

IMPLEMENTASI K-MEANS CLUSTERING DAN MODIFIKASI ADHOC ON-DEMAND DISTANCE VECTOR ROUTING PROTOCOL PADA MOBILE ADHOC NETWORK UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA PENGIRIMAN ANTAR NODE

Fahrizal Naufal Ahmad, Radityo Anggoro, dan F.X Arunanto

Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: fahrizal16@mhs.if.its.ac.id¹⁾, onngo@if.its.ac.id²⁾, anto@if.its.ac.id³⁾

Abstrak— *Adhoc On-Demand Distance Vector(AODV)* merupakan salah satu routing protocol yang dapat diaplikasikan ke pada Mobile Adhoc Network (MANET). AODV sendiri memiliki dua fase, yaitu route discovery dan route maintenance. Route Discovery sendiri memiliki dua fase yaitu Route Request (RREQ) dan Route Reply (RREP). Pada AODV, route yang dipilih adalah route dengan jumlah hop terkecil tanpa memperhatikan faktor-faktor esensial lainnya yang dapat memengaruhi dalam pemilihan suatu route. Ada beberapa faktor lain yang bisa mempengaruhi pemilihan route selain jumlah hop antara lain seperti posisi, energi, kepadatan, dan kekuatan sinyal. Penggunaan faktor-faktor tambahan tersebut akan meningkatkan akurasi didalam pemilihan route.

Pada Tugas Akhir ini, Penulis mengusulkan sebuah algoritma bernama Backup Routing untuk diimplementasikan di dalam AODV. Untuk lebih meningkatkan performa, Penulis juga mengusulkan sebuah metode clustering, yaitu K-Means Clustering. Dua metode tersebut akan menghitung seluruh rute yang tersedia lalu melakukan clustering sebelum mengirimkan sebuah paket.

Pada akhir pengujian, dua metode tersebut yang telah diimplementasikan akan disimulasikan. Setelah disimulasikan, terdapat data yang menunjukkan bahwa adanya peningkatan performa dari AODV yang telah dimodifikasi.

Kata Kunci— : A MANET, AODV, Backup Routing, K-Means, Clustering

I. PENDAHULUAN

AODV adalah distance vector routing protocol yang termasuk dalam klasifikasi reaktif routing protocol, yang hanya me-request sebuah rute saat dibutuhkan. AODV yang standar ini dikembangkan oleh C. E. Perkins, E.M. Belding-Royer dan S. Das pada RFC 3561. Teknologi AODV pun pada akhirnya dikembangkan dan akhirnya muncul

teknologi baru yang bisa digunakan pada perangkat bergerak, yaitu Mobile Ad-hoc Network (MANET).

Di dalam MANET, antara node yang berbeda dapat terhubung melalui transmisi wireless secara langsung, akan tetapi jika salah satu node diluar jangkauan transmisi maka membutuhkan node lain untuk meneruskan pesan. Oleh karena itu muncul skenario multi hop, dimana ada beberapa host yang berfungsi sebagai relay untuk meneruskan paket dari host sumber menuju kepada host target.

Sama seperti AODV, MANET juga menggunakan pesan route request (RREQ), route reply (RREP), and route error (RERR). Akan tetapi, karena sifat MANET yang sangat dinamis, maka routing tidak dapat dilakukan secara efektif. Beberapa penelitian juga melakukan evaluasi dari MANET. Diharapkan bahwa jika MANET mengirim paket data melalui rute yang telah rusak, maka sistem tersebut tidak dapat memberikan rute cadangan langsung. Maka dari itu, perlu sekali dilakukan optimasi performa dari MANET.

Beberapa penelitian juga sudah memodifikasi AODV menjadi lebih efektif dengan melakukan menemukan rute-rute yang ada terlebih dahulu, baru kemudian dikirimkan paket data oleh sumber. Teknologi tersebut dinamakan AODV-ABR atau AODV-Advanced Backup Routing.

II. DASAR TEORI

A. Mobile Adhoc Networks (MANETs)

Mobile Ad hoc Networks (MANETs) merupakan sebuah jaringan yang terbentuk dari beberapa node yang bergerak bebas dan dinamis. MANET memungkinkan terjadinya komunikasi jaringan tanpa bergantung pada ketersediaan infrastruktur jaringan yang tetap [1]. Dalam MANET, setiap node yang ada dapat bertindak sebagai host maupun router. Setiap node juga dapat saling berkomunikasi antara satu sama lain walaupun tidak ada access point. Perangkat pada MANET harus dapat mendeteksi lokasi atau keberadaan dari setiap perangkat yang ada. MANET dapat dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan di lapangan, karena

hampir tidak membutuhkan support dari infrastruktur yang telah ada. Antar node akan terhubung sebagai jaringan ad hoc sebagai autonomous system of mobile hosts (MH) yang juga bertindak sebagai router dan terhubung menggunakan jaringan wireless. Hal ini kontras dengan jaringan seluler single hop yang membutuhkan BTS (Base Tranceiver Station) sebagai akses poin. Dalam jaringan seluler, komunikasi antar mobile node tergantung terhadap wired backbone dan dukungan sinyal dari BTS. Di dalam MANET tidak dibutuhkan infrastruktur dan topologi jaringan dapat berubah secara dinamis mengikuti perubahan node karena node dapat bergerak secara bebas.



Gambar 1 Ilustrasi MANETs

B. Ad-hoc On Demand Distance Vector (AODV)

AODV merupakan perpaduan antara DSR dan DSDV. AODV mengambil karakteristik DSR yaitu melakukan route discovery bila dibutuhkan. Perbedaan AODV dan DSR adalah AODV menggunakan routing table tradisional yaitu satu entri per tujuan [2]. Seperti DSDV, AODV menjamin tidak akan terjadi loops. AODV menggunakan komunikasi broadcast untuk route discovery dan komunikasi unicast untuk route reply. Sedangkan pada DSR digunakan routing yang telah ditentukan oleh node asal, bukan rute yang ditentukan oleh node perantara yang ada di antara node asal dan node tujuan. Node perantara memiliki route cache yang akan menyimpan informasi untuk keperluan routing. AODV sendiri dapat dikatakan sebuah routing protocol yang sangat direkomendasikan untuk sebuah MANET. Karena AODV dapat mengatasi keterbatasan bandwidth yang dimiliki oleh MANET dengan sangat baik. Salah satu keunggulan dari AODV adalah routing protocol tersebut tidak menyimpan informasi tentang route yang sudah tidak aktif dan penggunaan sequence number yang disisipkan pada setiap paket oleh setiap node yang mengirimkan paket tersebut yang bertujuan untuk menggantikan cached routes sekaligus memastikan bahwa routes yang ada pada routing table adalah routes yang terbaik berdasarkan sequence number dan timestamps.

C. Network Simulator-2 (NS-2)

Network Simulator-2(NS-2) adalah suatu aplikasi untuk melakukan simulasi jaringan dengan melibatkan Local Area Network(LAN), Wide Area Network(WAN), dan beberapa perkembangan terbaru telah menambahkan jaringan nirkabel dan juga jaringan adhoc. NS-2 menggunakan dua bahasa pemrograman yaitu C++ dan Object-oriented open(OTCL). Pada NS-2, bahasa pemrograman C++ dapat digunakan dalam hal pengaturan mekanisme internal(backend) dari objek

simulasi yaitu pengaturan protokol yang digunakan saat melakukan simulasi, dan bahasa pemrograman OTCL mendefinisikan lingkungan simulasi eksternal(frontend) untuk perakitan dan konfigurasi objek. Proses simulasi pada NS-2 akan memberikan output berupa file NAM dan trace file.

D. Simulation of Urban Mobility (SUMO)

SUMO merupakan aplikasi atau program open source yang digunakan untuk melakukan simulasi lalu lintas. SUMO sendiri saat ini sudah semakin berkembang dan semakin banyak fitur yang dapat digunakan dalam pemodelan dan membaca format-format yang berbeda. SUMO sendiri dapat mendefinisikan beberapa atribut tertentu, seperti panjang kendaraan, kecepatan maksimum, percepatan maupun perlambatannya, dan fitur lainnya.

III. PERANCANGAN

A. Fase Perancangan Implementasi K-Means Clustering

Proses penerapan K-Means Clustering dimulai dari mengumpulkan beberapa data yang diperlukan terlebih dahulu. Data yang diperlukan untuk melakukan clustering adalah posisi dua dimensi dari seluruh node yang berada di daerah simulasi. Data tersebut akan ditampung ke dalam nodes positions table yang ada pada node. Variabel yang diperlukan untuk node position table terdapat pada tabel 1.

Tabel 1 Nodes Position Table

No	Variabel	Tipe	Keterangan
1	<i>nodes_position_x</i>	double, array	posisi absis <i>node</i>
2	<i>nodes_position_y</i>	double, array	posisi ordinat <i>node</i>
3	<i>nodes_timestamp</i>	double, array	waktu data diperoleh

Nodes Position Table sendiri merupakan tabel yang berisi data 2 dimensi posisi dari setiap node yang ada, dan berisi *timestamp* untuk memastikan bahwa data yang akan diambil adalah data yang paling baru sesuai *timestamp*. Oleh karena itu, paket tersebut harus memindahkan data dari node kepada paket tersebut dengan memperhatikan *timestamp*. Proses pemindahan data tersebut ada pada *pseudocode* pada Gambar 2.

```

for i=0 to number_of_nodes do
  if (paket.positions_table.timestamp[i] > node.
positions_table.timestamp[i])
  then
    node.positions_table.x[i] = paket.positions_table.x[i]
    node.positions_table.y[i] = paket.positions_table.y[i]
  else if (paket.positions_table.timestamp[i] < node.
positions_table.timestamp[i])
  then
    paket.positions_table.x[i] = node.positions_table.x[i]
    paket.positions_table.y[i] = node.positions_table.y[i]
  endif
endfor

```

Gambar 2 Pseudocode Proses Pemindahan Data Posisi Node

Proses pemindahan data ini akan dilakukan sebelum detik t, yang nantinya akan diteruskan ke proses *clustering*. Proses *Clustering* ini akan dilakukan oleh node yang berperan

sebagai *Server Node*. Node tersebut nantinya akan melakukan *clustering* sesuai data dari *Nodes Position Table*. Setelah itu proses ini akan memilih *centroid cluster* awal secara acak sebanyak *k cluster*, lalu setelah itu dapat dilakukan proses *K-Means Clustering*. *Pseudocode* untuk melakukan *K-Means Clustering* terdapat pada Gambar 3 di bawah ini.

```

isClusterChange = true
while isClusterChange=true do
  for i=0 to number_of_cluster do
    isClusterChange = false
    for j=0 to number_of_members_on_cluster[i] do
      for k=0 to number_of_cluster do
        distance = euclidean_distance(cluster[i].member[j],cluster[k])
        if (distance < cluster[i].member[j].nearestDistance)
          then
            cluster[i].member[j].setCluster(k)
            isClusterChange = true
          endif
        endfor
      endfor
    endfor
  endfor
  update_centroid_all_clusters()
endwhile

```

Gambar 3 *Pseudocode K-Means Clustering*

B. Fase Perancangan Implementasi Backup Routing

Backup Routing akan dijalankan setelah melakukan clustering, yakni melakukan pemilihan forwarding node dengan yaitu node yang berhak untuk melakukan rebroadcast paket RREQ. Penentuan forwarding node dilakukan dengan cara membandingkan antara minimum energi dan rata-rata energi yang dimiliki oleh rute RREQ. Apabila nilai minimum energi pada rute lebih kecil nilai minimum energi pada node yang dilalui oleh RREQ tersebut, bandingkan rata-rata energi rute tersebut dengan rata-rata energi pada node yang dilalui oleh rute tersebut. Apabila rata-rata energi pada rute lebih kecil rata-rata energi pada node yang dilalui, maka paket RREQ akan diteruskan. Jika rute tersebut tidak memenuhi kriteria tersebut, maka paket RREQ akan di-drop. *Pseudocode* untuk pemilihan forwarding node ada pada Gambar 4.

```

rq->rq_min_energy = energy
rq->rq_energy = rq->rq_energy + energy
avg_energy = rq->rq_energy / (hop count + 1)
if (rq->rq_min_energy < node's minimum energy) then
  update node's minimum energy
  if (avg_energy < node avg energy) then
    drop RREQ
  else
    forward RREQ
    update node avg energy
  end if
else
  drop RREQ
end if

```

Gambar 4 *Pseudocode* pemilihan forwarding node pada Backup Routing

Dapat dilihat pada *Pseudocode* tersebut bahwa energi setiap rute akan dihitung terlebih dahulu, lalu dari setiap node pada rute akan dipilih energi yang terkecil, setelah itu jumlah energi pada suatu rute akan dibagi dengan *hop count* untuk mendapatkan nilai *a* sesuai pada rumus berikut:

$$a = \frac{\text{total route energy}}{\text{hop count}}$$

Setelah proses berikut, maka nilai *a* yang paling besar dibandingkan rute lain akan menjadi rute yang digunakan.

IV. SIMULASI

Pada bagian ini dijelaskan mengenai lingkungan simulasi dan parameter simulasi untuk melakukan perbandingan performa antara AODV asli dan AODV modifikasi.

A. Lingkungan Simulasi

Terdapat 4 jenis lingkungan yang akan digunakan pada simulasi, yaitu 50 *node* 5 *cluster* untuk lingkungan jarang, 100 *node* 10 *cluster* dan 150 *node* 15 *cluster* untuk lingkungan sedang, dan 200 *node* 20 *cluster* untuk lingkungan padat.

B. Parameter Simulasi

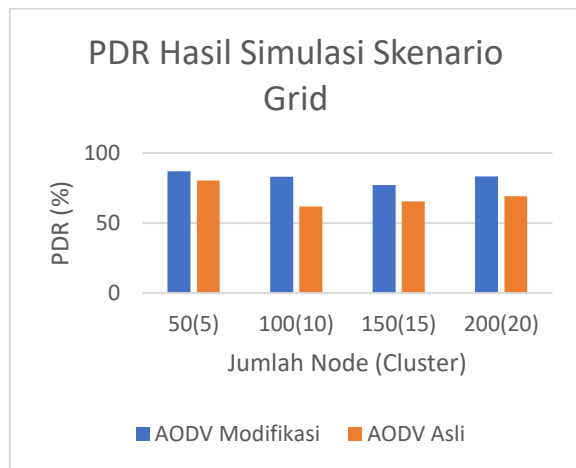
Untuk melakukan simulasi, digunakan *network simulator* NS-2.35 dengan protokol AODV. Skenario yang digunakan berukuran 700m x 700m dengan menggunakan map yang sudah dilakukan konversi. Keterangan lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Parameter Simulasi

No.	Parameter	Spesifikasi
1	Network simulator	NS-2.35
2	Routing protocol	AODV & AODV modifikasi
3	Waktu simulasi	200 detik
4	Area simulasi	700 x 700 meter
5	Jumlah <i>Node</i>	50, 100, 150, dan 200
6	Radius transmisi	250m
7	Kecepatan maksimum	20 m/s
8	Protokol MAC	IEEE 802.11

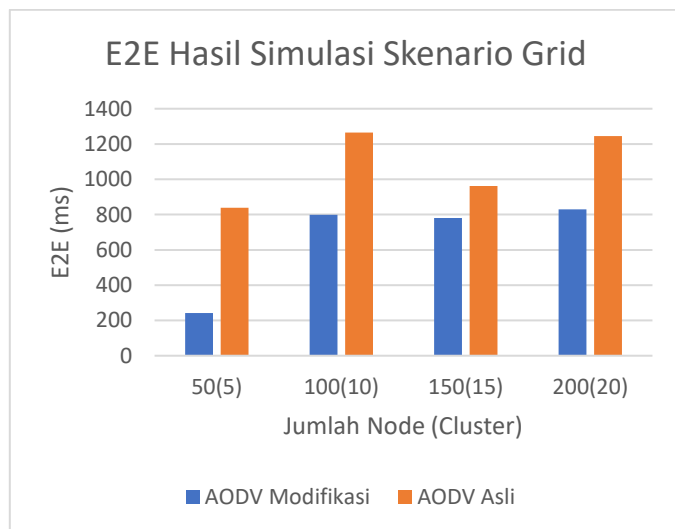
V. UJI COBA DAN EVALUASI

Pengujian pada skenario *grid* digunakan untuk melihat perbandingan PDR, E2E, RO, dan AHC antara AODV asli dan AODV modifikasi. Data pada skenario ini diambil sebanyak 10 kali dalam setiap variasi kemudian hasil tersebut akan dilakukan perhitungan rata-rata untuk masing-masing variasi. *Cluster* dari setiap variasi diambil berdasarkan 10% dari jumlah *node* yang diuji. Berikut ini adalah hasil pengujian serta analisis dari keempat metrik yang diuji.



Gambar 5 Grafik PDR dari Hasil Simulasi Skenario Grid

Berdasarkan grafik pada Gambar 5, dapat dilihat bahwa dalam metrik PDR dalam setiap variasi AODV Modifikasi lebih unggul daripada AODV Asli. Perbedaan terjauh terjadi pada variasi jumlah 100 node dan 10 cluster dengan perbedaan mencapai 21,298%. Dalam grafik tersebut juga menunjukkan bahwa performa PDR dari AODV modifikasi tidak berbeda jauh dari setiap variasi dan dapat dikatakan cukup konsisten, kecuali pada variasi jumlah node 150 dan jumlah cluster 15, PDR dari AODV Modifikasi menunjukkan angka terendah dibandingkan dengan variasi lainnya, yaitu 77,145%, meskipun angka tersebut masih lebih tinggi daripada angka yang diperoleh AODV asli. Pada bagian ini, AODV Modifikasi menunjukkan angka yang lebih baik daripada AODV Asli dalam setiap variasi dalam skenario grid.

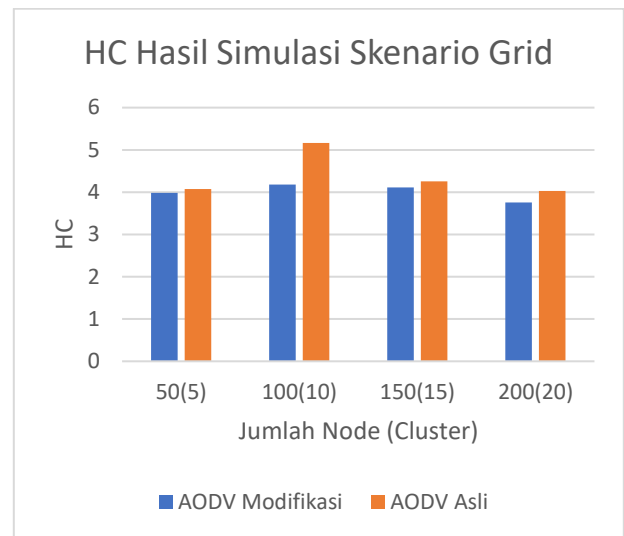


Gambar 6 Grafik E2E dari Hasil Simulasi Skenario Grid

Berdasarkan grafik pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa dalam metrik E2E dalam setiap variasi AODV Modifikasi lebih unggul daripada AODV Asli. Sama seperti halnya PDR, dalam setiap variasi pun E2E dari AODV Modifikasi cukup konsisten, terkecuali pada variasi jumlah node 50 dan cluster 5, justru AODV Modifikasi mempunyai hasil yang amat baik, dengan waktu 242,34141 ms, AODV Modifikasi pada variasi tersebut memiliki keunggulan yang jauh dalam E2E

dibandingkan dengan variasi lain. Pada bagian ini, AODV Modifikasi menunjukkan angka yang lebih baik daripada AODV Asli dalam setiap variasi dalam skenario grid.

Metriks RO dalam setiap variasi AODV Modifikasi lebih buruk daripada AODV Asli. Hal itu dikarenakan RO AODV Modifikasi jauh lebih tinggi daripada AODV Asli. Terlihat juga dalam grafik tersebut, jumlah RO AODV Modifikasi dan AODV Asli meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah *node* dan *cluster*. Namun perbedaan RO AODV Modifikasi dan AODV Asli paling banyak pada variasi jumlah *node* 200 dan jumlah *cluster* 20, dengan selisih sebanyak 32532,4. Dari hasil pengujian teratas, maka dapat disimpulkan bahwa dalam metrik RO, AODV Modifikasi lebih buruk daripada AODV Asli dalam skenario grid.



Gambar 7 Grafik HC dari Hasil Simulasi Skenario Grid

Berdasarkan grafik pada Gambar 7, dapat dilihat bahwa dalam metrik HC dalam setiap variasi AODV Modifikasi lebih unggul daripada AODV Asli. Perbedaan yang terjauh terjadi pada variasi jumlah node 100 dan jumlah cluster 10, yaitu selisih 0,989. Namun untuk variasi lainnya, perbedaan HC antara AODV Modifikasi dan AODV Asli Relatif tidak berbeda jauh, namun jumlah HC yang dimiliki oleh AODV Modifikasi lebih kecil. Dalam hal HC, dapat disimpulkan bahwa AODV Modifikasi lebih unggul daripada AODV Asli dalam skenario grid.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan uji coba, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

Kesimpulan yang diperoleh dari Tugas Akhir yang telah dikerjakan adalah

1. Penerapan K-Means Clustering telah berhasil mengurangi jumlah forwarding node secara signifikan dan setelah dikombinasikan dengan algoritma Backup Routing secara umum menghasilkan hasil yang lebih baik daripada AODV Asli berdasarkan Packet Delivery Ratio, End-to-End Delay, dan Average Hop Count, namun kombinasi ini juga menyebabkan Routing Overhead meningkat secara fluktuatif.

2. Penerapan K-Means Clustering dan algoritma Backup Routing dalam skenario grid telah memengaruhi performa AODV dengan rata-rata kenaikan pada PDR sebesar 20%, rata-rata penurunan pada E2E sebesar 40%, rata-rata penurunan HC sebesar 8%, dan rata-rata kenaikan RO sebesar 677%.
3. Penerapan K-Means Clustering dan algoritma Backup Routing dalam skenario real telah memengaruhi performa AODV dengan rata-rata kenaikan pada PDR sebesar 37%, rata-rata penurunan pada E2E sebesar 59%, rata-rata penurunan HC sebesar 23%, dan rata-rata kenaikan RO sebesar 747%

Saran yang diberikan dari hasil pengujian dan analisis pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut

1. Melakukan uji coba dengan variasi yang lebih banyak sehingga mendapatkan data yang lebih akurat.
2. Menerapkan sebuah metode untuk mengurangi angka Routing Overhead dari AODV yang diterapkan K-Means Clustering dan algoritma Backup Routing.
3. Menerapkan metode selain K-Means Clustering dan algoritma Backup Routing yang dapat memaksimalkan kinerja dari AODV. Seperti Particle Swarm Optimization (PSO).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. L. Raja dan C. D. S. S. Baboo, "An Overview of MANET: Applications, Attacks and Challenges," *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, vol. 3, no. 1, pp. 408-417, 2014.
- [2] M. Singh dan S. Kumar, "A Survey: Ad-hoc on Demand Distance Vector (AODV) Protocol," *International Journal of Computer Applications*, vol. 161, no. 1, pp. 38-44, 2017.
- [3] G. G. S. Sruthy, "AODV based backup routing for optimized performance in mobile ad-hoc networks," *2017 International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)*, pp. 684-688, 2017.
- [4] "OpenStreetMap," [Online]. Available: <https://www.openstreetmap.org/>. [Diakses 22 May 2020].
- [5] B. A. Kumar, M. V. Subramanyam dan K. S. Prasad, "An Energy Efficient Clustering Using K-Means and AODV Routing Protocol in Ad-hoc Networks," *International Journal of Intelligent Engineering & Systems*, vol. 12, no. 2, 2019.
- [6] "JOSM," [Online]. Available: josm.openstreetmap.de/. [Diakses 22 5 2020].
- [7] K. Shaymala, S. K. Lokhande, R. B. P dan S. Kumar, "Efficient backup routing scheme in AODV with unidirectional links," *2011 Annual IEEE India Conference*, 2011.