

Analisis dan Simulasi Clustering Node Menggunakan Algoritma LEACH

Node Clustering Analysis and Simulation Using LEACH Algorithm

Faiz Satria Syukri¹, Andrian Rakhmatsyah, S.T., M.T.², Sidik Prabowo, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Informatika, Fakultas Informatika, Universitas Telkom

¹faizs.syukri@gmail.com, ²kangandrian.telkomuniversity.ac.id, ³pakwowo.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada tugas akhir ini membahas analisa dan simulasi *clustering node* menerapkan konsep *Wireless Sensor Network* (WSN) untuk memfasilitasi permasalahan yang terjadi pada waduk. Dalam hal ini waduk menjadi objek adalah Waduk Kedong Ombo terletak di Desa Ngrambat, Kecamatan Geyer, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah. Permasalahan waduk adalah banyak ikan mati secara tiba tiba sehingga menyebabkan kerugian yang besar pada peternak ikan di sekitar daerah itu. Simulasi ini dianalisis 3 parameter yaitu energi, *throughput*, *packet loss*. Ukuran untuk parameter tersebut energi yang lebih rendah, *throughput* yang lebih tinggi dan *packet loss* yang lebih rendah. Memiliki 2 jenis topologi yaitu topologi homogen dan heterogen. Dalam pengerjaan simulasi memiliki rangkaian kerja yaitu melakukan set parameter, set area, penyebaran sensor *node* secara random, pembentukan *cluster head*, pembentukan anggota *cluster* dan melakukan transmisi data sampai ke *base station*. Simulasi dibuat dengan penerapan *clustering node* pada *Wireless Sensor Network* (WSN) dan algoritma LEACH sebagai metode yang membantu proses efisiensi energi setiap sensor *node* dengan memanfaatkan *cluster head* pada simulasi. Dari hasil pengujian yang dilakukan menggunakan Matlab ternyata semakin banyak jumlah sensor maka semakin banyak energi tersisa pada suatu wilayah yang telah diskalakan.

Kata kunci: simulasi, waduk, analisa, *Wireless Sensor Network*, *clustering node*, sensor *node*, *cluster head*.

1. Pendahuluan

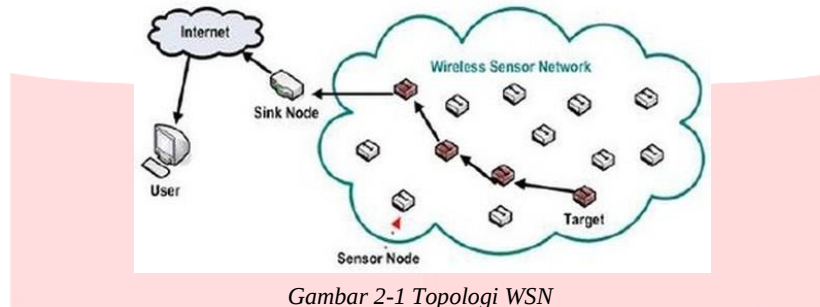
Beberapa waktu terakhir ini Waduk mempunyai masalah banyak ikan yang mati di karamba sehingga peternak ikan dipastikan rugi hingga ratusan juta rupiah. Masalah ini banyak dikaitkan dengan adanya cuaca ekstrem dan munculnya racun dari dasar waduk yang disebabkan oleh perubahan suhu [7]. Salah satu alternatif yang dapat diterapkan adalah dengan memasang sensor di wilayah sekitar waduk. Dalam penyebaran sensor *node* di area sekitar waduk yang cukup luas dengan luas area 6576 ha maka dapat digunakan konsep *clustering node* untuk mengoptimalkan penyebaran jumlah sensor *node*. Dengan permasalahan tersebut konsep *clustering node* pada *Wireless Sensor Network* diajukan untuk melakukan penyebaran sensor *node* disekitar wilayah Waduk. Pada tugas akhir ini, dibuat pemodelan wilayah dikarenakan area waduk yang sangat luas sehingga dapat membantu penyebaran sensor *node* yang merata disekitar waduk. Dalam melakukan penyebaran sensor *node* secara acak pada waduk serta menentukan *Cluster Head* dan *Clustering* pada sensor *node* memiliki parameter yang dianalisa dalam mengirim dan menerima informasi ke *base station*. Dalam menentukan *Cluster Head* dan *Clustering* pada sensor *node* digunakan metode algoritma LEACH. Algoritma LEACH merupakan algoritma yang mampu mengurangi konsumsi energi dalam mengirim dan menerima informasi dari sekumpulan sensor *node*. Energi, *throughput* dan *packet loss* merupakan parameter yang digunakan untuk dianalisa. Energi merupakan faktor utama untuk menentukan *lifetime*. Energi harus digunakan seefisien mungkin untuk mendapatkan performansi yang maksimal. *Throughput* merupakan laju rata-rata dari paket data yang berhasil dikirim melalui kanal komunikasi atau dengan kata lain *throughput* adalah jumlah paket data yang diterima setiap detik. *Packet loss* merupakan banyaknya jumlah paket yang hilang selama komunikasi berlangsung.

2. Dasar Teori

Penelitian yang membahas tentang penyebaran sensor *node* sudah dilakukan. Tugas akhir ini mengambil referensi penelitian yang dilakukan oleh [1] dimana pada jurnal tersebut menggunakan sensor *node* dan algoritman LEACH. Dalam penelitian tersebut, pendekatan baru untuk *clustering* terpusat untuk *Wireless Sensor Networks* (WSN) disajikan. Dengan WSN peneliti memungkinkan mendapatkan informasi tanpa harus ke area sensor. Informasi yang dapat diakses dengan *remote control*, *gadget* ataupun server. Tujuan utamanya adalah mengurangi konsumsi daya jaringan dan dengan demikian memperbaiki masa pakai jaringan sensor. Pada penelitian ini menerapkan konsep *Wireless Sensor Network* untuk waduk kedung ombo melakukan penyebaran sensor *node*. Algoritma LEACH digunakan sebagai metode dari penelitian ini mampu memberikan pengonsumsi energi yang efisien [10]. Dari sistem ini memiliki beberapa parameter yaitu energi, *throughput* dan *packet loss*. Beberapa parameter tersebut dipilih untuk menentukan kinerja dari sistem jaringan serta energi yang digunakan sebagai tolak ukur kinerja sistem.

2.1 Wireless Sensor Network

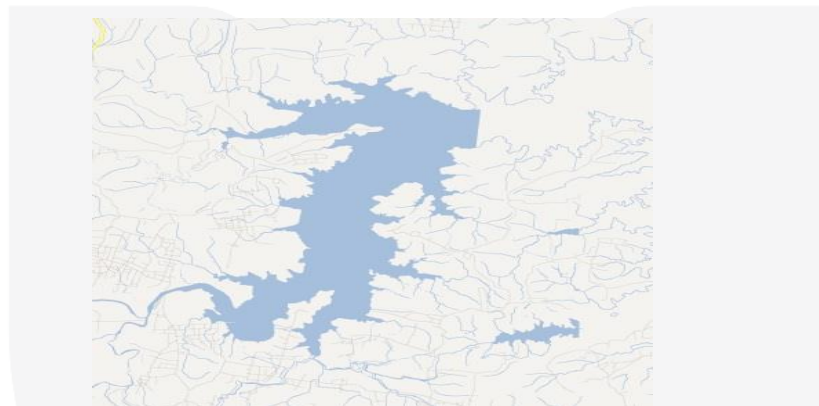
Wireless Sensor Network atau dikenal dengan istilah WSN merupakan suatu jaringan kecil terdiri atas satu atau lebih *device* yang dapat berkomunikasi satu sama lain melalui udara (nirkabel). Tujuan utama pembangunan WSN, yaitu *monitoring*, *controlling*, dan keduanya (*monitoring* dan *controlling*) sekaligus. Dan perkembangan WSN ini mengalami kemajuan yang pesat. Hal ini terjadi karena adanya tuntutan kebutuhan akan jaringan sensor yang memiliki kriteria yang amat baik dalam hal efisiensi, performansi serta operasional[10].



Gambar 2-1 Topologi WSN

2.2 Waduk Kedung Ombo

Waduk merupakan bangunan yang dibangun untuk menampung laju air yang nanti nya dijadikan bentuk seperti irigasi, danau, karamba, air minum dan industri. Waduk Kedung Ombo merupakan suatu waduk yang terletak di propinsi Jawa Tengah pada Kali Serang tepatnya pada pertemuan tiga kabupaten yaitu kabupaten Boyolali, Grobogan dan Sragen yang luas dari wilayah waduk ini mencapai 6576 ha. Pembangunan Waduk Kedung Ombo adalah salah satu realisasi dari pemanfaatan potensi air di Kali Serang yang menyangkut aspek pengembangan daerah irigasi pengendalian banjir dan peningkatan daerah irigasi[7].



Gambar 2-2 Waduk kedung Ombo

2.3 Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV)

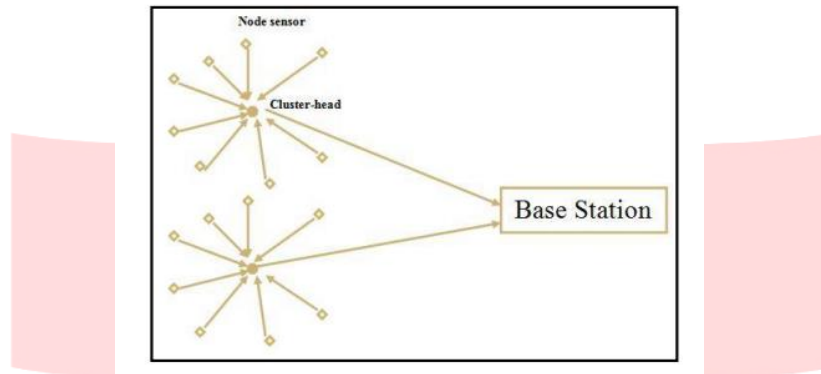
AODV adalah bagian dari *protocol* reaktif yang *me-request* rute bila node sumber membutuhkan rute untuk melakukan pengiriman paket data ke node tujuan. AODV ini pertama kali dikembangkan oleh C. E. Perkins, E.M. Belding-Royer dan S. Das pada RFC 3561. Keuntungan dari *routing protocol* AODV adalah bebas terjadi perulangan dalam pencarian rutenya karena menggunakan sequence number. Selain itu routing distance vector cukup sederhana dan tidak memerlukan banyak alokasi memori untuk kalkulasi routing sehingga sesuai dengan yang dibutuhkan oleh WSN yaitu penggunaan energi dan juga memori yang efisien.

2.4 Clustering Node

Clustering adalah kumpulan banyak objek/sensor dimana dari banyak objek yang terletak didalam cluster harus memiliki kemiripan/kedekatan. Ada banyak pendekatan untuk membuat cluster diantaranya adalah membuaat aturan yang mendikte keanggotaan dalam group berdasarkan tingkat kedekatan diantara anggota dan cluster node nya. Pendekatan selanjutnya adalah dengan membuat sekumpulan fungsi yang mengukur beberapa properti/parameter sebagai fungsi dari sebuah proses pengklasteran.

2.5 Metode Algoritma LEACH

Algoritma LEACH merupakan protokol routing yang membentuk kluster dari kumpulan *node* sensor berdasarkan kekuatan sinyal yang diterima. Algoritma ini dimulai dengan pemilihan suatu *node* sebagai *cluster head* lalu dengan algoritma *clustering* memilih *node* non *cluster head* sebagai anggota sehingga membentuk kluster[12]. Ada entuk arsitektur LEACH secara sederhana dapat direpresentasikan oleh gambar sebagai berikut:



Gambar 2-3 Skema LEACH

Pada Awal nya *node-node* tersebar secara acak pada suatu area dan proses pengiriman data masih terpusat di Base Station. Namun, dengan adanya algoritma LEACH *node-node* tersebut dikelompokkan dalam beberapa kluster pada suatu area yang berdekatan. Masing-masing kluster memiliki sebuah kluster *head* yang bertugas untuk mengkoordinasi pengiriman data dari *node* sensor ke Base Station.

3. Perancangan Sistem

3.1 Pemodelan Masalah

Masalah yang terdapat pada waduk kedung ombo adalah banyaknya ikan yang mati di karamba karena cuaca ekstrem, perubahan suhu dan munculnya racun pada waduk. Waduk ini memiliki luas area yang sangat luas yaitu 6576 ha sehingga dilakukan pemodelan untuk membantu penyebaran sensor node secara merata pada wilayah tersebut. Pemodelan yang dilakukan dengan cara pengskalaan wilayah untuk dapat merepresentasikan wilayah dengan area yang cukup luas. Node yang digunakan pada pengujian ini adalah sensor. Sensor merupakan alat pendeteksi yang disebarkan pada area sekitar waduk. Pada pengujian ini menampilkan data berupa dead sensor dan banyak putaran. Dead sensor disebut juga sensor yang mati pada pengujian. Dead sensor merupakan indikator berapa banyak sensor node yang habis dalam pengonsumsiannya. Banyak putaran disebut juga iterasi. Iterasi atau banyak putaran merupakan indikator seberapa banyaknya putaran atau perulangan pengujian yang dilakukan. Iterasi yang dimaksud proses yang terjadi saat transmit data berlangsung sehingga dapat terlihat proses maksimal saat penyebaran sensor node berlangsung. Pada pengujian ini menggunakan 2 bentuk topologi yaitu topologi homogen dan heterogen. Topologi homogen yaitu sensor node yang memiliki energi yang sama. Topologi heterogen yaitu sensor node yang memiliki karakteristik berbeda dikarenakan 10% dari total sensor node yang diujikan memiliki energi 2 kali lipat lebih besar. Kemudian menggunakan komunikasi routing protokol aodv yaitu protokol yang sebagai jembatan bila *sensor node* sumber meminta rute untuk melakukan pengiriman paket data ke *sensor node* tujuan. Digunakan protokol aodv karena routing distance vector cukup sederhana dan tidak memerlukan banyak alokasi memori untuk kalkulasi routing sehingga sesuai dengan yang dibutuhkan oleh WSN yaitu penggunaan energi dan juga memori yang efisien. Di pengujian ini mempunyai 3 parameter yaitu energi, *throughput*, dan *packet loss*. Energi sebagai parameter untuk menekan pengonsumsiannya yang dilakukan oleh sensor node. *Throughput* sebagai parameter menghitung laju rata rata dari paket data yang berhasil dikirim. *Packet loss* merupakan perhitungan banyaknya jumlah paket yang hilang selama komunikasi berlangsung. Pemodelan masalah yang dibuat pada pengujian ini direpresentasikan dengan luas area 150x150 meter dengan jumlah sensor node 50 dan 100 serta luas area 250x250 meter dengan jumlah sensor node 517 dan 1034.

Untuk pemodelan masalah terlihat ada dua buah gambar dengan skala 150x150 meter dan 250x250 meter. 150x150 meter jumlah sensor node yaitu 100 dan topologi heterogen sedangkan 250x250 meter jumlah sensor node yaitu 517 dan topologi homogen. Pada permasalahan waduk yang sebagai objek penelitian dapat direpresentasikan skala wilayah waduk dengan area 150x150 m dan 250x250 m. Area 150x150 m dapat meliputi jumlah sensor node sebanyak 50 dan 100[2]. Area 250x250 m dapat meliputi jumlah sensor node sebanyak 517 dan 1034. Ini didapatkan dari luas waduk kedung ombo sebesar 6576 hektar atau 65760000 meter persegi. Dengan dilakukan perbandingan luas area yang dibuat 250x250 meter untuk luas area yang bakal merepresentasikan area 6576 hektar maka didapatkan 1034 buah sensor node meliputi area yang merepresentasikan luas sebenarnya. Setelah melakukan pemodelan masalah berupa skala wilayah sensor node bakal disebar secara random hingga membentuk clustering untuk melakukan transmit data menggunakan algoritma LEACH. Algoritma LEACH disini sebagai

algoritma kluster yang membentuk cluster head dan clustering untuk mengurangi pengonsumsi energi yang digunakan oleh sensor node.

3.2 Gambaran Umum

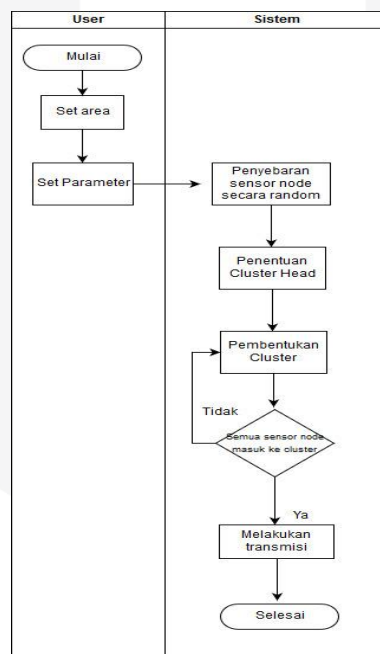
Sistem yang dibangun pada penelitian tugas akhir ini merupakan simulasi sistem wireless sensor network untuk waduk kedung ombo. Sistem ini dirancang untuk dapat memantau dan mengawasi kondisi air yang terdapat di waduk kedung ombo. Sistem terdiri dari skema wilayah waduk kedung ombo yang telah diskala sedemikian rupa sehingga dapat melakukan penyebaran sensor *node* secara merata dan memiliki beberapa parameter pendukung yaitu energi konsumsi, *throughput* dan *packet loss*. Tempat yang sebagai objek pada penelitian tugas akhir ini adalah peta Waduk Kedung Ombo. Dipilih Waduk Kedung Ombo karena memiliki permasalahan air yang membuat ikan di keramba petani ikan pada mati. Proses awal yang dilakukan sistem adalah melakukan pemetaan skala wilayah berdasarkan algoritma LEACH. Dengan menggunakan algoritma LEACH dapat mengurangi pengonsumsi energi yang berlebih sehingga lebih efisien. Dan juga memiliki sistem komunikasi yang fleksibel membuat perancangan sistem lebih mudah.

3.3 Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem yang dibangun menerapkan konsep WSN yang perancangan tanpa kabel sehingga pemodelan sistem lebih mudah. Pada sistem ini dibangun topologi homogen dan heterogen. Topologi homegen yaitu *sensor node* yang memiliki energi yang sama. Topologi heterogen yaitu *sensor node* yang memiliki karakteristik berbeda dikarenakan 10% dari total *sensor node* yang diujikan memiliki energi 2 kali lipat lebih besar. Kemudian menggunakan komunikasi routing protokol aodv yaitu protokol yang sebagai jembatan bila *sensor node* sumber meminta rute untuk melakukan pengiriman paket data ke *sensor node* tujuan. Digunakan protokol aodv karena routing distance vector cukup sederhana dan tidak memerlukan banyak alokasi memori untuk kalkulasi routing sehingga sesuai dengan yang dibutuhkan oleh WSN yaitu penggunaan energi dan juga memori yang efisien.

3.4 Diagram Alir Sistem

Adapun diagram alir dari sistem yang dibangun adalah sebagai berikut.



Gambar 3-1 Skema Sensor Node

menjelaskan proses secara keseluruhan pada sistem wireless sensor network untuk waduk kedung ombo. Pada tugas akhir ini hanya membahas proses yang dari mulai sampai akhir. Proses dimulai dengan melakukan set area dengan cara mengskalakan wilayah sehingga hampir seperti bentuk aslinya. Setelah itu, memilih parameter untuk dijadikan sebagai kondisi untuk melihat kondisi penyebaran sensor node yang efisien. Dengan menggunakan metode algoritma LEACH akan menentukan cluster head serta pembentukan cluster.

3.5 Skenario Pengujian

Pengujian pada tugas akhir ini terdiri dari beberapa skenario berdasarkan, yaitu pengujian topologi homogen, heterogen, luas area yang diskalakan, jumlah sensor dan iterasi atau banyak putaran yang dilakukan.

- Skenario Pengujian Homogen
Tujuan dari skenario pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa banyak sensor node yang bertahan, melihat nilai *throughput*, energi dan *packet loss* berdasarkan luas area, jumlah sensor dan iterasi atau banyak putaran yang dilakukan. Pada pengujian ini sensor node yang diujikan memiliki karakteristik energi yang sama.
- Skenario Pengujian Heterogen
Tujuan dari skenario pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa banyak sensor node yang bertahan, melihat nilai *throughput*, energi dan *packet loss* berdasarkan luas area, jumlah sensor dan iterasi atau banyak putaran yang dilakukan. Pada skenario heterogen ada 2 kelompok sensor node yang memiliki karakteristik berbeda. 10% dari total sensor node yang diujikan memiliki energi 2 kali lipat lebih besar.

4. Eksperimen dan Hasil

4.1 Hasil Pengujian Homogen

- Area 150x150 meter & Sensor Node 50

Banyak Simulasi	Putaran/	Dead Sensor	Persentase Sensor Node yang mati	Persentase Sensor Node yang hidup
100		0	0%	100%
200		34	68%	32%
300		50	100%	0%

Dari pengujian area 150x150 meter sensor node 50 dan memiliki variasi putaran simulasi 100, 200 dan 300. Terlihat pada putaran 200 memiliki 32% sensor node yang masih memiliki energi sehingga tingkat pengonsumsi energi yang efisien terdapat pada putaran 200.

- Area 150x150 meter & Sensor Node 100

Banyak Simulasi	Putaran/	Dead Sensor	Persentase Sensor Node yang mati	Persentase Sensor Node yang hidup
100		0	0%	100%
200		65	65%	35%
300		100	100%	0%

Dari pengujian area 150x150 meter sensor node 100 dan memiliki variasi putaran simulasi 100, 200 dan 300. Terlihat pada putaran 200 memiliki 35% sensor node yang masih memiliki energi sehingga tingkat pengonsumsi energi yang efisien terdapat pada putaran 200.

- Area 250x250 meter & Sensor Node 517

Banyak Putaran/ Simulasi	Dead Sensor	Persentase Sensor Node yang mati	Persentase Sensor Node yang hidup
100	85	16%	84%
300	517	100%	0%

Dari pengujian area 250x250 meter sensor node 517 dan memiliki variasi putaran simulasi 100, dan 300. Terlihat pada putaran 100 memiliki 84% sensor node yang masih memiliki energi sehingga tingkat pengonsumsi energi yang efisien terdapat pada putaran 100.

- Area 250x250 meter & Sensor Node 1034

Banyak Putaran/ Simulasi	Dead Sensor	Persentase Sensor Node yang mati	Persentase Sensor Node yang hidup
100	161	16%	84%
300	1034	100%	0%

Dari pengujian area 250x250 meter sensor node 1034 dan memiliki variasi putaran simulasi 100 dan 300. Terlihat pada putaran 100 memiliki 84% sensor node yang masih memiliki energi sehingga tingkat pengonsumsi energi yang efisien terdapat pada putaran 100.

Dari pengujian homogen terlihat untuk luas area 150x150 meter dengan jumlah sensor node 50 pengonsumsi energi yang efisien terdapat pada putaran 200 dengan persentase 32% masih hidup berarti ada 16 sensor node yang masih hidup. Sedangkan di area yang sama dengan jumlah sensor node 100 pengonsumsi energi yang efisien terdapat pada putaran 200 dengan persentase 35% masih hidup berarti ada 35 sensor node yang masih hidup. Perbedaan dari dua model pengujian itu terdapat pengonsumsi energi yang efisien. Maka dari itu bisa menggunakan jumlah sensor node 100 untuk luas area 150x150 meter. Dikarenakan masih banyak sensor node yang memiliki energi tersisa sehingga jumlah sensor node 100 efisien untuk skala 150x150 meter. Untuk luas area 250x250 meter dengan jumlah sensor node 517 memiliki pengonsumsi energi yang efisien terdapat pada putaran 100 dengan persentase 84% masih hidup berarti ada 424 sensor node yang masih hidup. Untuk jumlah sensor node 1034 memiliki pengonsumsi energi yang hampir sama efisien terdapat pada putaran 100 dengan persentase 84% masih hidup berarti ada 848 sensor node yang masih hidup. Maka dari itu bisa menggunakan jumlah sensor node 1034 untuk luas area 250x250 meter. Dikarenakan masih banyak sensor node yang memiliki energi tersisa sehingga jumlah sensor node 1034 efisien untuk skala 250x250 meter.

4.2 Hasil Pengujian Heterogen

Dalam pengujian dilakukan berdasarkan luas area, jumlah sensor dan banyak putaran yang dilakukan. Pengujian heterogen ini pengujian yang dilakukan 2 kelompok sensor yang memiliki karakteristik berbeda. 10% dari total sensor node yang diujikan memiliki energi 2 kali lipat lebih besar.

- Area 150x150 meter & Sensor Node 50

Banyak Putaran/ Simulasi	Dead Sensor	Persentase Sensor Node yang mati	Persentase Sensor Node yang hidup
100	0	0%	100%
200	33	66%	34%
300	45	90%	10%

Dari pengujian area 150x150 meter sensor node 50 dan memiliki variasi putaran simulasi 100, 200 dan 300. Terlihat pada putaran 300 memiliki 10% sensor node yang masih memiliki energi sehingga pengonsumsi energi lebih efisien dengan putaran yang paling maksimal yaitu putaran 300.

- Area 150x150 meter & Sensor Node 100

Banyak Putaran/ Simulasi	Dead Sensor	Persentase Sensor Node yang mati	Persentase Sensor Node yang hidup
100	0	0%	100%
200	66	66%	34%
300	90	90%	10%

Dari pengujian area 150x150 meter sensor node 100 dan memiliki variasi putaran simulasi 100, 200 dan 300. Terlihat pada putaran 300 memiliki 10% sensor node yang masih memiliki energi sehingga pengonsumsi energi lebih efisien dengan putaran yang paling maksimal yaitu putaran 300.

- Area 250x250 meter & Sensor Node 517

Banyak Putaran/ Simulasi	Dead Sensor	Persentase Sensor Node yang mati	Persentase Sensor Node yang hidup
100	81	16%	84%
300	464	90%	10%
500	467	90%	10%
700	469	91%	9%

Dari pengujian area 250x250 meter sensor node 517 dan memiliki variasi putaran simulasi 100, 300, 500 dan 700. Terlihat pada putaran 100 memiliki 84% sensor node yang masih memiliki energi sehingga tingkat pengonsumsi energi lebih efisien yaitu putaran 100.

- Area 250x250 meter & Sensor Node 1034

Banyak Putaran/ Simulasi	Dead Sensor	Persentase Sensor Node yang mati	Persentase Sensor Node yang hidup
100	141	14%	86%
300	930	90%	10%
500	931	90%	10%
700	940	91%	9%

Dari pengujian area 250x250 meter sensor node 517 dan memiliki variasi putaran simulasi 100, 300, 500 dan 700. Terlihat pada putaran 100 memiliki 86% sensor node yang masih memiliki energi sehingga tingkat pengonsumsi energi lebih efisien yaitu putaran 100.

Dari pengujian heterogen terlihat untuk luas area 150x150 meter dengan jumlah sensor node 50 pengonsumsi energi yang efisien terdapat pada putaran 200 dengan persentase 34% masih hidup berarti ada 17 sensor node yang masih hidup. Di area yang sama dengan jumlah sensor node 100 pengonsumsi energi yang efisien terdapat pada putaran 200 dengan persentase 34% masih hidup berarti ada 34 sensor node yang masih hidup. Dari kedua jumlah sensor node terdapat persamaan hal dalam pengonsumsi energi yang terlihat dari jumlah sensor node dan lama proses komunikasi yang berlangsung. Maka dari itu bisa menggunakan jumlah sensor node yaitu 100 untuk luas area 150x150 meter. Dikarenakan masih banyak sensor node yang memiliki energi tersisa sehingga jumlah sensor node 100 efisien untuk skala 150x150 meter.

Untuk luas area 250x250 meter dengan jumlah sensor node 517 memiliki pengonsumsi energi yang efisien terdapat pada putaran 100 dengan persentase 84% masih hidup berarti ada 436 sensor node yang masih hidup. Untuk jumlah sensor node 1034 memiliki pengonsumsi energi yang efisien terdapat pada putaran 100 dengan persentase 86% masih hidup berarti ada 893 sensor node yang masih hidup. Maka diambil sensor node yang jumlah sensor node 1034 untuk mencakupi area 250x250 meter dikarenakan masih banyak sensor node yang memiliki energi tersisa sehingga jumlah sensor node 1034 efisien untuk skala 250x250 meter.

Analisis akhir bahwa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi simulasi untuk mencakupi area tersebut. Pertama, faktor energi awal sensor node yaitu 0.5 j yang sudah ditetapkan untuk sementara sehingga dibutuhkan energi awal sensor node yang lebih besar dari pengujian yang dibuat. Kedua, jumlah sensor yang dapat mempengaruhi pengonsumsi energi serta komunikasi yang berlangsung. Ketiga, jarak antar sensor dibuat lebih dekat. Keempat, Putaran (lama nya proses komunikasi antar sensor node).

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pengujian simulasi clustering node untuk waduk kedung ombo maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Energi awal (0.5 j) sensor node yang digunakan pada simulasi ini masih kurang besar maka dibutuhkan energi awal yang lebih besar dari pengujian yang dibuat.
2. Semakin banyak jumlah sensor node maka semakin banyak energi tersisa.
3. Perancangan sistem ini dapat memfasilitasi penyelesaian masalah pada waduk kedung ombo.

6. Saran

Saran dari penulis yang dapat menjadi bahan pertimbangan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut yaitu:

1. Perlu ada kajian lebih jauh terkait arsitektur sensor untuk menampung seberapa besar nya baterai yang diusulkan dari pengujian ini.
2. Perlu ada kajian dalam hal penentuan jarak antar sensor node yang diusulkan dari pengujian ini.
3. Melakukan kajian perbandingan metode clustering yang cocok untuk suatu wilayah. .
4. Dapat memvisualisasikan hasil penyebaran sensor lebih nyata.

Daftar Pustaka

- [1] M. A. Permana, "Analisa Algoritma LEACH Pada Jaringan Sensor Nirkabel," *ITS-Undergraduate-12778-Paper*, pp. 1-5.
- [2] N. R. M. B. S. Andika Rachmad Sari, "ANALISA KINERJA DAN SIMULASI CLUSTERING PENYEBARAN NODE PADA WIRELESS NETWORK MENGGUNAKAN ALGORITMA K MEANS," *12344105*.
- [3] M. M. E. T. F. A. M. A. R. Omar Banimelhem, "An Efficient Clustering Approach using Genetic Algorithm and Node Mobility in Wireless Sensor Networks," *banimelhem2014*, 2014.
- [4] 2. Y. M. Nikos Dimokas1 Dimitrios Katsaros1, "Node Clustering in Wireless Sensor Networks by Considering Structural Characteristics of the Network Graph," *IEEE_ITNG07dkm*, 2007.
- [5] M. T. M. G. (. S. D. (. Muiyiwa O. Oladimeji, "A New Approach for Event Detection using k-means Clustering and Neural Networks," *oladimeji2015*, 2015.
- [6] H. K. H. W. J. a. H. Y. Y. Geon Yong Park, "A Novel Cluster Head Selection Method based on K-Means Algorithm for Energy Efficient Wireless Sensor Network," *park2013*, 2013.
- [7] A. ISNAINI, PENGEMBANGAN WISATA AREA PINTU AIR, Surakarta, 2008.
- [8] T. C. Abadi, IMPLEMENTASI TWO-NODE FAILOVER CLUSTER DENGAN METODE HEARTBEAT DAN STORAGE SYSTEM MENGGUNAKAN NAS (NETWORK ATTACHED STORAGE), Bandung, 2012.

- [9] JawaPos, "Satu Ton Ikan Nila di Waduk Saguling Mati," 19 Februari 2017. [Online]. Available: <http://www.jawapos.com/read/2017/02/19/110785/satu-ton-ikan-nila-di-waduk-saguling-mati>.
- [10] L. . A. Thomas dan V. R. Sarobin M., "IMPROVED LEACH ALGORITHM FOR ENERGY EFFICIENT CLUSTERING OF WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN)," *International Journal of Technology* (2016), p. 11, 2016.
- [11] K. . B. Balavalad, A. . C. Katageri, B. M. Biradar, D. Chavan dan B. M. Angadi, "Multipath-LEACH an Energy Efficient Routing Algorithm for Wireless Sensor Network," *Journal of Advances in Computer Networks*, p. 4, 2014.
- [12] N. Sharma dan V. Verma , "Heterogeneous LEACH Protocol for Wireless Sensor Networks," *Int. J. Advanced Networking and Applications* , p. 5, 2013.