of Electrical and Electronics Engineers 802.11 atau IEEE 802.11. IEEE merupakan organisasi yang mengatur Standard mengenai teknologi wireless. Frekuensi kerja jaringan wireless adalah 2,4 GHz, 3,7 GHz dan 5 GHz.

Topologi pada jaringan nirkabel ini dibagi menjadi dua, yaitu topologi nirkabel dengan berbasis infrastruktur (access point) dan topologi nirkabel tanpa memanfaatkan infrastruktur. Jaringan wireless infrastruktur kebanyakan digunakan untuk memperluas jaringan LAN atau untuk berbagi jaringan agar dapat terkoneksi ke internet. Untuk membangun jaringan infrastruktur diperlukan sebuah perangkat yaitu wireless access point untuk menghubungkan client yang terhubung dan manajemen jaringan wireless.

A. Opportunistic Network

Opportunistic Network (OppNet) atau biasa disebut juga sebagai Delay-tolerant Network (DTN) adalah sebuah metode komunikasi dan pertukaran informasi pada perangkat bergerak tanpa menggunakan infrastruktur seperti access point, Base Transceiver Station (BTS), maupun satelit. Berbeda dengan MANETs, OppNet memungkinkan perangkat tetap bisa berkomunikasi meskipun terputus dalam waktu yang cenderung lama atau jarak yang jauh. Dalam Opportunistic Network terdapat sebuah mekanisme yang disebut sebagai store, carry, and forward. Mekanisme ini adalah aspek yang sangat penting dalam OppNet karena

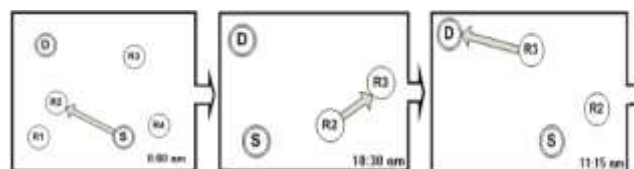
memungkinkan untuk menyampaikan pesan dari node pengirim (source) ke node tujuan (destination).

OppNet merupakan arsitektur yang cocok pada jaringan yang ekstrim. Maksud dari ekstrim adalah jaringan yang penuh dengan tantangan, seperti delay yang tinggi, koneksi yang sering terputus dan tingkat error yang tinggi

Perlu diketahui terciptanya konsep OppNet adalah untuk komunikasi luar angkasa. Komunikasi luar angkasa memiliki karakter delay pengiriman yang lama (akibat jarak yang jauh) dan koneksi end-to-end yang tidak selalu ada (bahkan tidak ada). Misalkan pada pengiriman data dari stasiun bumi ke sebuah kendaraan di Mars. Pengiriman ini memerlukan beberapa satelit dan stasiun luar angkasa sebagai router. Koneksi end-to-end hampir mustahil dibangun sehingga pengiriman data dengan TCP/IP tidak mungkin dilakukan. Yang memungkinkan adalah mengirim data secara bertahap dari satu node ke node berikutnya, kemudian disimpan. Selanjutnya dapat diteruskan ke node berikutnya setelah ada koneksi. Dengan DTN, model pengiriman data seperti ini sangat mungkin untuk dilakukan.

B. Store, Carry, Forward

Fase store, carry, and forward terjadi pada saat pesan baru saja dibuat pada sebuah node (source), sampai pesan disampaikan kepada destination. Pada OppNet, source tidak langsung terhubung dengan destination, oleh karena itu source harus menitipkan pesannya kepada node lain yang ada pada jangkauan radionya. Node perantara yang membawa pesan titipan dari source biasa disebut sebagai relay node. Relay akan menyimpan pesan yang dititipkan ke dalam buffer nya. Relay juga bertugas untuk membawa (carry) atau menyampaikan pesan (forward) jika ternyata destination masuk ke jangkauan radionya.



Gambar 1. Proses store, carry, and forward pada Opportunistic Networks Metodologi Penelitian

Gambar 1 menunjukkan proses pengiriman data dari source node dengan tujuan akhir destination node. Saat melewati node R2 data akan disimpan terlebih dahulu, kemudian node R2 akan menyimpan pesan terdahulu dan kemudian ia akan membawa pesan tersebut menuju node R3. R3 akan menyimpan pesan tersebut dan kemudian membawa pesan ke destination. Metode store, carry 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 (drop). Metode store, carry dan 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 routerboard seperti yang biasa dipakai dalam jaringan TCP/IP tidak dapat digunakan di OppNet. Router pada jaringan OppNet harus memiliki media penyimpanan, contohnya pada router yang berupa PC. Dalam OppNet, proses store, carry and forward dilakukan pada sebuah layer tambahan yang disebut Bundle layer, dan data yang tersimpan sementara disebut dengan bundle. Bundle layer adalah sebuah layer tambahan untuk memodifikasi paket data dengan fasilitas-fasilitas yang disediakan OppNet. Bundle layer terletak langsung di bawah layer aplikasi. Dalam bundle layer, data dari layer aplikasi akan dipecah-pecah menjadi bundle. Bundle inilah yang akan dikirim ke transport layer untuk diproses lebih lanjut.

C. *Protokol Routing pada Opportunistic Network*

OppNet adalah jaringan nirkabel di mana pemutusan dan delay sangat sering terjadi karena mobility node, terputusnya aliran listrik dan sebagainya. OppNet berperan penting ketika delay dalam jaringan mulai diamati. Salah satu penyebabnya adalah karena gerakan node perantara bergerak secara acak yang bekerja sebagai pembawa data dari source ke destination. Untuk mencapai pengiriman data, akan dilakukan mekanisme “store, carry, and forward”. Mekanisme ini diambil di mana data secara bertahap disimpan terlebih dahulu di seluruh jaringan dan diharapkan pesan yang dikirim bisa sampai ke destination. Routing merupakan perpindahan informasi di seluruh jaringan dari node sumber ke node tujuan dengan minimal satu yang berperan sebagai perantara. Strategi routing di OppNet:

1. Strategi Flooding

Setiap node dibanjiri oleh pesan sehingga nodedestination menerima pesan tersebut. Beberapa duplikat dari pesan yang sama akan dibuat dan dikirim ke satu set node yang disebut relay node. Node tersebut akan menyimpan pesan sampai ia dapat menghubungi node tujuan.

Keuntungan:

- Kemungkinan yang besar agar source terhubung dengan destination.
- Tingkat keberhasilan yang tinggi pada pengiriman pesan.

2. Strategi Forwarding

Menggunakan pengetahuan jaringan untuk memilih jalur terbaik (shortest one) ke destination serta membuat penggunaan topologi jaringan dan pengetahuan lokal/global untuk menemukan rute terbaik dalam menyampaikan pesan ke tujuan.

Keuntungan:

- Tidak ada replikasi (lebih sedikit bandwidth).
- Lebih cepat karena menggunakan jalur routing yang terbaik

D. *Social Aware Opportunistic Network*

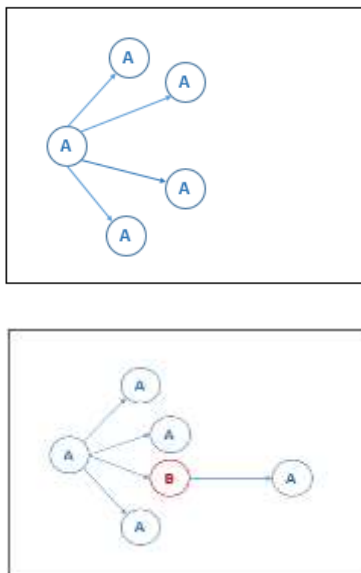
Seiring dengan perkembangannya, OppNet berusaha untuk lebih mendekati beragam pergerakan manusia, khususnya dari segi psikologis. Pada mulanya, pergerakan manusia diasumsikan sebagai sebuah gerakan acak (random) dengan probabilitas pertemuan satu manusia dan satu manusia lainnya yang cenderung sama. Tetapi dalam penerapannya, ternyata pergerakan manusia tidaklah random.

Pergerakan manusia ditentukan oleh beberapa faktor seperti tempat favoritnya, siapa teman-temannya, dimana komunitasnya berada dan lain-lain. Pemilihan relay terbaik sangatlah berbeda-beda menurut setiap protokol. Relay terbaik adalah node yang dianggap memiliki probabilitas tertinggi untuk bertemu dengan destination dengan delay yang relatif cepat.

Social Aware berbasis konten pada Opportunistic Network adalah salah satu metode routing yang bersifat multicast (satu source dengan banyak destination). Protokol jenis ini mengadopsi cara kerja dari protokol berbasis konten sebelumnya yaitu Publish-subscribe (Pub-sub), hanya saja jika pada jaringan Pub-sub sebuah node harus mengetahui seluruh topologi jaringan (karena biasanya jaringan Pub-sub diimplementasi pada jaringan wired), pada jaringan Social-aware ini sebuah node sumber informasi hanya perlu mengenal node satu hop disekitarnya dan node tersebut dapat mengenali node tetangganya dengan memanfaatkan node transitivity.

Pada protokol ini, ada sebuah aspek yang melekat pada setiap node yang disebut sebagai interest. Interest adalah sebuah parameter bawaan pada setiap node yang menentukan minat akses dari node tersebut. Sebagai contoh, terdapat node dengan interest A, dengan demikian node tersebut hanya menghasilkan atau menerima konten ber-interest A juga. Tetapi, node dengan interest A dapat berfungsi sebagai relay untuk node dengan interest lainnya tergantung dari hasil kalkulasi transitivity kedua node yang saling kontak.

Transitivity pada protokol ini menggunakan model encounters frequency transitivity, yaitu intensitas sebuah node bertemu dengan node lainnya. Kedua node yang saling kontak akan mengukur frekuensi pertemuannya dan node dengan frekuensi pertemuan yang sudah mencapai treshold akan dianggap memiliki transitivity yang kuat dan dianggap baik untuk menjadi relay node.

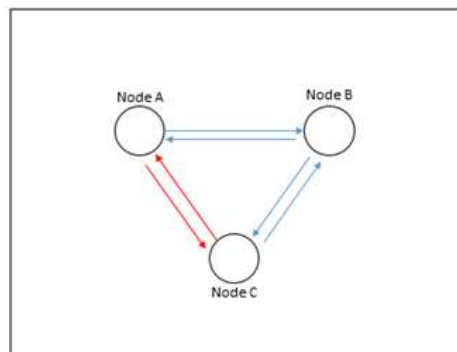


Gambar 2. Message Forwarding dengan model Multicast

Gambar 2 menunjukkan proses forwarding pesan pada protokol content-based social aware. Node dengan interest A akan menyebarkan atau melakukan forwarding ke node yang memiliki interest yang sama. Pada gambar 2b dijelaskan bahwa node dengan interest A dapat juga melakukan forwarding pesan kepada node dengan interest yang berbeda dengan catatan node yang akan menerima pesan harus memiliki transitivity yang kuat dengan node destination. Node transitivity pada protokol routing content-based social aware diukur dengan model encounters frequency.

E. Node Transitivity

Setiap pertemuan antar node akan dicatat dan diukur intensitas pertemuannya. Dalam protokol content-based social aware, dua buah node yang memiliki intensitas pertemuan (encounters) yang tinggi akan dianggap saling memiliki transitivity yang kuat pula. Jika kedua node sangat jarang bertemu, berarti kedua node tersebut bukan merupakan node yang baik untuk saling forward satu dengan lainnya. Transitivity adalah hal yang terpenting bagi sebuah node untuk membuat keputusan apakah node yang dijumpainya cocok untuk menjadi relay node dimana jika node A sering bertemu dengan node B, dan node B juga sering bertemu dengan node C, maka node C menjadi relay node yang baik bagi node A.



Gambar 3. Transitivity 3 buah node

Saat dua buah node bertemu, ada dua hal yang saling dipertukarkan, yaitu message summary vectors yang digunakan untuk meminta pesan yang unik (belum pernah diterima sebelumnya), dan delivery predictability vectors, yaitu vektor yang digunakan untuk mengidentifikasi manakah dari kedua node tersebut yang lebih baik untuk menyampaikan pesan ke destination. Encounters Frequency Transitivity dapat diukur dengan persamaan sebagai berikut : $P(a,b) = P(a,b)old + (1 - P(a,b)old) \times Pinit$ dimana *Pinit* merepresentasikan sebuah bilangan awal.

III. METODE PENELITIAN

A. Studi Literatur

Mencari dan mengumpulkan referensi serta mempelajari teori yang mendukung tugas akhir ini, seperti:

1. Teori jaringan opportunistic
2. Teori protokol social-aware\
3. Teori protokol social-aware (content-based)

4. Teori delivery probability, overhead ratio, latency, dan buffer occupancy.
5. Teori ONE simulator
6. Tahap-tahap dalam membangun simulasi

B. Perancangan

Dalam tahap ini penulis merancang skenario sebagai berikut:

1. Luas jaringan tetap
2. Penambahan jumlah node (density)
3. Penambahan TTL (time-to-live)
4. Penambahan kapasitas penyimpanan (buffersize)
5. Pergerakan node berdasarkan random waypoint
6. Pergerakan node berdasarkan working day movement
7. Pergerakan node berdasarkan real-human trace

C. Pembangunan Simulasi dan Pengumpulan Data

Simulasi jaringan opportunistic pada tugas akhir ini menggunakan ONE simulator (discret-event simulator) berbasis java.

D. Analisis Data Simulasi

Dalam tahap ini penulis menganalisa hasil pengukuran yang diperoleh pada proses simulasi. Analisa dihasilkan dengan melakukan pengamatan dari beberapa kali pengukuran yang menggunakan parameter simulasi yang berbeda.

E. Penarikan Kesimpulan

Penarikan kesimpulan didasarkan pada beberapa parameter unjuk kerja yang diperoleh pada proses analisis data.

IV. RANCANGAN SKENARIO SIMULASI

Simulasi yang akan dilakukan menggunakan beberapa skenario dan parameter pengujian guna mendapatkan hasil yang paling akurat. Beberapa parameter akan diubah seperti jumlah node, TTL, dan buffersize. Simulasi juga dilakukan di beberapa model pergerakan node (node movement) yang berbeda.

A. Node Movement

Simulasi pada OppNet dapat menggunakan bermacam-macam jenis pergerakan. Jenis pergerakan pada simulasi OppNet kebanyakan merupakan jenis pergerakan yang terdapat pada teori graph. Tetapi seiring dengan perkembangannya simulasi OppNet kini telah menyediakan berbagai macam pergerakan yang terjadi pada dunia nyata seperti pergerakan manusia (real-human trace), pergerakan kendaraan, dan lain-lain. Dalam simulasi kali ini, model pergerakan yang digunakan meliputi random waypoint, workingday movement, dan real-human trace versi MIT serta Huggle4 (Cambridge) sebagai pembanding.

1. Random Waypoint

Dalam teori pergerakan mobile node, model pergerakan random waypoint adalah sebuah gerakan pada node bergerak dimana kecepatan, akselerasi dan arah gerak berubah seiring dengan berjalannya waktu. Pergerakan random waypoint banyak digunakan untuk mensimulasikan pergerakan mobile node pada Mobile Ad-hoc Networks (MANET) dan Opportunistic Networks karena dianggap memiliki kompleksitas yang rendah tetapi tetap efektif. Dalam simulasi yang berbasis pergerakan random, setiap node

bergerak tanpa batasan. Dengan kata lain, tujuan, kecepatan, dan arah semuanya ditentukan secara random tanpa pengaruh dari node lainnya.

2. *Stationary Movement (Workingday)*

Kegiatan utama node pada pergerakan ini adalah di rumah, bekerja, dan aktivitas bersama teman-teman di malam hari. Hal seperti ini akan diulang setiap harinya hingga simulasi berakhir. Hubungan sosial akan terbentuk ketika beberapa node melakukan kegiatan yang sama. Misalnya node dengan lokasi kantor yang sama adalah rekan-rekan kerja. Aktivitas setiap node akan dimulai di pagi hari dari dalam rumah. Waktu untuk bangun pagi di dalam simulasi dirancang berbeda dari kehidupan nyata. Pada saat bangun, node akan meninggalkan rumah menggunakan transportasi dalam melakukan perjalanan ke tempat kerja. Setelah jam kerja selesai, node akan memutuskan untuk pergi mengikuti kegiatan malam atau pulang ke rumah.

3. *Real-human Trace*

Jenis pergerakan Real-human Trace adalah sebuah model pergerakan yang ditemukan oleh beberapa Universitas dan pusat penelitian besar diseluruh dunia seperti Reality Mining dari Massachusetts Institute of Technology (MIT), Huggle dari Cambridge University, dan lain-lain.

Reality Mining (MIT) adalah sebuah penambangan data riil yang dilakukan oleh Massachusetts Institute of Technology. Reality Mining berisi koleksi dan analisis tentang pergerakan sekelompok manusia yang diambil dengan perangkat wireless yang terkoneksi dengan GPS.

Jenis pergerakan Real-human Trace mengimitasi aspek-aspek penting pada kehidupan sosial manusia di dunia nyata yang kemudian dimodelkan ke dalam simulasi. Salah satu aspek yang terpenting adalah bobot sosial (social weights) pada setiap node. Bobot sosial pada kehidupan manusia di dunia nyata dapat berupa banyak sekali hal seperti tingkat popularitas, komunitas kegemaran atau hobi, tempat favorit, komunitas formal (sekolah, kampus, kantor), dan hal lainnya yang dapat membuat sebuah node untuk menemukan cluster nya.

Permodelan pergerakan Real-human Trace didapatkan dari sekelompok manusia yang masing-masing dibekali sebuah perangkat yang dapat menginformasikan gerakan dari tiap-tiap manusia itu selama beberapa minggu, bulan, bahkan tahun. Perangkat tersebut akan mengetahui tempat-tempat yang dituju, orang-orang yang ditemui, bahkan konten apa saja yang disukai.

B. *Skenario Simulasi*

Simulasi ini menggunakan tiga jenis pergerakan yaitu RandomWaypoint, WorkingDay Movement, dan Real Human Trace (MIT). Beberapa parameter untuk simulasi akan diubah mengikuti interval tertentu. Khusus untuk model pergerakan workingday movement dan real human trace, data yang diambil masing-masing berjumlah dua. Data pertama berisi hasil simulasi dengan node yang di kelompokkan ke dalam interest tertentu, lalu simulasi kedua berisi data

dengan kelompok node dan interest yang telah diacak (randomize). Perubahan untuk beberapa parameter simulasi dijelaskan dalam tabel-tabel berikut ini :

TABEL I TABEL SKENARIO PENAMBAHAN JUMLAH NODE

No	Node	TTL (Menit)	Buffer (MB)
1	180	300	25
2	180	720	25
3	180	1440	25
4	180	2880	25
5	180	5760	25

TABEL II TABEL SKENARIO PENAMBAHAN TTL

No	Node	TTL (Menit)	Buffer (MB)
1	60	1440	25
2	90	1440	25
3	120	1440	25
4	150	1440	25
5	180	1440	25

TABEL III TABEL SKENARIO PENAMBAHAN KAPASITAS BUFFER

No	Node	TTL (Menit)	Buffer (MB)
1	180	1440	5
2	180	1440	10
3	180	1440	15
4	180	1440	20
5	180	1440	25

Tiga parameter yang dipakai dalam penelitian ini adalah :

1. *Delivery Probability*

Delivery probability adalah rasio antara pesan yang sampai ke destination dan jumlah pesan yang dikirim. Jaringan memiliki kinerja yang baik apabila memiliki delivery probability yang tinggi. Delivery Ratio direpresentasikan dengan persamaan :

$$Delivery\ Probability = \frac{Jumlah\ Pesan\ yang\ Sampai\ ke\ Destination}{Jumlah\ Paket\ Yang\ Dibuat}$$

2. *Delay atau Latency*

Delay yang dimaksud adalah rata-rata waktu antara pesan dibuat dan pesan diterima oleh destination. Jaringan opportunistic memiliki rata-rata delay

yang tinggi karena sifat dari jaringan itu sendiri. Jaringan memiliki kinerja yang baik apabila memiliki rata-rata delay yang rendah. Delay direpresentasikan dengan persamaan :

$$Delay = \frac{\text{Waktu Saat Pesan Diterima} - \text{Waktu Saat Pesan Dibuat}}{\text{Jumlah Pesan Yang DiTerima}}$$

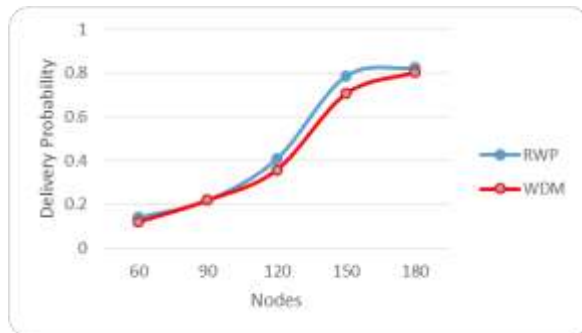
3. Overhead

Overhead adalah metrik yang digunakan untuk memperkirakan copy pesan dari original pesan yang disebarkan di dalam jaringan. Jaringan dikatakan memiliki kinerja yang baik apabila memiliki overhead yang rendah. Overhead ratio direpresentasikan dengan persamaan :

$$Overhead\ Ratio = \frac{\text{Jumlah Copy yang Diteruskan} - \text{Jumlah Copy yang Diterima}}{\text{Jumlah Copy yang Diterima}}$$

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

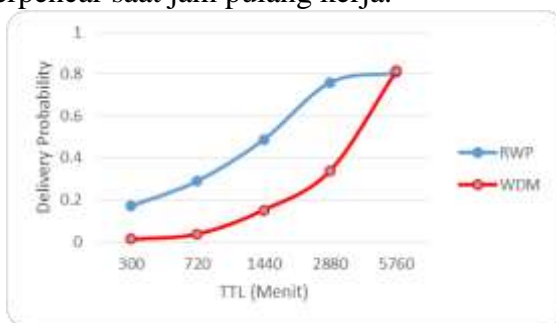
Pada sub-bab sebelumnya, data telah terkumpul dari simulasi. Dengan demikian, pada sub-bab ini akan dijelaskan lebih lanjut mengenai dampak pengubahan nilai parameter terhadap hasil simulasi. Pada sub-bab ini juga akan dijelaskan tentang perbandingan unjuk kerja protokol social-aware berbasis konten pada jenis pergerakan random waypoint, workingday movement, dan real-human trace. Pada model pergerakan workingday movement dan real human trace, data yang diambil masing-masing berjumlah dua. Data pertama berisi hasil simulasi dengan node yang di kelompokkan ke dalam interest tertentu, lalu simulasi kedua berisi data dengan kelompok node dan interest yang telah diacak (randomize).



Gambar 4. Hasil pengujian delivery probability terhadap perubahan node

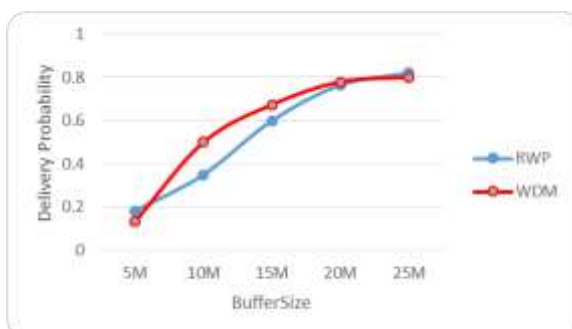
Grafik 1 diatas menunjukkan dampak yang terjadi pada penambahan jumlah node terhadap delivery probability. Terlihat angka delivery probability yang sangat optimal dari kedua jenis pergerakan yang disimulasikan (random waypoint, dan workingday movement). Seiring dengan bertambahnya jumlah node, delivery probability semakin meningkat dikarenakan semakin banyaknya node yang membantu me-relay-kan setiap pesan yang akan didistribusikan. Seperti terlihat pada grafik diatas, angka delivery probability berada di bawah 20% pada jumlah node 60, dan naik menjadi 79-80% pada jumlah node 180 yang dibagi menjadi 3 interest. Pada model pergerakan random waypoint, rata-rata latency dapat dikatakan lebih baik dibandingkan pada model pergerakan workingday movement.

Hal ini dikarenakan pada model pergerakan random waypoint setiap node bergerak secara random (kecepatan, dan arah) sehingga probabilitas pertemuan setiap node dengan node lainnya sama. Hal ini sangat ideal dalam proses relaying pesan. Latency pada pergerakan workingday wovement lebih besar karena node pada jenis pergerakan ini cenderung berkumpul (di kantor) dan akan mulai berpencar saat jam pulang kerja.



Gambar 5. Hasil pengujian delivery probability terhadap perubahan TTL

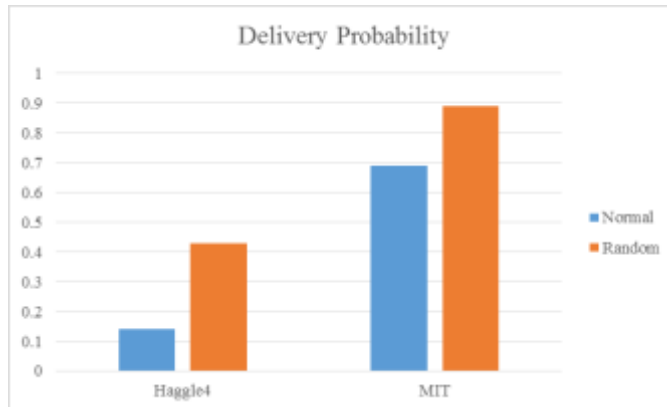
Grafik 2 menunjukkan dampak perubahan durasi TTL (time-to-live) yang terjadi pada delivery probability. Dapat dilihat pada grafik tersebut bahwa titik optimal durasi TTL pada random waypoint berada pada 2880 menit yang menghasilkan angka delivery probability yang sangat baik yaitu 80%. Pada model pergerakan workingday movement, titik optimal dari durasi TTL adalah 3-4 hari yang mengakibatkan delivery probability meningkat menjadi diatas 80%. Delivery probability akan kembali menurun pesat jika durasi TTL ditambah karena akan menyebabkan buffer overflow. Pada model pergerakan Random Waypoint, latency cenderung naik karena TTL juga semakin tinggi yang menyebabkan semakin banyaknya pesan yang disimpan. Sedangkan pada jenis pergerakan Workingday Movement, latency sempat menurun pada saat durasi TTL berkisar antara 7-10 jam dikarenakan pada saat itu adalah jam pulang kerja dan banyak node yang melanjutkan distribusi pesan.



Gambar 6. Hasil pengujian delivery probability terhadap perubahan BufferSize

Grafik 3 menunjukkan dampak penambahan buffersize terhadap delivery probability. Dengan bertambahnya kapasitas penyimpanan (buffer), delivery probability juga mengalami kenaikan karena semakin banyak juga pesan yang ditampung (tidak mengalami drop) untuk didistribusikan. Tetapi penambahan kapasitas buffer juga memiliki dampak negatif yaitu overhead yang tinggi. Hasil

pengujian juga menunjukkan latency pada model pergerakan randomway point lebih rendah dibandingkan model pergerakan workingday movement. hal ini disebabkan karena distribusi pesan pada model pergerakan random waypoint berjalan secara terus menerus yang mengakibatkan penyampaian pesan lebih cepat dibandingkan model pergerakan workingday movement. latency pada model pergerakan random waypoint tidak melebihi 2000s. jauh berbeda dengan model pergerakan workingday movement yang mencapai diatas 7000s.



Gambar 7. Hasil pengujian delivery probability pada jenis pergerakan Real-human trace

Grafik 4 menunjukkan hasil simulasi protokol content-based social aware pada dua jenis pergerakan manusia yaitu Huggle4 (Cambridge) dan Reality Mining (MIT). Terlihat jelas angka delivery probability yang sangat jauh berbeda antara kedua versi pergerakan manusia diatas. Pada versi Reality Mining, delivery probability jauh lebih besar karena pada versi tersebut node yang digunakan untuk simulasi berjumlah lebih banyak dibandingkan dengan versi pergerakan manusia Huggle4 (97:36). Grafik diatas menunjukkan latency pada kedua versi pergerakan manusia yaitu Huggle4 (Cambridge) dan Reality Mining (MIT). Pada versi Huggle4, angka latency lebih tinggi dibandingkan Reality Mining. Hal ini disebabkan karena pada versi Reality Mining jumlah node lebih banyak dibandingkan versi Huggle4 sehingga semakin banyaknya node yang menjadi relay untuk node lainnya, hal itu akan menurunkan angka latency secara signifikan.

Grafik diatas menunjukkan latency pada kedua versi pergerakan manusia yaitu Huggle4 (Cambridge) dan Reality Mining (MIT). Pada versi Huggle4, angka latency lebih tinggi dibandingkan Reality Mining. Hal ini disebabkan karena pada versi Reality Mining jumlah node lebih banyak dibandingkan versi Huggle4 sehingga semakin banyaknya node yang menjadi relay untuk node lainnya, hal itu akan menurunkan angka latency secara signifikan.

VI.SARAN DAN KESIMPULAN

Dari hasil simulasi dan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Protokol social-aware berbasis konten memberikan unjuk kerja yang baik pada area simulasi dengan density yang tinggi. Hal ini dibuktikan dengan angka delivery probability yang bisa dibilang sangat baik pada skenario simulasi dengan density tinggi.
2. Tingkat density pada protokol ini juga mempengaruhi angka latency. Pada simulasi yang melibatkan 180 node (density tinggi), latency menurun secara signifikan karena jumlah next-hop berkurang yang disebabkan oleh semakin banyaknya node yang membantu me-relay kan pesan.
3. Pada pergerakan manusia, protokol ini menunjukkan angka delivery probability yang cukup tinggi, terutama pada pergerakan versi Reality Mining (MIT).

Penelitian lebih lanjut tentang protokol social-aware pada OppNet perlu dikembangkan mengingat banyaknya aspek bobot sosial yang mungkin belum diterapkan pada protokol ini.

REFERENSI

- [1] P. Costa, C. Mascolo, M. Musolesi, G. P. Picco, Socially-aware routing for publishsubscribe in delay-tolerant mobile ad hoc networks, *IEEE J.Sel. A. Commun.* 26 (5) (2008) 748–760. doi:10.1109/JSAC.2008.080602.
- [2] C. Boldrini, M. Conti, A. Passarella, Design and performance evaluation of contentplace, a social-aware data dissemination system for opportunistic networks, *Comput. Netw.* 54 (4) (2010) 589–604. doi:10.1016/j.comnet.2009.09.001.
- [3] P. Hui, J. Crowcroft, E. Yoneki, Bubble rap: Social-based forwarding in delaytolerant networks, *IEEE Transactions on Mobile Computing* 10 (11) (2011) 1576– 1589. doi:10.1109/TMC.2010.246.
- [4] W. Moreira, P. Mendes, S. Sargento, Opportunistic routing based on daily routines, in: *Proceedings of the IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM)*, 2012, pp. 1–6. doi:10.1109/WoWMoM.2012.6263749.
- [5] H. A. Nguyen, S. Giordano, Context information prediction for social-based routing in opportunistic networks, *Ad Hoc Netw.* 10 (8) (2012) 1557–1569. doi:10.1016/j.adhoc.2011.05.007.
- [6] W. Moreira, P. Mendes, Social-aware Opportunistic Routing: The New Trend, in: I. Woungang, S. Dhurandher, A. Anpalagan, A. V. Vasilakos (Eds.), *Routing in Opportunistic Networks*, Springer Verlag, 2013.
- [7] A. Mtibaa, M. May, C. Diot, M. Ammar, Peoplerank: Social opportunistic forwarding, in: *Proceedings of the IEEE INFOCOM*, 2010, pp. 1–5. doi:10.1109/INFCOM.2010.5462261.
- [8] T. Spyropoulos, K. Psounis, C. S. Raghavendra, Spray and wait: an efficient routing scheme for Intermittently connected mobile networks, in: *Proceedings of the 2005 ACM SIGCOMM workshop on Delay-tolerant networking, WDTN '05*, ACM, New York, NY, USA, 2005, pp. 252–259. doi:10.1145/1080139.1080143.
- [9] W. Moreira, P. Mendes, R. Ferreira, D. Cirqueira, E. Cerqueira, Opportunistic routing based on users daily life routine, Internet Draft, draft-moreira- dlife-

- 02, work in progress, 2013. URL <http://www.ietf.org/id/draft-moreira-dlife-02.txt>
- [10] A. Keränen, J. Ott, T. Kärkkäinen, The one simulator for dtn protocol evaluation, in: Proceedings of the 2nd International Conference on Simulation Tools and Techniques, Simutools '09, ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering), ICST, Brussels, Belgium, Belgium, 2009, pp.55:1–55:10. doi:10.4108/ICST.SIMUTOOLS2009.5674.