

## RANCANGAN ROUTING PROTOCOL DLD-LEACH (DUAL LEVEL DYNAMIC-LEACH) PADA WIRELESS SENSOR NETWORK

Reza Wardhana<sup>1)</sup>, Lukito Edi Nugroho<sup>2)</sup>, Widyawan<sup>3)</sup>

Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi  
Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No.02, Kampus UGM, Yogyakarta 55281

Email : reza\_s2te12@mail.ugm.ac.id<sup>1)</sup>, lukito@ugm.ac.id<sup>2)</sup>, widyawan@ugm.ac.id<sup>3)</sup>

### Abstract

*Dalam beberapa tahun terakhir penerapan Wireless Sensor Network (WSN) telah merambah berbagai bidang. Salah satu yang paling populer adalah penerapan WSN dalam komunitas node yang banyak. Dynamic Clustering pun menjadi salah satu pilihan yang favorit untuk menjembatani komunikasi data antar node atau dari node ke base station. Dan sistem cluster yang kami pilih adalah Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH). Dalam paper ini akan dijelaskan sebuah routing protocol baru yang diusulkan untuk menjembatani permasalahan borosnya routing protocol jaringan proactive pada WSN. Routing protocol ini nantinya akan berfokus pada penghematan energy dengan jangkauan jaringan yang luas. Dimana akan dibentuk database sederhana yang akan membuat penentuan Cluster Head akan menjadi lebih mudah dan tidak memakan waktu lama. Selain itu peneliti lebih memilih untuk membentuk cluster dengan luas jangkauan yang lebih kecil untuk mengurangi beban dari Cluster Head (CH), sehingga dalam area yang luas sangat dimungkinkan terbentuk lebih dari satu cluster. Masing-masing cluster tersebut memiliki node lain diluar cluster yang menumpang pada node terdekat yang merupakan anggota cluster (kami menyebutnya Node Tumpangan). Node yang menumpang pada node tumpangan itu tadi lah yang merupakan level kedua dari cluster.*

**Kata Kunci :** Routing Protocol, Dynamic Clustering, Moving Node, Wireless Sensor Network

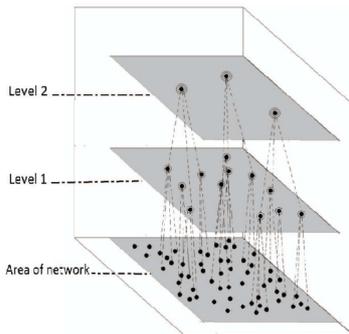
### 1. Pendahuluan

WSN (Wireless Sensor Network) memiliki banyak keunikan, salah satunya adalah fleksibilitas topologi yang menopang berjalannya komunikasi dalam suatu jaringan WSN. Pada umumnya sebuah perangkat WSN terdiri dari seperangkat sensor, microcontroller, memory, battery, dan communication device (wireless). Perangkat WSN juga bisa berfungsi langsung sebagai sink atau pemeroses data yang akan dikirim ke node pusat (base station), ataupun hanya sebagai perangkat sensor (penambang data)[1].

Kebutuhan yang tidak kalah penting selain perangkat utama penambang dan pemeroses data (sensor, memory, dan microprosesor) yaitu energy (battery). Efisiensi energy menjadi isu yang cukup hangat dibahas karena mengingat suatu node WSN adalah sebuah node kecil yang juga memiliki daya battery terbatas. Terbatasnya sumber daya energy yang dimiliki suatu perangkat WSN memunculkan banyak metode efisiensi energy dalam cara management komunikasi WSN. Salah satu yang banyak mendapat modifikasi yaitu routing protocol. Konsen utama dari routing protocol adalah memperoleh rute terbaik antar node atau node ke sink untuk berkomunikasi[2]. Dengan diperolehnya rute terbaik maka itu akan mampu memperingan beban transmisi.

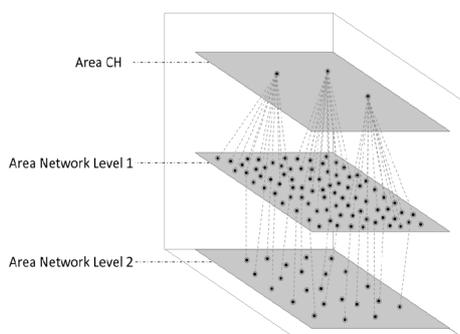
Clustering adalah jenis routing protocol yang memiliki konsen utama pada pengurangan beban transmisi dan efisiensi energy. Secara umum clustering terdiri dari Cluster Head (CH) sebagai ketua dari sebuah cluster yang mengatur komunikasi antar anggota dan menjadi perantara data dari anggota cluster ke sink node. Clustering pertama kali dikemukakan oleh Wendi Rabiner Heinzelman et al pada tahun 2000 yang mereka sebut LEACH[3]. Routing protocol ini dengan cepat bisa diterima dan mendapat banyak modifikasi dari peneliti lain. Seperti LEACH-F yang memodifikasi metode rotasi pada cluster head sehingga LEACH-F menjadi lebih dinamis dari segi pemilihan CH[4]. M Bani Yassein et al juga memodifikasi LEACH dengan memperkenalkan LEACH-V yang menambahkan wakil dari CH (VCH) untuk mengcover pekerjaan dari CH ketika CH mati[5]. Yang juga cukup berpengaruh adalah H-LEACH yang diperkenalkan oleh Wairigu G. Richard[6], modifikasi dilakukan dari jarak komunikasi antar node yang diperkecil untuk mengurangi beban transmisi dari luasnya jangkauan cluster, dan dari itu diperoleh cluster yang banyak dalam satu area dan kemudian ditunjuk MCH (Master Cluster Head) yang akan mengkordinir CH dari masing-masing cluster sebelum MCH mentransmisikan datanya ke base station. Pada tahun 2012 Meenakshi Sharma et al memperkenalkan routing protocol baru yaitu EEE-LEACH[7]. EEE-LEACH memiliki kemiripan dengan H-LEACH hanya saja EEE-LEACH memberikan banyak MCH pada sebuah jaringan, sehingga akses kepada base station tidak hanya dilakukan oleh satu MCH atau salah satu node.

Awal tahun 2014, Multi Level LEACH diperkenalkan oleh Ravi Kishore Kodali et al[8]. Metode yang ditawarkan hampir menyerupai EEE-LEACH hanya saja master cluster head dalam EEE-LEACH diperluas lagi sehingga terbentuk hingga sampai 4 level cluster yang dikordinasi oleh CH di setiap levelnya. Dan menurut Ravi Kishore Kodali et al semakin tinggi tingkatan level dari cluster maka semakin cocok dia untuk area yang lebih luas. Dalam simulasinya Kodalai sendiri menunjukan hirarcy kerja 2 level LEACH yang telah dia modifikasi, seperti yang terlihat di Gambar 1.



**Gambar 1.**Hirarcy 2L LEACH

Dalam penelitian ini kami mencoba memodifikasi sitem level pada beberapa LEACH versi terbaru untuk mendapatkan hasil yg lebih efisien dari sisi transmisi data dan energy. Kami coba membalik piramida pada area network dimana cluster utama berada pada level 1 yang kami sebut area network level 1, dan di area network level 2 terdapat node yang tidak membentuk cluster namun hanya menumpang pada anggota cluster di area network level 1 yang kami sebut node tumpangan. Modifikasi selanjutnya meliputi level 2 pada hirarcy 2 level dari LEACH, pada level ke 2 kami isi dengan CH dimana area ini kami sebut area cluster head. Kami membatasi setiap cluster hanya memiliki satu area tumpangan atau dengan kata lain area network hanya sampai pada level 2, hal ini karena dalam perhitungan kami dengan semakin dalamnya level pada area network akan semakin membebani transmisi data pada node tumpangan.



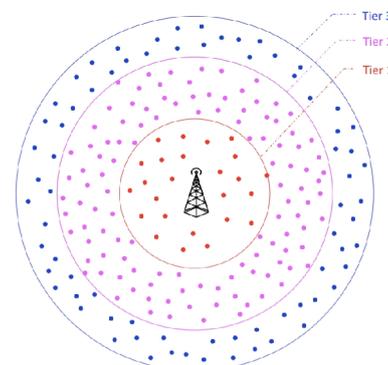
**Gambar 2.**Hirarcy New Routing Protocol

Isu Lain yang tidak kalah penting yaitu pemilihan Cluster Head (CH). Pemilihan CH yang terlalu berbelit

dan memakan waktu lama akan membuat node kehabisan banyak energy sebelum melakukan tugas utamanya yaitu sensing data dan mendistribusikannya. Junping et al[9] telah coba mengefisienkan proses pemilihan CH ini dengan memberikan batasan rentan waktu pemilihan CH. Dalam simulasi dengan 100 node di area 100x100m<sup>2</sup> Junping Hu menetapkan batasan 3-5 Cluster head dimana menurut Junping Hu ini adalah nilai optimal jika dibandingkan dengan LEACH yang kemungkinan akan membentuk lebih banyak CH dengan nilai acak yang telah diberikan pada fase putaran pertama.

Dalam penelitian ini kami tidak memberikan batasan rantan waktu, tetapi sejak awal kami membatasi node mana saja yang bisa menjadi CH dan mana yang tidak. Pembatasan tersebut kami lakukan dengan menentukan threshold yang harus node penuhi untuk bisa menjadi kandidat CH. Threshold ini meliputi jarak antara node ke BS, jarak node ke setiap node dalam cluster, ambang batas minimum energy, dan bukan merupakan CH pada fase sebelumnya. Dengan mengeliminasi node-node yang tidak memenuhi syarat menjadi CH sejak awal serta memberikan prioritas pada node-node yang paling mumpuni untuk menjadi CH, maka pemilihan CH akan lebih singkat dan memerlukan waktu lebih sedikit.

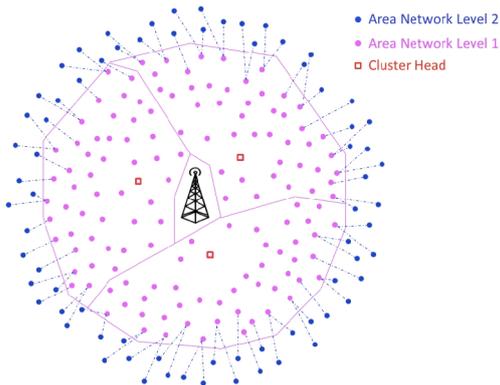
Pemilihan CH pada fase pertama dilakukan dengan memberikan peran besar pada Base Station (BS). Di fase pertama yang menjadi parameter hanya posisi dari CH. Pemilihan dimulai dengan BS yang melakukan broadcast message ke seluruh node yang terjangkau. Setelah node membalas message dari BS, BS akan memberikan penomoran yang akan menentukan tingkatan dari setiap node. Semakin jauh node tersebut dari BS, maka node tersebut akan masuk dalam tingkatan dengan nomer besar. Dan setelah setiap node mendapatkan nomer tingkatannya, setiap node akan melakukan multicast message ke seluruh node yang terjangkau untuk menginfokan posisi masing-masing node. Dengan cara ini node akan menentukan berapa cluster yang akan terbentuk, menunjuk CH, dan menentukan luas jangkauan cluster.



**Gambar 3.**Mekanisme pembagian tingkatan

Prioritas CH akan ditentukan mulai dari tingkatan pertama, setelah node di tingkatan pertama habis

barulah CH akan ditunjuk di tingkatan kedua. Sedangkan untuk tingkatan ketiga tidak akan terpilih menjadi CH karena jauhnya jarak dari BS ke node, sehingga tingkatan ketiga akan menjadi area network level 2 dimana tingkatan ini tidak membentuk cluster, dan area network 1 hanya akan mencakup tingkatan 1 dan tingkatan 2. Sedangkan untuk node tumpangan yang langsung berhubungan dengan area network level 2 juga tidak akan terpilih menjadi CH. Hal ini membuat eliminasi sejak awal menjadi lebih ketat dan mempersedikit kandidat CH yang akan bersaing di fase berikutnya.



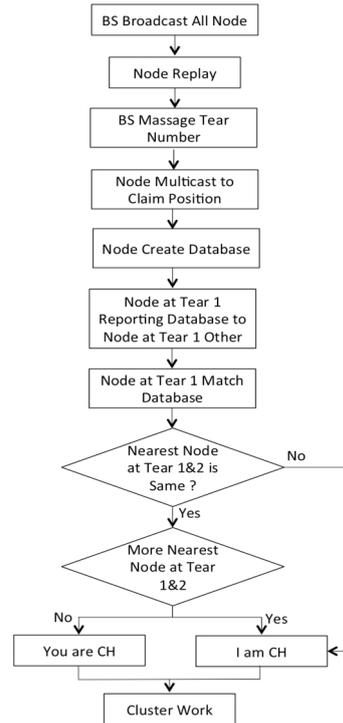
Gambar 4. Contoh Bentuk Cluster

Bentuk cluster pada setiap fase bisa saja berbeda semua tergantung dari letak CH. CH yang terpilih akan melakukan multicast kepada setiap node yang terdekat untuk menjadi anggota dari CH tersebut. Sedangkan untuk node di area network level 2, proses ini tidak akan berpengaruh pada posisi sebagai node ditingkatan ke-3 yang tidak akan menjadi anggota cluster, hanya saja node tumpangan bisa berubah tergantung dari posisi yang dirasa lebih optimal.

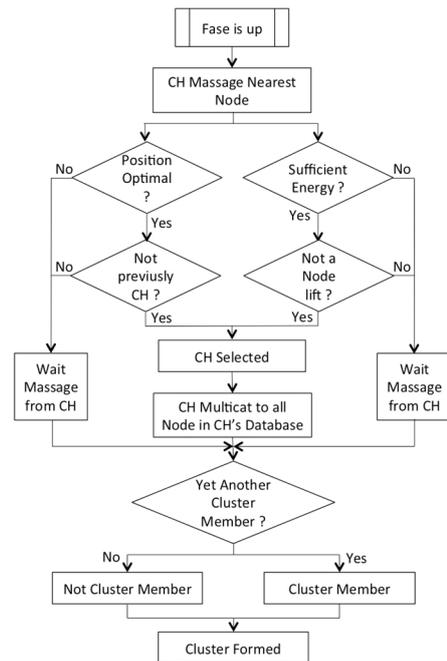
Pemilihan CH akan sedikit berbeda antara fase pertama dan fase-fase selanjutnya. Dimana pada fase pertama node tidak memiliki posisi dari masing-masing node atau CH sebelumnya sebagai patokan, sehingga proses akan sedikit memakan energy lebih untuk melakukan pembentukan database position dari masing-masing node. Sedangkan pada proses selanjutnya CH akan ditunjuk melalui database yang sudah ada dengan patokan terdekat dengan CH sebelumnya dan memenuhi beberapa parameter threshold yang ada. Dengan cara ini proses pemilihan CH dan pembentukan cluster pada fase-fase selanjutnya tidak akan banyak memakan energy dan bisa dilakukan dengan cepat.

No of Node	120	272	046	238	103	063	024	005	163	028	191	...
Tear	2	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	...
Position	0.23 <sub>ms</sub>	0.23 <sub>ms</sub>	0.24 <sub>ms</sub>	0.24 <sub>ms</sub>	0.24 <sub>ms</sub>	0.25 <sub>ms</sub>	0.26 <sub>ms</sub>	0.26 <sub>ms</sub>	0.26 <sub>ms</sub>	0.28 <sub>ms</sub>	0.28 <sub>ms</sub>	...

Gambar 5. Rancangan Database Node



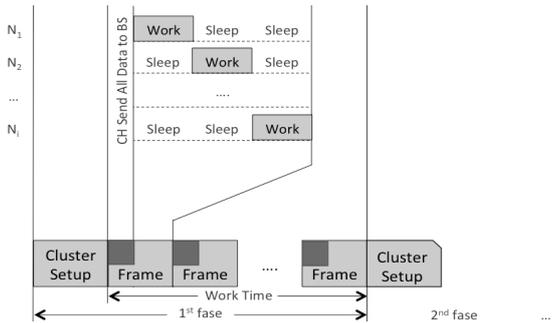
Gambar 6. Flow Chart Pembentukan Cluster Awal



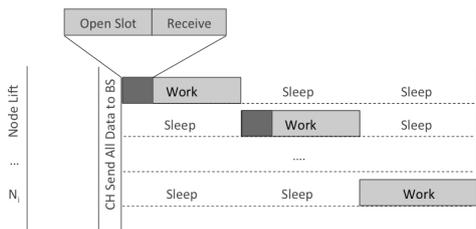
Gambar 7. Flow Chart Fase Ke-2 dan seterusnya

Penjadwalan (slip dan work) dari masing-masing fase sama seperti LEACH pada umumnya, tidak ada modifikasi pada bagian ini. Kami masih menggunakan TDMA sebagai metode penjadwalan pada routing protocol ini. Namun yang sedikit berbeda adalah pada frame work dari node tumpangan. Dimana ada satu fase tambahan yaitu fase open slot dan receive data dari node di tingkatan ke-3. Node yang memiliki kedekatan dengan node di tingkatan ke-3 akan secara otomatis

menjadi node tumpangan. Namun pembatasan node yang menumpang hanya sampai dua node.



Gambar 8. TDMA Schedule



Gambar 9. Frame Work untuk Node Tumpangan

2. Pembahasan

Pada bagian pertama kita sudah membahas berbagai modifikasi yang kita lakukan dalam routing protocol ini, pada bagian ini kita akan melihat bagaimana cara merealisasikan rancangan tadi kedalam sebuah algoritma yang nantinya akan menyusun routing protocol ini. Pertama kita akan melihat bagaimana sebuah Base Station menyusun sebuah database untuk membagi node-node tersebut menjadi tiga tingkatan. Pertama jumlah node pada tingkatan pertama tidaklah boleh lebih banyak dibanding tingkatan kedua, dan jumlah node pada tier kedua harus lebih banyak dari tingkatan ketiga. Yang pertama menjadi pertimbangan dari Base Station untuk membagi tingkatan yaitu jarak. Untuk menghitung jarak antara base station ke node, kami menggunakan metode Time of Arrival (ToA)[10], dimana dalam penelitian ini akan dihitung selisih waktu antara packet dikirim dan diterima akan menjadi acuan utama.

$$d_{i,j} = v(t_j - t_i) \tag{1}$$

dimana  $v$  adalah cepat transmisi data dimana ini bernilai konstan dan sama antara satu node dan node yang lain.  $t_j$  adalah waktu penerimaan packet dari node yang dimaksud sedangkan  $t_i$  adalah waktu pengiriman packet dari base station.

Setelah  $d_{i,j}$  diketahui, nilai  $d$  akan dimasukkan ke dalam table yang diketahui sebagai jarak atau posisi dari  $N_i$ . Dalam penelitian yang perlu diketahui hanya jarak dari basestation ke  $N_i$ , karena dalam simulasi ini kami menganalogikan bahwa bs berada di tengah jaringan.

Dan setelah itu diketahui barulah BS memasukan itu ke dalam database dari bs dan disusun berdasarkan persamaan jarak atau posisi antara node satu dan node yang lain atau dengan kata lain disusun berdasarkan class.

Class(ms)	f
0.250 – 0.259	9
0.260 – 0.269	8
0.270 – 0.279	13
0.280 – 0.289	6
0.290 – 0.299	27
0.300 – 0.309	30
...	...

Gambar 10. Rancangan Database BS

Dengan diperoleh data seperti ini akan bisa dilihat berapa jumlah node pada range terbawah atau range tertinggi, dan mengacu pada aturan pertama bahwa:

$$L_1 \leq L_2 > L_3,$$

dan,

$$TfL_3 \leq 2fKrL_2 \tag{2},$$

dimana  $L_1$  adalah tingkatan pertama sedangkan  $L_2$  dan  $L_3$  tingkatan kedua dan ketiga. Sedangkan  $TfL_3$  adalah total frekuensi pada tingkatan ketiga, yang nilainya akan lebih kecil atau sama dengan  $2fKrL_2$  yaitu total jumlah 2 frekuensi pada class terendah dari tingkat kedua.

Dari hasil diatas akan diperoleh class-class yang masuk ke tingkatan 1,2, dan 3. Setelah tingkatan dibroadcast ke masing-masing node, barulah node akan melakukan multicast message seperti yang dijelaskan di bagian pertama. Untuk mengukur jarak antara node, setiap node juga menggunakan ToA. Selisih waktu pengiriman packet message antar node itu nantinya yang akan digunakan untuk membentuk database node seperti yang ditunjukkan oleh gambar 5.

Dalam Pemilihan CH node pada tingkatan 1 akan mendapatkan prioritas. Setelah semua node pada tingkatan pertama mendapat giliran barulah node di tingkatan kedua yang akan menjadi CH. Semua dipilih berdasarkan susunan table database yang dimiliki setiap node, dengan mengikuti langkah-langkah dan memenuhi persyaratan yang ditunjukkan oleh gambar 7 dan 8.

Seperti yang telah disebutkan di bagian pertama, setiap cluster bisa memiliki bentuk dan anggota yang berbeda dengan anggota cluster yang berbeda pula. Untuk itu penghematan daya akan kami lakukan pada CH dengan melakukan pematasan control signal yang akan digunakan untuk berhubungan dengan base station ataupun dengan node lain. Pembatasan kuat pancar signal ini akan menggunakan database yang telah dimiliki oleh setiap node termasuk CH. Karena cluster

hanya akan dibentuk melibatkan tingkatan pertama dan kedua, maka nilai yang akan dipakai adalah node dengan jarak terjauh yang memiliki label tingkatan 1 atau 2.

$$SCH_{L1} = R_t L_2$$

atau,

$$SCH_{L2} = R_t L_1 + (R_{bs} - R_t L_1) \quad (3)$$

dimana  $SCH_{L1}$  adalah kuat signal yang harus dikeluarkan oleh CH pada tingkatan 1 dimana nilainya sama dengan  $R_t L_2$ , yaitu jarak terjauh pada tingkatan ke-2. Sedangkan  $SCH_{L2}$  adalah kuat signal CH pada tingkatan 2, dimana nilainya akan sama dengan jarak terjauh dari CH di tingkatan ke-2 ditambah selisih jarak antara node terjauh di tingkatan 1 dengan BS.

Dengan demikian setiap cluster yang terbentuk akan memiliki signal yang berbeda tergantung dari node yang terjauh dari CH yang merupakan anggota cluster. Sedangkan untuk setiap anggota cluster, kekuatan signal akan menyesuaikan dengan letak CH, atau untuk node tumpangan akan menyesuaikan dengan node yang menumpang jika CH lebih dekat dibanding node yang menumpang pada tingkatan ketiga. Fase akan terus berjalan sampai seluruh anggota cluster yang memiliki syarat menjadi CH habis atau semua node sudah tidak aktif. Jika hal itu terjadi maka pembentukan periode berikutnya akan diserahkan kepada base station.

### 3. Kesimpulan

Routing protocol ini kami bentuk dengan banyak pertimbangan akan routing protocol yang ada pada jaringan *proactive* WSN. Dengan adanya database sederhana yang dibentuk, akan mempermudah proses pemilihan cluster head dan pengaturan kuat signal yang dipancarkan oleh sebuah node. Dan tentunya tujuan akhirnya adalah penghematan energy perangkat WSN tersebut. Routing protocol ini memiliki batasan yang tentunya tidak bisa diterapkan pada segala kondisi geologikal. Sebagai catatan kami mengajukan topologi yang menempatkan base station pada tangan jaringan, selain itu topologi ini menganalogikan bahwa semua sensor berada pada dataran yang rata, dengan kata lain kami tidak memperhitungkan adanya halangan seperti gunung, tembok, atau pohon yang bisa membelokan atau menjadi penghalang bagi signal yang dikirimkan. Selain itu Routing protocol ini juga dirancang untuk node yang diam, atau dengan kata lain routing protocol ini belum bisa digunakan untuk node bergerak. Perlu penelitian lebih lanjut untuk membuat routing protocol dengan tipical clustering ini menjadi routing protocol yang mendukung sensor yang bergerak secara mobile.

Kekurangan pada routing protocol ini adalah adanya pemborosan signal yang dipancarkan oleh CH di tear atau tingkatan pertama untuk menjangkau node terjauh di tingkatan kedua. Signal yang dikeluarkan akan bersifat radius atau berbentuk lingkaran dimana

sebagian nya tidak terpakai atau tidak menjangkau node apapun. Namun dalam kami bisa menyimpulkan ini masih lebih baik dibanding tidak memberikan batasan kuat signal sama sekali. Hal ini bisa menjadi pengembangan baru untuk peneliti selanjutnya yang ingin meneruskan penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- [1] Aholger Karl, Andreas Willig, "Protocol and Architectures for Wireless Sensor Network," WILEY, 2005.
- [2] Z.G Wan, Y.K Tan, C. Yuen, "Review on Energy Harvesting and Energy Management for Sustainable Wireless Sensor Networks," IEEE, 2011.
- [3] WR Heinzelman, Anantha Chandrakasan, Hari Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," IEEE, 2000.
- [4] Wendi Beth Heinzelman et al, "Application-Specific Protocol Architectures for Wireless Network," Department of Electrical Engineering and Computer Science, Massachusetts Institute of Technology, 2000.
- [5] M. BaniYassein, A. Al-zou'bi, Y. Khamayseh, W. Mardini, "Improvement on LEACH Protocol of Wireless Sensor Network (VLEACH)," International Journal of Digital Content Technology and its Applications, 2009.
- [6] Wairagu G. Richard, "Extending LEACH routing algorithm for Wireless Sensor Network," Data Communications Engineering, Makerere University, 2009.
- [7] Meenakshi sharma, Kalpana Sharma, "An Energy Efficient Extended LEACH (EEE LEACH)," International Conference on Communication Systems and Network Technologies, 2012.
- [8] Ravi Kishore Kodali, Naveen Kumar Aravapalli, "Multi-Level LEACH Protocol Model Using NS-3," IEEE, 2014.
- [9] H. Jumping, J.Yuhui, D.Liang, "A time-based cluster-head selection algorithm for LEACH," EEE Symposium on Computers and Communications, 2008.
- [10] Budi Prasetya et al, "Penentuan Posisi Pada Sistem Komunikasi Seluler dengan Metoda Time of Arrival (ToA) dan Time Difference of Arrival (TDOA)," Seminar Nasional Informatika UPN, 2008.

### Biodata Penulis

**Reza Wardhana**, memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom), Jurusan Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta, lulus pada 2012. Saat ini sedang melanjutkan studi strata 2 untuk memperoleh gelar Master of Engenering (M.Eng), Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

**Lukito Edi Nugroho**, memperoleh gelar Sarjana Teknik (Ir), Jurusan Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada, lulus pada 1986. Memperoleh gelar Master of Computer Science (M.Sc), James Cook University of North Queensland, Australia, lulus pada 1994. Dan memperoleh gerlar Doctor (Ph.D) dari Monash University Australia pada tahun 2002. Saat ini menjadi dosen di Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi serta menduduki jabatan sebagai Wakil Dekan Bidang Penelitian, Pengabdian Kepada Masyarakat dan Kerjasama Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

**Widyawan**, memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST), Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada, lulus pada 1999. Memperoleh

gelar Master of Medical Informatics (M.Sc), Erasmus University Belanda, lulus pada 2003. Dan memperoleh gelar Doctor of Electronic Engenering (Ph.D) dari Cork Institute of Technology pada tahun 2009. Saat ini menjadi dosen di Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi serta menduduki jabatan sebagai Kepala Pusat Sistem dan Sumber Daya Informasi Universitas Gadjah mada.