

Algoritma *Dynamic Cluster Head* dengan Metode *Rating* untuk Mengurangi *Dead Node* pada Jaringan Sensor Nirkabel

I Gusti Ngurah Ady Kusuma

Program Studi Sistem Komputer, STMIK – STIKOM Bali
Jalan Raya Puputan No.86 Renon Denpasar -Bali, Telp. 0361-244445
e-mail: ady_kusuma@stikom-bali.ac.id

Abstrak

Jaringan sensor nirkabel terdiri dari node-node sensor yang memiliki sumber daya energi yang terbatas. Jaringan ini dibangun untuk mengawasi lingkungan dan memberikan informasi ke sebuah koordinator. Namun karena node yang berjalan dengan sumber daya terbatas seperti baterai, diperlukan sebuah protokol yang mampu memanfaatkan sumber daya yang terbatas namun data yang disampaikan tetap terjaga. *In-network data aggregation* merupakan sebuah metode agregasi pengumpulan data routing melalui jaringan multi-hop, mengolah data pada intermediate node dengan tujuan meningkatkan network lifetime. Agregasi data dilakukan secara terpusat pada topologi *Tree-Based Network* yang diproses pada *Cluster Head* sehingga memberikan beban pada *Cluster Head* yang mengakibatkan konsumsi energi terpusat pada satu node. Penelitian ini menghasilkan algoritma penentuan node yang bertugas menjadi *Cluster Head* sesuai dengan kondisi jaringan secara dinamis yang disebut *A-SEClush*. Berdasarkan hasil uji coba yang telah dilakukan algoritma ini memiliki keunggulan sebesar 2,0 pada total node yang mengalami kehabisan energi dibandingkan dengan *Static-CH*.

Kata kunci: *Wireless Sensor Network, Data Aggregation, Dynamic Cluster Head, Energy Efficiency, Rating Mechanism.*

Abstract

Wireless sensor networks consist of sensor nodes that have limited power. This network was built to oversee the environment and provide information to a coordinator. However, because the nodes running with limited resources such as batteries, a protocol is needed that is able to utilize limited resources but the data delivered is maintained. In-network data aggregation is an aggregation method of collecting routing data through multi-hop networks, processing data at intermediate nodes with the aim of increasing network lifetime. Data aggregation is carried out centrally on the Tree-Based Network topology which is processed in the Cluster Head so as to provide a load on the Cluster Head which results in centralized energy consumption. This study produces an algorithm to determine the nodes in charge of Cluster Head according to a dynamic network condition called A-SEClush. Based on the results of trials that have been carried out this algorithm has an advantage of 2.0 on the total nodes that experience run out of energy compared to Static-CH.

Keywords: *Wireless Sensor Network, Data Aggregation, Dynamic Cluster Head, Energy Efficiency, Energy Rating.*

1. Pendahuluan

Komunikasi nirkabel merupakan komunikasi yang terjadi antara 2 sisi yaitu pemancar dan penerima atau *transmitter* dan *receiver* [1]. Pemancar (*transmitter*) bertugas untuk mengirimkan data yang selanjutnya akan diterima oleh penerima (*receiver*). Pada komunikasi nirkabel ada banyak perangkat yang digunakan, namun secara umum terdapat 2 jenis perangkat yaitu perangkat lapangan atau *field device* dan perangkat infrastruktur.

Jaringan sensor nirkabel merupakan salah satu pengembangan dari komunikasi nirkabel yang diaplikasikan dalam perangkat yang berukuran kecil, ringan dan memiliki skalabilitas biaya jaringan yang rendah [2]. Jaringan sensor nirkabel dibekali dengan seperangkat sumber daya energi yang terbatas yang digunakan dalam operasi komputasi dan memiliki kemampuan untuk melakukan *sensing* dan komunikasi nirkabel [3]. Perangkat yang tergabung dalam jaringan sensor nirkabel memiliki tujuan dengan spesifikasi

yang sama. Sebagai contoh digunakan dalam berbagai skenario industri, bidang kesehatan, bahkan sebagai alat deteksi dini ledakan [4].

Perangkat jaringan sensor nirkabel, meskipun dengan terbatasnya sumber energi, perangkat tetap dituntut memiliki *network lifetime* yang panjang. *Network lifetime* merupakan durasi waktu sebelum beberapa perangkat dalam jaringan tersebut mati [5]. Hal ini memerlukan sebuah efisiensi dalam algoritma operasional dari sistem jaringan. Terutama pada bagian pengiriman dan penerimaan data. Ketika melakukan transmisi, perangkat mengonsumsi energi lebih banyak.

Pengurangan jumlah data yang dikirimkan pada jaringan sensor nirkabel telah diteliti sebelumnya dengan metode agregasi data [6]. Pada metode ini, semua data dikumpulkan dalam suatu *node* kemudian diproses dan digabungkan yang menghasilkan satu data baru yang mewakili semua data yang telah dikumpulkan. Metode ini bertujuan untuk melakukan efisiensi pengiriman dan berhasil melakukan efisiensi pada energi yang digunakan ketika melakukan transmisi.

Pada sebuah jaringan komputer yang luas muncul sebuah konsep pengembangan dari agregasi data yaitu menjadi *in-network data aggregation*. Aplikasi dari metode ini adalah dengan mengumpulkan semua data pada *router* kemudian mengirimkan data tersebut ke *node* selanjutnya. *Router* atau titik berkumpulnya data tersebut disebut dengan *intermediate node* [7]. Terdapat 2 jenis *in-network data aggregation* yaitu dengan melakukan kombinasi dan kompresi pada data yang dikumpulkan dan menghasilkan 1 data baru yang disebut dengan *with size reduction*. Kemudian cara yang kedua adalah dengan *without size reduction* di mana semua data dikumpulkan dan digabungkan tanpa adanya kompresi atau penghilangan beberapa informasi dari data tersebut.

Metode agregasi data pada sebuah jaringan sensor nirkabel ini sering diaplikasikan dengan memodelkan jaringan dalam bentuk *cluster* dan masing-masing *cluster* memiliki *cluster head* yang berfungsi sebagai *intermediate node*. Sebagai salah satu contoh pada penelitian [8] dan [9] di mana agregasi dilakukan pada sebuah *cluster head*.

Muncul permasalahan di mana ketika jaringan sudah beroperasi, *cluster head* yang dipilih bersifat *fixed* atau tetap dan hal tersebut mengakibatkan kecenderungan penggunaan energi yang lebih banyak dibebankan pada *cluster head*. Hal ini memiliki risiko yang tinggi, karena ketika *cluster head* mengalami kehabisan energi maka *node* yang berada di bawah *cluster head* tersebut akan terisolir. Semakin banyak *cluster* yang terisolir maka semakin berkurang sensitivitas pengawasan pada wilayah tersebut. Hal ini akan berdampak buruk pada situasi pemantauan wilayah karena turunnya sensitivitas mengakibatkan tingginya persentase kegagalan dalam melakukan deteksi dini pada sebuah wilayah.

Berdasarkan hal tersebut, penulis melakukan penelitian untuk meneliti algoritma dalam pemilihan *cluster head* secara dinamis. Penelitian ini menggunakan sistem *rating* untuk melakukan penilaian pada masing-masing untuk menentukan *cluster head*. Penilaian atau *rating* akan dilakukan secara periodik sehingga *cluster head* akan dipilih secara periodik. Pemilihan *cluster head* secara dinamis berarti melakukan pemerataan konsumsi energi pada setiap *node* sehingga dapat memperpanjang umur jaringan hingga sampai salah satu mengalami kehabisan energi.

2. Metode Penelitian

Wireless sensor network (WSN) atau jaringan sensor nirkabel merupakan sekumpulan dari beberapa *device* kecil yang dilengkapi dengan *sensing* yang terintegrasi dan kemampuan komunikasi nirkabel, yang diharapkan dapat digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi. Sensor ini dioperasikan dengan daya baterai dan energinya tidak selalu diperbaharui karena masalah biaya, lingkungan dan bentuknya [2].

Umumnya *nodes* dalam jaringan tersebut memiliki tujuan yang sama seperti pemantauan lingkungan atau deteksi kejadian. WSN digunakan untuk *monitoring* area yang tidak dapat dicapai seperti *glacier*, kebakaran hutan, gurun, dan kedalaman lautan. Energi dalam WSN *nodes* digunakan pada CPU, sensor, dan radio yang di mana merupakan mengonsumsi energi terbanyak. Untuk mengoptimalkan penggunaan energi, identifikasi *source* yang paling besar menghabiskan energi dalam komunikasi sangatlah penting, seperti *collision*, *overhearing*, *control packet overhead*, dan *idle listening*. Salah satu tantangan untuk mencapai teknologi potensial ini yaitu dengan manajemen konsumsi energi yang efektif dalam *node device* ini untuk memaksimalkan *lifespan* sebuah dan akhirnya *lifespan* jaringan pada saat yang sama juga cukup memelihara kualitas dan kuantitas *service* [4]. *node* sensor umumnya dilengkapi dengan *transceiver* radio, pengontrol mikro, unit memori, dan penggunaan satu set *transducer* yang dapat memperoleh dan mengolah data sehingga dapat mengorganisir sendiri untuk membentuk jaringan *multi-hop* dan mengirimkan data ke *sink* [10].

Data-Aggregation merupakan sebuah penggabungan dari kumpulan atau himpunan data yang diproses sehingga menghasilkan data yang baru. Pada jaringan sensor nirkabel *Data-Aggregation*

didefinisikan sebagai penggabungan data dari beberapa sensor untuk menghilangkan transmisi yang berlebihan dan memberikan kesatuan informasi ke koordinator sensor [7]. Agregasi data biasanya melibatkan *fusion* data dari beberapa sensor di *intermediate node* dan proses transmisi dari data tersebut menuju koordinator.

Agregasi data merupakan upaya untuk mengumpulkan data yang paling penting dari sensor dan membuat data tersebut diterima oleh koordinator dengan tetap memperhatikan efisiensi energi. *Latency* dari sebuah data juga sangat penting dalam banyak aplikasi seperti aplikasi pada pemantauan keadaan lingkungan di mana data terbaru merupakan faktor penting. Hal yang terpenting dari data agregasi adalah pengembangan algoritma yang mampu menambah *network lifetime* dari sebuah jaringan sensor nirkabel. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi dari penggunaan energi pada jaringan sensor nirkabel dengan agregasi data seperti arsitektur jaringan, mekanisme agregasi data, dan protokol pengiriman.

Agregasi dilakukan pada sebuah *intermediate* yang bertindak sebagai *cluster head*. Semua data yang berasal dari semua pada *cluster* tersebut akan dikumpulkan pada *cluster head*. Masing-masing menentukan sebuah *cluster head* secara permanen, yang berarti ketika sebuah telah memilih *cluster head* maka *cluster head* akan bersifat permanen dan tidak dapat diubah. Hal ini akan membuat energi pada *cluster head* akan lebih cepat habis dibandingkan dengan yang lain. Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini lebih berpatokan pada energi yang tersisa pada sebuah untuk memilih sebuah *cluster head*. Sehingga ketika sebuah *cluster head* yang dipilih sebelumnya mengalami kehabisan atau kondisi energinya lebih rendah maka akan memilih *cluster head* dengan tingkat energi yang lebih tinggi.

Selain energi, terdapat beberapa indikator yang digunakan sebagai metode perhitungan *rating* dari sebuah *node* yaitu *sink distance* dan *neighbors count*. *Sink distance* digunakan sebagai indikator untuk menghindari pemilihan *cluster head* yang jauh dari *sink* atau pusat. Asumsinya adalah ketika memilih *cluster head* yang jauh dari *sink* akan memperlambat pengiriman data. Kemudian *neighbors count* juga menjadi acuan *rating* dengan asumsi semakin banyak tetangga yang dimiliki oleh *cluster head*, maka semakin banyak jalur pilihan yang dimiliki untuk menuju *sink*.

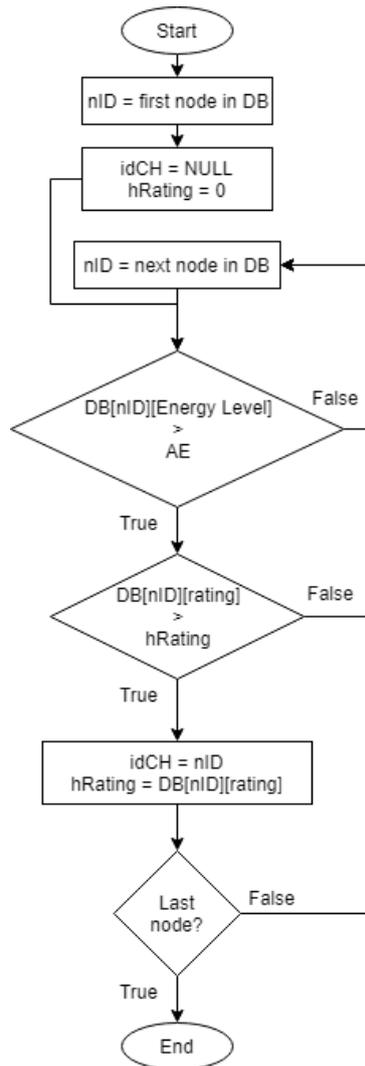
Pada penelitian ini dilakukan sebuah perancangan untuk merancang alur dasar dari algoritma yang akan diteliti. Penelitian ini menggunakan sistem *rating* atau penilaian sehingga nantinya setiap *node* akan memiliki nilai-nilai yang didapatkan dari perhitungan beberapa variabel. Tabel 1 merupakan *indicator* penilaian beserta bobot penilaian dari algoritma ini.

Tabel 1. Bobot penentuan *cluster head*.

Indikator	Bobot (%)
Energy Level (EL)	50
Sink Distance (SD)	30
Neighbors Count (NC)	20

Faktor *energy level* menggambarkan sisa *energy* yang tersisa pada sebuah *node*. *Sink distance* merupakan jarak antara *node* tersebut dengan *sink node*. Sedangkan *neighbors count* merupakan jumlah tetangga *node* aktif yang dimiliki oleh *node* tersebut.

Masing-masing *node* akan melakukan perhitungan penilaian untuk masing-masing *node* sehingga masing-masing *node* akan memiliki nilai yang kemudian dibandingkan dengan *node* yang lain. *node* yang memiliki nilai tertinggi nantinya akan dipilih sebagai *cluster head*. Gambar 1 merupakan diagram alir dari penentuan *cluster head*. Pada Gambar 1 dilakukan penilaian terhadap setiap yang bertetangga, dimulai dari salah satu tetangga. *node* akan dibandingkan dengan kondisi rata-rata energi yang tersedia pada *cluster* tersebut. Jika energi yang dimiliki oleh calon *cluster head* tersebut lebih tinggi dari tingkat energi rata-rata pada *cluster* tersebut baru selanjutnya akan dilakukan proses *rating* atau penilaian dengan melibatkan indikator pada Tabel 1. Hal tersebut terus dilakukan secara berulang pada keseluruhan tetangga sehingga memastikan bahwa yang dipilih sebagai *cluster head* memiliki energi di atas rata-rata dengan penilaian yang paling tinggi. Proses penentuan *cluster head* dilakukan secara periodik oleh setiap. Proses penentuan ini ditentukan secara konstan setiap 1800 detik. Pada proses penentuan, akan mencari nilai *rating* tertinggi dengan energi yang nilainya di atas rata-rata.

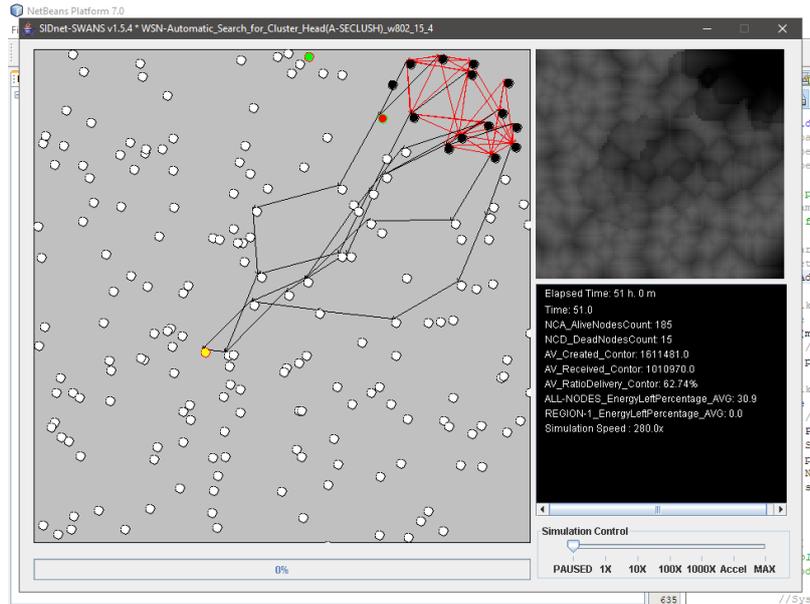


Gambar 1. Diagram alir proses pemilihan *cluster head*.

Protokol yang diteliti ini diujikan dengan menggunakan simulator jaringan sensor nirkabel SIDnet-SWANS. SIDnet-SWANS telah menyediakan salah satu protokol *routing* berbasis lokasi yaitu *Shortest Geo Path Routing Protocol* dan protokol *routing Heartbeat Protocol* untuk melakukan *discovery* terhadap tetangga. Penelitian yang dilakukan ini adalah melakukan modifikasi pada protokol *routing Shortest Geo Path* dalam penanganan pengiriman nilai data pengamatan sensor dengan menggunakan konsep *tree-based aggregated routing*. Modul protokol *routing SGP* pada SIDnet-SWANS akan dikembangkan agar dapat mengimplementasikan protokol *Aggregated Shortest Geo-Path Routing with Adaptive Payload*, menambahkan modul baru untuk menangani *adaptive payload*, dan melakukan modifikasi pada modul 802.15 untuk menangani laporan pengiriman data.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian algoritma dilakukan dengan memanfaatkan simulator sebagai wadah untuk melihat efektivitas dalam penerapannya. Simulator yang digunakan yakni adalah SIDNet-SWANS. Algoritma yang diujikan diberikan kode A-SEClush dan yang tanpa algoritma yang diusulkan dikodekan sebagai Static-CH. Gambar 2 merupakan tampilan di mana simulator sedang berjalan. Pada gambar tersebut, terlihat bagaimana algoritma menghasilkan beberapa garis pola penentuan *cluster head* (berwarna merah). Pada gambar tersebut pula, simulasi terus dilanjutkan hingga semua kehabisan energi. *node* yang kehabisan energi kemudian dikategorikan sebagai *dead node* atau *node mati*.



Gambar 2. Tampilan uji coba algoritma.

Pengujian yang dilakukan kemudian dibandingkan dengan pengiriman yang tanpa melibatkan pemilihan *cluster head* secara dinamis (Static-CH). Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali di mana dalam satu kali pengujian dijalankan simulasi selama 48 jam waktu simulator dan pengambilan data lingkungan atau *sampling* dilakukan setiap satu detik. Tabel 2 merupakan rangkuman hasil uji coba yang dilakukan terhadap algoritma tersebut.

Tabel 2. Hasil uji coba algoritma terhadap total *dead node*.

Percobaan ke:	A-SEClush	Static-CH
1	12	13
2	13	15
3	12	15
Rata-rata	12,33	14,33

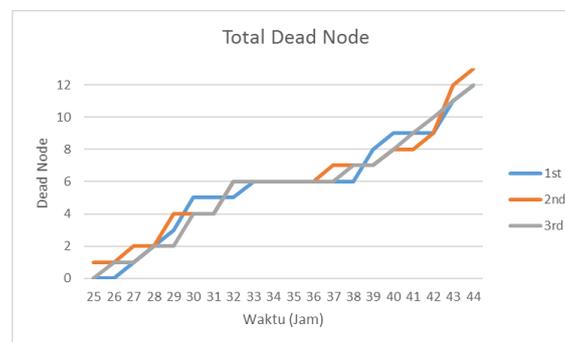
Berdasarkan Tabel 2, A-SEClush memiliki rata-rata *total dead node* 12,33 yang lebih rendah dibandingkan Static-CH yaitu 14,33. Meskipun hanya unggul 2,0, A-SEClush terbukti mampu memberikan *network lifetime* yang lebih panjang sehingga jumlah yang kehabisan energi menjadi lebih rendah dari Static-CH. Sekali lagi dengan pemilihan *cluster head* yang dinamis, dapat meratakan konsumsi energi pada seluruh *node* karena proses agregasi tidak hanya terjadi pada satu. Tabel 3 merupakan rangkuman dari hasil pengamatan pada Total *Dead node* yang diamati tiap jam setelah terdapat 1 *dead node*.

Tabel 3. Hasil Pengamatan Total *Dead node*.

Waktu (Jam)	Total Dead Node pada Percobaan ke:		
	1	2	3
25	0	1	0
26	0	1	1
27	1	2	1
28	2	2	2
29	3	4	2
30	5	4	4
31	5	4	4
32	5	6	6
33	6	6	6
34	6	6	6
35	6	6	6
36	6	6	6
37	6	7	6
38	6	7	7
39	8	7	7

40	9	8	8
41	9	8	9
42	9	9	10
43	11	12	11
44	12	13	12

Berdasarkan data dari Tabel 3 terlihat bahwa *node* mengalami kehabisan *energy* dimulai dari jam ke-25 di mana pada percobaan kedua terdapat 1 *node* yang mengalami kehabisan energi dan dikategorikan sebagai *dead node*. Pada jam ke-33 hingga ke-36 tidak ditemukan *node* yang mengalami kehabisan energi. Pada jam tersebut masih tersisa 9 dari 15 *node* yang masih aktif bekerja sehingga penyebaran *cluster head* yang dipilih masih merata. Dimulai dari jam ke-38 mulai ditemukan tingginya pertambahan jumlah *node* yang mengalami kehabisan energi. Hal ini disebabkan karena kondisi dari seluruh *node* yang sudah memiliki tingkat *energy left* di bawah 50%. Selain itu jumlah *node* yang tersisa juga sudah di bawah *ratio* 50% yang mengakibatkan sedikitnya jumlah *node* yang dapat dipilih menjadi *cluster head*. Kondisi tersebut menyebabkan jumlah *cluster head* semakin sedikit dan konsumsi energi lebih terfokus pada satu *node* saja dan hal ini mengakibatkan *cluster head* tidak menyebar secara merata. Gambar 3 merupakan grafik Total *Dead node* yang diamati.



Gambar 3. Grafik total *dead node* yang diamati setiap jam.

4. Kesimpulan

Algoritma A-SEClush yang telah dirancang dan diimplementasikan ini memiliki keunggulan dari segi total *dead node* lebih sedikit 2 dibandingkan dengan Static-CH. Hal ini disebabkan karena pemilihan *cluster head* yang dinamis sehingga *cluster head* tidak hanya terfokus pada satu melainkan tersebar secara merata dan bergiliran. Pemerataan penentuan *cluster head* ini pula dapat membantu pemerataan penggunaan energi pada proses agregasi untuk pengiriman data. Karena proses agregasi data tidak hanya terjadi pada salah satu saja, melainkan semua *node* berpotensi untuk menjadi *cluster head*. Hal ini dimungkinkan karena algoritma yang dirancang mampu memberikan penilaian berdasarkan kondisi dari energi, jarak dengan *sink node* dan jumlah tetangga yang dimiliki oleh setiap. Setelah diberikan penilaian selanjutnya dipilih terbaik yang memiliki nilai tertinggi yang akan dijadikan sebagai *cluster head*. Berdasarkan hasil pengujian terdapat beberapa saran yang bisa dikembangkan pada algoritma A-SEClush yang telah diujikan adalah perlunya peningkatan performa pada pengaturan antrean pengiriman data pada masing-masing *node* dengan optimalisasi pada sistem antrean pengiriman

Daftar Pustaka

- [1] B. Mehta and Y. J. Reddy, "Wireless communication," in *Industrial Process Automation Systems*, Oxford, Elsevier's Science & Technology, 2015, pp. 417-457.
- [2] R. S. Carbajo, E. S. Carbajo, B. Basu and C. Mc Goldrick, "Routing in wireless sensor networks for wind turbine monitoring," *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 39, pp. 1-35, 2017.
- [3] M. Elshrkawey, S. M. Elsherif and M. Elsayed Wahed, "An Enhancement Approach for Reducing the Energy Consumption in Wireless Sensor Networks," *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, vol. 30, no. 2, pp. 259-267, 2018.
- [4] A. J. AL-Mousawi and H. K. AL-Hassani, "A survey in wireless sensor network for explosives detection," *Computers & Electrical Engineering*, vol. 39, pp. 1-35, 2017.

- [5] M. R. and R. Datta, "A novel source location privacy preservation technique to achieve enhanced privacy and network lifetime in WSNs," *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 44, pp. 58-73, 2018.
- [6] P. Padmaja and G. Marutheswar, "Energy efficient data aggregation in wireless sensor networks," Telangana, India, 2018.
- [7] C. Li, J. Bai, J. Gu, X. Yan and Y. Luo, "Clustering routing based on mixed integer programming for heterogeneous wireless sensor networks," *Ad Hoc Networks*, vol. 72, pp. 81-90, 2018.
- [8] I. G. N. A. Kusuma and W. Wibisono, "Adaptive Data Aggregation for Shortest Geopath Routing Protocol in Wireless Sensor Network," *IPTEK, The Journal for Technology and Science*, vol. 28, no. 2, pp. 51-54, 2017.
- [9] W. Wibisono, I. G. N. Ady Kusuma, Y. Ishida and I. Winarmo, "Towards an Immunity-Based Approach for Preserving Energy of Data-Gathering Processes in Wireless Sensor Network Environments," in *The 2016 International Conference on Advanced Informatics: Concepts, Theory and Application (ICAICTA2016)*, Penang, 2016.
- [10] R. R. Rout and S. Gosh, "Enhancement of Lifetime using Duty Cycle and Network Coding in Wireless Sensor Networks," in *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 2013.