

BAB II DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian Ubaidillah Ahmad Arrozaqi, Tri Budi Santoso, Prima Kristalina yang berjudul “Simulasi Routing Protokol pada Jaringan Sensor Nirkabel dengan menggunakan Metode *Cluster Based*”. Penelitian ini membahas mengenai kualitas kinerja *routing protocol* pada *Wireless Sensor Network* (WSN) menggunakan metode *cluster based* atau pendekatan secara pengelompokan dengan protokol LEACH untuk melihat pengaruh metode dalam kinerja sistem *lifetime* dan efisiensi energi. Dalam pengujian menggunakan 50 *node* dengan posisi acak yang tersebar dan menggunakan 8 *cluster head* untuk selanjutnya digunakan untuk membuat *cluster* yang nantinya akan membentuk jalur menuju *base station* dengan melalui *cluster head* terdekatnya untuk dianalisis. Hasil penelitian ini semakin besar data yang dikirimkan maka semakin banyak energi yang dibutuhkan begitupula dengan jarak. Dalam penelitian ini menyatakan bahwa *lifetime cluster head* tidak hanya bergantung pada energi tetapi juga setiap jarak pengiriman dan jumlah data[7].

Penelitian Ahmad Darbi, Yusnita Rahayu, Linna Oktaviana Sari yang berjudul “Analisa Efisiensi Energi Algoritma Routing *Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy* (LEACH) pada *Wireless Sensor Network* (WSN) menggunakan MATLAB”. Penelitian ini membahas mengenai kemampuan algoritma LEACH dalam meningkatkan efisiensi penggunaan energi di dalam jaringan yang secara tidak langsung akan memperpanjang *lifetime* dari jaringan tersebut yang disimulasikan pada beberapa skenario. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi energi pada WSN yang menerapkan routing protokol LEACH berpengaruh terhadap jumlah nodes, energi awal dan jarak *Base station*. *Lifetime* akan bertambah jika jumlah *node* dalam jaringan lebih banyak, energi awal lebih besar dan jarak *Base station* dari *plan* lebih dekat[8].

Penelitian Afif yang berjudul “Analisis *Protocol Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy* pada *Wireless Sensor Network*”. Penelitian ini membahas mengenai efisiensi energi pada protokol LEACH dan melakukan pengujian menggunakan simulasi matlab dengan 5 percobaan. Hasil dari penelitian ini semakin banyak jumlah *node* maka semakin sedikit energi yang digunakan. Dalam

penelitian ini menyatakan bahwa jumlah *node* mempengaruhi konsumsi energi pada WSN[9].

2.2 DASAR TEORI

Pada penelitian ini, penulis membutuhkan teori-teori yang berkaitan dengan topik penelitian, pada sub bab dasar teori, penulis menggali teori dari berbagai referensi, seperti buku, jurnal, skripsi, dan *website*. Dimana pada sub bab ini, penulis akan memaparkan teori tentang *Wireless Sensor Network*, arsitektur, topologi, protokol serta parameter yang berkaitan dengan penelitian ini.

2.2.1 WIRELESS SENSOR NETWORKS (WSN)

Wireless Sensor Network (WSN) terdiri dari banyak *node* sensor, yang didistribusikan di area tertentu untuk memantau atau mengamati kondisi parameter fisik tertentu di area tersebut. Sensor pada WSN memiliki kemampuan *sensing*, *processing data* dan *wireless communication*[10]. WSN memiliki dua komponen, yakni *node* sensor dan *base station*. *Node* sensor merupakan komponen kesatuan dari yang akan menghasilkan informasi, biasanya merupakan sebuah sensor atau juga dapat berupa sebuah peralatan mekanis yang menghasilkan *feedback* pada keseluruhan operasi. Secara umum sensor disebar dengan volume dan kerapatan yang tinggi. Setiap *node* akan tersebar pada suatu area yang sulit dijangkau, atau pada lingkungan yang keras seperti gurun, pasir, lautan, hutan, dan sebagainya dan setiap *node* akan mengirimkan informasi ke *base station*. Sedangkan *base station* merupakan kesatuan proses pengumpulan informasi dari *node* sensor sehingga dapat dilakukan pengolahan informasi lebih lanjut.

Terdapat beberapa karakteristik dari jaringan sensor yaitu:

- a. Jumlah *node* sensor pada WSN lebih banyak dibandingkan dengan jaringan *adhoc*.
- b. Topologi dapat berubah ubah secara cepat.
- c. *Node* sensor menggunakan komunikasi *broadcast*.
- d. *Node* sensor memiliki daya yang terbatas, kemampuan komputasi dan juga memori yang terbatas.

- e. *Node* sensor mungkin tidak mempunyai identifikasi global (ID) karena banyaknya jumlah dan jenis sensor itu sendiri.
- f. *Node* sensor rentan terhadap kegagalan.
- g. *Node* sensor dapat diatur / diarahkan[11].

2.2.2 STANDAR WIRELESS SENSOR NETWORKS (WSN)

Wireless Sensor menggunakan standar sensor komunikasi IEEE 802.15.4. Protokol IEEE 802.15.4 merupakan salah satu dari protokol–protokol pada WPAN (*Wireless Personal Area Networks*). Protokol IEEE 802.15.4 ini merupakan standar untuk gelombang radio (RF). Protokol ini bekerja pada *data rate* yang rendah agar baterai dapat bertahan lama, dan sederhana. Suatu *device* yang menggunakan protokol ini, dapat terkoneksi dengan baik pada radius maksimal 10 m dan dengan data rate maksimal 250 Kbit/s dengan alat lainnya. Protokol ini menggunakan 3 pita frekuensi untuk keperluan operasionalnya, seperti:

- a. 868–868.8 MHz untuk daerah Eropa.
- b. 902–928 MHz untuk daerah Amerika Utara.
- c. 2400–2483.5 MHz untuk daerah lainnya diseluruh dunia.

ZigBee merupakan salah satu vendor yang mengembangkan layer–layer diatas layer untuk IEEE 802.15.4 ini. Pada perkembangannya saat ini, protokol ini sudah mendukung penggunaan Ipv6[12].

IEEE 802.15.4 digunakan karena optimal dalam menjalankan interferensi menggunakan CSMA-CA (*Carrier Sense Multiple Access-Collision Avoidance*) dan tenaga yang digunakan kecil (*Low power*)[13].

2.2.3 ARSITEKTUR WIRELESS SENSOR NETWORKS (WSN)

Wireless Sensor Network (WSN) memiliki beberapa macam arsitektur, diantaranya:

- a. *Single Hop without Clustering*

Pada sistem *cluster* ini, jaringan tidak perlu membentuk sebuah *cluster*, jadi setiap *node* akan mengirimkan informasi secara langsung ke *base station*.

- b. *Multi Hop without Clustering*

Pada arsitektur ini, *node* akan mengirimkan setiap data ke *base station* tetapi melewati *node* tetangganya yang terdekat.

c. *Single Hop with Clustering*

Pada arsitektur ini, setiap *node* akan bergabung dalam suatu *cluster*, lalu *node* akan mengirimkan datanya langsung ke pemimpin dari cluster tersebut atau biasa disebut *cluster head* atau dapat disingkat dengan CH, kemudian *cluster head* akan mengirimkan pada *base station*.

d. *Multi Hop with Clustering*

Pada arsitektur ini, mirip dengan *single hop with clustering* akan tetapi tidak semua *cluster head* akan mengirimkan langsung ke *base station*, ada *cluster head* yang mengirimkan datanya melalui *cluster head* tetangganya untuk mencapai *base station*[11].

Pada WSN, sensor *node* memiliki dua fungsi yaitu sebagai pengumpul data dan pengirim data, sehingga komunikasi dilakukan karena hal-hal berikut ini:

- 1) *Source Function* yaitu *node* sumber yang diberi informasi tentang aktivitas yang sedang berjalan melakukan komunikasi untuk melakukan transmisi paket menuju *base station*.
- 2) *Router Function* yaitu sensor *node* yang berpartisipasi dalam meneruskan paket yang diterima oleh *node* menuju tujuan berikutnya dalam *path multi-hop* menuju *base station*[13].

2.2.4 APLIKASI WIRELESS SENSOR NETWORKS (WSN)

Pada awalnya WSN digunakan untuk kebutuhan militer, seperti pengawasanterhadap target, mendeteksi adanya serangan dari musuh, dan lain-lain. Namun saat ini WSN telah mengalami banyak pengembangan seperti yang diterapkan pada bidang berikut:

- a. Pengawasan terhadap lingkungan, seperti deteksi terhadap adanya kebakaran hutan, mengatur sistem irigasi, mengatur sistem pengairan, mendeteksi keadaan suhu dan kelembapan, tanah.
- b. Pengawasan terhadap kesehatan, seperti telemedicine, *remote health monitoring*, sehingga dokter dapat dari jauh mengawasi keadaan pasien.

- c. Pengawasan dan pengendalian rumah, seperti pada pengaturan suhu, kelembaban rumah, deteksi pencurian, deteksi kebakaran[11].

2.2.5 TOPOLOGI WIRELESS SENSOR NETWORKS (WSN)

Berikut ini merupakan struktur - struktur yang terdapat pada *Wireless Sensor Network* (WSN):

1) *Flat-based*

Semua *node* pada jaringan memainkan peran yang sama dan tidak ada sama sekali hirarki. *Flat routing protocol* mendistribusikan informasi yang diperlukan untuk setiap *node* sensor yang terjangkau dalam jaringan sensor . Tidak ada upaya dilakukan untuk mengatur jaringan atau trafik, hanya untuk menemukan rute terbaik dengan lompatan-lompatan (*hop*) ke tujuan dengan jalan manapun.

2) *Hierarchical-based*

Kelas ini menetapkan routing protokol untuk mencoba menghemat energi dengan mengatur *node* dalam *cluster*. *Node – node* dalam *cluster* mengirimkan data ke *cluster head*, dan *cluster head* inilah yang meneruskan data ke *Base station*. *Clustering* yang baik memainkan peran penting dalam skalabilitas jaringan serta penghematan energi.

3) *Location-based*

Sebagian besar protokol *routing* untuk jaringan sensor memerlukan informasi lokasi untuk *node* sensor. Dalam kebanyakan kasus, informasi lokasi yang dibutuhkan untuk menghitung jarak antara dua *node* tertentu sehingga konsumsi energi dapat diperkirakan. Karena tidak ada skema pengalamatan untuk jaringan sensor seperti alamat IP[4].

2.2.6 KOMPONEN YANG MEMBENTUK WIRELESS SENSOR NETWORKS (WSN)

Secara luas, WSN terdiri dari beberapa bagian, yang secara dominan terdiri dari node-node yang dapat membentuk sebuah topologi. Berikut merupakan komponen yang membentuk WSN:

a. *Sensor nodes*

Sensor node merupakan perangkat yang memiliki kemampuan untuk merutekan data (lingkungan atau objek yang dipantau) yang dikumpulkan ke *sensor node* lain yang berdekatan. *sensor node* atau biasa yang disebut mote memiliki beberapa komponen sebagai berikut:

- 1) *Processor/controller* merupakan otak dari *node* itu sendiri yang mempunyai beberapa fungsi seperti mode aktif, *sleep*, *idle*.
- 2) *Power source* merupakan sumber tenaga, yang berasal dari baterai AA, baterai koin (jam) dan panel surya.
- 3) *Memory* sebagai tempat penyimpanan kode program dan *in-memory buffering*.
- 4) *Communication device* (radio) merupakan penransmisian data yang dimiliki ketempat peyimpanan data yang lain sebagai komunikasi antar *node*.
- 5) Sensor merupakan pendeteksi keadaan lapangan (temperatur, suara, getaran, dan kelembapan)

b. *Base Station*

Base Station merupakan perangkat yang mempunyai fungsi untuk mengumpulkan data yang didapat dari *sensor node*. kemudian meneruskannya ke perangkat atau sistem lain, seperti ke *database server* untuk penyimpanan. Selain untuk mengumpulkan data dari *sensor node*, *Base Station* juga berfungsi sebagai penyebar paket dari perangkat atau sistem lain ke *wireless sensor network*.

c. *Internet/database*

Internet atau *database* berfungsi untuk pencatat atau penyimpan data yang didapatkan oleh *sensor node* dan juga sebagai gerbang konektifitas yang menghubungkan *user* dengan *node*.

d. *User*

User merupakan *client* yang berisi perangkat untuk keperluan visualisasi atau analisis data dan sebagai pengatur *wireless sensor network*[13].

2.2.7 KOMPONEN *NODE SENSOR*

Sebuah node sensor umumnya terdiri atas 4 subsistem :

a. Subsistem *Computing*

Terdiri dari sebuah mikroprosesor (mikrokontroler, MCU) yang bertanggungjawab terhadap kendali sensor & pelaksanaan protokol komunikasi, dan sebuah ruang memori.

b. Subsistem *Communication*

Terdiri dari radio yang memiliki range frekuensi yang pendek, yang digunakan untuk berkomunikasi dengan node sensor terdekat dan dunia fisik (dalam hal ini gejala/fenomena yang muncul).

Radio tersebut dapat beroperasi pada *mode transmit, receive, idle* ataupun *sleep* tergantung dari aktivitas yang diinginkan. Saat node sensor tidak dalam kondisi *transmitting/receiving*, dianjurkan untuk mengaktifkan node dalam kondisi shutdown secara sempurna daripada mode *sleep/standby* karena kedua mode tersebut mengkonsumsi energi yang cukup besar.

c. Subsistem *Sensing*

Terdiri dari sebuah grup sensor yang menjadi penghubung antara node dengan dunia sekitar. Untuk mencapai penggunaan energi yang seminimal mungkin, komponen yang dipasang pada sensor harus memiliki daya rendah

d. Subsistem *Power supply*

Terdiri dari sebuah baterai yang menyediakan energi untuk node sensor. *Lifetime* baterai dapat ditingkatkan dengan mengurangi kegiatan transmisi atau men-*set node* sensor dalam kondisi *off* sesering mungkin[14].

2.2.8 KEUNTUNGAN *WIRELESS SENSOR NETWORKS (WSN)*

Wireless Sensor Network (WSN) memiliki banyak keuntungan yang bisa didapatkan yaitu:

- a. Meningkatkan efisiensi operasional
- b. Mengurangi total biaya sistem secara signifikan.
- c. Dapat mengumpulkan data dalam jumlah besar.
- d. Dapat menambah *embedded prosessor* ke dalam *node* sensor.
- e. *Software* dapat dikonfigurasi dengan mudah.

- f. Memungkinkan komunikasi digital dua arah, menyediakan konektivitas internet yang secara global, kapanpun dimanapun informasi tersebut dapat diakses melalui *server*[11].

2.2.9 KEKURANGAN WIRELESS SENSOR NETWORKS (WSN)

Selain banyak keuntungan yang bisa didapat dengan menggunakan WSN. Penggunaan WSN masih terdapat pula kekurangan, salah satu yang akan penulis bahas yaitu mengenai konsumsi energi pada WSN. Berikut kekurangan yang terdapat pada WSN yaitu :

- a. Konsumsi penggunaan energi yang cukup memakan daya yang menghambat proses ketika jaringan tersebut berlangsung.
- b. Keterbatasan memori dikarenakan sensor yang digunakan berukuran sangat kecil sehingga untuk penyimpanan memorinya punya juga tidak dapat menampung banyak karena memori tersebut terdiri dari RAM sehingga sensor tidak memiliki cukup ruang.
- c. Komunikasi dalam jaringan yang kurang dapat diandalkan merupakan masalah pada segi keamanan pada WSN karena jaringan sensor menggunakan *protocol connectionless* yang kurang cukup optimal.
- d. Pengendalian WSN yang dilakukan secara jarak jauh sehingga rentan dalam segi keamanan dikarenakan dilakukan tanpa pengawasan sehingga sulit untuk diawasi.

2.2.10 DIRECT TRANSMISSION

Direct Transmission merupakan protokol *routing* paling sederhana, dimana hanya terdiri dari sebuah *base station* yang berfungsi sebagai *node* tujuan dan beberapa *node* sensor sebagai pengirim. Komunikasi antara *base station* dan *node* sensor dilakukan secara langsung tanpa perantara *node* diantaranya. *Node* hanya melakukan transmisi langsung ke *base station*, dengan begitu *node* tidak akan menghabiskan banyak energi, akan tetapi mereka akan kehabisan banyak energi karena harus selalu aktif untuk menunggu giliran pengirimannya, selain itu energi pun dapat habis karena jarak mereka dengan *base station* yang ada kemungkinan sangat jauh, karena *node* tersebar secara random. Transmit data pada *direct*

transmission dilakukan secara *single hop*, sehingga tidak membutuhkan *node* lain untuk dapat sampai ke tujuan yakni *base station*[11]. Pada pengiriman secara langsung ini, dengan rumus pada persamaan 2.1 dan 2.2 berikut:

$$E_{direct} = (E_{elec} * k) + (E_{amp} * k * d^2) \quad (2.1)$$

$$d = \sqrt{(sink.x - node.x)^2 + (sink.y - node.y)^2} \quad (2.2)$$

Dimana:

E_{direct} = Energi yang digunakan untuk transmit data secara *direct*.

E_{elec} = Energi *device* untuk transmit.

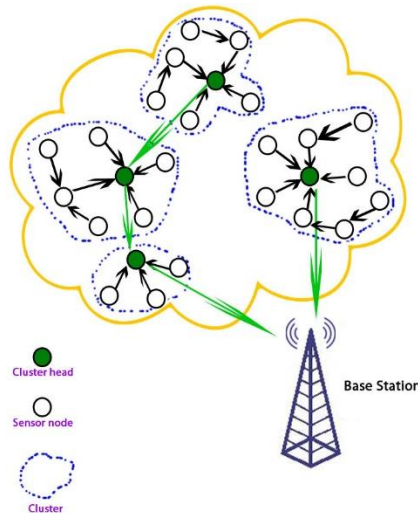
E_{amp} = Energi yang digunakan untuk penguat.

k = Data yang dikirimkan.

d = Jarak antara *node* dan *base station*.

2.2.11 CLUSTER BASED

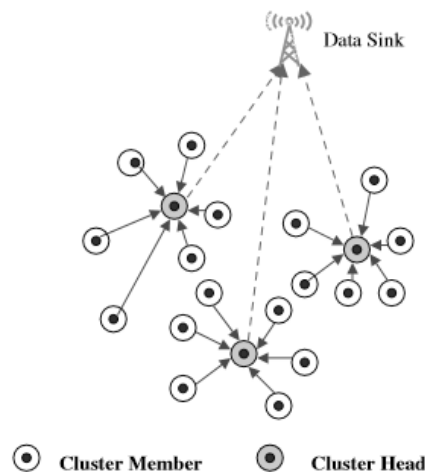
Cluster based merupakan jenis lain dari *routing protocol*. Beberapa *cluster* dibentuk dan *cluster head* dipilih. Ketika *routing*, sensor mengirim paket ke *cluster head* kemudian mengambil tanggung jawab meneruskan paket ke *base station*. *Cluster* berisi *cluster head* dan semua *node* langsung. Non *cluster head* berkomunikasi dengan yang lain melalui *cluster head* tersebut. Ilustrasi komunikasi pada metode *cluster based* dapat dilihat pada Gambar 2.1.[11]



Gambar 2.1 Roting Protokol pada *Cluster Based*

2.2.12 LOW-ENERGY ADAPTIVE CLUSTERING HIERARCHY (LEACH)

Low-energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) salah satu algoritma protokol clustering pada WSN. LEACH ditemukan oleh Wendi Heinzelman pada tahun 2002. LEACH merupakan protokol routing yang membentuk cluster dari kumpulan node sensor berdasarkan kekuatan sinyal yang diterima. Algoritma dimulai dengan pemilihan suatu node sebagai cluster-head (CH) lalu dengan algoritma clustering memilih node non-CH sebagai anggota sehingga membentuk kluster. Mekanisme ini menghemat energi karena hanya CH yang melakukan transmisi data ke base station, sedangkan tiap node sensor cukup mengirim data ke CH masing-masing seperti pada gambar 2.2. Sehingga konsumsi energi berkurang dan lifetime jaringan sensor menjadi maksimal[12].



Gambar 2.2 Model Jaringan LEACH

LEACH protokol merupakan *cluster-based protocol*, dimana jumlah *cluster head* dan *cluster member* yang dihasilkan menjadi parameter penting untuk mencapai kinerja yang lebih baik. Terdapat dua fase dalam protokol LEACH yaitu *Setup Phase* dan *Steady Phase*. LEACH mengatur *node* dalam *cluster* dengan satu *node* dari setiap kelompok bertugas sebagai *cluster head*. LEACH secara acak memilih beberapa jumlah *node* yang telah ditetapkan sebagai *cluster head*. *cluster head* kemudian mem-*broadcast* informasi tersebut ke semua *node* dan mengajak bergabung ke *cluster head* tersebut berdasarkan sinyal yang paling kuat antara *node* dengan *cluster head* (*cluster head* yang terdekat dari *node*), dengan cara ini maka *cluster* tersebut terbentuk. *cluster head* kemudian membuat jadwal pengiriman data

berbasis *Time Division Multiple Access* (TDMA) untuk *node - node* yang menjadi anggotanya.

Komunikasi antara *cluster* yang berbeda dilakukan melalui *cluster head* dengan cara *Code Division Multiple Access* (CDMA). Tahapan di atas dinamakan *Setup Phase*. Pada tahapan *Steady Phase*, setelah proses pembentukan *node* dan pemilihan *cluster head* serta *cluster member* selanjutnya *node* yang telah terpilih mengirimkan datanya baik dari *cluster member* ke *cluster head* maupun dari *cluster head* ke *base station*. Ketika *node* mengirimkan data dari *cluster member* ke *cluster head* maka telah diatur oleh *cluster head* data yang dikirim sesuai slot yang telah disediakan. Durasi setiap slot pengiriman data setiap *node* adalah konstan, jadi waktu pengiriman data bergantung jumlah *node* pada *cluster member* pada *cluster* tersebut. Pada *fase steady*, *cluster head* harus selalu hidup[15].

Karakteristik dari LEACH dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Memiliki kanal propagasi yg simetris.
- b. Semua node sensor dapat mengirim data ke BS.
- c. CH mampu mengkompresi data.
- d. Node sensor memiliki sifat homogen satu sama lain, baik dari jumlah energi, bentuk, ukuran dan sebagainya[12].

2.2.13 CARA KERJA *LOW-ENERGY ADAPTIVE CLUSTERING HIERARCHY* (LEACH)

a. *Advertisement Phase*

Untuk penentuan sebagai *cluster head* pada *setup phase* maka semua *node* akan disebar pada suatu area tertentu, lalu semua *node* akan diberikan angka antara 0 sampai 1, lalu akan dibandingkan dengan *threshold*. Bila lebih kecil dari *threshold* maka *node* tersebut akan dijadikan *cluster head* dengan rumus pada persamaan 2.3 berikut :

$$T(n) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{p}{1-p \left(r \bmod \left(\frac{1}{p} \right) \right)} n \in G \\ 0, \text{yang lainnya} \end{array} \right\} \quad (2.3)$$

Dimana :

n = banyaknya jumlah *node*

p = peluang suatu node akan dipilih menjadi CH

r = nilai *round*

G = sejumlah *node* yang tidak akan menjadi CH pada $1/p$ terakhir

b. *Cluster Set-Up Phase*

CH menginformasikan dirinya kepada *node* sekitar sehingga *node* sekitarnya akan menerima sinyal dari CH tersebut. Setelah menerima sinyal dari CH, *node* akan bergabung dengan salah satu dari *cluster head* berdasarkan sinyal yang paling kuat yang mereka temukan (yaitu *cluster head* yang terdekat dari mereka), *node* akan mengirimkan suatu pesan pada CH yang berisikan informasi *node* ingin masuk ke *cluster* tersebut, dengan cara ini suatu *cluster* terbentuk.

c. *Schedule Creation Phase*

Setelah menerima pesan dari *node*, CH akan membuat jadwal *Time Division Multiple Access* (TDMA) untuk *node-node* yang menjadi anggotanya. Sehingga setiap *node* akan mengirimkan data ke CH dengan jadwal TDMA tersebut.

d. *Data Transmission*

Ketika TDMA telah terbentuk, selanjutnya *node* akan mengirimkan datanya dengan TDMA ke CH pada *cluster* masing-masing, kemudian akan mengirimkan pada *Base Station*[16].

Selain itu tujuan utama dari LEACH yaitu :

- 1) Perpanjangan masa pakai jaringan.
- 2) Mengurangi konsumsi energi oleh masing-masing sensor *node* jaringan.
- 3) Penggunaan agregasi data untuk mengurangi jumlah pesan komunikasi.

LEACH cocok digunakan pada area yang mempunyai skala yang kecil, karena pada proses pengiriman data, jarak sangat mempengaruhi kinerja dari LEACH sehingga apabila jarak terlalu jauh maka data tidak dapat sampai ke *base station*. LEACH juga lebih cocok digunakan untuk pengawasan yang konstan seperti deteksi kesalahan, diagnosa, dan lain sebagainya[16].

2.2.14 KARAKTERISTIK PADA LEACH (LOW-ENERGY ADAPTIVE CLUSTERING HIERARCHY)

Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) memiliki beberapa karakteristik yaitu:

- a. *Data Fusion*, yaitu penggabungan data sehingga mengurangi hilangnya energi dan menambah *lifetime* jaringan.
- b. *Adaptive*, yaitu mudah untuk menyesuaikan diri saat pembentukan formasi *cluster*.
- c. *Randomization Rotation*, yakni perputaran kedudukan *cluster head* secara acak.
- d. *Self - Organizing*, yaitu setiap node sensor memiliki sikap pengambilan keputusan sendiri untuk menjadi *cluster head*[11].

2.2.15 HOMOGEN

LEACH merupakan salah satu protokol yang memberikan jaminan tentang alokasi energi pada *node* sensor secara homogen. Jaringan sensor homogen dapat didefinisikan sebagai jaringan yang terdiri dari simpul identik dalam hal energi, kemampuan pemrosesan, dan jangkauan penginderaan[17].

2.2.16 HETEROGEN

Heterogen merupakan satu di mana semua *node* tidak memiliki energi yang sama. Dapat di asumsikan bahwa jumlah total node yaitu $n \times m$ pecahan dari *node* memiliki energi lebih banyak dari pada *node* lainnya. Mereka disebut sebagai *node* lanjutan. sistem LEACH-heterogen yang diusulkan secara signifikan mengurangi konsumsi energi dan meningkatkan umur total dari jaringan sensor nirkabel[17].

2.2.17 QUALITY OF SERVICE (QoS)

Quality of Service (QoS) merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari satu *service*. QoS digunakan untuk mengukur sekumpulan atribut kinerja yang telah dispesifikasikan dan diasosiasikan dengan suatu *service*.

Model *Monitoring* QoS terdiri dari komponen *monitoring application*, QoS *monitoring*, *monitor*, dan *monitored objects* sesuai pada gambar 2.3.

1) *Monitoring Application*

Merupakan sebuah antarmuka bagi administrator jaringan. Komponen ini berfungsi mengambil informasi lalu lintas paket data dari *monitor*, menganalisisnya dan mengirimkan hasil analisis kepada pengguna. Berdasarkan

hasil analisis tersebut, seorang administrator jaringan dapat melakukan operasi - operasi yang lain.

2) *QoS Monitoring*

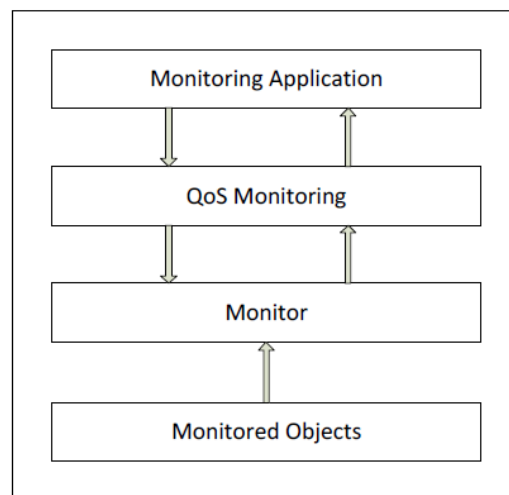
Menyediakan mekanisme monitoring QoS dengan mengambil informasi nilai - nilai parameter QoS dari lalu lintas paket data.

3) *Monitor*

Mengumpulkan dan merekam informasi lalu lintas paket data yang selanjutnya akan dikirimkan kepada *monitoring application*. *Monitor* melakukan pengukuran aliran paket data secara waktu nyata dan melaporkan hasilnya kepada *monitoring application*.

4) *Monitored Objects*

Merupakan informasi seperti atribut dan aktifitas yang dimonitor di dalam jaringan. Di dalam konteks *QoS monitoring*, informasi - informasi tersebut merupakan aliran - aliran paket data yang dimonitor secara waktu nyata. Tipe aliran paket data tersebut dapat diketahui dari alamat sumber (*source*) dan tujuan (*destination*) di layer-layer IP, *port* yang dipergunakan misalnya UDP atau TCP, dan parameter di dalam paket RTP[18].



Gambar 2.3 *Model Monitoring QoS*

2.2.18 *ENERGI*

Energi merupakan salah satu parameter yang digunakan pada simulasi. Dari beberapa permasalahan pada WSN, energi menjadi masalah utama karena pengonsumsiannya. Hal ini diakibatkan daya pada sensor node hanya

disuplai oleh baterai sebagai sistem operasinya sehingga memiliki cadangan energi yang terbatas. Konsumsi energi menjadi salah satu faktor terpenting untuk menentukan lifetime pada suatu jaringan. Pada simulasi menggunakan beberapa bagian parameter energi yaitu :

- a. ETX : Besarnya energi yang diperlukan untuk mengirim data per bit (50nJ)
- b. ERX : Besarnya energi yang diperlukan untuk menerima data per bit(50nJ)
- c. EFS : Besarnya energi yang diperlukan untuk mentransmitkan sinyal di area tanpa penghalang (free space) = 10 pJ/bit/m²
- d. EMP : Besarnya energi yang diperlukan untuk mentransmitkan sinyal di area dengan ada penghalang (multi path fading) = 0.0013 pJ/bit/m⁴
- e. EDA : Besarnya energi untuk melakukan transmisi data secara berantai (aggregate) = 5 nJ/bit [17]

2.2.19 LIFETIME

Lifetime jaringan merupakan waktu yang diperlukan sampai seluruh *node* kehabisan daya. *Lifetime* jaringan dilihat dari jumlah *round* yang dilakukan jaringan sampai semua *node* mati. *Stability period* merupakan selang waktu dari awal simulasi sampai *dead node* pertama.

2.2.20 THROUGHPUT

Throughput yaitu kecepatan (*rate*) transfer data efektif, yang diukur dalam bps (*bit per second*). *Throughput* adalah jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut. Rumus *throughput* terdapat pada persamaan 2.6[18].

$$\textit{Throughput} = \frac{\text{Paket data yang diterima (bit)}}{\text{Waktu pengiriman paket (second)}} \quad (2.6)$$