

Modifikasi Inisialisasi *Cluster head* menggunakan *Fuzzy C-Means Clustering* untuk Efisiensi Energi pada Proses *Data Gathering* di Lingkungan *Wireless Sensor Network*

¹Muhammad Awwib Ahsana, ²Waskitho Wibisono

^{1,2}Departemen Teknik Informatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

Email: ¹awwib.18051@mhs.its.ac, ²waswib@if.its.ac.id

Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

Sejarah Artikel

Diterima pada 6 Agustus 2020
Disetujui pada 24 November 2020
Dipublikasikan pada 30 November 2020
Hal. 839-850

Kata Kunci:

Data Gathering; LEACH; PSO; WSN

DOI:

<http://dx.doi.org/10.28926/briliant.v3i4.533>

Abstrak: Proses pengumpulan data (*data gathering*) akan berpengaruh terhadap masa hidup jaringan dan konsumsi energi. Salah satu permasalahan yang sering terjadi adalah konsumsi energi dan masa hidup jaringan, dimana energi yang dimiliki pada suatu protokol *Wireless sensor network* sangat terbatas, sedangkan proses pengambilan data dilakukan secara berulang-ulang. Sehingga diperlukan suatu metode penghematan energi agar energi yang dikonsumsi menjadi rendah dan masa hidup jaringan lebih lama. Penelitian ini mengusulkan modifikasi pemilihan *cluster head* menggunakan *Fuzzy C-Means* dan *Particle Swarm Optimization* untuk efisiensi energi pada *wireless sensor network*. Perbandingan masa hidup jaringan menunjukkan bahwa strategi usulan memiliki tingkat hidup yang lebih panjang yaitu 9549 round atau 2,06 kali lipat dari protokol *Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy* (LEACH) pada sink (50,50) dengan rata-rata energi per transmisi 0.00032676 joule per transmission dan 7644 round atau 1,6 kali lipat dari protokol LEACH pada sink (50,100) dengan rata-rata energi per transmisi 0.000486052 joule per transmission. Hal ini mempertegas bahwa dengan melakukan optimasi data gathering dengan konsep multi hop pada *wireless sensor network* mampu meningkatkan masa hidup jaringan dan konsumsi energi yang rendah.

PENDAHULUAN

Jaringan Sensor Nirkabel atau dalam beberapa literature disebut *Wireless sensor network* (WSN) adalah paradigma yang muncul dari jaringan *ad-hoc*. Jaringan ini terdiri dari ratusan atau bahkan ribuan sensor *node*, di mana setiap *node* akan terhubung satu sama lain. Sensor biasanya saling berkomunikasi dengan *node* di sekitar atau berinteraksi dengan *base station* secara langsung untuk mengumpulkan data (Rajagopal, 2018). Istilah *ad-hoc* merupakan kemampuan perangkat untuk berkomunikasi satu sama lain secara langsung tanpa memerlukan infrastruktur jaringan seperti *router* atau *access point*. WSN sendiri mempertimbangkan *base station* (BS) yang saling berkomunikasi dengan banyak sensor melalui beberapa *radio channel*. Transmisi data dan proses penerimaan data adalah operasi utama pada WSN (Al-Baz & El-Sayed, 2018). Routing protokol dalam WSN dibagi menjadi 3 kategori, yaitu *location based*, *data centric*, dan *hierarchical protocol* (Goswami & Kumar, 2017).

Pengumpulan data (*Data Gathering*) merupakan hal yang penting dalam lingkungan WSN, karena hal ini akan berpengaruh terhadap konsumsi energi. Pengumpulan data dilakukan oleh setiap *node* secara berkala dalam jaringan sensor dan kemudian meneruskan informasi ke *sink* dengan *single hop* atau *multi hop*. Teknik pengumpulan data dapat dikategorikan menjadi 2 mode, yaitu *precision data gathering mode* dan *correlated data gathering mode* (Peng, 2017).

Protokol *clustering* digunakan untuk pengoptimalan penggunaan energi pada WSN. Sensor dibagi menjadi beberapa area yang dinamakan *node* dan setiap sensor pada masing-masing area mengirimkan informasi ke *Cluster head* (CH) dan mentransfer informasi ke *Base station* (BS) (Nithya, Abhinaya, & Lavanya, 2018). *Communication protocol* memiliki peran penting dalam hal efisiensi energi dan peningkatan masa hidup pada WSN. Jadi, sangat penting merancang sebuah protokol pada WSN agar penggunaan energi dapat efisien, karena tidak hanya mengurangi penggunaan energi total jaringan, tetapi juga membuat penggunaan energi menjadi seimbang. Protokol *clustering* memainkan peran yang sangat penting dalam pengurangan penggunaan energi dalam jaringan. Dalam protokol seperti ini, pemilihan *node* sebagai CH sangat penting dalam masa hidup dan penskalaan jaringan.

Salah satu algoritma routing pada WSN yang berbasis *clustering* adalah *Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy* (LEACH) (W. R. Heinzelman, Chandrakasan, & Balakrishnan, 2000). LEACH merupakan algoritma yang dapat didistribusikan di mana CH tidak terikat hanya untuk satu *node* dan dalam masing-masing periode, setiap *node* dapat dipilih untuk menjadi CH secara acak. Mekanisme ini dirancang sedemikian rupa sehingga menjamin peran CH untuk setiap *node*. Dalam metode ini, *node* memposisikan dalam bentuk kluster dan setiap *node* dapat mengambil tanggung jawab sebagai CH untuk mengurangi penggunaan energi dan memperpanjang masa hidup jaringan. Versi lain dari LEACH adalah algoritma LEACH-C (W. B. Heinzelman, Chandrakasan, & Balakrishnan, 2002). Meskipun protokol LEACH dapat memperpanjang masa hidup jaringan, namun disini masih terdapat masalah, di karena pemilihan CH yang random ini akan berdampak pada distribusi CH yang kurang optimal. *Node* dengan energi yang rendah memiliki prioritas yang sama untuk menjadi CH, sama seperti *node* dengan energi yang tinggi. Oleh karena itu, *node-node* dengan energi yang lebih sedikit dapat terpilih sebagai CH yang akan dapat dipastikan *node* ini akan mati sebelum mencapai ke *base station* (BS). CH berkomunikasi dengan BS dalam mode *single-hop* yang membuat LEACH tidak dapat digunakan dalam WSN berskala besar (Xu et al., 2012).

Penelitian (Mehra, Doja, & Alam, 2018) menggunakan *fuzzy* untuk menentukan CH berdasarkan jarak *node* dengan energi sisa, jarak dari *sink*, dan kepadatan *node* di sekitarnya sebagai input ke *Fuzzy Inference System*. Hasil dari penelitian tersebut menyatakan bahwa dengan menggunakan *fuzzy* dapat memperpanjang masa pakai jaringan. Penelitian (Alia, 2014), mengusulkan *Desentralisation Clustering Fuzzy Protocol* atau disebut DCFP, yang meminimalkan pembuangan energi total jaringan untuk meningkatkan masa pakai jaringan. Algoritma fuzzy C-means diadopsi untuk mengalokasikan *node* sensor ke dalam suatu kluster. Selanjutnya, protokol menjalankan *round*, di mana setiap *round* dibagi menjadi 2 fase, yaitu fase *CH-Election* dan fase *Data Transmission*. Dalam fase *CH-Election*, pemilihan CH baru dilakukan secara lokal di setiap

kluster di mana tujuannya untuk meningkatkan kualitas CH yang terpilih. Pada fase *Data Transmission, sensing* dan transmisi data dari masing-masing sensor *node* ke masing-masing CH dilakukan, dan CH secara bergantian mengumpulkan dan mengirimkan data *sensing* ke BS. Hasil simulasi menunjukkan bahwa protokol yang diusulkan meningkatkan masa pakai jaringan, pengiriman data, dan konsumsi energi dibandingkan dengan protokol lainnya.

Penelitian yang dilakukan oleh (Bouyer, Hatamlou, & Masdari, 2015a) menerangkan bahwa *Algoritma Fuzzy C-Means* (FCM) digunakan untuk menentukan jumlah CH yang optimal dan lokasinya. Menggunakan FCM di WSN membantu mengubah parameter protokol LEACH saat eksekusi. Hasilnya menunjukkan bahwa algoritma *hybrid* meningkatkan masa pakai jaringan dibandingkan dengan algoritma LEACH. Namun pada lingkungan WSN, proses inisialilasi *cluster head* memiliki permasalahan, yaitu proses inialisasi *cluster head* dilakukan secara *random*. Permasalahan pada proses inialisasi secara *random* terjadi pada saat jumlah *node* yang sesuai dengan *threshold* terlalu sedikit dan terlalu banyak yang akan berdampak pada energi yang digunakan oleh *node* dan *sink*. Dengan demikian untuk optimasi pada inialisasi *cluster head* akan menggunakan metode dari *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO).

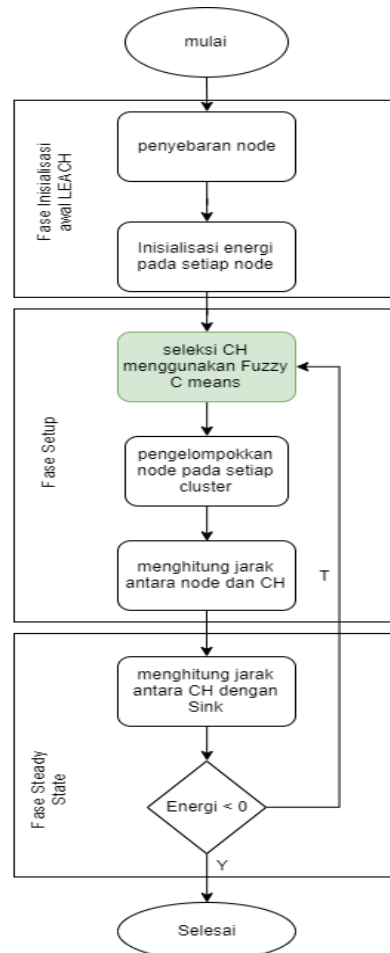
Dalam penelitian ini, akan berfokus kepada proses modifikasi pada inialisasi *cluster head* pada proses *data gathering* di lingkungan *Wireless Sensor Network*. Dengan mengimplementasikan metode FCM dan PSO dalam penentuan *cluster head*, bertujuan untuk mengoptimalkan proses inialisasi *cluster head*. metode PSO digunakan untuk menentukan *center point selection* pada metode FCM, sedangkan proses pada metode FCM digunakan untuk inialisasi *cluster head* pada proses *data gathering* untuk efisiensi energi di lingkungan *Wireless Sensor Network*.

METODE

Alur tahapan desain sistem untuk melakukan inialisasi *fuzzy c-means* untuk menentukan *cluster head* pada WSN dapat dilihat pada Gambar 1. Secara keseluruhan, tahapan perancangan desain sistem ini dibagi menjadi 3 proses utama. Proses pertama yaitu fase inialisasi, proses yang kedua yaitu fase *setup*, dan yang ketiga yaitu fase *steady state*. Setiap tahapan akan dibahas secara detail pada Gambar 1.

Fase Inialisasi

Fase Inialisasi merupakan tahapan pertama pada proses ini, dimana dalam fase ini proses inialisasi awal dalam persebaran *node* dilakukan secara acak (*random*). Dalam lingkungan WSN *node* tersebar secara *random* dalam suatu area, dalam penelitian ini area yang digunakan 100 x 100 meter, dan setiap *node* memiliki jumlah energi yang sama. Proses penentuan posisi *sink* juga akan menjadi hal yang perlu dipertimbangkan, maka dari itu pada fase ini semua parameter seperti biaya transmisi, biaya penerimaan, panjang data, jumlah kluster, jarak *node* menuju CH, jarak *node* menuju sink, dan jumlah energi yang dihabiskan akan menjadi perbandingan.



Gambar 1. Alur Desain Sistem

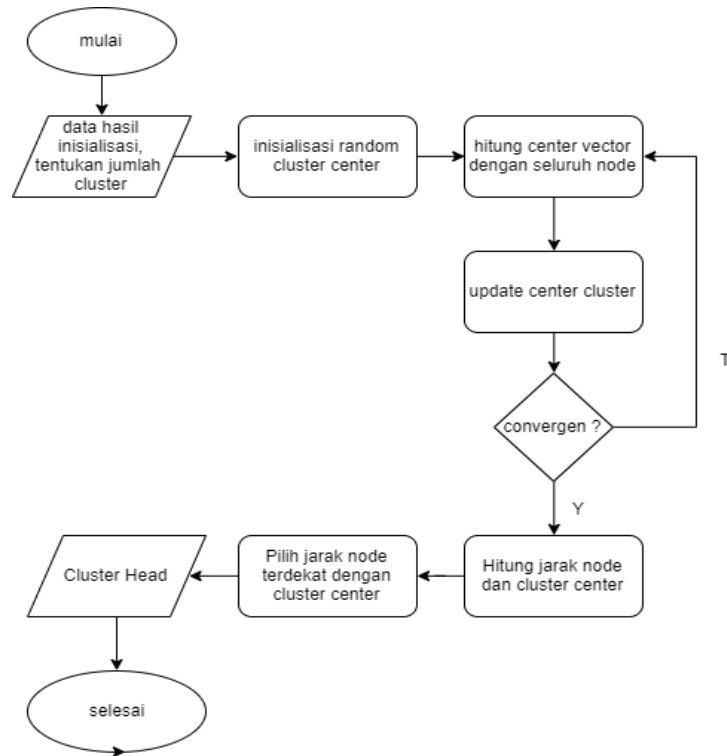
Fase Setup

Proses pembentukan kluster pada WSN dilakukan pada fase *setup*. Dalam fase *setup* dibagi menjadi 3 tahapan, seperti pada Gambar 1 yaitu proses seleksi *cluster head*, pengelompokan *node* dengan *cluster head*, dan menghitung jarak *node* ke *cluster head*.

Proses pertama yaitu seleksi *cluster head*. Dalam penelitian ini, proses seleksi *cluster head* menggunakan teknik *clustering fuzzy c-means* dengan mempertimbangkan jarak antar *node* satu dengan yang lainnya, jumlah *cluster*, dan sisa energi masing-masing *node*. Proses penentuan jumlah kluster yang paling optimal berdasarkan penelitian oleh Hoang dkk (Hoang, Kumar, & Panda, 2010), pada penelitian ini proses menentukan jumlah kluster yang paling optimal dengan menggunakan Persamaan 1.

$$C_{opt} = \frac{\sqrt{N}}{\sqrt{2*\pi}} \sqrt{\frac{E_{fs}}{E_{mp}}} \frac{M}{d_{toBS}^2} \quad (1)$$

Dimana N merupakan jumlah *node* yang disebar pada suatu area secara random, E_{fs} adalah energi yang dibutuhkan untuk mentransmisikan data setiap bit yang digunakan pada mode free space dan E_{mp} yang digunakan pada model *multipath*, M merupakan luas area, sedangkan d_{toBS}^2 merupakan jarak rata-rata antara *Node* ke BS.



Gambar 2. Alur Proses Inialisasi Pembentukan Kluster pada WSN

Gambar 2 merupakan alur proses penentuan *cluster head* dengan menggunakan *fuzzy c-means*. Jumlah kluster yang akan digunakan pada *fuzzy c-means* sebanyak jumlah kluster optimal sesuai hasil Persamaan 1. Seperti pada Gambar 2, proses *fuzzy c-means* dimulai dengan melakukan inialisasi *cluster center* sebanyak calon *cluster head* yang memenuhi persyaratan tersebut. Setelah proses inialisasi selesai maka dilanjutkan dengan menghitung jarak *cluster center fuzzy c-means* dengan seluruh *node*, dengan menggunakan Persamaan 2.

$$Dicn = \sqrt{(ICx - Nx)^2 + (ICy - Ny)^2} \quad (2)$$

Dimana *Dicn* adalah jarak inialisasi kluster dan *node ICx* adalah posisi inialisasi kluster pada sumbu X, *ICy* adalah posisi inialisasi kluster pada sumbu Y, *Nx* adalah posisi *node A* pada sumbu X, dan *Ny* adalah posisi *node A* pada sumbu Y. Setelah mendapatkan jarak antara *cluster center* dengan seluruh *node*, maka akan dipilih *node* yang memiliki jarak terdekat dan dianggap sebagai kluster baru. Proses pembentukan kluster (*Cj*) menggunakan persamaan 3. Proses selanjutnya, setelah mendapatkan kluster baru maka akan ditentukan *cluster center* terbaru dari *fuzzy c-means*. Proses pembentukan *cluster center (IC)* menggunakan Persamaan 4. Proses pembentukan *cluster* baru dan *cluster center* dilakukan secara berulang-ulang sampai bernilai konvergen. Penentuan nilai konvergen sesuai dengan Persamaan 5.

$$Cj = \frac{\sum_{i=1}^n IC_{(i,j)}^m * N}{\sum_{i=1}^n IC_{(i,j)}^m} \quad (3)$$

$$IC_{(i,j)} = \frac{1}{\sum_{k=1}^c \left[\frac{\|N_{(i)} - c_j\|}{\|N_{(i)} - c_k\|} \right]^{\frac{2}{m-1}}} \quad (4)$$

$$\text{if } \|IC^{(k+1)} - IC^{(k)}\| < \epsilon \text{ then stop} \quad (5)$$

Setelah *fuzzy c-means* bernilai konvergen maka didapatkan *cluster center* yang optimal. Proses selanjutnya yaitu menentukan *cluster head*. Penentuan *cluster head* dipilih dengan menghitung jarak *node* dengan *cluster center* hasil *fuzzy c-means* untuk mendapatkan *node* yang terdekat dari titik *cluster center* tersebut, dimana titik *cluster center* terdekat merupakan *node* yang memiliki jarak paling kecil.

Proses kedua yang dilakukan setelah mendapatkan *cluster head* yaitu menentukan jumlah *cluster* pada lingkungan *cluster head* itu sendiri. Proses pengelompokan *node* tersebut dengan menghitung jarak terdekat dari setiap *cluster head*. Proses pembentukan *cluster* berdasarkan *cluster head* menggunakan persamaan 6. Proses ketiga setelah mendapatkan *cluster* dari *cluster head* yaitu menghitung jarak *node* menuju setiap *cluster head*nya masing-masing. Proses perhitungan jarak *node* menuju setiap *cluster head* menggunakan Persamaan 7.

$$C_{new} = \frac{\sum_{i=1}^n CH_{(i,j)}^m * N}{\sum_{i=1}^n CH_{(i,j)}^m} \quad (6)$$

$$Dch = \sqrt{(CHx - NC_{new})^2 + (CHy - NC_{new})^2} \quad (7)$$

Dimana C_{new} adalah *cluster* baru berdasarkan *cluster head*, Dch adalah jarak *cluster head* terhadap *node* pada C_{new} , NC_{new} adalah *node* pada C_{new} , CHx adalah *Cluster head* pada sumbu X, dan CHy adalah *cluster head* pada sumbu Y.

Setelah proses penentuan *cluster head* pada setiap *cluster*, maka proses selanjutnya dilakukan pencarian *cluster head* utama yang akan melakukan transmisi dengan Sink. Proses penentuan *cluster* utama dengan menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO). Langkah-langkah PSO yaitu:

Langkah 1: Melakukan inisialisasi pada kumpulan partikel, termasuk ukuran populasi, posisi awal dan kecepatan partikel.

Langkah 2: Menghitung fitness untuk setiap partikel, simpan setiap posisi terbaik partikel P_{best} dan fitness, dan pilih partikel yang memiliki fitness terbaik sebagai G_{best} .

Langkah 3: Perbarui kecepatan dan posisi masing-masing partikel sesuai dengan Persamaan 8 dan 9.

$$V_i^{n+1} = V_i^n + c_1 r_1 (P_i - X_i^n) + c_2 r_2 (P_g - X_i^n) \quad (8)$$

$$X_i^{n+1} = X_i^n + V_i^n \quad (9)$$

Langkah 4: Menghitung fitness pada setiap partikel setelah posisi diperbarui, lalu bandingkan fitness pada setiap partikel dengan fitness terbaik sebelumnya P_{best} , jika lebih baik, maka atur posisi saat ini sebagai P_{best} .

Langkah 5: Bandingkan fitness pada setiap partikel dengan kelompok fitness terbaik sebelumnya, jika lebih baik dari itu, maka atur posisi saat ini sebagai G_best .

Langkah 6: Cari algoritma untuk menentukan apakah hasilnya memenuhi persyaratan yang ditetapkan pada akhir, jika persyaratan tidak terpenuhi, maka kembali ke Langkah 3, jika persyaratan terpenuhi, maka iterasi dihentikan sehingga dihasilkan output partikel optimal.

Fase Steady State

Fase *steady state* merupakan fase untuk melakukan transmisi atau pengiriman paket data ke CH dan *sink*, selain itu pada fase ini juga untuk melakukan perhitungan biaya transmisi dan biaya penerimaan oleh *sink*. Pada fase ini jarak masing-masing *node* yang menuju *cluster head* dihitung menggunakan rumus Euclidian Distance antara node $A(x,y)$ dan *node* CH (x,y) . Dapat dihitung dengan Persamaan 9.

$$Dtch = \sqrt{(A_x - CH_x)^2 + (A_y - CH_y)^2} \quad (9)$$

Dimana $Dtch$ adalah jarak node menuju CH, A_x adalah posisi *node* A pada sumbu X, A_y adalah posisi node A pada sumbu Y, CH_x adalah posisi CH pada sumbu X, dan CH_y adalah posisi CH pada sumbu Y.

Proses selanjutnya, setiap *node* dalam *cluster* melakukan pengiriman data dari anggota *node* menuju *cluster head*. *Cluster head* bertanggung jawab untuk mengirimkan data kepada *sink*. Proses pengiriman data oleh *cluster head* dihitung berdasarkan jarak dari *cluster head* menuju *sink* dengan menggunakan euclidian distance antara *cluster head* (x,y) dan *sink* (x,y) . Persamaan 10 merupakan euclidian distance untuk cluster head terhadap sink.

$$Dts = \sqrt{(A_x - SinkX)^2 + (A_y - SinkY)^2} \quad (10)$$

Dengan Dts merupakan jarak node menuju sink, A_x merupakan posisi node A pada sumbu X, A_y merupakan posisi node A pada sumbu Y, $SinkX$ merupakan posisi sink pada sumbu X, dan $SinkY$ merupakan posisi sink pada sumbu Y.

Model Jaringan

Dalam penelitian ini digunakan beberapa asumsi dalam model jaringan WSN. Adapun asumsi model jaringan WSN yang digunakan adalah Sensor *node* dengan base station berada dalam kondisi standby setelah disebar didalam area. Jaringan bersifat homogen dan semua sensor *node* memiliki jumlah energi yang sama. Setiap sensor *node* mengetahui posisi koordinat *node* tetangga. Semua *node* dapat menghitung parameter yang telah ditentukan pada area tersebut dan mengirim secara berkala kepada *node* penerima. Sinyal radio mempunyai energi yang sama seperti saat mengirimkan data transmisi dari *node* A ke *node* B, sama halnya proses pengiriman data dari *node* B menuju *node* A. setiap sensor dapat beroperasi dalam sensing mode untuk memantau parameter pada area tersebut dan

mengirimkan *cluster head* untuk mengumpulkan data dan meneruskan pengiriman data kepada base station. Sink bersifat statis

Radio Energi Model

Radio dan model energi yang digunakan pada penelitian ini pada setiap transmisinya akan dihitung menggunakan persamaan yang sama dengan Heinzelman dkk (W. R. Heinzelman et al., 2000). Menurut jarak antara *transmitter* dan *receiver*, konsumsi energi akan diukur dengan *dissipation model* radio. Dan sesuai dengan jarak dari target, *free space* dan *multi-path fading model* dapat digunakan. Konsumsi energi dari *node* pengirim termasuk konsumsi energi dari sirkuit pengirim dan penguatan daya. Oleh karena itu, untuk mengirimkan pesan k bit pada jarak d , konsumsi energi dapat dirumuskan pada Persamaan 11.

$$E_{tx}(k, d) = E_{Tx-elec}(k) + T_{Tx-amp}(k, d) = \begin{cases} E_{elec} * k + \varepsilon_{fs} * k * d^2, & d \leq d_0 \\ E_{elec} * k + \varepsilon_{mp} * d^4, & d > d_0 \end{cases} \quad (11)$$

Dimana $E_{Tx-elec}$, T_{Tx-amp} adalah konsumsi energi dengan menerima dan mengirimkan pesan dari setiap *node*. ε_{fs} , ε_{mp} adalah konsumsi daya *free space propagation* dan konsumsi daya *multipath propagation*. E_{elec} adalah energi/bit yang dikonsumsi oleh pemancar atau penerima elektronik. d_0 adalah nilai *threshold*. Jika jarak transmisi kurang dari ambang batas d_0 , maka *free space model* diterapkan, namun jika tidak kami menggunakan model *multipath*. Nilai *threshold* d_0 dapat dihitung menggunakan Persamaan 12.

$$d_0 = \sqrt{E_{fs}/E_{mp}} \quad (12)$$

Sedangkan pada perangkat penerima, untuk menghitung k -bit *packet data unit* yang diterima pada saat digunakan dapat menggunakan rumus pada Persamaan 13.

$$E_{Rx}(k) = E_{Rx-elec}(k) = E_{elec} * k \quad (13)$$

Dimana $E_{Rx}(k)$ merupakan energi yang dibutuhkan oleh penerima untuk menerima sejumlah bit *packet data unit* setiap data k -bit. Sedangkan E_{elec} merupakan energi yang dihabiskan untuk mengoperasikan sirkuit *transceiver*

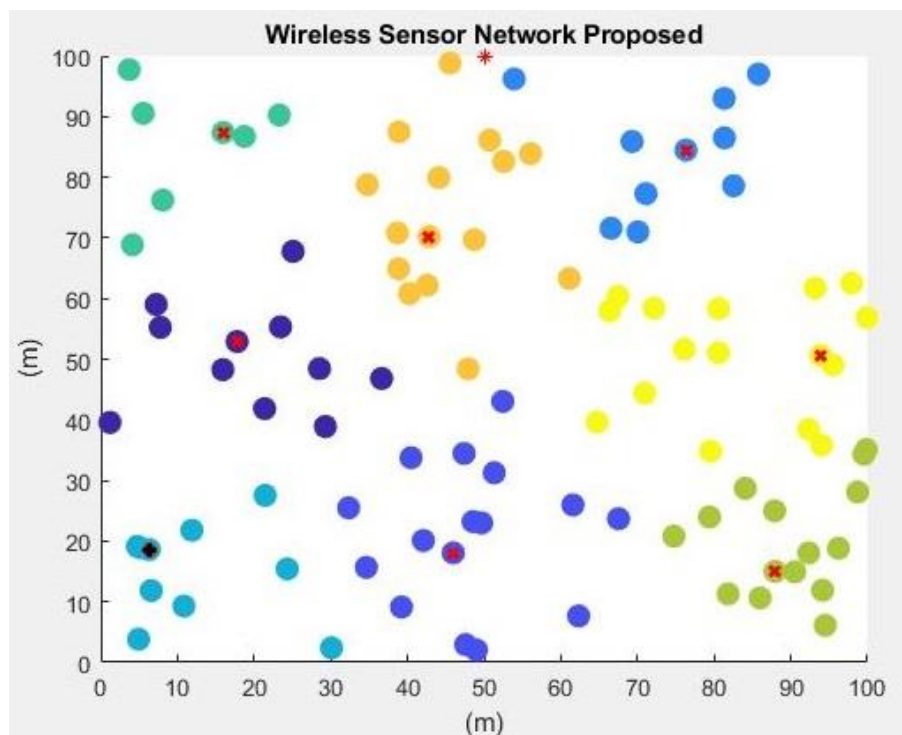
HASIL

Inisiasi Pada bagian ini dilakukan simulasi WSN dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB. Simulasi ini membandingkan protokol clustering untuk data gathering yaitu Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) dengan usulan fuzzy c-means yang telah dioptimasi. Parameter yang dibandingkan yaitu network lifetime dan energy consumption per transmission. Seperti yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya oleh Asgarali Bouyer dkk (Bouyer, Hatamlou, & Masdari, 2015b), sebagai acuan, parameter uji coba dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Uji Coba

Parameter	Nilai
Area Simulasi	100*100 m
Jumlah node	100
Initial Energy (E_{init})	0,5 J
Electronic circuit energy (E_{elec})	50 nJ/bit
Sink	50*100

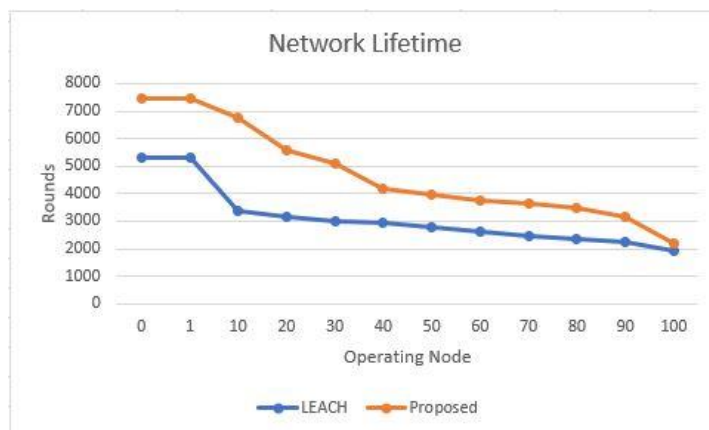
Hasil pentuan jumlah *cluster* optimal berdasarkan Persamaan 1 mendapatkan 8 kluster. Jumlah kluster tersebut sebagai inisialisasi pada proses Fuzzy C-means. Gambar 3 merupakan hasil proses Fuzzy C-means. Setiap kluster hasil fuzzy c-means memiliki cluster head masing-masing. Cluster head pada setiap kluster ditunjukkan dengan simbol X (merah), sedangkan *cluster head* utama hasil dari proses Particle Swarm Optimization ditunjukkan oleh simbol + (hitam). Jumlah kluster dan hasil kluster dari fuzzy c-means tidak mengalami perubahan, tetapi cluster head pada setiap kluster dan cluster head utama dilakukan perubahan pada setiap roundnya.



Gambar 3. Hasil proses Fuzzy C-means

Hasil perbandingan *Network Lifetime*

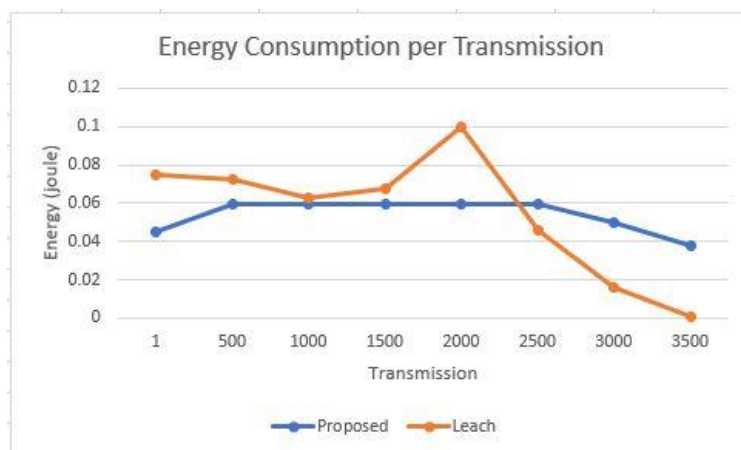
Berdasarkan hasil uji coba protocol LEACH dan protokol usulan, protokol yang diusulkan memiliki network lifetime yang lebih panjang dari pada protokol LEACH. Hasil uji coba menunjukkan bahwa protokol usulan mempunyai masa hidup jaringan mencapai 7441 round, sedangkan masa hidup jaringan pada LEACH hanya mencapai 5319 round. Hasil simulasi perbandingan protokol LEACH dan protokol usulan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Network Lifetime

Hasil perbandingan *Consumption Energy per Transmition.*

Consumption Energy per Transmition merupakan energi yang dipakai semua *node* dalam setiap transmisi, baik dari *node* ke CH maupun dari CH ke sink. Hasil simulasi menunjukkan bahwa protokol usulan mempunyai konsumsi energi yang lebih sedikit dari pada protokol LEACH yaitu sebesar 0.044705 *joule per transmition* untuk protocol usulan sedangkan pada protocol LEACH energi yang dipakai sebesar 0.075186 *joule per transmition*. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Energy Consumption per Transmission

PEMBAHASAN

Penentuan jumlah kluster mendapatkan kluster optimal seperti pada pembahasan hasil memiliki pengaruh bahwa jika jumlah kluster terlalu sedikit atau terlalu banyak, maka mengurangi kinerja dari *network lifetime* dan meningkatkan jumlah konsumsi energi yang digunakan. Hal ini bisa mengakibatkan pengurangan kemampuan dari *wireless sensor network*.

Berdasarkan hasil uji coba protokol LEACH dan protokol usulan, protokol yang disusulkan memiliki *network lifetime* yang lebih panjang dari pada protokol LEACH. Hasil uji coba menunjukkan bahwa protokol usulan mempunyai masa hidup jaringan mencapai 9549 *round* pada posisi sink 50,50 dan mencapai 7644 *round* pada posisi sink 50,100. Sedangkan masa hidup jaringan pada LEACH

hanya mencapai 4628 *round* pada posisi sink 50,50 dan mencapai 4671 *round* pada posisi sink 50,100. Hasil simulasi perbandingan protokol LEACH dan protokol usulan terkait *network lifetime*

Consumption Energy per Transmition merupakan energi yang dipakai semua *node* dalam setiap transmisi, baik dari *node* ke CH, CH ke CH utama, CH ke *sink*, dan CH utama ke *sink*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa protokol usulan mempunyai konsumsi energi yang lebih sedikit dari pada protokol LEACH. Hasil transmisi pertama menunjukkan bahwa konsumsi energi setiap transmisi untuk LEACH pada sink (50,50) yaitu 0,083480212 *joule per transmission*, LEACH pada sink (50,100) 0,059269898 *joule per transmission*, proposed pada sink (50,50) 0,046132937 *joule per transmission*, dan proposed pada sink (50,100) 0,043135609 *joule per transmission*. Hasil simulasi perbandingan protokol LEACH dan protokol usulan terkait *consumption energy per transmition*.

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, berfokus kepada proses modifikasi pada inisialisasi *cluster head* pada proses *data gathering* di lingkungan *Wireless Sensor Network*. Dengan mengimplementasikan metode FCM dan PSO dalam penentuan *cluster head*. metode PSO digunakan untuk menentukan *cluster head* utama, sedangkan proses pada metode FCM digunakan untuk inisialisasi *cluster head* pada proses *data gathering* untuk efisiensi energi di lingkungan *Wireless Sensor Network*.

Hasil uji coba menunjukkan bahwa protokol usulan mempunyai masa hidup jaringan mencapai 7441 *round*, sedangkan masa hidup jaringan pada LEACH hanya mencapai 5319 *round*, sedangkan dalam hal konsumsi energi protokol usulan mempunyai konsumsi energi yang lebih sedikit dari pada protokol LEACH yaitu sebesar 0.044705 *joule per transmission* untuk protokol usulan sedangkan pada protocol LEACH energi yang dipakai sebesar 0.075186 *joule per transmission*. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, protokol usulan memiliki masa hidup jaringan lebih panjang dan konsumsi energi lebih rendah dibandingkan protokol LEACH.

SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan masih terdapat hal yang dapat dikembangkan seperti tidak hanya mempertimbangkan kepadatan jarak antar node ataupun jarak antar cluster head namun dapat menambahkan variabel yang lain agar konsumsi energi yang digunakan dapat lebih hemat dan *network lifetime* bisa lebih optimal.

DAFTAR RUJUKAN

- Al-Baz, A., & El-Sayed, A. (2018). A new algorithm for cluster head selection in LEACH protocol for wireless sensor networks. *International Journal of Communication Systems*, 31(1), 1–13. <https://doi.org/10.1002/dac.3407>
- Alia, O. M. D. (2014). A decentralized fuzzy c-means-based energy-efficient routing protocol for wireless sensor networks. *Scientific World Journal*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/647281>
- Bouyer, A., Hatamlou, A., & Masdari, M. (2015a). A new approach for decreasing energy in wireless sensor networks with hybrid LEACH protocol

- and fuzzy C-means algorithm. *International Journal of Communication Networks and Distributed Systems*, 14(4), 400–412. <https://doi.org/10.1504/IJCND.2015.069675>
- Bouyer, A., Hatamlou, A., & Masdari, M. (2015b). A new approach for decreasing energy in wireless sensor networks with hybrid LEACH protocol and fuzzy C-means algorithm. *International Journal of Communication Networks and Distributed Systems*, 14(4), 400–412. <https://doi.org/10.1504/IJCND.2015.069675>
- Goswami, A., & Kumar, M. (2017). *A Review on Energy Harvesting in Wireless*. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2017.0604138>
- Heinzelman, W. B., Chandrakasan, A. P., & Balakrishnan, H. (2002). An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 1(4), 660–670. <https://doi.org/10.1109/TWC.2002.804190>
- Heinzelman, W. R., Chandrakasan, A., & Balakrishnan, H. (2000). Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks. *Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences*. <https://doi.org/10.1109/hicss.2000.926982>
- Hoang, D. C., Kumar, R., & Panda, S. K. (2010). Fuzzy C-means clustering protocol for Wireless Sensor Networks. *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, 3477–3482. <https://doi.org/10.1109/ISIE.2010.5637779>
- Mehra, P. S., Doja, M. N., & Alam, B. (2018). Fuzzy based enhanced cluster head selection (FBECS) for WSN. *Journal of King Saud University - Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.04.031>
- Nithya, B., Abhinaya, S. B., & Lavanya, V. (2018). A Party-based Cluster Head Selection Algorithm for Wireless Sensor Networks. *2018 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON)*, 327–332. <https://doi.org/10.1109/GUCON.2018.8675041>
- Peng, K. (2017). A Survey of Energy-efficient Data Gathering of Wireless Sensor Networks. *Journal of Software Engineering*, 11(1), 94–101. <https://doi.org/10.3923/jse.2017.94.101>
- Rajagopal, A. (2018). Performance Analysis for Efficient Cluster Head Selection in Wireless Sensor Network Using RBFO and Hybrid BFO-BSO. *International Journal of Wireless Communications and Mobile Computing*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.11648/j.wcmc.20180601.11>
- Xu, J., Jin, N., Lou, X., Peng, T., Zhou, Q., & Chen, Y. (2012). Improvement of LEACH protocol for WSN. *2012 9th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, (Fskd)*, 2174–2177. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2012.6233907>