

Analisis Performa Link Stability dari Faktor Kecepatan untuk Dinamisasi Zona pada Zone Routing Protocol

Muhsin Bayu Aji Fadhillah, Radityo Anggoro, dan Arif Mudi Priyatno
Departemen Informatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya 60111
e-mail: muhsin21baf@gmail.com

Abstrak—Dinamisasi zona dilakukan pada *Zone Routing Protocol* agar *routing protocol* dapat beradaptasi dengan kondisi jaringan VANETs. Dinamisasi zona dilakukan dengan melakukan pembaruan radius secara berkala dalam periodik waktu yang sudah dikonfigurasi. Nilai *link stability* dari faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi jaringan digunakan sebagai acuan dalam proses pembaruan nilai radius. Dari hasil pengujian dan simulasi, kecepatan menjadi faktor yang paling dominan dalam komposisi *link stability*. Komparasi yang dilakukan antara ZRP dengan dinamisasi zona terhadap ZRP tradisional menunjukkan kinerja yang lebih baik dari ZRP dengan dinamisasi zona saat diukur dari metrik analisis *packet delivery ratio*, *delay* dan *routing overhead*. Peningkatan performa ZRP dapat terjadi karena dinamisasi zona yang dilakukan membuat ZRP lebih adaptif terhadap kondisi jaringan sehingga tidak bekerja terlalu proaktif maupun reaktif.

Kata kunci: *vanets, zone routing protocol, dinamisasi zona, link stability, kecepatan*

Abstract—Zone dynamization is carried out in the *Zone Routing Protocol* to allow the adaptation of the routing protocol to VANET network conditions. Zone dynamization is accomplished by periodically updating the radius within a configured time period. The value of link stability from the factors that influence network conditions is used as a reference in the radius value's renewal process. From the test and simulation results, speed is the most dominant factor in link stability composition. Comparison between ZRP and zone dynamics against traditional ZRP shows better performance than ZRP with zonal dynamics when measured from metric analysis of packet delivery ratio, delay, and routing overhead. The increase in ZRP performance can occur because the zoning dynamics carried out make ZRP more adaptive to network conditions so that it does not work too proactively or reactively.

Keywords: *vanets, zone routing protocol, zone dynamics, link stability, speed*

Copyright © 2020 Jurnal Rekayasa Elektrika. All right reserved

I. PENDAHULUAN

Zone Routing Protocol (ZRP) merupakan protokol hibrida yang memanfaatkan kelebihan protokol proaktif dan reaktif [1]. ZRP tradisional hanya menggunakan sebuah nilai radius yang tetap yang sudah dikonfigurasi. Hal ini membuat versi tradisional kurang bisa beradaptasi dengan perubahan kondisi yang ada pada jaringan *Vehicular Ad hoc Network* (VANETs) yang sangat dinamis. Metode dinamisasi zona pada ZRP diajukan pada penelitian ini sebagai bentuk adaptasi pada kondisi jaringan untuk kinerja yang lebih optimal. ZRP memerlukan dinamisasi zona karena nilai radius ZRP memiliki nilai optimal untuk beberapa kondisi [2], [3]. Besarnya nilai radius akan berpengaruh terhadap kinerja ZRP. Nilai radius yang optimal membuat ZRP bekerja tidak terlalu proaktif maupun reaktif, sehingga kinerjanya dapat menghasilkan *Packet Delivery Ratio* (PDR) yang tinggi, serta *delay* dan *routing overhead* yang rendah. Dinamisasi zona dapat dilakukan dengan melakukan pembaruan nilai radius

secara berkala.

Beberapa faktor mempunyai pengaruh pada jaringan dan dapat digunakan sebagai standar dalam merumuskan *threshold* dinamisasi zona. Faktor kecepatan kendaraan merupakan salah satu faktor yang paling berpengaruh dalam lingkungan jaringan VANETs yang sangat dinamis. Kecepatan sering digunakan sebagai faktor acuan untuk pengembangan *routing protocol* di lingkungan VANETs [4], [5]. Faktor lain yang sering digunakan sebagai acuan pengembangan *routing protocol* adalah tingkat kepadatan node tetangga [6]–[8], arah pergerakan kendaraan [9] dan jangkauan transmisi [10]. Faktor-faktor tersebut dirumuskan menjadi sebuah nilai *link stability* yang menjadi acuan dinamisasi zona.

Pada penelitian ini dilakukan simulasi dengan *tools* NS-2 pada ZRP dengan dinamisasi zona dan dilakukan komparasi terhadap ZRP tradisional. Simulasi dilakukan dengan memakai peta berbasis *grid* dan *real*. Pengukuran performa dilakukan dengan metrik analisis PDR, *delay*, dan *routing overhead* [11]. Analisis pada hasil pengujian

dan simulasi dilakukan untuk mengetahui pengaruh faktor kecepatan dan komposisi faktor dari nilai *link stability* yang optimal. Komposisi faktor *link stability* yang optimal dapat meningkatkan kinerja dinamisasi zona pada ZRP.

II. STUDI PUSTAKA

Dinamisasi zona pada ZRP dilakukan guna mendapatkan nilai radius optimal sehingga zona yang terbentuk oleh *node* pun optimal. Guna melakukan dinamisasi zona, diperlukan sebuah nilai *threshold* untuk menentukan perubahan nilai radius dalam upaya dinamisasi zona. Nilai *threshold* diambil dari faktor-faktor yang seringkali memiliki pengaruh terhadap performa *routing protocol* dan kondisi jaringan.

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kondisi jaringan seperti kecepatan, dimana Jaiswal dan Singh [4] serta Zhou, Cheng, dan Lu [5] menggunakan faktor kecepatan untuk menentukan radius dari setiap *node* dalam ZRP.

Arah pergerakan kendaraan juga menjadi faktor yang berpengaruh terhadap kondisi jaringan VANETs yang dinamis. Wang dkk. [9] menggunakan arah pergerakan *node* sebagai faktor pertimbangan untuk melakukan transmisi yang aman pada jaringan bergerak.

Jangkauan transmisi juga dapat berpengaruh terhadap kondisi jaringan. Gujral dan Umrao [10] dalam penelitiannya menyebutkan bahwa jangkauan transmisi mempengaruhi performa dari *routing protocol* di jaringan *ad hoc*.

Pada penelitian ini, nilai *threshold link stability* diambil dari penghitungan faktor kecepatan, percepatan, arah pergerakan, kualitas *link*, dan tingkat kepadatan *node*. Penghitungan nilai *link stability* dilakukan dengan menggunakan formula Total Weight of Route (TWR) hasil penelitian Shen dkk. [12] seperti pada (1). Formula TWR dipilih untuk menghitung nilai *stability link* karena sudah mencakup faktor-faktor yang dapat memengaruhi kondisi jaringan.

$$TWR = f_s(|S_n - S_d|) + f_a(|A_n - A_d|) + f_d(|\theta_n - \theta_d|) + f_q * Q, \quad (1)$$

dimana S_n, A_n, θ_n masing-masing adalah kecepatan, akselerasi, dan arah pergerakan *node* tetangga, S_d, A_d, θ_d adalah kecepatan, akselerasi, dan arah pergerakan *node* tujuan, f_s faktor koefisien kecepatan, f_a faktor koefisien akselerasi, f_d faktor koefisien arah pergerakan, f_q faktor koefisien kualitas *link*, Q kualitas *link* dari *node* sumber dan *node* tetangga.

Faktor tingkat kepadatan *node* ditambahkan pada formula *link stability* seperti yang dilakukan oleh Arifyan, Djanali, dan Anggoro [13] pada formula TWR Shen dkk. dengan menambahkan faktor tingkat kepadatan *node*, seperti ditunjukkan oleh (2). Tingkat kepadatan *node* tetangga dapat ditambahkan sebagai faktor dalam *link stability* untuk mengetahui kondisi jaringan karena memiliki pengaruh terhadap performa *routing protocol*

[14]–[16]. Lingkungan VANETs yang sangat dinamis menuntut adaptasi dari *routing protocol* terhadap kondisi jaringan, sedangkan performa ZRP ketika bekerja secara proaktif sangat dipengaruhi oleh tingkat kepadatan *node*.

$$TWR = f_s(|S_n - S_d|) + f_a(|A_n - A_d|) + f_d(|\theta_n - \theta_d|) + f_q * Q + f_n * N, \quad (2)$$

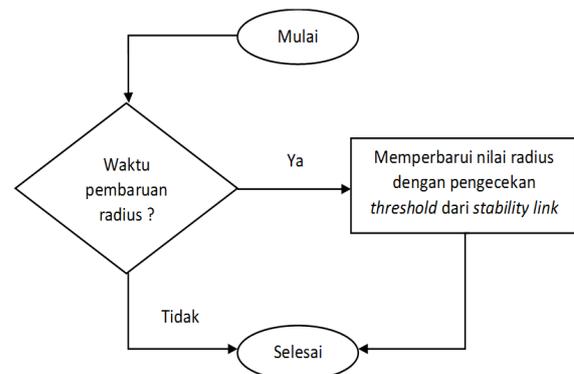
dimana f_s adalah faktor koefisien kecepatan, f_a faktor koefisien akselerasi, f_d faktor koefisien arah pergerakan, f_q faktor koefisien kualitas *link*, f_n faktor koefisien kepadatan *node*, S_n, A_n, θ_n masing-masing adalah kecepatan, akselerasi, dan arah pergerakan *node* tetangga, S_d, A_d, θ_d kecepatan, akselerasi, dan arah pergerakan *node*, Q kualitas *link* dari *node* dan *node* tetangga, dan N jumlah *node* tetangga.

Pada penelitian ini, nilai *link stability* digunakan sebagai *threshold* untuk menentukan nilai radius pada saat waktu pembaruan radius guna melakukan dinamisasi zona yang dapat membentuk zona yang optimal. Nilai *link stability* setiap *node* akan dihitung dari rata-rata nilai *link stability* dari setiap *node* tetangganya yang dapat dilakukan dengan mengirimkan informasi nilai *link stability* ketika setiap *node* mengirimkan *hello message*. Nilai *link stability* akan diperbarui setiap kali sebuah *node* menerima *hello message* dari *node* lain dan kemudian disimpan dalam *routing table*.

III. METODE

Dinamisasi zona pada ZRP dilakukan dengan melakukan pembaruan nilai radius secara berkala. Waktu pembaruan radius dikonfigurasi terlebih dahulu sebelum pengujian dan simulasi dilakukan. Penjelasan pembaruan nilai radius seperti dijelaskan pada Gambar 1.

Setiap kali waktu pembaruan radius tiba akan dilakukan pengecekan nilai *threshold* dari nilai *link stability*. Faktor-faktor kondisi jaringan yang diformulasikan dalam nilai *link stability* menggunakan formula penghitungan nilai TWR oleh Shen dkk. [12]. Tingkat kepadatan *node* tetangga juga ditambahkan dalam penghitungan nilai *link stability* seperti yang dilakukan oleh Arifyan, Djanali dan Anggoro [13]. Formula penghitungan nilai *link stability* menggunakan rumus penghitungan TWR yang sudah



Gambar 1. Diagram alir pembaruan nilai radius

ditambahkan faktor *node* tetangga seperti ditunjukkan oleh (2).

Setiap *node* akan mengirimkan informasinya guna menghitung nilai *link stability* saat proses pengiriman *hello message*. Struktur *hello message* standar pun dimodifikasi pada penelitian ini guna mengakomodasi penghitungan *link stability* seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Nilai *link stability* akan disimpan dalam *routing table* yang diatur oleh *IntraZone Routing Protocol (IARP)* dalam ZRP.

Setiap *node* dalam ZRP memiliki radius independen. Karena dinamisasi zona yang dilakukan, setiap *node* bisa saja memiliki nilai radius yang berbeda-beda. Setiap *node* akan memiliki nilai *threshold* dengan menghitung nilai rata-rata *link stability* dari setiap *node* tetangga. Nilai yang didapatkan dari penghitungan (2) dipakai sebagai acuan pembaruan nilai radius.

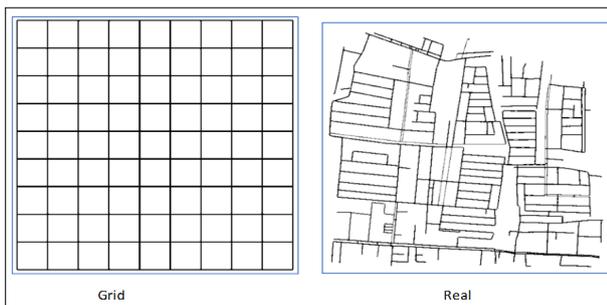
Pengujian dan simulasi dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak NS-2 dan *Simulation of Urban Mobility (SUMO)* untuk membuat peta dan mobilitas *node*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 2 jenis peta, yaitu *grid* dan *real* dari kota Surabaya, Indonesia seperti ditunjukkan oleh Gambar 3. Mobilitas setiap kendaraan akan mengikuti jalur dari jalan dalam peta yang digunakan. Mobilitas titik dan pergerakan setiap kendaraan akan digenerasi secara otomatis dan random dengan *tools netgenerate*.

Dinamisasi zona yang dilakukan membuat nilai radius dapat bertambah dan berkurang, untuk itu batas atas dan batas bawah diperlukan guna mengatur nilai radius. Parameter pengujian yang dilakukan seperti disebutkan dalam Tabel 1.

Pengujian yang pertama dilakukan untuk mencari komposisi faktor yang optimal dari *link stability*. Hasil pengujian dapat menunjukkan faktor-faktor yang berpengaruh di dalam lingkungan VANETs yang sangat dinamis. Opsi komposisi faktor *link stability* seperti ditunjukkan pada Tabel 2, dimana opsi komposisi 4 adalah komposisi yang digunakan oleh penelitian sebelumnya [12]. Sementara opsi komposisi 1, 2, 3 dikembangkan dari opsi komposisi 4 dengan mengubah koefisien dari

Tipe	ID Sumber	Kecepatan	Percepatan	Jumlah Node Tetangga	Destinasi
------	-----------	-----------	------------	----------------------	-----------

Gambar 2. Modifikasi *hello message*



Gambar 3. Peta simulasi

beberapa faktor. Pengujian dan simulasi di tahap ini menggunakan batasan radius minimal 1 hop dan maksimal 7 hop pada ZRP dengan dinamisasi zona.

Pengujian selanjutnya adalah membandingkan performa ZRP tradisional terhadap ZRP dengan dinamisasi zona yang sudah mendapatkan komposisi faktor *link stability* yang optimal. Batas radius ZRP dengan dinamisasi zona minimal 1 hop dan maksimal 3 hop, sementara ZRP tradisional dikonfigurasi dengan nilai radius tetap 2 hop. Hasil pengujian kemudian dianalisis dengan metrik analisis PDR, *delay*, dan *routing overhead*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi dan pengujian dilakukan dengan mobilitas random dengan parameter yang sudah diatur seperti pada Tabel 1. Tahap pertama pengujian yang dilakukan adalah pencarian komposisi faktor *link stability* yang optimal.

Simulasi yang dilakukan di lingkungan peta *grid* menunjukkan bahwa opsi komposisi 2 menghasilkan kinerja terbaik ditinjau dari hasil PDR seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.

Penghitungan nilai PDR yang ditunjukkan oleh Tabel 3 menunjukkan bahwa komposisi 2 bekerja lebih baik dengan PDR tertinggi yang cukup signifikan perbedaannya ketika jumlah kendaraan pengujian mencapai 50 dan 100, dimana PDR yang dihasilkan mencapai 85,07% dan 85,27%. Pada peta *real*, komposisi 2 menghasilkan PDR terbaik dengan perbedaan yang lebih signifikan dibanding pengujian di peta *grid* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5.

Tabel 1. Parameter simulasi

No.	Parameter	Keterangan
1	Network simulator	NS-2 versi 2.35
2	Routing protocol	ZRP tradisional dan ZRP dengan dinamisasi zona
3	Batas radius saat pencarian komposisi <i>link stability</i>	Minimal 1 hop, maksimal 7 hop
4	Batas radius saat komparasi	Minimal 1 hop, maksimal 3 hop
5	Jumlah kendaraan	25, 50, 100, 200
6	Luas area simulasi	1500 x 1500 m
7	Radius ZRP tradisional	2 hop
8	Waktu pembaruan radius	5 detik
9	Kecepatan maksimal kendaraan	60 km/h

Tabel 2. Opsi komposisi faktor *link stability*

Faktor	Komposisi 1	Komposisi 2	Komposisi 3	Komposisi 4
<i>fs</i>	20	50	10	15
<i>fa</i>	10	10	10	10
<i>fd</i>	50	5	10	20
<i>fq</i>	5	5	30	50
<i>fn</i>	15	30	40	5

Nilai PDR dari komposisi 2 lebih tinggi dibanding dibanding opsi komposisi yang lain. Sama seperti di peta *grid*, ketika jumlah kendaraan 50 dan 100, Komposisi 2 menghasilkan PDR tertinggi sebesar 90,43% dan 77,21% seperti ditunjukkan oleh Tabel 4.

Ditinjau dari segi *delay* yang dihasilkan pada simulasi dengan peta *grid*, komposisi 3 menghasilkan nilai paling baik dengan *delay* paling rendah seperti ditunjukkan oleh Gambar 6. Sedangkan komposisi 2 yang menghasilkan PDR tertinggi juga menghasilkan *delay* yang tinggi.

Delay dari hasil pengujian di peta *grid* ditunjukkan dalam Tabel 5. Komposisi 3 menghasilkan *delay* 1.870,53 ms yang menjadi *delay* terendah ketika jumlah kendaraan sebanyak 25. Komposisi 4 menghasilkan *delay* terendah dengan *delay* sebesar 374,36 ms ketika jumlah kendaraan 50, dan komposisi 1 menghasilkan *delay* terendah

sebesar 84,90 ms ketika jumlah kendaraan 100. Secara keseluruhan, *delay* yang dihasilkan komposisi 3 adalah yang paling rendah dengan rata-rata *delay* yang dihasilkan sebesar 790,97 ms.

Pada peta *real*, komposisi 1 yang menghasilkan *delay* terendah seperti ditunjukkan oleh Gambar 7. Sedangkan *delay* paling lama dihasilkan oleh komposisi 4. Hasil penghitungan *delay* di peta *real* ditunjukkan dalam Tabel 6. Komposisi 1 menghasilkan *delay* terendah sebesar 968,80 ms saat jumlah kendaraan 25, dan *delay* 139,84 ms saat jumlah kendaraan 50. Pada saat jumlah kendaraan 100, komposisi 2 yang menghasilkan *delay* terendah sebesar 66,23 ms. Secara keseluruhan, rata-rata *delay* komposisi 1 sebesar 413,57 ms yang paling rendah di peta *real*.

Hasil *routing overhead* peta *grid* menunjukkan komposisi 2 yang menghasilkan *routing overhead*

Tabel 3. PDR simulasi peta *grid*

Jumlah Kendaraan	Komposisi 1	Komposisi 2	Komposisi 3	Komposisi 4
25	47,54	49,11	49,86	48,66
50	85,30	85,07	83,59	83,01
100	81,33	85,27	83,03	80,56

Tabel 4. PDR simulasi peta *real*

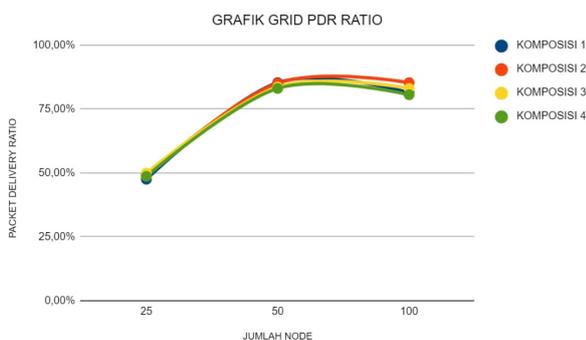
Jumlah Kendaraan	Komposisi 1	Komposisi 2	Komposisi 3	Komposisi 4
25	79,71	81,57	83,17	80,28
50	87,19	90,43	87,86	90,15
100	64,54	77,21	69,43	65,98

Tabel 5. *Delay* yang dihasilkan pada simulasi peta *grid*

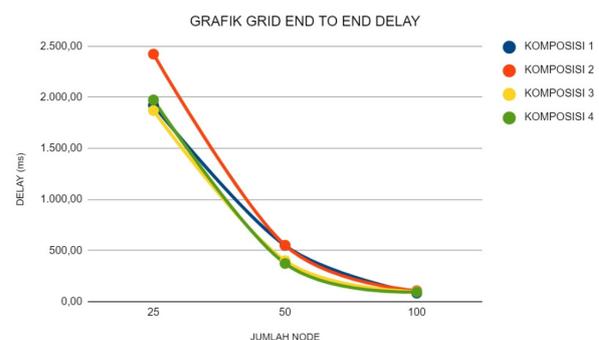
Jumlah Kendaraan	Komposisi 1	Komposisi 2	Komposisi 3	Komposisi 4
25	1.922,26	2.422,02	1.870,53	1.973,61
50	550,60	552,69	401,66	374,36
100	84,90	108,21	100,73	95,91

Tabel 6. *Delay* yang dihasilkan pada simulasi peta *real*

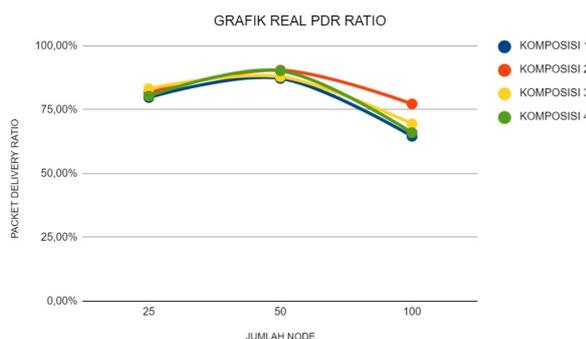
Jumlah Kendaraan	Komposisi 1	Komposisi 2	Komposisi 3	Komposisi 4
25	968,80	1.177,14	1.322,88	1.182,59
50	139,84	361,22	209,61	480,20
100	132,06	66,23	81,17	149,76



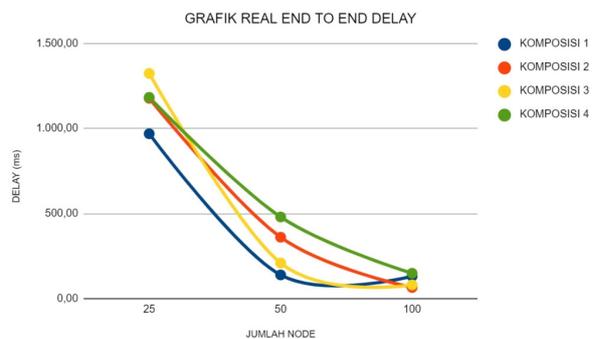
Gambar 4. *Packet delivery ratio* di peta *grid*



Gambar 6. *Delay* di peta *grid*



Gambar 5. *Packet delivery ratio* di peta *real*



Gambar 7. *Delay* di peta *real*

terendah seperti ditampilkan oleh Gambar 8. Pada peta *grid*, hasil *routing overhead* dalam Tabel 7 menunjukkan *routing overhead* yang dihasilkan oleh komposisi 2 selalu terendah di setiap variabel jumlah kendaraan simulasi.

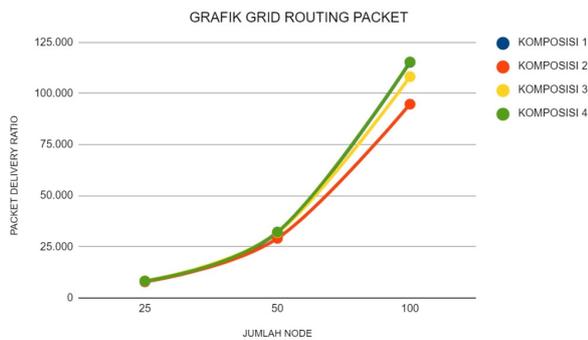
Sama seperti hasil simulasi peta *grid*, komposisi 2 juga menghasilkan *routing overhead* terendah pada pengujian di peta real. Grafik hasil pengujian *routing overhead* di peta real ditunjukkan oleh Gambar 9. Tabel 8 menunjukkan komposisi 2 selalu menghasilkan *routing overhead* terendah di simulasi peta real. Semakin sedikit *routing overhead* yang dihasilkan maka akan semakin baik karena tidak terlalu banyak paket yang beredar sehingga

Tabel 7. *Routing overhead* simulasi peta *grid*

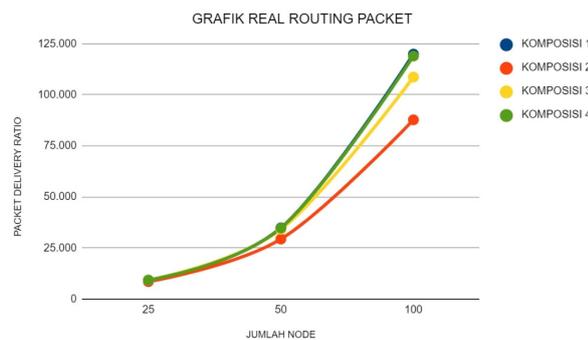
Jumlah Kendaraan	Komposisi 1	Komposisi 2	Komposisi 3	Komposisi 4
25	8.150	7.939	8.387	8.347
50	31.962	29.214	32.019	32.301
100	115.234	94.770	108.217	115.382

Tabel 8. *Routing overhead* simulasi peta real

Jumlah Kendaraan	Komposisi 1	Komposisi 2	Komposisi 3	Komposisi 4
25	9.264	8.579	9.357	9.357
50	34.919	29.426	34.188	34.816
100	119.892	87.753	108.671	118.950



Gambar 8. *Routing overhead* di peta *grid*



Gambar 9. *Routing overhead* di peta real

tidak membebani jaringan.

Kinerja *routing protocol* yang baik dapat diukur dengan PDR yang tinggi, *delay* yang rendah, dan *routing overhead* yang rendah. Pada penelitian ini, tahap pertama pengujian menunjukkan komposisi 2 menghasilkan PDR tertinggi dan *routing overhead* terendah baik di peta *grid* maupun real. Sedangkan dari segi *delay*, komposisi 3 menghasilkan *delay* terendah di peta *grid* dan komposisi 1 menghasilkan *delay* terendah di peta real.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa komposisi 2 yang menghasilkan kinerja ZRP dengan dinamisasi zona teroptimal. Komposisi 2 didominasi oleh faktor kecepatan dengan koefisien faktor mencapai 50% seperti yang disebutkan dalam Tabel 2. Dominasi faktor kecepatan dalam komposisi 2 yang menghasilkan kinerja ZRP teroptimal cocok dengan konsep VANETs yang

Tabel 9. Komparasi PDR ZRP tradisional dan ZRP dengan dinamisasi zona

Jumlah Kendaraan	Peta Grid		Peta Real	
	ZRP tradisional	ZRP dengan dinamisasi zona	ZRP tradisional	ZRP dengan dinamisasi zona
25	46,94	45,62	84,47	82,17
50	84,80	84,81	95,26	93,66
100	91,19	92,22	93,27	88,58
200	62,60	71,84	46,34	49,22

Tabel 10. Komparasi *delay* ZRP tradisional dan ZRP dengan dinamisasi zona

Jumlah Kendaraan	Peta Grid		Peta Real	
	ZRP tradisional	ZRP dengan dinamisasi zona	ZRP tradisional	ZRP dengan dinamisasi zona
25	2881,62	3103,17	2098,98	1820,24
50	878,22	288,90	393,77	391,25
100	198,91	120,19	92,72	34,44
200	1136,72	714,61	1740,66	815,55

Tabel 11. Komparasi *routing overhead* ZRP tradisional dan ZRP dengan dinamisasi zona

Jumlah Kendaraan	Peta Grid		Peta Real	
	ZRP tradisional	ZRP dengan dinamisasi zona	ZRP tradisional	ZRP dengan dinamisasi zona
25	7538	5992	8023	6432
50	21676	18199	23058	18649
100	65565	54861	70918	56523
200	192356	159850	197029	159477

pergerakan *node* nya sangat dinamis.

Tahap selanjutnya pada penelitian ini adalah komparasi kinerja antara ZRP tradisional terhadap ZRP dengan dinamisasi zona. Komposisi 2 digunakan sebagai acuan besaran koefisien faktor pembentuk nilai *link stability* pada ZRP dengan dinamisasi zona.

Komparasi yang dilakukan memperlihatkan ZRP dengan dinamisasi zona memiliki PDR yang lebih baik dari ZRP tradisional di peta *grid*. Ketika pengujian dengan 25 kendaraan, PDR ZRP tradisional sebesar 46,94% lebih baik dari ZRP dengan dinamisasi zona yang hanya 45,62%, selebihnya hasil PDR ZRP dengan dinamisasi zona selalu lebih tinggi dari ZRP tradisional seperti dalam Tabel 9. Pada peta *real*, ZRP dengan dinamisasi zona memiliki PDR lebih baik ketika pengujian dengan 200 kendaraan.

Hasil pengujian menunjukkan ZRP dengan dinamisasi zona memiliki *delay* yang lebih baik daripada ZRP tradisional seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 10. *Delay* ZRP tradisional sebesar 2881,62 ms saat pengujian dengan 25 kendaraan di peta *grid* lebih rendah dari ZRP dengan dinamisasi zona. Pada pengujian dengan variabel jumlah kendaraan lain, ZRP dengan dinamisasi zona memiliki *delay* yang lebih baik dari ZRP tradisional. *Delay* ZRP dengan dinamisasi zona lebih kecil sebab setiap *node* lebih sensitif dan adaptif terhadap lingkungan mereka.

Dari analisis hasil *routing overhead*, ZRP dengan dinamisasi zona juga memiliki hasil yang lebih baik daripada ZRP tradisional seperti terlihat dalam Tabel 11 baik pada peta *grid* maupun peta *real*. Pada pengujian ini, ZRP dengan dinamisasi zona selalu menghasilkan *routing overhead* yang lebih rendah dari ZRP tradisional di setiap variabel jumlah kendaraan pengujian.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa ZRP dengan dinamisasi zona memiliki kinerja yang lebih baik dibanding ZRP tradisional. Dalam prosesnya, nilai *link stability* yang menjadi acuan perubahan nilai radius menjadi faktor penentu dari performa ZRP dengan dinamisasi zona. Nilai *link stability* dibentuk dari penghitungan faktor-faktor yang berpengaruh dalam jaringan, seperti kecepatan, percepatan, tingkat kepadatan *node*, dan arah pergerakan *node*. Analisis dari pengujian yang dilakukan menemukan bahwa faktor kecepatan yang dominan dalam pembentukan nilai *link stability* dapat mengoptimalkan kinerja dari ZRP dengan dinamisasi zona ketika dibandingkan dengan ZRP tradisional. Dominasi faktor kecepatan dalam pembentukan nilai *link stability* menunjukkan adaptasi *routing protocol* ZRP terhadap faktor kecepatan *node* di lingkungan VANETs yang sangat dinamis dapat meningkatkan performa dari *routing protocol*.

V. KESIMPULAN

Nilai *link stability* yang komposisinya didominasi faktor kecepatan dapat membuat dinamisasi zona pada ZRP berjalan lebih optimal, hal itu dapat diukur dari segi PDR yang meningkat, *delay* yang rendah dan *routing overhead* yang rendah. Faktor kecepatan yang dominan

dalam pembentukan nilai *link stability* menunjukkan bahwa adaptasi *routing protocol* sesuai dengan konsep VANETs yang lingkungannya sangat dinamis. ZRP dengan dinamisasi zona menghasilkan PDR yang lebih tinggi dari ZRP tradisional dalam pengujian dengan jumlah kendaraan sebanyak 50, 100, dan 200 kendaraan di peta *grid* dan pada 200 kendaraan di peta *real*. Hasil simulasi juga menunjukkan *delay* dan *routing overhead* ZRP dengan dinamisasi zona selalu lebih baik dari ZRP tradisional di semua variabel jumlah kendaraan pengujian. Peningkatan performa ZRP dapat terjadi karena dinamisasi zona yang dilakukan membuat zona yang dibentuk lebih optimal dan adaptif terhadap kondisi jaringan sehingga *routing protocol* tidak bekerja terlalu proaktif maupun reaktif.

REFERENSI

- [1] Z. J. Haas, "A new routing protocol for the reconfigurable wireless networks", in 6th International Conference on Universal Personal Communications, 1997, pp. 562–566.
- [2] T. Yélémou, B. Zerbo, M. T. Dandjinou, and O. Sie, "Impact of zrp zone radius value on wireless network performance", in AF-RICOMM 2018. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, 2019, vol. 275, pp. 164–173.
- [3] N. Jain and Y. Chaba, "Simulation based performance analysis of zone routing protocol in manet", *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 88, no. 4, pp. 47–52, 2014.
- [4] A. K. Jaiswal and P. Singh, "Optimizing velocity based adaptive zone routing protocol", in 2010 International Conference on Computer and Communication Technology, ICCCT-2010, 2010, pp. 149–152.
- [5] J. Zhou, Y. Cheng, and J. Lu, "Velocity based adaptive zone routing protocol", in International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems, 2007, pp. 337–340.
- [6] X. Zheng, Q. Qi, Q. Wang, and Y. Li, "An adaptive density-based routing protocol for flying ad hoc networks", *AIP Conf. Proc.*, vol. 1890, no. 1, 2017.
- [7] M. S. Kumar and R. Asokan, "Impact of node density on the performance of ad hoc routing protocols", in 2010 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research, 2010, pp. 1–4.
- [8] S. Nakasaki, Y. Yoshino, M. Ikeda, and L. Barolli, "A recovery method for reducing storage usage considering number of neighboring nodes in vanets", in 2018 32nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), 2018, pp. 130–135.
- [9] A. Wang, H. Chao, and S. Member, "Direction density-based secure routing protocol for healthcare data in incompletely predictable network", *IEEE Access*, vol. 4, pp. 9163–9173, 2017.
- [10] R. K. Gujral and S. Umrao, "Analysis of variable mobility rate, nodes and transmission range on ad hoc routing protocols", in Third International Conference on Computational Intelligence and Information Technology (CIIT 2013), 2013, pp. 119–127.
- [11] R. Astya, P. Nand, and S. C. Sharma, "Parametric analysis of zone routing protocol", in *Commun. Comput. Inf. Sci.*, vol. 169 CCIS, no. 91, pp. 247–251, 2011.
- [12] X. Shen, Y. Wu, Z. Xu, and X. Lin, "Aodv-pnt: An improved version of aodv routing protocol with predicting node trend in vanet", in The 7th IEEE/International Conference on Advanced Infocomm Technology, 2014, pp. 91–97.

- [13] G. Arifiyan, S. Djanali, and R. Anggoro, "Aodv-pnt performance study with added factor number of neighbor nodes on vanet", in the 3rd International Seminar on Science and Technology, 2017, pp. 69–71.
- [14] J. Zuo, Y. Wang, Y. Liu, and Y. Zhang, "Performance evaluation of routing protocol in vanet with vehicle-node density", in 2010 6th International Conference on Wireless Communications Networking and Mobile Computing (WiCOM), 2010, pp. 1–4.
- [15] U. Prakash, R. Pal, and N. Gupta, "Performance evaluation of ieee 802. 11p by varying data rate and node density in vehicular ad hoc network", in 2015 IEEE Students Conference on Engineering and Systems (SCES), 2015, pp. 1–5.
- [16] N. Adam, M. Ismail, and J. Abdullah, "Effect of node density on performances of three manet routing protocols", in 2010 International Conference on Electronic Devices, Systems and Applications, 2010, pp. 321–325.