

ANALISIS DAN IMPLEMENTASI ALGORITMA ROUTING BERBASIS *CLUSTER* PADA *WIRELESS BODY AREA NETWORK* (WBAN) UNTUK PEMANTAUAN KESEHATAN

ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF CLUSTER-BASED ROUTING ALGORITHM ON WIRELESS BODY AREA NETWORK (WBAN) FOR HEALTHCARE MONITORING

Muhammad Eko Wahyudi¹ Dr. Ida Wahidah, S.T., M.T.² Ratna Mayasari, S.T., M.T.³
^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹muhammadekowahyudi@gmail.com, ²idawahidah@telkomuniversity.co.id,
³ratnamayasari@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Wireless Body Area Network (WBAN) merupakan jaringan nirkabel dengan penggunaan sensor untuk tubuh manusia. WBAN dapat diterapkan untuk pemantauan kesehatan. Berbeda dengan *Wireless Sensor Network* (WSN) yang memiliki penggunaan lebih luas. WBAN masih berkembang dan memiliki masalah pada efisiensi energi dengan tetap memperhatikan performansinya. Sehingga, diperlukan algoritma routing yang dapat meminimalisir masalah tersebut. *Cluster based routing* sudah diuji pada WSN, yang populer adalah *Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy* (LEACH), sementara pada WBAN, routing Anybody sudah pernah diimplementasikan. Pemilihan *Cluster Head* (CH) pada Anybody dilakukan berdasarkan kepadatan tiap node, sementara pada LEACH, CH dipilih secara acak dan bergantian setiap round. Dengan perbedaan tersebut, maka Anybody dan LEACH adalah algoritma routing berbasis *cluster* yang akan digunakan pada penelitian ini. Dari hasil simulasi WBAN menggunakan Castalia OMNeT++, routing Anybody dan LEACH dapat diimplementasikan, dengan jumlah hop tidak lebih dari 2 hop. *Routing overhead* Anybody lebih kecil dibanding LEACH. *Packet Delivery Ratio* (PDR) Anybody lebih besar 14% dibandingkan LEACH. Sehingga *throughput* dan *packet loss* juga lebih baik. Namun, LEACH lebih efisien hampir 55% dalam konsumsi energi dan *network lifetime* 55% lebih lama. Jadi, untuk mementingkan kehandalan pengiriman dapat menggunakan routing Anybody. Apabila mementingkan masalah efisiensi energi, dapat menggunakan routing LEACH.

Kata kunci : WBAN, *Cluster based routing protocol*, Anybody, LEACH

Abstract

Wireless Body Area Network (WBAN) is a wireless network with the use sensors for the human body. WBAN can be applied to healthcare monitoring. Unlike the *Wireless Sensor Network* (WSN) which has wider usage. WBAN is still developing and has problems with energy efficiency while still calculating performance. Routing algorithm is needed that can minimize the problem. *Cluster-based routing* has been tested on WSN, which popular is *Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy* (LEACH), while in WBAN, Anybody routing has been implemented. Selection of *Cluster-Head* (CH) Anybody is based on density of node, while in LEACH, CH is chosen randomly and alternately each round. With these differences, Anybody and LEACH is cluster-based routing algorithm will use in this project. From the WBAN simulation results using Castalia OMNeT++, Anybody and LEACH routing can be implemented, with no more than 2 hops. Anybody routing overhead is smaller than LEACH. *Packet Delivery Ratio* (PDR) Anybody 14% greater than LEACH. So that *throughput* and *packet loss* are also better. However, LEACH is 55% more efficient in energy consumption and *network lifetime* is 55% longer. So, to prioritize reliability of delivery data can use routing Anybody. If concerned with energy efficiency issues, can use LEACH routing.

Keywords: WBAN, *Cluster based routing protocol*, Anybody, LEACH

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi telekomunikasi dan informasi berkembang pesat pada saat ini, salah satunya dibidang kesehatan. Sistem perawatan kesehatan yang lebih terjangkau dan proaktif adalah melalui sistem pemantauan yang mampu mendeteksi secara dini kondisi pada tubuh. Hal ini dapat dicapai dengan jaringan yang terdiri dari sensor dan aktuator cerdas, berdaya rendah, yang dapat ditempatkan pada tubuh, atau ditanamkan di tubuh manusia, jaringan ini disebut *Wireless Body Area Network* (WBAN) [1]. WBAN sedang berkembang dengan standar IEEE 802.15.6. Saat ini simulator yang secara terbuka untuk digunakan sebagai penelitian yaitu

Castalia pada platform OMNeT++. Castalia dikembangkan oleh National ICT Australia sejak tahun 2007, pembaruan terakhir pada 2013 [2].

WBAN mirip dengan jaringan Adhoc dan *Wireless Sensor Network* (WSN), salah satunya dalam hal routing. Namun, WBAN memiliki kendala khususnya pada masalah efisiensi energi. Sehingga, algoritma routing yang telah banyak dirancang untuk jaringan Adhoc dan WSN perlu diuji kembali jika ingin diimplementasikan pada WBAN. WBAN membutuhkan routing yang dapat mengatasi kebutuhan daya dengan tetap memperhitungkan performansinya. Protokol routing pada WBAN yang saat ini sedang dikembangkan yaitu protokol routing berbasis *Temperature, Cluster, Cost Effective, QoS* dan *Cross Layer* [1].

Cluster based routing telah terbukti cocok untuk meminimalkan konsumsi energi dan memaksimalkan masa hidup jaringan [3]. Namun, saat ini masih berkembang untuk diimplementasikan pada WBAN, sehingga diperlukan penelitian yang mendukung. *Cluster based routing* pada WBAN yang sudah digunakan yaitu Anybody. *Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy* (LEACH) merupakan *cluster based routing* yang digunakan pada WSN [5]. LEACH masih banyak digunakan dan dikembangkan sampai saat ini walaupun banyak protokol lainnya. Oleh karena itu, protokol routing Anybody dan LEACH akan digunakan sebagai bahan penelitian. Penelitian menggunakan simulator Castalia pada platform OMNeT++. Castalia sudah dirancang untuk pemodelan pemantauan kesehatan, Sensor node homogen dan diasumsikan dalam keadaan diam saat digunakan, sehingga posisi node statis dan penempatannya acak.

Diharapkan penelitian ini menghasilkan simulasi WBAN untuk pengambilan data yang akan dianalisis menggunakan Castalia yang telah diimplementasi *cluster based routing* Anybody dan LEACH. Memberikan informasi perbandingan antara *cluster based routing* Anybody dan LEACH dari hasil simulasi dan analisis.

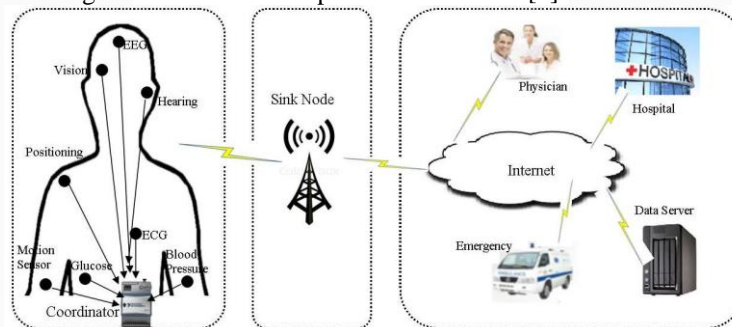
2. Dasar Teori

2.1 Wireless Body Area Network (WBAN)

WBAN merupakan jaringan yang terdiri dari sensor cerdas, berdaya rendah, mikro dan nano-teknologi, yang dapat ditempatkan pada tubuh, atau ditanamkan di tubuh manusia [1]. Standarisasi paling terbaru dari WBAN adalah IEEE 802.15.6 sebagai pengembangan dari WPAN (IEEE 802.15.4 dan ZigBee). Tujuannya adalah untuk menyediakan standar internasional untuk jarak pendek, berdaya rendah, dan komunikasi nirkabel yang sangat handal untuk digunakan di dekat atau di dalam tubuh manusia. Berdasarkan penempatannya WBAN dibagi menjadi dua yaitu, *wearable* dan *implanted*. Berdasarkan fungsinya WBAN dapat digunakan untuk *medical* maupun untuk *non-medical*. Pada penelitian ini, WBAN diasumsikan bertipe *wearable* dan *medical*. Sehingga sensor node berada diluar tubuh dan diaplikasikan untuk *healthcare monitoring*.

2.2 Healthcare Monitoring

Persyaratan dasar perangkat (*wearable device*) yang dapat dipakai adalah perangkat yang membutuhkan daya rendah, ringan, dan aman bagi pemakainya [7]. Hal ini sesuai dengan persyaratan perangkat WBAN. Oleh karena itu, *healthcare monitoring* adalah salah satu implementasi WBAN [1].



Gambar 1. Arsitektur WBAN untuk *Healthcare monitoring*.

Sensor node mengumpulkan data dari tubuh manusia kemudian dikumpulkan oleh kordinator dan diteruskan ke sink node. Terkadang dalam jaringan nirkabel hanya ada sink node yang mengumpulkan data dari sensor node. Sink node nantinya akan terhubung dengan internet sehingga dapat diakses oleh pihak yang terkait. Dimensi WBAN untuk *healthcare monitoring* biasanya seluas 2 meter [1], pada Castalia maksimal seluas 30 meter [2]. Untuk menyesuaikannya, pada TA ini luasnya 10 meter.

Setiap sensor yang biasa digunakan dalam pemantauan kesehatan memiliki data rate yang penting diketahui. Data rate sensor pada WBAN tergolong rendah [9]. Contoh data rate sensor suhu 24 bps, *blood pressure* 1,9 kbps, elektrokardiogram (EKG) 6 kbps, dan fotoplektismograf (PPG) 1 kbps. Jika pada Castalia menggunakan sensor suhu, maka besar data rate adalah 24 bps. Namun pada Castalia secara *default* pengambilan sampel sensor nodenya 10 kali [2]. Sehingga bisa diasumsikan ukuran datanya bertambah menjadi 240 bps.

2.3 Cluster-Based Routing

Algoritma routing berbasis *cluster* membagi node-node pada WBAN ke dalam kelompok yang berbeda dan menetapkan *cluster head* (CH) untuk setiap cluster. Komunikasi member node dan sink node dapat melalui CH. Fungsi CH yaitu mengumpulkan dan meneruskan data dari member node ke sink node. Tujuannya untuk

mengurangi transmisi langsung dari sensor ke sink node [1]. Namun, *overhead* dan *delay* yang besar terhadap pemilihan CH adalah kelemahan utamanya. protokol routing Anybody merupakan protokol routing yang sudah digunakan pada WBAN [4]. Sementara pada WSN, *Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy* (LEACH) merupakan protokol routing yang populer digunakan untuk WSN.

2.3.1 Anybody

Anybody merupakan protokol routing berbasis *cluster*. CH dipilih secara acak berdasarkan level kepadatan node. Apabila jumlah node sedikit dan terletak dekat mengelilingi sink node, bisa terjadi kemungkinan semua nodenya akan menjadi CH karena kepadatannya sama.

Prosedur perutean di Anybody dibagi menjadi beberapa tahap Routing Anybody diawali dengan proses *neighbor discovery*. *Neighbor discovery* merupakan tahap setiap node untuk mengirim informasinya (*broadcast message*) agar dapat diketahui oleh node lain. Pada implementasi di Castalia, *neighbor discovery* dilakukan oleh sink node. *Density calculation* merupakan tahap untuk menghitung kepadatan tiap node terhadap tetangganya, node dengan level kepadatan tertinggi akan dijadikan CH. *Contacting CH* merupakan tahap dimana setiap *cluster* terdekat dengan CH akan membangun jalur dan membentuk *cluster*. Pada implementasi di Castalia proses tersebut digabung menjadi *Cluster set-up*. Perhitungan level kepadatan sebagai berikut:

$$\text{density level} = \text{current level} + \text{received broadcast message from other nodes} \quad (1)$$

Current level adalah level saat ini yang akan selalu +1 jika menerima broadcast message sampai proses setup selesai. *Received broadcast message* : pesan *broadcast* yang berhasil diterima dari sink node dan node lain pada tahap awal sebelum adanya CH terpilih.

2.3.2 Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH)

LEACH merupakan *cluster based routing* yang populer digunakan pada WSN. Pada LEACH, sensor node di jaringan akan dibagi ke dalam *cluster* dengan salah satu dari sensor di tiap cluster menjadi CH. Pemilihan CH bersifat acak. Node akan menjadi CH jika nilai random yang dibangkitkan padanya lebih kecil dari T_n [4].

$$T_n(t) = \begin{cases} \frac{k}{N - k \bmod \left(r, \frac{N}{k} \right)}, & G(t) = 0 \\ 0, & G(t) = 1 \end{cases} \quad (2)$$

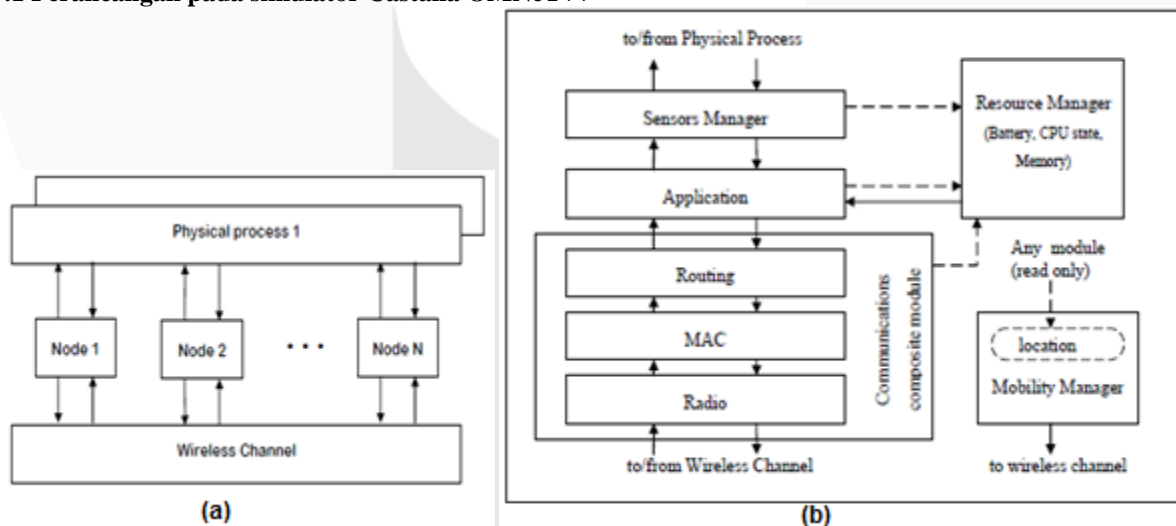
Node yang memiliki nilai random kecil dari T_n hanya akan terpilih menjadi CH. Jika belum menjadi CH pada koneksi (*round*) pengiriman sebelumnya (r) atau yang memiliki nilai $G=0$. Dengan demikian setiap node akan menjadi CH sekali setiap N/k babak. Dengan N adalah banyak node dalam jaringan dan k adalah jumlah *cluster*. Jika probabilitas pembentukan *cluster* adalah p , maka k dapat dicari dengan perkalian p dengan N .

2.4 Castalia

Castalia adalah simulator untuk WSN, WBAN, dan jaringan dengan perangkat berdaya rendah. Castalia dapat dijalankan dengan OMNeT++ berbasis bahasa pemrograman C++ [11]. Castalia merupakan simulator yang bersifat *open simulator* yang dikembangkan oleh *National ICT Australia* (NICTA), pembaruan terakhir pada tahun 2013 [2]. Castalia dapat digunakan untuk mengimplementasikan algoritma/protokol yang kita inginkan. Hanya dengan menempatkannya di modul yang sesuai, tanpa harus membangun secara keseluruhan. Diperlukan simulator tingkat jaringan yang realistis dan handal untuk WBAN. NICTA memiliki proyek besar di WBAN, yang mempengaruhi perkembangan Castalia. Oleh karenanya, menjadikan Castalia sebagai simulator WBAN yang paling realistis, dengan memodelkan variasi temporal.

3. Perancangan

3.1 Perancangan pada simulator Castalia OMNeT++

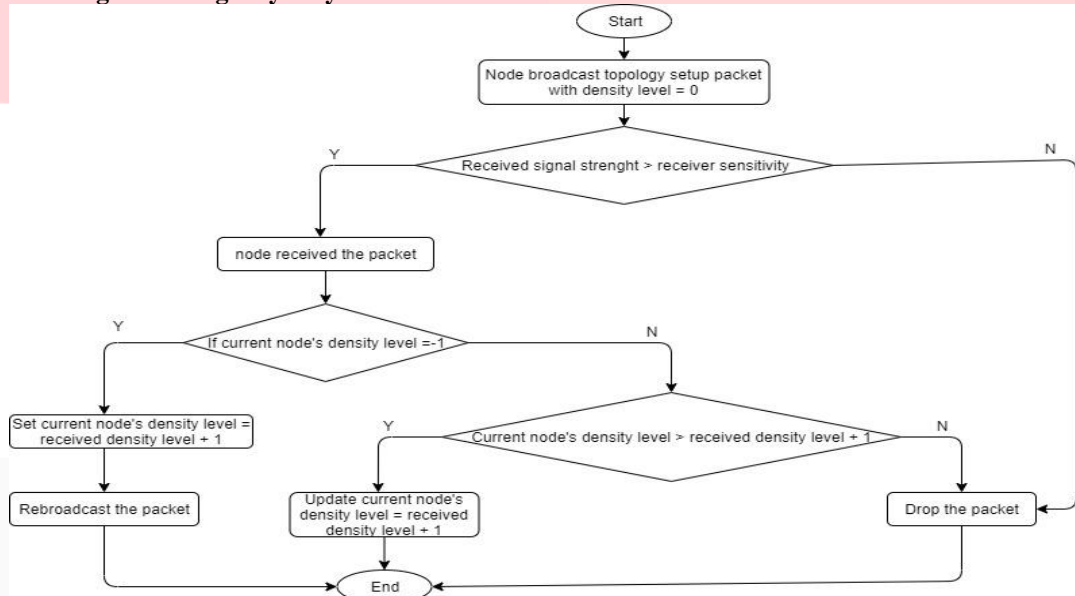


Gambar 2. Blok sistem/modul Castalia.

Gambar 2(a), menunjukkan modul dan koneksi pada Castalia [2]. Dapat dilihat bahwa setiap node tidak terhubung satu sama lain tetapi terhubung melalui *Wireless Channel*. Tanda panah menunjukkan pesan yang dilewatkan dari satu modul ke modul lainnya. Ketika sebuah node memiliki paket untuk dikirim maka *Wireless Channel* yang akan memutuskan node mana yang akan menerima paket tersebut.

Gambar 2(b), menunjukkan struktur internal dari gabungan modul node [2]. Tanda panah menunjukkan pesan yang dilewatkan dan tanda panah putus-putus menunjukkan fungsi pemanggilan sederhana. Misalnya sebagian besar modul melakukan fungsi panggilan kepada *resource manager* yang menyatakan bahwa energi telah digunakan. Pembuatan routing akan dilakukan di modul routing Castalia. Sementara untuk modul lainnya akan menggunakan yang sudah ada di dalam Castalia.

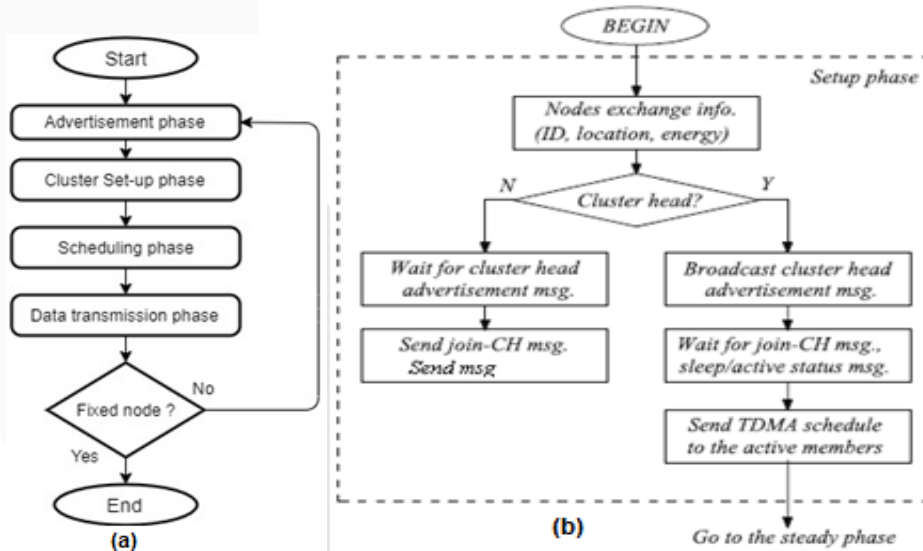
3.2 Perancangan routing Anybody



Gambar 3. Flowchart implementasi routing Anybody.

Pada *Cluster set-up* akan memperoleh level kepadatan terendah tiap node untuk memilih CH. Proses diawali dari sink node yang melakukan *broadcast packet* dengan *density level = 0*. Untuk seluruh sensor node awalnya memiliki *density level = -1*. *Broadcast packet* diterima oleh node apabila sinyal yang diterima lebih besar dari sensitifitas penerima. Jika node saat ini memiliki *density level = -1*, maka *density level* node saat ini akan bertambah, *received density level + 1*. Setelah itu, node akan kembali melakukan *broadcast packet* untuk dapat diketahui node tetangganya. Jika node saat ini nilai *density level ≠ -1*, maka *density level* node saat ini dibandingkan dengan nilai *received density level + 1*. Jika lebih besar maka node saat ini *density level* akan ditambah kembali. Jika tidak, maka paket tidak dapat diterima dan *density level* node saat ini tidak bertambah.

3.3 Perancangan routing LEACH



Gambar 4. Flowchart LEACH (a) keseluruhan, (b) cluster setup.

Pada tahap routing LEACH, diawali dengan *advertisement phase*, dimana dilakukan pemilihan CH, sesuai perhitungan pada rumus (2) [10]. *Cluster set-up phase* merupakan tahap untuk pembentukan *cluster*, setiap node

akan memilih CH. Setiap node akan menjadi CH apabila menerima *cluster head advertisement message*. Node yang sudah menjadi CH akan melakukan *broadcast cluster head advertisement message*. CH akan menunggu *join message* dari node yang menjadi anggotanya, sehingga terbentuknya *cluster*. Jika proses *cluster set-up* selesai maka akan dilanjutkan ke *Scheduling phase*. Proses *scheduling phase* merupakan tahap penjadwalan setiap node sebelum masuk ke *data transmission phase* yang disebut juga dengan *steady phase*. *Steady phase* merupakan proses pengiriman data dari node CH sampai ke tujuan dalam jaringan. Jika seluruh node sudah tidak aktif dan adanya perubahan jumlah node, maka akan dilakukan proses dari awal kembali.

3.4 Perancangan Topologi Jaringan dan Skenario Simulasi

Pada TA ini menggunakan sebuah laptop dengan sistem operasi Windows 8.1. Ukuran memori Hardisk 500 Gb dan RAM 6 Gb. Software untuk simulasi yang digunakan yaitu Castalia versi 3.3 dan OMNeT++ 4.6.

Perancangan topologi jaringan yang dibangun akan menyesuaikan dengan simulator yang digunakan yaitu Castalia. Ruang lingkup jaringan diibaratkan di dalam ruangan tanpa halangan (*free space loss*) dengan sensor node pemantauan kesehatan (sensor suhu). Penempatan sensor berada di bagian luar tubuh manusia dengan kondisi statis Persebaran node acak menggunakan distribusi *uniform*. Setelah simulasi topologi jaringan dibangun, maka protokol routing *cluster based* Anybody dan LEACH akan diimplementasikan. Parameter sensor menggunakan *default* dari Castalia [2] dan *datasheet* dari perangkat CC2420 radio [11]. Parameter yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi topologi jaringan dan parameter simulasi.

Parameter	Nilai
Luas	10x10 meter
Letak <i>base station</i> (<i>sink node</i>)	<i>center</i>
Persebaran node	Acak
Variasi jumlah sensor node	5, 10, 15, 20, 25, dan 30
Energi awal sensor node	25 J
Energi <i>sink node</i>	Baterai AA (18720 J)
Durasi	120 detik (s)
<i>Data payload</i>	1024 bit
<i>Packet rate</i>	0,2 paket/detik
Mobilitas node	statis
Radio	CC2420
Tx Output	-15 dbm (32,67 mW)
Sensitivitas	-95 dbm
Frekuensi	2,4 GHz
MAC	Tunable MAC (CSMA)
Skenario 1	Routing Anybody <i>Control packet</i> 25 byte <i>Topology setup timeout</i> 0,1 s
Skenario 2	Routing LEACH <i>Control packet</i> 27 byte <i>TDMA packet</i> 150 byte Probabilitas CH 0,15 Panjang <i>round</i> 20 s

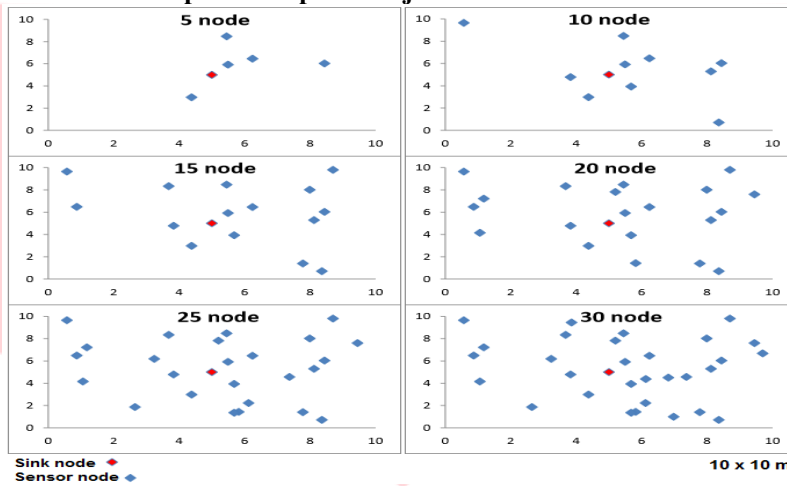
Pengujian simulasi akan dilakukan untuk mendapatkan data yang akan dianalisis. Apabila tidak adanya keluaran simulasi, maka terjadi kesalahan dan tidak dapat divalidasi. Sehingga perlu diatur simulasi sampai menghasilkan keluaran. Data keluaran simulasi Castalia, akan muncul setelah simulasi berhasil dijalankan. Castalia maupun OMNeT++ secara otomatis dapat menghasilkan file keluaran simulasi (file berekstensi .txt) [2].

3.5 Parameter Unjuk Kerja

Parameter yang digunakan yaitu QoS, PDR, konsumsi energi, *network lifetime*, *routing overhead* dan jumlah hop. Dari hasil setiap parameter unjuk kerja, dapat menilai routing mana yang lebih baik antara cluster based routing Anybody dan LEACH. Parameter QoS yang biasa digunakan untuk analisis yaitu *delay*, *packet loss*, dan *throughput* [12]. *Packet delivery ratio* (PDR) adalah rasio antara banyaknya paket yang diterima oleh tujuan dengan banyaknya paket yang dikirim oleh sumber [13]. Konsumsi energi untuk mengetahui seberapa banyak energi yang dipakai. Konsumsi energi yang dihitung adalah total konsumsi energi dan konsumsi energi rata – rata. Satuan energi adalah joule (J). *Network lifetime* adalah perkiraan masa hidup jaringan berdasarkan energi yang digunakan [12]. *Estimated Network lifetime* merupakan nilai yang dapat dikeluarkan dari hasil simulasi Castalia. *Routing Overhead* adalah rasio antara jumlah ukuran/volume paket routing dengan jumlah ukuran/volume paket data dalam jaringan [13]. Jumlah hop adalah jumlah node yang dilewati saat pengiriman dari dari node pengirim ke sink node. Jumlah hop pada WBAN, direkomendasikan maksimal 2 hop [1].

4. Hasil dan Analisis

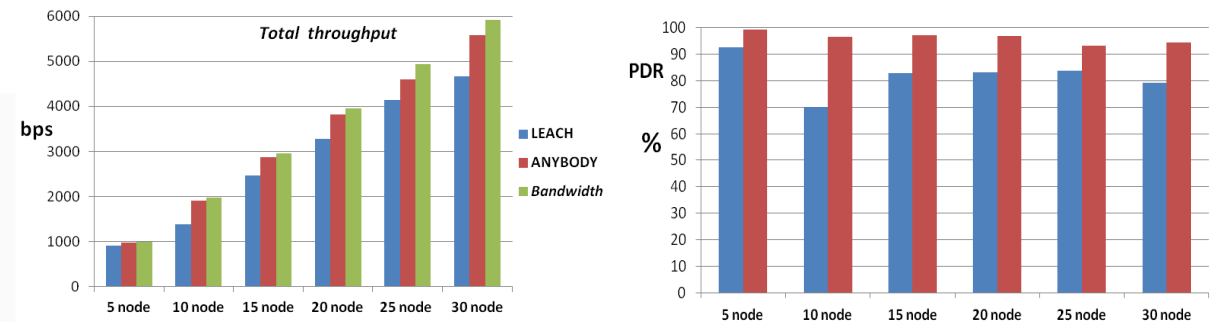
4.1 Hasil penyebaran sensor node pada setiap variasi jumlah node



Gambar 5. Hasil persebaran node pada setiap variasi jumlah node.

Lokasi sink node di tengah sebagai pusat WBAN. Persebaran node menggunakan distribusi *uniform*. Setiap penambahan jumlah node, node yang sebelumnya akan menempati posisi yang sama.

4.2 Analisis QoS (*throughput*) dan *Packet Delivery Ratio* (PDR)



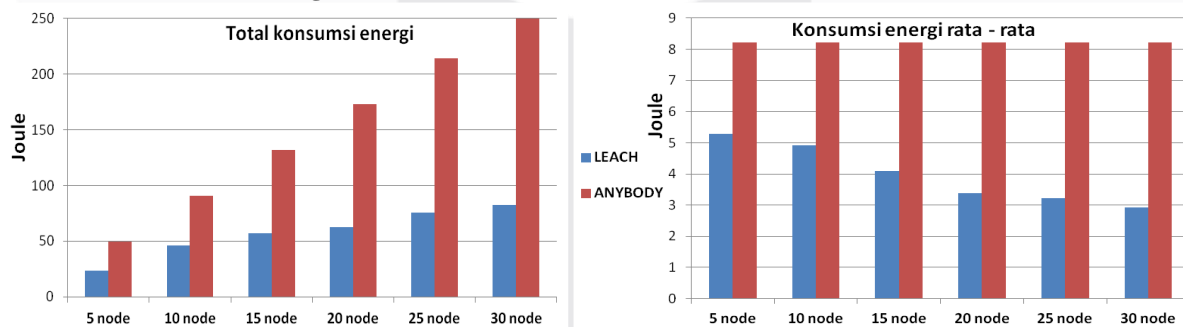
Gambar 6. Hasil *total throughput* dan *packet delivery ratio* (PDR).

Seluruh skenario tidak ada yang benar – benar bisa mencapai *bandwidth*. Tentu saja hal ini dikarenakan seluruh skenario yang dijalankan memiliki *packet loss*. Skenario routing Anybody lebih baik dibandingkan dengan routing LEACH karena *throughput* selalu lebih tinggi. Rata – rata *throughput* LEACH 2,8 Kbps dan Anybody 3,3 Kbps. Pengaruh jumlah node apabila semakin banyak, maka *throughput* juga semakin tinggi.

Untuk skenario routing Anybody mendapatkan nilai PDR diatas 90%. Idealnya semakin banyak jumlah node, PDR semakin kecil. Namun, terlihat dalam grafik nilainya fluktuatif. Hal ini dikarenakan adanya proses didalam *wireless channel*. Routing Anybody menghasilkan banyak CH dibanding LEACH. Hal ini menyebabkan paket saat jumlah node banyak justru dapat memudahkan pengiriman.

Untuk skenario routing LEACH mendapatkan nilai PDR diatas 90% pada skenario 5 node (rata – rata 82%). Nilai terendah pada skenario 10 node yaitu 70%. Hal ini dikarenakan beberapa titik node (perhatikan gambar 5), posisinya berada jauh dari sink node. Hal ini kemungkinan terjadi karena *delay* yang lama, sehingga kondisi penerima (CH) sudah berada pada kondisi *sleep*. Sehingga data dari node anggota *cluster* gagal terkirim. LEACH terdapat proses *scheduling* yang membuat node menjadi aktif/*sleep*.

4.3 Analisis Konsumsi Energi

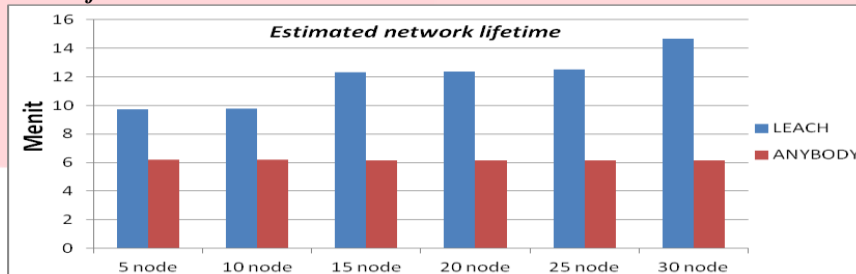


Gambar 7. Hasil total konsumsi energi dan kounsumsi energi rata – ratanya.

Total konsumsi energi akan semakin besar jika jumlah node semakin banyak. Skenario routing LEACH mengonsumsi energi lebih kecil dibandingkan dengan routing Anybody. Hal ini dikarenakan adanya proses *scheduling* pada algoritma routing LEACH yang membuat node aktif atau *sleep*.

Konsumsi energi rata – rata merupakan energi yang dikonsumsi setiap node. Pada Anybody, seluruh konsumsi energi setiap nodenya sama, karena semua node aktif dari awal sampai akhir simulasi. Pada LEACH, konsumsi energi setiap nodenya akan berkurang jika jumlah node bertambah. Selain karena adanya *scheduling* pada LEACH, faktor jumlah paket routing yang lebih sedikit juga menyebabkan lebih hemat energi.

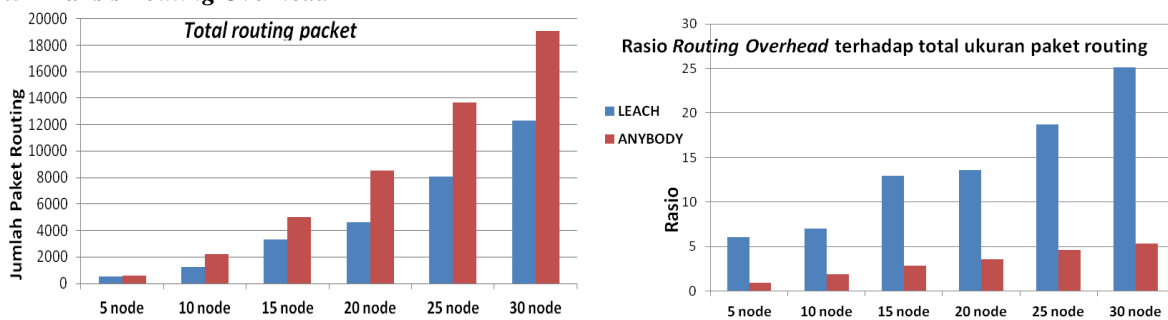
4.4 Analisis Network Lifetime



Gambar 8. Hasil *estimated network lifetime*.

Nilai *estimated network lifetime* pada routing Anybody sama (dibulatkan menjadi 6 menit) pada seluruh variasi node. Hal ini dikarenakan konsumsi energi rata – rata setiap nodenya hampir sama. Pada skenario routing LEACH, nilai *estimated network lifetime* berbeda-beda pada seluruh variasi nodenya (rata – rata 12,5 menit). Grafik nilainya cenderung menaik. Namun, perbedaan kenaikannya bervariasi. Hal ini dikarenakan ketidakseimbangan konsumsi energi setiap nodenya, khususnya yang menjadi CH.

4.5 Analisis Routing Overhead



Gambar 9. Hasil *routing overhead*

Jumlah paket routing Anybody lebih banyak dibanding routing LEACH. Sehingga routing LEACH lebih hemat dalam menggunakan paket routing. Semakin banyak jumlah node, semakin banyak pula jumlah paket routingnya. Faktor jumlah CH juga menjadi hal yang berpengaruh untuk jumlah paket routing. Hal ini akan membuktikan bahwa CH pada Anybody lebih banyak dibandingkan LEACH.

Rasio *routing overhead* terhadap total ukuran (volume) paket mencerminkan perbedaan dengan jumlah routing paket. Jumlah paket routing yang banyak belum tentu menyebabkan *routing overhead* yang tinggi. Faktor ukuran *overhead (control packet)* juga berpengaruh. Karena *control packet* pada LEACH lebih besar dibandingkan Anybody, hal ini menyebabkan rasio *routing overhead* menjadi besar. Hal ini juga menyebabkan PDR dan *throughput* pada LEACH lebih kecil dibandingkan Anybody. *Routing overhead* yang besar menyebabkan pengecilan *bandwidth*, dan meningkatkan kemungkinan kegagalan paket ke sink node atau CH.

4.6 Analisis Jumlah Hop

Tabel 2. Hasil jumlah hop dan CH.

Jumlah hop dan CH						
Anybody	5 node	10 node	15 node	20 node	25 node	30 node
Jumlah Hop	2					
Jumlah CH	3	5	10	14	18	21
LEACH	5 node	10 node	15 node	20 node	25 node	30 node
Jumlah Hop	2					
Jumlah CH setiap round						
round 1	1	3	3	3	2	6
round 2	1	3	2	4	3	7
round 3	1	1	1	2	3	2
round 4	1	1	4	3	4	2
round 5	1	3	3	1	5	6
round 6	2	3	3	2	6	6
Jumlah CH	7	14	16	15	23	29
Rata - rata jumlah CH	1	2	3	3	4	5

Jumlah hop skenario routing Anybody dan LEACH yaitu 2 hop. Hal ini membuktikan bahwa routing tersebut bisa digunakan untuk WBAN karena memenuhi syarat, yakni tidak lebih dari 2 hop. Untuk jumlah CH, routing LEACH berubah – ubah setiap *round*. Sementara jumlah CH pada Anybody sudah ditetapkan dari awal. Dapat diperkirakan jumlah CH pada routing Anybody lebih banyak dibandingkan LEACH. Hal ini mungkin karena radius yang dekat, sehingga sensor node yang dipilih menjadi CH oleh sink node lebih banyak. Jumlah CH tidak terlalu berpengaruh terhadap performansi jaringan. Perubahan jumlah *cluster* ditengah simulasi seperti *round* pada LEACH, berpengaruh terhadap performansi jaringan (*throughput* dan PDR).

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis yang sudah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a) Castalia berhasil digunakan untuk pengambilan data hasil simulasi implementasi *cluster based routing* Anybody dan LEACH untuk simulasi WBAN lingkup pemantauan kesehatan. Walaupun performansinya berbeda namun jumlah hopnya sama yaitu tidak lebih dari 2 hop, dari variasi 5 sampai 30 node.
- b) Nilai PDR routing LEACH rata – rata 82%, sementara untuk Anybody rata – rata 96%. Nilai PDR berpengaruh terhadap *packet loss* dan *throughput* (rata – rata *total throughgput* LEACH 2,8 Kbps dan Anybody 3,3 Kbps). Rasio *routing overhead* terhadap ukuran paket juga LEACH lebih tinggi. Sehingga performansi jaringan menggunakan routing Anybody lebih unggul dibanding LEACH.
- c) Konsumsi energi routing Anybody rata – rata 55% lebih tinggi dari LEACH, Hal ini menyebabkan *network lifetime* LEACH selalu 55% lebih lama. Sehingga LEACH lebih unggul dalam efisiensi energi.
- d) Untuk perbandingan pemilihan routing, jika ingin yang lebih hemat energi sebesar 55% dapat menggunakan LEACH. Jika menginginkan QoS/PDR 14% lebih baik, dapat menggunakan routing Anybody.

Daftar Pustaka:

- [1] S. Movassaghi, M. Abolhasan, J. Lipman, D. Smith, “Wireless Body Area Networks: A Survey,” *IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 16, NO. 3, THIRD QUARTER*, 14 January 2014.
- [2] A. Boulis, Castalia - User Manual, NICTA, 2013.
- [3] A. Kurian, Divya R , “A Survey on Energy Efficient Routing Protocols in WBAN,” *International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems*, pp. 3-4, 2017.
- [4] S. Movassaghi, M. Abolhasan, J. Lipman, “A Review of Routing Protocols in Wireless Body Area Networks,” *Journal of Network and Computer Applications*, 2013.
- [5] A. Darbi, Y. Rahayu, L. O. Sari, “Analisa Efisiensi Energi Algoritma Routing LEACH Pada Wireless Sensor Network (WSN) Menggunakan MATLAB,” *Jom FTEKNIK Volume 1 No.2*, 2014.
- [6] A. F. Jaimes, F. R. de Sousa, “A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing Wireless Body Area Networks,” *VII Latin American Symposium on Circuits and Systems (LASCAS)*, 2016.
- [7] S. Kajornkasirat, N. Chanapai, B. Hnusuwan, “Smart Health Monitoring System with IoT,” in *IEEE Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE)*, 2018.
- [8] S. P. A. SARAGIH, “Desain dan Implementasi Aplikasi Human Health Monitoring Berbasis Mikrokontroler,” *Tugas Akhir*, Universitas Telkom, 2015.
- [9] J. I Bangash, A. H. Abdullah, M. H. Anisi, A. W. Khan, “A Survey of Routing Protocols in Wireless Body Sensor Networks,” *Sensors 14(1):1322-57*, 2014.
- [10] K. A. Ngo, T. T. Huynh, "Simulation Wireless Sensor Networks in Castalia," Posts & Telecommunications Institute of Technology, Vietnam , 2018.
- [11] A. Mansura, M. Driberg, "Multi-Energy Threshold-based Routing Protocol for Wireless Sensor Networks," in *IEEE 10th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)*, Malaysia, 2019.
- [12] I. Dietrich, F. Dressles, "On the Lifetime of Wireless Sensor Networks," Dept. of Computer Science, University of Erlangen, Germany, 2009.
- [13] A. Jamatia, K. Chakma, "Performance Analysis of Hierarchical and Flat Network Routing Protocols in WSN Using Ns-2," in *International Journal of Modeling and Optimization, Vol. 5, No. 1, February 2015*.
- [14] N. Kamyabpour, D. B. Hoang, "Modeling overall energy consumption in Wireless Sensor Networks," iNEXT-Centre for Innovation in IT Services and Applications, University of Technology, Australia , 2007.
- [15] D. T. Alawiyah, "ANALISIS PERBANDINGAN KONSUMSI ENERGI DAN MASA HIDUP JARINGAN PADA PROTOKOL LEACH DAN EARP DI WSN," *Tugas Akhir*, Universitas Telkom, 2017.
- [16] Q. W. Jianqing Wang, *Body Area Communications: Channel Modeling, Communication Systems, and EMC*, Singapura: John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd., 2013.
- [17] IEEE, “IEEE standard for local and metropolitan area networks: Part 15.6: Wireless body area networks,”