

OPTIMASI NETWORK LIFETIME PADA JARINGAN SENSOR NIRKABEL DENGAN EFISIENSI ENERGI MENGGUNAKAN TEKNIK HIBRIDA LEACH DAN NON-LEACH

Eka Prakarsa Mandyartha

Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Email: eka_prakarsa.fik@upnjatim.ac.id

Abstrak. Perangkat hardware pada Wireless Sensor Network (WSN) memiliki beberapa keterbatasan, salah satunya dalam hal energi. Energi diperlukan agar aktivitas yang berjalan pada WSN tetap berjalan. WSN terdiri dari banyak node sensor. Tiap node sensor memiliki energi yang terbatas. Pada penelitian ini, efisiensi energi dan bandwidth pada WSN dilakukan dengan menggabungkan algoritma LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) dan fuzzy logic. Algoritma LEACH menggunakan prinsip pengiriman data antar node sensor pada jarak terdekat dengan membentuk beberapa kluster node dengan base station sebagai tujuan akhir. LEACH telah banyak digunakan untuk mengatur efisiensi energi pada WSN. Efisiensi energi pada WSN ini disempurnakan dengan penambahan teknik hibrida PSM-PC. Algoritma fuzzy bersifat fleksibel dalam penggunaannya. Disamping itu, fuzzy logic dapat pula menghemat bandwidth dengan cara mengatur waktu tunggu dalam melakukan satu kali transmisi data dari node sensor ke cluster head. Analisis yang dilakukan bertujuan untuk membandingkan optimasi penghematan energi pada WSN dengan metode LEACH dan non-LEACH.

Kata Kunci: Efisiensi energi, Bandwidth, LEACH, Fuzzy logic, Wireless Sensor Network

Wireless Sensor Network (WSN) merupakan jaringan sensor yang saling bertukar informasi diantara node-node sensornya untuk mendapatkan data yang diinginkan. Setiap WSN memiliki satu gateway yang dinamakan base station. Data yang diperoleh dari tiap-tiap node sensor akan dikirimkan ke base station (pusat pengumpulan data) sebagai tujuan akhir data hasil sensing. Transmisi data antar node sensor hingga tiba di base station dapat berjalan jika node sensor memiliki daya dan bandwidth. Namun, node sensor memiliki keterbatasan daya dan bandwidth [1] [2]. Keterbatasan daya dan bandwidth ini mempengaruhi masa hidup (*network lifetime*) jaringan WSN [3]. Semakin besar daya suatu node sensor, maka masa hidup node sensor akan semakin tinggi. Semakin tinggi masa hidup node sensor, maka aktivitas pertukaran informasi pada WSN akan berlangsung lebih lama dan semakin jarang melakukan pergantian baterai node sensor.

Algoritma LEACH [1] memiliki konsep yang berhubungan dengan jarak. Dalam hal ini, jarak antar node sensor digunakan sebagai tolak ukur pada proses transfer data antar node sensor. Tiap node sensor pada WSN akan langsung mengirimkan data ke base station. Hal ini tentunya akan menghabiskan energi karena tidak semua node sensor berjarak dekat dengan base station. Algoritma LEACH mencoba memecahkan masalah tersebut dengan

mengelompokkan node sensor yang ada ke dalam beberapa kluster. Setiap kluster akan ditentukan satu node sebagai cluster head yang mengirimkan data dari node sensornya menuju base station. Node sensor yang akan menjadi cluster head akan berbeda pada setiap perputaran data (ke base station). Pada penelitian ini menggunakan teknik hibrida algoritma LEACH [1] dengan metode fuzzy logic [4] untuk mengoptimasi efisiensi penggunaan daya dan bandwidth pada jaringan sensor nirkabel (WSN).

I. Metodologi

Efisiensi energi yang optimal pada WSN dilakukan dengan menggabungkan metode LEACH [1] dan fuzzy logic [4]. Pembuktian efisiensi energi pada WSN ini dibuktikan dengan implementasi.

LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)

Algoritma LEACH [1] dibagi ke dalam beberapa round. Setiap round terdiri dari 2 tahap, yaitu set up phase dan steady state phase. Set up phase merupakan tahapan pembentukan cluster dan penentuan cluster head. Menentukan cluster head diperoleh dengan (1):

$$T(n) = \begin{cases} \frac{P}{1 - P \times (r \bmod \frac{1}{P})} & \text{if } n \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

dengan:

m random number antara 0 dan 1,

T(n) = threshold per round

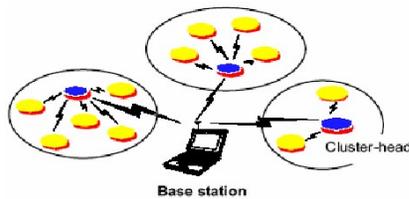
Node akan menjadi cluster head jika $m < T(n)$

P = probabilitas cluster head yang diharapkan

r = round

n = node

G = himpunan node yang belum menjadi cluster head



Gambar 1. Topologi WSN dengan cluster LEACH.

Setelah terpilih cluster head untuk masing-masing cluster, maka cluster head mengirimkan advertisement message (ADV) yang memberitahukan bahwa dirinya adalah cluster head. Pengiriman ADV message menggunakan protocol CSMA MAC. Signal strength yang diterima dari ADV oleh masing-masing node non-cluster head inilah yang digunakan untuk “memilih” cluster head mana yang akan menjadi cluster headnya dengan jarak terdekat dari dirinya. Setelah itu, node non-cluster head melakukan join request ke cluster headnya dan cluster head mempersiapkan TDMA Schedule untuk mulai melakukan transmisi data. TDMA schedule digunakan untuk menghindari collision ketika transmisi data dan dapat menghemat energi pada node non-cluster head. Pada steady state phase, node non-cluster head mulai melakukan transmisi data ke cluster head. Cluster head akan menggabungkan data dari node sensor dan mengirimkan ke base station. Setelah pengiriman data ke base station, LEACH akan melanjutkan ke round berikutnya dan mengulangi setup phase dan steady state phase. Setiap round, LEACH mempunyai 2 fase, yaitu set-up steady state. Implementasi untuk pengujian hipotesa metode LEACH dilakukan dengan contoh sebagai berikut.

- Set-up phase
 - Misal :
 - Pada round $r = 0$
 - Total node = 100
 - Kluster yg diharapkan = 5
 - $P = 5/100 = 0.05$
 - $T(n) = P/(1 - P \times (r \bmod 1/P))$
 $= 0.05/(1 - 0.05 \times (0 \bmod 1/0.05))$
 $= 0.05$
 - Kemudian tiap node (node 1 hingga node 100) memilih secara acak number antara 0 dan 1

- Misal diperoleh
- Node 1 = 0.01
- Node 2 = 0.04
- :
- :
- Node 47 = 0.03
- Node 48 = 0.023
- :
- Node 100 = 0.048

- Node-node tersebut menjadi cluster head
 - Node member mengirim signal strength
 - Node member telah “memilih” cluster headnya
- Steady state phase
 - Dilakukan transmisi data dengan mempertimbangkan power node sensor dan jarak node sensor ke cluster head (fuzzy logic)
 - Base station menerima kumpulan data
 - Memulai round berikutnya

Fuzzy logic (Non-LEACH)

Metode LEACH digunakan untuk menentukan node sensor yang akan menjadi cluster head pada tiap cluster node di setiap putaran. Ketika cluster head pada tiap cluster node telah terbentuk, dilakukan transmisi data dari node member ke masing-masing cluster head. Transmisi data dari node member menuju cluster head membutuhkan bandwidth dan energi node sensor. Semakin tinggi frekuensi node member melakukan transmisi data ke cluster head, maka diperlukan daya dan bandwidth yang semakin tinggi dalam transmisi data antar node sensor. Penggunaan bandwidth dan daya dapat dihemat dengan cara melakukan transmisi data secara adaptif dengan mempertimbangkan jarak transmisi dan daya

node sensor. Keadaptifan dapat dipertimbangkan dari input jarak node member-node head dan daya residu yang dimiliki node member. Output yang dihasilkan adalah n waktu delay dimana node sensor akan menunggu selama n waktu untuk melakukan satu kali transmisi data.

Pada transmisi data yang dilakukan secara adaptif ini, semakin besar jarak node member dengan cluster head dan semakin kecil daya residu pada node member, maka waktu tunggu untuk melakukan sekali transmisi data makin lama. Semakin besar waktu tunggu, maka semakin rendah frekuensi transmisi data yang dilakukan node member. Semakin rendah frekuensi transmisi data, maka akan semakin rendah frekuensi penggunaan bandwidth dan daya pada node sensor. Begitu pula sebaliknya.

Fuzzy logic memiliki beberapa tahapan diantaranya fuzifikasi, fuzzy processing dan defuzifikasi [5].

- Fuzifikasi
Fuzifikasi merupakan proses penerjemahan input menjadi derajat keanggotaan (degree of membership) sesuai dengan grafik input. Derajat keanggotaan bernilai 0-1. Grafik derajat keanggotaan dari masing-masing input dan output dapat dilihat pada gambar 2 dan 3.
- Fuzzy processing
Fuzzy processing merupakan proses input fusion menjadi output melalui aturan fuzzy yang telah ditetapkan. Aturan fuzzy untuk kasus ini ditunjukkan pada tabel 1.

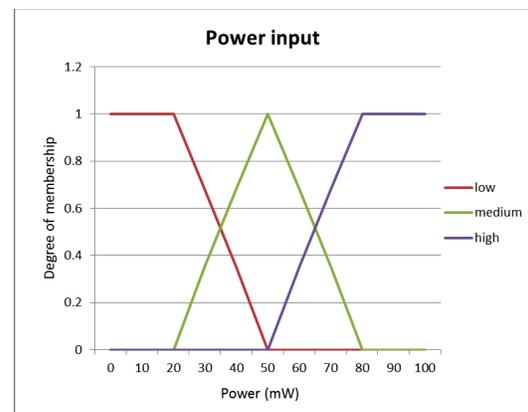
Tabel 1. Tabel Aturan fuzzy.

Power	Distances		
	Close	Medium	Far
Low	Medium	Rarely	Very Rarely
Medium	Frequently	Medium	Rarely
High	Very Frequently	Frequently	Medium

- Defuzifikasi
Defuzifikasi merupakan proses pengembalian nilai dari nilai derajat keanggotaan menjadi nilai crisp. Nilai crisp berupa waktu tunggu.



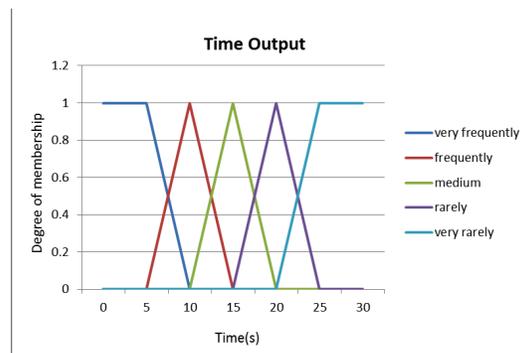
Gambar 2. Grafik membership function input jarak



Gambar 3. Grafik membership function input power

PSM-PC (Power Saving Mechanism-Power Control)

Power saving mechanism adalah teknik mengatur sleep node sensor ketika idle. Sedangkan power control menghitung power minimal yang diperlukan untuk melakukan satu kali transmisi data.



Gambar 4. Grafik membership function output waktu tunggu

II. Hasil dan Pembahasan

Hipotesa yang telah dibuat perlu diuji. Pengujian hipotesa terhadap metode hibrida LEACH dan fuzzy logic yang diterapkan pada WSN untuk menguji seberapa besar efisiensi daya dan bandwidth yang dihasilkan dan seberapa besar dampaknya terhadap *network lifetime*.

Penelitian ini menggunakan hipotesa awal, semakin besar jarak node sensor dan cluster head dan semakin kecil daya node sensor, maka waktu tunggu untuk melakukan satu kali transmisi data semakin besar. Sebaliknya, semakin kecil jarak node sensor dan cluster head dan semakin besar power node sensor, maka waktu tunggu transmisi data semakin kecil

Metode *Fuzzy Logic* ini menggunakan dua input (*power* dan *distance*) dan satu output (waktu tunggu untuk satu kali transmisi data). *Power* adalah daya residu node member sedangkan *distance* adalah jarak antara node member dengan *cluster head*. Misal *Power* = 27 megaWatt dan *Distance* = 78 meter. Jika dilihat pada Gambar 3, input power 27 mW termasuk dalam kelompok **low** dan **medium**. Input distance 78 meter termasuk dalam kelompok **medium** dan **far**. Hal ini berarti daya residu dari node sensor rendah dan jarak antara node sensor dengan cluster head besar ketika akan melakukan transmisi data. Output waktu tunggu yang dihasilkan besar. Input yang diperoleh, dicari derajat keanggotaannya.

Setelah diperoleh derajat keanggotaan dari masing-masing input, ditentukan aturan komposisi dari fuzzy seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan 3. Karena input yang digunakan ada 2, menggunakan AND, yaitu mencari nilai yang minimal antara derajat keanggotaan dari distance dan power.

Tabel 2. Pencarian derajat keanggotaan

Distance	μ	(80-input)/(80-	0.066
	(mediu	50)	7
	m)	= (80-78)/(80-50)	
Power	μ (far)	(input-50)/(80-	0.933
		50)	3
		= (78-50)/(80-50)	
Power	μ (low)	(50-input)/(50-	0.766
		20)	7
		= (50-27)/(50-20)	
Power	μ	(input-20)/(50-	0.233
	(mediu	20)	3
	m)	= (27-20)/(50-20)	

Tabel 3. Aturan komposisi fuzzy logic

Distance AND power	μ (medium)	Min(0.0667	0.0667
	AND	AND	
	μ (low)	0.7667)	
	μ (medium)	Min(0.0667	0.0667
	AND	AND	
	μ (medium)	0.2333)	
μ (far)	Min(0.9333	0.7667	
AND	AND		
μ (low)	0.7667)		
μ (far)	Min(0.9333	0.2333	
AND	AND		
μ (medium)	0.2333)		

Setelah itu, dilakukan defuzzifikasi untuk memperoleh nilai crisp yang berupa output waktu tunggu transmisi data. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 5 dengan waktu tunggu sekitar 23,0868 detik untuk melakukan satu kali transmisi data. Contoh input lain yang diujicobakan pada implementasi fuzzy logic adalah Distance = 27 meter dan power = 78 mW. Pada Gambar 6 dengan input yang berbanding terbalik dengan contoh sebelumnya menghasilkan waktu tunggu yang lebih kecil yaitu 5,5017 detik. Implementasi ini menunjukkan bahwa metode fuzzy logic dapat digunakan untuk menentukan waktu tunggu transmisi secara adaptif yang digunakan untuk efisiensi bandwidth dan daya pada WSN.

```

Output - FuzzyLogicTest (run)
run
Power : 27
Distance : 78
Power : 27.0 mW
Distance : 78.0 m
Determining time delay for transmitting data...
If Power is PowerLow(0.76) and Distance is DistanceMedium(0.06) then Kirim is KirimRarely(0.06)
If Power is PowerLow(0.76) and Distance is DistanceFar(0.93) then Kirim is KirimVeryRarely(0.76)
If Power is PowerMedium(0.23) and Distance is DistanceMedium(0.06) then Kirim is KirimMedium(0.06)
If Power is PowerMedium(0.23) and Distance is DistanceFar(0.93) then Kirim is KirimRarely(0.23)
delay time for data transmission (fuzzy logic result) : 23.08682894930095 seconds
Power : |
    
```

Gambar 5. Implementasi fuzzy logic (1)

```

Output - FuzzyLogicTest (run)
run
Power : 78
Distance : 27
Power : 78.0 mW
Distance : 27.0 m
Determining time delay for transmitting data...
If Power is PowerMedium(0.06) and Distance is DistanceClose(0.76) then Kirim is KirimFrequently(0.06)
If Power is PowerMedium(0.06) and Distance is DistanceMedium(0.23) then Kirim is KirimMedium(0.06)
If Power is PowerHigh(0.93) and Distance is DistanceClose(0.76) then Kirim is KirimVeryFrequently(0.76)
If Power is PowerHigh(0.93) and Distance is DistanceMedium(0.23) then Kirim is KirimFrequently(0.23)
delay time for data transmission (fuzzy logic result) : 5.50173031986332 seconds
Power : |
    
```

Gambar 6. Implementasi fuzzy logic (2)

III. Kesimpulan

LEACH merupakan mekanisme pembagian node sensor ke dalam beberapa klaster untuk memperpendek jarak transmisi dan memperkecil energi yang dibutuhkan untuk transmisi data antar node sensor. Untuk mengoptimasi LEACH dalam efisiensi daya dan bandwidth, LEACH dihibrida dengan Fuzzy Logic untuk menentukan waktu tunggu transmisi data dengan mempertimbangkan jarak antar node sensor dan daya node sensor.

IV. Daftar Pustaka

- [1] Arbab, E., Aghazarian, V., Hedayati, A., & Motlagh, N. G. (2012, April). A LEACH-based clustering algorithm for optimizing energy consumption in wireless sensor networks. In *2nd International Conference on Computer Science and Information Technology* (pp. 147-150).
- [2] Alshaibi, A., Vial, P., & Ros, M. (2012, November). Hybrid power saving technique for wireless sensor networks. In *2012 IEEE International Conference on Wireless Information Technology and Systems (ICWITS)* (pp. 1-4). IEEE.
- [3] Singh, T., Kumar, V., Saxena, K., & Saxena, A. (2011). Evaluation of Security Conditions of Algorithms for Data Routing in Wireless Sensors Networks. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, 1(1), 33-42.
- [4] Singh, A. K., Goutele, S., Verma, S., & Purohit, N. (2012). An energy efficient approach for clustering in WSN using fuzzy logic. *International Journal of Computer Applications*, 44(18), 8-12.
- [5] Bělohlávek, R., Dauben, J. W., & Klir, G. J. (2017). *Fuzzy logic and mathematics: a historical perspective*. Oxford University Press.