

Analisis Mobilitas Node Jaringan Nirkabel Pada *Software Defined Wireless Network* (SDWN)

Putri Rizqia Hardein¹, Rakhmadhany Primananda², Achmad Basuki³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹putrihardein@gmail.com, ²rakhmadhany@ub.ac.id, ³abazh@ub.ac.id

Abstrak

Software Defined Network (SDN) telah dikembangkan selama beberapa tahun terakhir dengan tujuan untuk menyederhanakan kompleksitas yang ada pada jaringan komputer. Konsep tersebut kemudian dikembangkan dalam berbagai jenis jaringan tak terkecuali jaringan nirkabel yang saat ini sangat populer digunakan. Kepopuleran dari jaringan nirkabel disebabkan oleh kesederhanaan dalam penggunaannya dan mobilitas yang dimungkinkan, sehingga tidak membatasi gerak pengguna. Namun, mobilitas yang ada justru menambah tantangan dan sangat berdampak pada kualitas kinerja jaringan sehingga menjadi faktor yang penting untuk dipertimbangkan saat menguji kinerja jaringan nirkabel. Penelitian ini merupakan analisis terhadap mobilitas *node* pada SDN berbasis jaringan nirkabel atau yang disebut dengan *Software Defined Wireless Network* (SDWN). Penelitian dilakukan menggunakan model mobilitas *Random Direction*, *Random Walk*, dan *Random Way Point* dengan menganalisis nilai parameter kinerja jaringan berupa *throughput*, *packet loss*, dan *delay*. Pengujian dilakukan pada ketiga model mobilitas tersebut terhadap kecepatan *node* sebesar 5m/s, 10m/s, 15m/s, 20m/s, dan 25m/s. Hasil pengukuran *throughput* menunjukkan nilai tertinggi ada pada model mobilitas *Random Direction* yaitu sebesar 9.63 Mbps pada kecepatan 25m/s, akan tetapi menunjukkan hal yang berbeda saat pengujian ulang dengan nilai *throughput* tertinggi sebesar 6.46 Mbps pada *Random Way Point* yang disebabkan oleh ketidakstabilan emulator yang digunakan. Sedangkan pada pengukuran *packet loss* nilai terendah ditunjukkan pada model mobilitas *Random Way Point* sebesar 2116.2 paket pada kecepatan 25m/s, dan *delay* terendah ada pada *Random Way Point* dengan nilai 51.056 ms. Terdapat hasil yang tidak stabil atau fluktuatif disebabkan oleh ketidakstabilan dari emulator yang digunakan.

Kata kunci: SDN, SDWN, Jaringan Nirkabel, *Random Direction*, *Random Walk*, *Random Way Point*, Mininet-WiFi

Abstract

Software Defined Network (SDN) has been developed over the last few years with the aim to simplify complexity in computer network. SDN's concept also developed to other kind of computer network including wireless network that really popular nowadays. The popularity of wireless network is caused by the simplicity and mobility that possible so there is no limitation for user's movement. But in the other hand, mobility also adds more challenges and really effected to the quality of wireless network performance. So, mobility is an important factor to considered when measuring wireless network performance. In this research, analysis of node mobility in SDN-wireless based or *Software Defined Wireless Network* (SDWN) has been done. The analysis is done by measuring network performance metrics specifically *throughput*, *packet loss*, and *delay* with *Random Direction*, *Random Walk*, and *Random Way Point* mobility model. The measurement is done at different velocity of node that is 5m/s, 10m/s, 15m/s, 20m/s, and 25m/s. The result shows that the highest *throughput* value 9.63 Mbps is gain in *Random Direction* at maximum velocity 25m/s, but it shows different result when the test is redone with 6.46 Mbps as highest *throughput* in *Random Way Point* that is caused by the instability of emulator. In the other hand, *Random Way Point* has the lowest *packet loss* 2116.2 packets at 25m/s and the lowest *delay* 51.056ms at 20m/s. The results show unstable value because of the emulator instability.

Keywords: SDN, SDWN, Wireless Network, *Random Direction*, *Random Walk*, *Random Way Point*, Mininet- WiFi

1. PENDAHULUAN

Selama beberapa dekade terakhir Internet menjadi teknologi yang berkembang sangat cepat dan berpengaruh dalam kehidupan manusia. Perkembangan tersebut tentu diiringi dengan bertambahnya jumlah perangkat yang saling berkomunikasi satu sama lain dimanapun dan kapanpun yang berdampak pada meningkatnya kompleksitas dan tingkat kesulitan mengatur perangkat-perangkat tersebut dalam jaringan. Sebuah paradigma dalam jaringan yang dikembangkan beberapa tahun terakhir untuk menyederhanakan hal tersebut adalah *Software Defined Network (SDN)*. SDN mengurangi kompleksitas konfigurasi operasi dan jaringan yang diperoleh dengan otomatisasi konfigurasi tingkat tinggi yang diterjemahkan menjadi *forwarding behavior* elemen jaringan yang spesifik (Gelberger, et al., 2013). Konsep tersebut membuat para peneliti mengeksplorasi SDN pada berbagai teknologi tidak terkecuali pada jaringan nirkabel atau yang lebih dikenal dengan sebutan Wi-Fi.

Berbagai tempat umum seperti hotel dan bandara telah dilengkapi dengan jaringan Wi-Fi yang memudahkan untuk mengakses Internet dan tanpa adanya media fisik kabel yang membatasi gerak pengguna. Secara global, pada tahun 2016 terdapat 94 juta public Wi-Fi *hotspot* yang diperkirakan akan bertambah menjadi 541.6 juta pada tahun 2021 mendatang (Cisco VNI, 2017). Pertambahan jumlah public Wi-Fi *hotspot* yang sangat besar tersebut tidak luput dari adanya mobilitas yang dimungkinkan oleh standardisasi IEEE 802.11. Adanya mobilitas tentu menambah tantangan yang dimiliki oleh jaringan nirkabel, sehingga mobilitas menjadi salah satu faktor yang diperhitungkan dalam meneliti kualitas jaringan nirkabel.

Berbagai penelitian mengenai kinerja jaringan nirkabel dengan pengaruh mobilitas telah dilakukan diantaranya pada jaringan nirkabel yang memiliki infrastruktur seperti *Wireless Local Area Network (WLAN)* dan jaringan nirkabel yang tidak memiliki infrastruktur seperti *Mobile Ad hoc Network (MANET)*. Salah satu penelitian pada jaringan nirkabel yang memiliki infrastruktur dilakukan oleh Pong & Moors (Pong & Moors, 2006). Pada penelitian tersebut dilakukan analisis dampak model mobilitas

Random Way Point terhadap jaringan nirkabel menggunakan skema *multi-rate*. Hasil penelitian menunjukkan model mobilitas tersebut menyebabkan tingginya pemusatan *node* mendekati titik pusat dari area mobilitas, jaringan nirkabel memperoleh kapasitas yang lebih tinggi, serta *base station* yang mendekati pusat area mobilitas akan mengalami frekuensi erubahan kecepatan transmisi yang lebih tinggi. Pada MANET, Nisar, et al. melakukan penelitian yang menganalisis kinerja model mobilitas *Random Way Point* dan *Gauss Markov*. Hasil simulasi penelitian menunjukkan *Random Way Point* lebih baik dari *Gauss Markov* dengan *pause time* rata-rata dan jumlah *node* yang sedikit (Nisar, et al., 2013).

Terkait penelitian mengenai SDN pada Wi-Fi, sebuah penelitian dilakukan Mustafiz, et al. mengenai kinerja SDN berbasis jaringan nirkabel pada Mininet-WiFi. Pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa parameter *Quality of Service (QoS)* lebih efisien dengan menggunakan konsep SDN dimana *control plane* terpisah dengan *forwarding plane* (Mustafiz, et al., 2017). Akan tetapi pada penelitian tersebut, kondisi dari setiap *node* sudah ditentukan posisinya dan tidak mengalami pergerakan apapun (statis). Pada realitanya jaringan nirkabel identik dengan adanya pergerakan *node* atau mobilitas, sehingga pada penelitian ini penulis melakukan sebuah analisis mobilitas *node* pada kinerja jaringan nirkabel pada SDN berbasis jaringan nirkabel atau yang disebut dengan *Software Defined Wireless Network (SDWN)*.

2. PENELITIAN TERDAHULU

Sebuah penelitian mengenai pengaruh model mobilitas *Random Way Point* pada *infrastructure wireless network* dilakukan oleh Pong & Moors. Pada penelitian tersebut Pong & Moors menganalisis pengaruh model mobilitas *Random Way Point* yang berhubungan dengan pengaturan topologi, ukuran area mobilitas dan lokasi *base station*. Fokus utama dari penelitian tersebut adalah pada perubahan sinyal jangka panjang yang disebabkan oleh pergerakan spasial *node*. IEEE 802.11a *Physical layer (PHY)* dan *Distributed Co-ordination Function (DCF)* pada *MAC layer* digunakan untuk perhitungan *throughput*.

Skenario yang digunakan adalah dengan meletakkan *base station* di pusat area mobilitas dan dengan radius area mobilitas yang berbeda-beda. Kemudian *base station* diletakkan pada jarak yang beragam dari pusat mobilitas untuk mengetahui dampaknya terhadap kapasitas jaringan nirkabel. Simulasi dilakukan menggunakan NS-2. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa *overhead* perubahan kecepatan dialami oleh *base station* yang terletak berdekatan pusat area mobilitas. Hasil observasi juga menunjukkan bahwa nilai perubahan kecepatan meningkat seketika dan diikuti oleh kecenderungan area mobilitas meluas sehingga keluar dari area cakupan *base station*. (Pong & Moors, 2006)

Pengaruh dari pola model mobilitas random pada *Mobile Ad Hoc Networks* (MANET) dianalisis untuk mengetahui kinerja dari *Ad Hoc On-demand Distance Vector* (AODV) *routing protocol*. Simulasi jaringan MANET dilakukan menggunakan *Scenario Generation tool* dan NS-2 dengan jumlah *node* bervariasi dari 5 hingga 25 *node*. Terdapat tiga model mobilitas yang digunakan yaitu *Random Way Point*, *Random Walk with Wrapping*, dan *Random Walk with Reflection*. Berdasarkan hasil yang diperoleh, *Random Way Point* memiliki nilai *packet delivery ratio* (PDR) yang paling tinggi saat terdapat variasi jumlah *node*, tetapi pada variasi *pause time* *Random Way Point* mengalami penurunan nilai PDR yang cukup tajam saat *pause time* yang digunakan adalah 700 detik. *Delay* tertinggi dialami oleh model mobilitas *Random Walk with Wrapping*, akan tetapi memiliki *routing overhead* yang terendah dibanding dua model mobilitas yang diujikan. (Gowrishankar, et al., 2007)

Manjula, et al., melakukan penelitian mengenai kinerja dari *Ad Hoc On-Demand Distance Vector* (AODV) menggunakan model mobilitas *group* dan *entity* pada *Wireless Sensor Network* (WSN). Model mobilitas yang digunakan adalah *Random Walk*, *Random Direction*, *Random Waypoint* dan *Pursue group mobility model* dengan kecepatan *node* sebesar 1 m/s, 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s, dan 20 m/s. Penelitian dilakukan dengan menggunakan OMNET++. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa *Random Direction* memiliki nilai PDR yang lebih

tinggi dibandingkan dengan model mobilitas lainnya. Pada *Random Direction* dan *Pursue group* terjadi peningkatan *throughput* saat kecepatan 10 m/s, sedangkan untuk *latency*, *Pursue group* memiliki nilai yang sangat rendah dibanding model mobilitas lainnya. (Manjula, et al., 2008)

Pada jurnal penelitian yang ditulis oleh Vinayagam, pengaruh *random mobility model* yaitu *Random Way Point*, *Random Walk*, dan *Random Direction* pada *Mobile Adhoc Network* (MANET) dianalisis dengan menggunakan *Optimized Link State Routing* (OLSR) *protocol*. Simulasi dilakukan menggunakan NS3 dengan parameter kinerja yaitu *throughput*, *end-to-end delay*, dan *packet delivery ratio* (PDR). Kecepatan *node* yang digunakan adalah 10m/s hingga 50m/s dan *pause time* selama 10 detik. Selain dengan beragam kecepatan *node*, simulasi juga dilakukan dengan waktu simulasi yang berbeda-beda yaitu 100 detik hingga 300 detik. Hasilnya menunjukkan kinerja dari MANET dengan model mobilitas *Random Direction* tidak lebih baik dari *Random Walk* dan *Random Way Point*. Meskipun memiliki nilai PDR yang lebih baik, akan tetapi nilai *throughput* lebih rendah dan *delay* lebih tinggi. Jika mempertimbangkan *Random Way Point* dan *Random Walk*, maka model mobilitas pada OLSR dengan nilai *throughput* dan *delay* yang baik adalah *Random Way Point*, sedangkan untuk PDR adalah *Random Walk*. (Vinayagam, 2014)

Sunita & Choudhary membandingkan model mobilitas pada MANET dengan menggunakan data trafik TCP dan CBR. Model mobilitas yang digunakan pada penelitian tersebut adalah *Random Walk*, *Random Way Point*, *Random Direction*, dan *Probabilistic Random Walk* dengan rentang kecepatan 1 m/s hingga 5 m/s. Skenario yang digunakan dalam simulasi menggunakan NS-2 adalah empat model mobilitas dibandingkan dengan kecepatan yang beragam pada *protocol routing* AODV dengan jumlah *node* sebanyak 50 *node*. Pada trafik TCP, *overhead packets* yang dihasilkan oleh model mobilitas *Random Way Point* adalah yang minimum, sedangkan maksimum *overhead* dihasilkan oleh *Probabilistic Random Walk* seiring dengan pertambahan kecepatan *node*. Pada

trafik CBR, *routing overhead* untuk AODV sangat kecil pada *Random Way Point* baik pada kecepatan minimum maupun maksimum, *Probabilistic Random Walk* memiliki nilai *overhead* yang maksimum pada kecepatan minimum, akan tetapi pada kecepatan maksimum *Random Direction* memiliki nilai *routing overhead* yang lebih baik. *End-to-end delay* yang dihasilkan *Probabilistic Random Walk* bernilai lebih unggul untuk trafik TCP, sedangkan *Random*

Way Point lebih baik dibandingkan dengan model mobilitas lainnya untuk trafik CBR. PDR bernilai maksimum pada *Random Walk* dengan trafik TCP dan *Random Way Point* pada CBR. Hasil analisis menunjukkan secara keseluruhan *Random Walk* memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan model mobilitas lainnya ketika kecepatannya maksimum untuk AODV *routing protocol* dan trafik TCP, sedangkan *Random Way Point* lebih baik untuk trafik CBR. (Sunita & Choudhary, 2017)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian yang akan dilakukan mengenai pengaruh model mobilitas terhadap kinerja jaringan nirkabel pada *Software Defined Wireless Network* (SDWN) ini merupakan penelitian non-implementatif analitik. Penelitian non-implementatif analitik dipilih karena penelitian yang dilakukan penulis berfokus kepada membandingkan kinerja jaringan nirkabel pada masing-masing model mobilitas untuk mengetahui pengaruh yang diberikan terhadap parameter kinerja jaringan nirkabel yang ditentukan. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut.

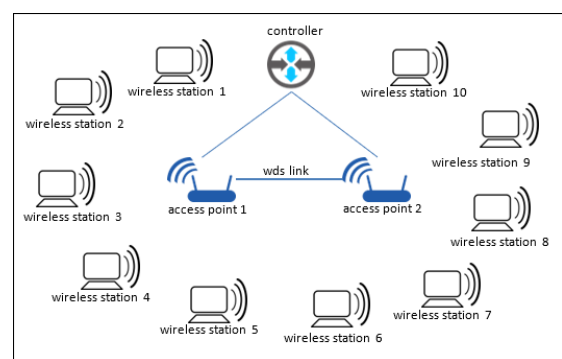
3.1. Studi Literatur

Tahapan awal saat memulai penelitian ini adalah dengan mempelajari berbagai literatur terkait. Berikut ini adalah teori-teori yang dipelajari untuk mendukung penelitian:

1. IEEE 802.11n
2. *Software Defined Network*
3. *Software Defined Wireless Network*
4. Mininet-WiFi
5. Model mobilitas *random-based*:

Kedua *access point* dihubungkan

dengan menggunakan *Wireless Distribution System* (WDS) yang memungkinkan *station* dapat saling terhubung meski berasosiasi dengan *access point* yang berbeda. Kedua *access point* berada pada koordinat (180,75,0) untuk *access point 1* (ap1) dan (420,175,0) untuk *access point 2* (ap2). Sedangkan untuk 10 *node station* berada pada posisi yang dihasilkan oleh model mobilitas. *Controller* yang digunakan adalah *controller default* pada Mininet-WiFi yang terhubung dengan kedua *access point* seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Topologi Jaringan

Tabel 1. Parameter Access Point

Parameter	Access point 1 (ap1)	Access point 2 (ap2)
WLAN	ap1-wlan1, ap1-wlan1.sta	ap2-wlan1, ap2.wds
SSID	wds-ssid1	wds-ssid
Antenna Height	1	1
Range	250	250
Antenna Gain	5	5
Tx power	11, 14	11, 14
MAC	02:00:00:00:0 a:00, 02:00:00:00:0 a:00	02:00:00:00:0b: 00, 02:09:00:00:0b: 00
Frequency	2.412, 2.412	2.412, 2.412
Mode	n, n	n, n
Position	180.0, 175.0, 0.0	420.0, 175.0, 0.0
Channel	1, 1	1, 1
4addr mode	ap	client

Random Walk, Random Waypoint, Random Direction

6. Parameter pengujian yaitu *throughput*, *packet loss*, dan *delay*
7. *Tools* pengujian: *iPerf*, *ping*

3.2. Topologi

Luas area simulasi yang digunakan pada penelitian ini adalah 600m x 350m. Terdapat 2 *access point* dan 10 *node wireless station* yang digunakan pada setiap skenario pengujian yang diuji. *Access point* dan *wireless station* merupakan perangkat dengan MAC layer IEEE 802.11n. Parameter *access point* dan *station* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Parameter Stations

Parameter	Nilai
wlan	sta-wlan0
channel	1
Tx Power	14
range	67
Antenna gain	5
Frequency	2.412
Mode	n
Antenna height	1

3.3. Skenario Pengambilan Data

Terdapat tiga skenario pengujian yang akan dilakukan pada simulasi untuk mendapatkan data berupa *throughput*, *packet loss*, dan *delay*. Setiap skenario dilakukan dengan adanya pergerakan *wireless station* dengan model pergerakan *Random Direction*, *Random Walk*, dan *Random Way Point*. Kecepatan pergerakan *wireless station* pada setiap model yang digunakan bervariasi dari 5m/s, 10m/s, 15m/s, 20m/s, hingga 25m/s. Berikut ini penjelasan tentang masing-masing skenario yang digunakan untuk pengambilan data.

Skenario Pengujian Throughput: Pengujian dilakukan dengan mengirimkan paket TCP dengan interval pengiriman paket dilakukan setiap detik selama 10 detik. Pengiriman paket dilakukan oleh seluruh *wireless station* menuju *wireless station* lainnya sehingga *wireless station* bertindak pada *receiver* dan *sender* dalam waktu bersamaan. Skenario

pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai *throughput* atau available bandwidth yang ada jaringan nirkabel. Pengujian dilakukan menggunakan *tool* *iPerf* sebanyak lima kali untuk masing-masing kecepatan pergerakan *wireless station* pada ketiga model mobilitas.

Skenario Pengujian Packet Loss: Pada skenario ini paket UDP dikirimkan oleh semua *wireless station* kepada *wireless station* lainnya. Skenario ini dilakukan untuk mengetahui nilai *packet loss*. Pengiriman paket UDP pada skenario ini dilakukan setiap detik selama 10 detik. Pengiriman paket dilakukan oleh seluruh *wireless station* menuju *wireless station* lainnya sehingga *wireless station* bertindak pada *receiver* dan *sender* dalam waktu bersamaan. Pengujian skenario dilakukan menggunakan *tool* *iPerf* sebanyak lima kali pada setiap model mobilitas dan setiap kecepatan yang telah ditentukan.

Skenario Pengujian Delay: Nilai *delay* didapat dengan mengirimkan paket ICMP. Besar paket ICMP yang dikirimkan adalah 512 bytes. Pengiriman paket dilakukan dengan mengirimkan paket ICMP menggunakan *tool* *ping* dari seluruh *wireless station* kepada seluruh *wireless station* lainnya secara bersamaan. Pengiriman paket ICMP dilakukan dengan interval 1 detik sebanyak 10 kali pengiriman paket. Pengujian *delay* dilakukan sebanyak lima kali pada setiap kecepatan dan model mobiltas *wireless station*.

3.4. Simulasi

Setelah perancangan lingkungan simulasi serta skenario pengambil data pada simulasi, langkah selanjutnya dari penelitian ini adalah menjalankan simulasi. Berikut tahapan yang dilakukan untuk menjalankan simulasi:

1. Menginstal Mininet-WiFi pada perangkat keras yang digunakan dengan sistem operasi Ubuntu 16.06
2. Menyusun *script* untuk membangun lingkungan simulasi yang telah dirancang sebelumnya dan menyertakan model mobilitas yang digunakan pada setiap *script* tersebut pada Mininet-WiFi

3. Menyertakan perintah *tool* iPerf dan *ping* yang digunakan untuk pengujian pada *script* simulasi jaringan nirkabel sesuai dengan skenario yang telah dirancang
4. Mengeksekusi *script* topologi dan skenario pengujian untuk mendapatkan data hasil pengujian
5. Menyusun *bash script* menghitung seluruh data yang didapat

3.5 Analisis Hasil Simulasi

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini Analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan melihat bagaimana kinerja jaringan nirkabel pada *Software Defined Wireless Network* (SDWN) berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian di Mininet- WiFi. Data yang dianalisis berupa data *throughput*, *packet loss*, dan *delay*. Masing- masing data yang didapat dirata-ratakan, kemudian disajikan berupa angka dalam bentuk tabel untuk setiap pengujian, dan grafik.

3.6 Pengambilan Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan dari hasil penelitian dilakukan setelah seluruh tahapan dari penelitian ini selesai dilakukan. Pada tahapan ini pengambilan kesimpulan didasarkan dari hasil analisis yang dilakukan pada tahap sebelumnya dengan parameter pengujian yaitu *throughput*, *packet loss*, dan *delay*.

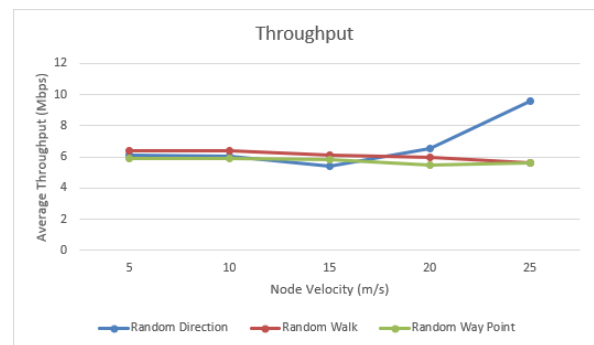
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini disajikan hasil dari simulasi yang telah dilakukan untuk mengetahui kinerja jaringan nirkabel yang dipengaruhi oleh model mobilitas pada arsitektur *Software Defined Wireless Network* (SDWN). Kinerja jaringan nirkabel diukur menggunakan empat parameter pengujian yaitu *throughput*, *packet loss* dan *delay*. Hasil pengujian disajikan dalam dalam bentuk angka pada tabel dan grafik untuk memudahkan analisis hasil.

4.1. Throughput

Pada Gambar 2 terlihat nilai rata-rata *throughput* yang tidak mengalami perbedaan nilai yang begitu jauh antara

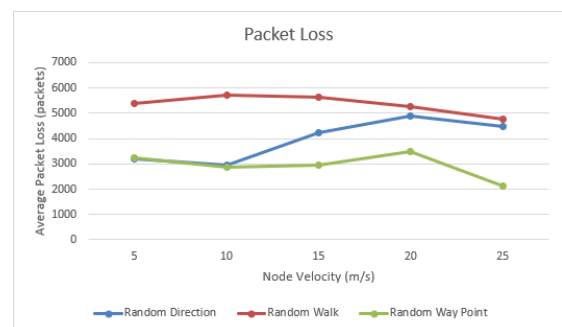
setiap kecepatan dengan nilai *throughput* yang ditunjukkan pada Tabel 3 kecuali untuk *Random Direction* pada kecepatan 20m/s dan 25m/s. Pada *Random Direction* terjadi peningkatan yang signifikan pada saat kecepatan 25m/s yaitu menjadi sebesar 9.63 Mbps yang menjadikan nilai *throughput* tertinggi ada pada model mobilitas tersebut. Akan tetapi dilihat dari hasil *throughput* setiap pengujian terdapat nilai yang fluktuatif terutama pada kecepatan 25m/s pada *Random Direction*. Nilai *throughput* yang dihasilkan tersebut dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor salah satunya adalah pergerakan *node* hasil dari mobilitas yang digunakan sehingga mempengaruhi jarak antar *node* yang sedang terhubung.



Gambar 2. Hasil Throughput

Tabel 3. Hasil Throughput (Mbps)

Node Velocity	Random Direction	Random Walk	Random Way Point
5 m/s	6.118718	6.39844	5.92385
10 m/s	6.032066	6.375712	5.93734
15 m/s	5.447588	6.144458	5.816858
20 m/s	6.524636	5.97107	5.452822
25 m/s	9.62502	5.62947	5.608058



Gambar 3. Hasil Packet Loss

Tabel 4. Hasil Packet Loss (paket)

<u>Node Velocity</u>	<u>Random Direction</u>	<u>Random Walk</u>	<u>Random Way Point</u>
5 m/s	3180.4	5396.2	3233.2
10 m/s	2960.4	5717.2	2859.4
15 m/s	4219.2	5642.2	2934
20 m/s	4893.6	5273.4	3480.6
25 m/s	4469.2	4749	2116.6

4.2. Packet Loss

Hasil pengukuran *packet loss* disajikan pada Gambar 3 dan Tabel 4. Pada hasil tersebut terlihat bahwa nilai rata-rata *packet loss* terkecil ada pada model mobilitas *Random Way Point* yaitu sebesar 2116,2 paket pada kecepatan 25m/s. Secara keseluruhan nilai *packet loss* terkecil ada pada *Random Way Point*, akan tetapi nilai *packet loss* pada ketiga model mobilitas mengalami kenaikan dan penurunan seiring bertambahnya kecepatan mobilitas *node*.

Perbedaan nilai *packet loss* ketiga model mobilitas tersebut dipengaruhi oleh karakteristik pergerakan dari masing-masing model mobilitas. Pada *Random Way Point* dengan nilai *packet loss* pada setiap kecepatan lebih rendah dibandingkan dengan *Random Direction* dan *Random Walk*. Karakteristik dari *Random Way Point* dengan adanya *pause time* menyebabkan jumlah pergerakan *node* lebih sedikit dibandingkan dengan *Random Direction* dan *Random Walk*.

4.3. Delay

Pada penelitian ini nilai *delay* yang digunakan adalah nilai *round trip delay* atau yang disebut dengan *latency*. Nilai rata-rata *delay* pada setiap kecepatan untuk ketiga model mobilitas ditunjukkan pada Gambar 7 dan Tabel

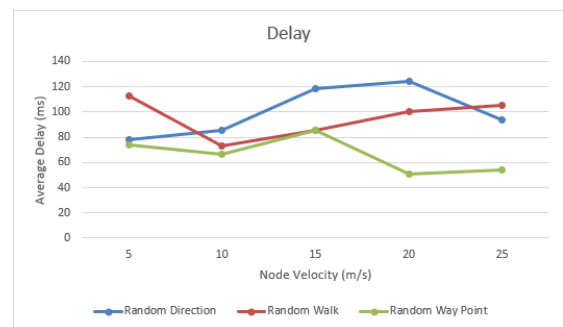
6. Pada hasil tersebut nilai *delay* terendah ada pada model mobilitas *Random Way Point* dengan kecepatan 20m/s yaitu sebesar 51,056 ms. Secara keseluruhan dari ketiga model mobilitas, *Random Way Point* memiliki nilai *delay* yang lebih rendah dibandingkan dengan *Random Direction* dan *Random Walk*. Hal tersebut disebabkan oleh karakteristik dari pergerakan *Random Way Point* dan *pause time* yang ada sehingga pengiriman trafik yang dilakukan pada setiap *wireless station*

lebih stabil sehingga menghasilkan nilai *delay* yang lebih rendah.

4.4. Analisis Lanjutan

Pada setiap pengujian yang telah dilakukan untuk setiap parameter kinerja jaringan nirkabel yaitu *throughput*, *packet loss*, dan *delay*, terdapat inkonsistensi hasil setiap pengujian yang dilakukan. Hal tersebut dapat dilihat dari angka yang sangat bervariasi pada pengujian dengan mobilitas dan kecepatan yang sama, untuk itu dilakukan pengujian ulang pada salah satu parameter kinerja yaitu *throughput*. Hasil pengujian ulang ditunjukkan pada Gambar 5 dan Tabel 6 dengan hasil yang ditunjukkan oleh pengujian ulang *throughput* berbeda dengan pengujian sebelumnya. Pada gambar secara keseluruhan pada setiap kecepatan yang diujikan, nilai *throughput* pada model mobilitas *Random Way Point* lebih baik dibandingkan dengan dua model mobilitas lainnya. Nilai *throughput* tertinggi dihasilkan pada kecepatan 15m/s yaitu sebesar 6.46 Mbps.

Adanya perbedaan hasil yang ditunjukkan, dilakukan investigasi lebih lanjut mengenai alasan terjadinya hal tersebut. Alasan inkonsistensi hasil yang didapat ditemukan pada kolom *issue* repositori github Mininet- WiFi yaitu formula perhitungan *bandwidth* yang ada pada Mininet-WiFi adalah hasil dari percobaan yang dilakukan pada *anechoic wireless testbed* bernama R2lab sehingga untuk jarak antar *node* yang lebih jauh seperti pada penelitian ini belum layak dilakukan dengan Mininet-WiFi.

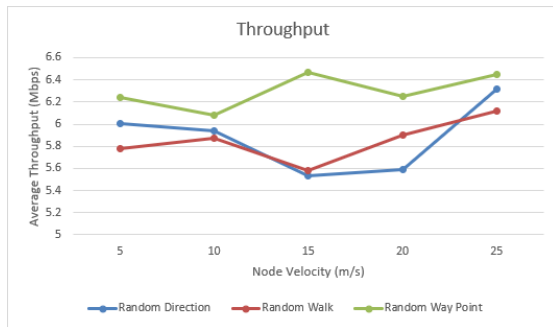


Gambar 4. Hasil Delay

Tabel 5. Hasil Delay (ms)

<u>Node Velocity</u>	<u>Random Direction</u>	<u>Random Walk</u>	<u>Random Way Point</u>
----------------------	-------------------------	--------------------	-------------------------

5 m/s	77.99154	112.8208	74.08372
10 m/s	85.67626	72.95526	66.36872
15 m/s	118.681	85.33934	85.31518
20 m/s	124.5792	100.2961	51.05559
25 m/s	93.40998	105.4322	53.83384



Gambar 5. Hasil Pengujian Ulang Throughput

Tabel 6. Hasil Pengujian Ulang Throughput (Mbps)

Node Velocity	Random Direction	Random Walk	Random Way Point
5 m/s	6.00806	5.77982	6.24302
10 m/s	5.942752	5.873814	6.078758
15 m/s	5.535572	5.578084	6.464938
20 m/s	5.59174	5.905228	6.25169
25 m/s	6.320378	6.11851	6.444806

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai kinerja jaringan nirkabel pada arsitektur *Software Defined Wireless Network (SDWN)* dengan pengaruh model mobilitas, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran parameter *throughput* dengan nilai tertinggi ada pada model mobilitas *Random Direction* dengan nilai sebesar 9.63 Mbps pada kecepatan 25m/s.

Hasil pengukuran *delay* dan *packet loss* yang dihasilkan oleh model mobilitas *Random Way Point* lebih rendah dibandingkan dengan *Random Direction* dan *Random Walk* yaitu sebesar 51.052 ms pada kecepatan 20m/s dan 2116.2 paket pada kecepatan 25m/s.

2. Berikut pengaruh masing-masing model mobilitas pada setiap parameter kualitas kinerja jaringan nirkabel pada SDWN

yang digunakan:

- a. Mobilitas *Random Direction* memberikan pengaruh nilai *throughput* yang lebih tinggi pada kecepatan 25m/s dibandingkan dengan kedua model mobilitas lainnya. Pada pengukuran *packet loss*, nilai yang dihasilkan oleh *Random Direction* mengalami peningkatan seiring bertambahnya kecepatan dan pada pengukuran *delay* *Random Direction* memberikan pengaruh nilai *delay* yang lebih tinggi dibandingkan dengan dua model mobilitas lainnya.

- b. *Random Walk* memberikan pengaruh nilai *throughput* yang cenderung stabil seiring bertambahnya kecepatan *node*. Pada pengukuran *packet loss*, *Random Walk* memberikan pengaruh nilai *packet loss* yang lebih tinggi dari *Random Direction* dan *Random Way Point*. Sedangkan untuk *delay*, *Random Way Point* menunjukkan hasil yang cukup tinggi pada kecepatan 5m/s yang kemudian menurun seiring bertambahnya kecepatan, tetapi nilainya masih berada di antara *Random Direction* dan *Random Way Point*.

- c. *Random Way Point* memberikan pengaruh yang cenderung stabil pada nilai *throughput*. Namun, *Random Way Point* memberikan pengaruh nilai *packet loss* dan *delay* yang lebih baik dibandingkan dengan model mobilitas *Random Direction* dan *Random Walk* pada setiap kecepatan yang diujikan.

3. Terdapat inkonsistensi hasil dari setiap pengujian yang dilakukan pada *throughput*, *packet loss*, dan *delay* disebabkan oleh ketidakstabilan emulator yang digunakan dalam penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

Cisco VNI, 2017. *Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2016- 2021*. [Online] Available at: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutio>

[ns/co llateral/service-provider/visual-networking- index-vni/mobile-white-paper-c11- 520862.pdf](https://www.researchgate.net/publication/31520862)

[Accessed 4 August 2017].

- Gelberger, A., Yemini, N. & Giladi, R., 2013. Performance Analysis of Software-Defined Networking (SDN). *IEEE 21st International Symposium on Modelling, Analysis & Simulation of Computer and Telecommunication Systems*.
- Gowrishankar, S., Basavaraju, T. G. & Sarkar, S. K., 2007. Effect of Random Mobility Models Patter in Mobile Ad Hoc Networks. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, 7(6), pp. 160-164.
- Manjula, S. H. et al., 2008. *Performance of AODV Routing Protocol using Group and Entity Mobility Models in Wireless Sensor Networks*. Hong Kong, International MultiConference of Engineers and Computer Scientists.
- Mustafiz, R., Hosain, A. S. M. D., Islam, N. & Rahman, M. M., 2017. Analysis of QoS in Software Defined Wireless Network with Spanning Tree Protocol. *I. J. Computer Network and Information Security*, pp. 61- 68.
- Nisar, M. A., Shaheen, A. M. & Nadeem, A., 2013. *A Review and Performance Analysis of Mobility Model for MANETs: A Case Study*. Karachi Pakistan, ResearchGate.
- Pong, D. & Moors, T., 2006. The Impact of Random Waypoint Mobility on Infrastructure Wireless Network. *International Journal of Wireless Information Networks*, 13(2), pp. 99-114.
- Sunita & Choudhary, M. K., 2017. Comparative Study of Mobility Models using MANET Routing Protocols under TCP and CBR Traffic. *International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences*, 5(6), pp. 253-259.
- Vinayagam, P. S., 2014. Impact of Random Mobility Models on OLSR. *International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN)*, 6(6), pp. 87-100.