

Simulasi Dan Analisis Efisiensi Energi Wireless Geophone Network Menggunakan Arsitektur Adaptive Clustering

1st Mirza Aulia Rahman
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

mirzarhmn@students.telkomuniversity.ac.id

2nd Hilal Hudan Nuha
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

hilalnuha@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Sampai saat ini, survey geofisik pada eksplorasi minyak dan gas bumi masih mengandalkan kabel untuk pengiriman data seismic dari *geophone* kepada *data collection center*. Sistem yang ada sangat dapat diandalkan dalam hal kecepatan pengiriman data, namun memiliki kelemahan pada aspek pengadaan dan pemeliharaan. Terdapat penelitian terbaru untuk menutup kelemahan yang ada dengan penggunaan jaringan nirkabel dalam implementasinya, namun tetap harus menerapkan arsitektur efisiensi energi agar dapat memperoleh hasil yang maksimal dalam mengurangi kelemahan yang ada pada sistem yang sudah ada. Arsitektur energi efisiensi yang dikaji merupakan *Adaptive Clustering Wireless Geophone* (ACWG) yang menitik beratkan untuk setiap transmisi yang dijalankan agar memilih *master geophone* dari node wg yang memiliki daya yang paling besar pada setiap group nya. Dari penelitian yang dilakukan, terbukti bahwa arsitektur energi efisiensi *Adaptive Clustering Wireless Geophone* dapat menghemat daya sebesar 8.03% dan memperpanjang lama hidup node wg sebesar 50% dibandingkan dengan arsitektur *wireless geophone* yang tidak menerapkan efisiensi energi *adaptive clustering*.

Kata kunci : *geophone*, jaringan nirkabel, efisiensi energi, *adaptive clustering wireless geophone*, *master geophone*, daya, lama hidup.

Abstract

Up until now, geophysical surveys on oil and gas exploration still rely on cables to transmit seismic data from geophones to data collection centers. The existing system is very reliable in terms of speed of data transmission, but has weaknesses in the aspects of procurement and maintenance. There is the latest research to cover the weaknesses that exist with the use of wireless networks in its implementation, but it is still necessary to apply an energy efficiency architecture in order to obtain maximum results in reducing the weaknesses that exist in the existing system. The energy efficiency architecture studied is the *Adaptive Clustering Wireless Geophone* (ACWG) which focuses on each transmission run in order to select the master geophone from the WG node that has the greatest power in each group. From the research conducted, it is proven that the energy efficiency architecture of *Adaptive Clustering Wireless Geophones* can save power by 8.03% and extend the lifetime of WG nodes by 50% compared to wireless geophone architectures that do not apply energy efficiency of adaptive clustering.

Keywords: *geophone*, wireless network, energy efficiency, *Adaptive clustering wireless geophone*, *master geophone*, power, lifetime.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Survey geofisik pada eksplorasi minyak dan gas bumi masih mengandalkan kabel untuk pengiriman data seismic dari *geophone* kepada *data collection center*. Sistem yang ada sangat dapat diandalkan dalam hal kecepatan pengiriman data, namun memiliki kelemahan pada aspek pengadaan dan pemeliharaan. [1].

Terdapat penelitian terbaru untuk menutup kelemahan yang ada dengan penggunaan jaringan nirkabel dalam implementasinya, namun tetap harus menerapkan arsitektur efisiensi energi agar dapat memperoleh hasil yang maksimal dalam mengurangi

kelemahan yang ada pada sistem yang sudah ada. Arsitektur energi efisiensi yang dikaji merupakan *Adaptive Clustering Wireless Geophone* (ACWG) yang menitik beratkan untuk setiap transmisi yang dijalankan agar memilih *master geophone* dari node wg yang memiliki daya yang paling besar pada setiap group nya. [1].

Hal ini diharapkan dapat menghemat sumber daya untuk melakukan komunikasi dan menambah *lifetime* pada *geophone* mengkaji pada implementasi WGN, dalam radius 72 km kuadrat dapat mengalokasikan hingga 190 node sensor WGN [5] yang akan menggunakan energi yang besar jika tidak menggunakan metode penghematan daya [1].

B. Topik dan Batasannya

Topik dikaji pada jurnal tugas akhir ini adalah:

- a. Bagaimana permodelan simulasi efisiensi energi *Wireless Geophone Network* menggunakan arsitektur *adaptive clustering*?
- b. Bagaimana hasil analisis efisiensi energi *Wireless Geophone Network* menggunakan arsitektur *adaptive clustering*?

Batasan masalah pada jurnal tugas akhir ini adalah:

- a. Simulasi pada aspek permodelan dari efisiensi energi *adaptive clustering*.
- b. Analisa daya terhadap efisiensi energi *adaptive clustering*.

C. Tujuan

Berdasarkan topik dan batasan yang telah disebutkan, didapatkan tujuan pembuatan jurnal tugas akhir ini adalah:

- a. Merancang dan menjalankan permodelan simulasi efisiensi energi *Wireless Geophone Network* menggunakan efisiensi energi *adaptive clustering*.
- b. Analisa hasil efisiensi energi *adaptive clustering* terhadap simulasi *Wireless Geophone Network*.

D. Organisasi Tulisan

Jurnal tugas akhir ini disusun dengan struktural sebagai berikut, bagian pertama dari jurnal menjelaskan pendahuluan yang akan dilanjutkan dengan studi terkait pada bagian kedua. Pada bagian ketiga dijelaskan tentang system yang dibangun dan dilakukan evaluasi hasil pada bagian keempat. Bagian terakhir yaitu bagian kelima dijelaskan kesimpulan dan saran.

II. KAJIAN TEORI

A. Wireless Sensor Network

Wireless Sensor Network adalah jaringan nirkabel yang terdiri dari node sensor yang dapat merasakan satu atau lebih fenomena seperti temperatur, kelembaban, cahaya, kecepatan dan lain-lain tergantung pada pengaplikasian. Node sensor juga memiliki chipset radio agar dapat saling berkomunikasi secara nirkabel antar node yang biasanya menggunakan sinyal frekuensi radio seperti sinyal ultrasonik dan sinyal cahaya yang terlihat [2].

B. Wireless Geophone Network

Wireless Geophone Network adalah sebuah transduser yang mendeteksi getaran dan mengkonversikannya ke dalam bentuk sinyal elektrik.

Sinyal elektrik dari *geophone* diperkuat dan ditransmisikan melalui *wireless network* yang lalu akan di analisis serta diproses [3].

C. Adaptive Clustering Wireless Geophone

Adaptive Clustering Wireless Geophone (ACWG) adalah metode komunikasi efisiensi energi antara *Wireless Geophone (WG)* dan *Wireless Gateway Nodes (WGN)*. Pada metode ACWG, WG yang saling berdekatan akan berorganisir di dalam kelompok dan akan dipilih satu *master WG*. Lalu data yang didapatkan akan dikirimkan oleh WG kepada *master WG* yang akan diproses dan ditransmisikan kepada WGN [1].

D. mWG Selection

mWG Selection merupakan tahapan yang dapat menentukan node *master Wireless Geophone* dari beberapa node WG yang ada pada suatu area. Mekanisme yang digunakan adalah *energy-based mechanism*, yaitu WG yang mempunyai energi yang lebih besar akan dipilih menjadi *mWG*. Saat iterasi pertama, *mWG* dipilih secara acak oleh WGN, pada iterasi pertama, setiap WG juga mengirimkan informasi tentang energi yang dimiliki dengan *mWG* yang akan dilanjutkan ke WGN. Lalu WGN akan menentukan WG mana yang akan digunakan sebagai *mWG* selanjutnya pada setiap kelompok berdasarkan informasi energi pada setiap WG melalui *mWG* sebelum iterasi selanjutnya [1].

E. nWG Association

Setelah tahap pemilihan *mWG*, *advertisement message (AD)*. AD merupakan pesan singkat yang berisikan identitas *mWG*. Setiap *nWG* menentukan *mWG* nya masing-masing berdasarkan kekuatan sinyal yang diterima oleh pesan AD oleh *mWG*. AD *mWG* yang paling kuat sinyalnya adalah *mWG* yang membutuhkan energi yang kecil untuk berkomunikasi [1].

F. Data Transmission Phase

Setiap *nWG* mengirimkan satu frame selama slot waktu yang telah dialokasikan. Durasi dari slot waktu bersifat konstan dan bergantung pada jumlah *nWG* pada *mWG service set*. [1].

G. Energy Efficiency

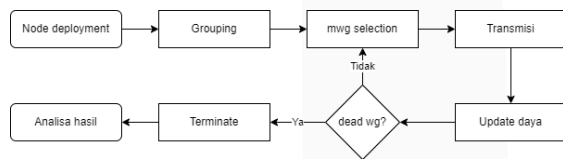
Energy Efficiency merupakan cara dalam menggunakan daya yang lebih kecil untuk mendapatkan hasil yang sama ataupun yang lebih baik. Dapat dilakukan dengan cara pemotongan biaya daya, mengurangi pengeluaran yang tidak diperlukan [6].

H. Matlab

Matlab adalah sistem komputasi teknis yang handal dalam menyelesaikan kalkulasi *scientific* dan kalkulasi *engineering*. Matlab merupakan kependekan dari Matrix Laboratory, karena sistem Matlab di desain untuk menyelesaikan komputasi matriks dengan mudah [4].

III. METODE

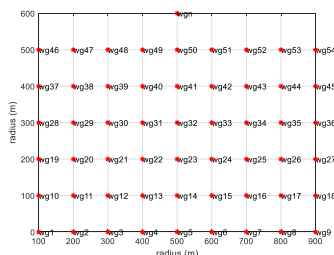
Alur pada sistem yang dibangun diawali dengan proses *node deployment* yang merupakan penyebaran awal untuk node wg yang akan digunakan yang dilanjutkan dengan proses *grouping* untuk pengelompokan node wg yang sudah tersebar. Mwg selection pada iterasi pertama dilakukan secara acak oleh WGN yang akan dilanjutkan ke proses transmisi, setelah setiap proses transmisi selesai dilakukan maka akan dilakukan update daya yang terpakai dan yang tersisa untuk semua node wg yang ada, jika ditemukan salah satu node wg kehabisan daya maka proses akan diberhentikan dan dilakukan analisa terhadap hasil yang didapatkan, namun jika belum ditemukan adanya node wg yang kehabisan daya, maka akan diulangi terus menerus proses *mwg selection*, transmisi dan update daya sampai ditemukannya node wg yang kehabisan daya.



GAMBAR 1. Flowchart model

A. Node Deployment dan grouping

Pada survei tanah seismic biasanya menggunakan 10.000 sampai 30.000 node wg dalam skala area 100km x 100km (10.0000m x 10.0000m) [1]. maka akan dilakukan simulasi dengan skala 1:200 menggunakan 54 node wg dengan jumlah energi 10.000 J untuk setiap node pada skala area 1000m x 500m. Dengan sifat infrastruktur geophone yang memiliki lokasi yang sudah ditentukan sebelumnya [1], maka dapat dilakukan *node deployment* sebagai berikut.



GAMBAR 2. Node Deployment

Sesuai dengan gambar 2, algoritma yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3 dengan memanfaatkan distribusi node *wireless geophone* yang merata pada luas area yang sudah ditentukan sebelumnya. Setelah dilakukan penyebaran node *wireless geophone*, maka dilakukan plotting untuk semua node *wireless geophone* dan WGN (*Gateway Node*) pada grafik matlab dengan fungsi yang sudah disediakan.

<pre>wg=54; for i=1:wg if i<10 temp1=temp1 +100; x_locwg(i)=te mp1; y_locwg(i)=0; elseif i<19 temp2=temp2 +100; x_locwg(i)=te mp2; y_locwg(i)=1 00; elseif i<28 temp3=temp3 +100; x_locwg(i)=te mp3; y_locwg(i)=2 00; elseif i<37 temp4=temp4 +100; x_locwg(i)=te mp4; y_locwg(i)=3 00; elseif i<46 temp5=temp5 +100; x_locwg(i)=te mp5; y_locwg(i)=4 00; wg_id(i)=i; wg_energy(i) =10000; wg_x(i)=x_lo cwg(i); wg_y(i)=y_lo cwg(i); plot(x_locwg(i),</pre>	<pre>else temp6=temp6+1 00; x_locwg(i)=temp 6; y_locwg(i)=500; end wg_id(i)=i; wg_energy(i)=10 000; wg_x(i)=x_locw g(i); wg_y(i)=y_locw g(i); plot(x_locwg(i), y_locwg(i),'b','lin ewidth',2); text(x_locwg(i),y _locwg(i),['wg',n um2str(i)]); hold on; end figure(1); plot(x_locwg,y_lo cwg,'r*','linewi dth',1); plot(500,600,'r*','linewi dth',1); text(500,600,['w gn']); xlabel('radius (m)'); ylabel('radius (m)');; hold on; grid on;</pre>
--	--

GAMBAR 3. Algoritma Node Deployment

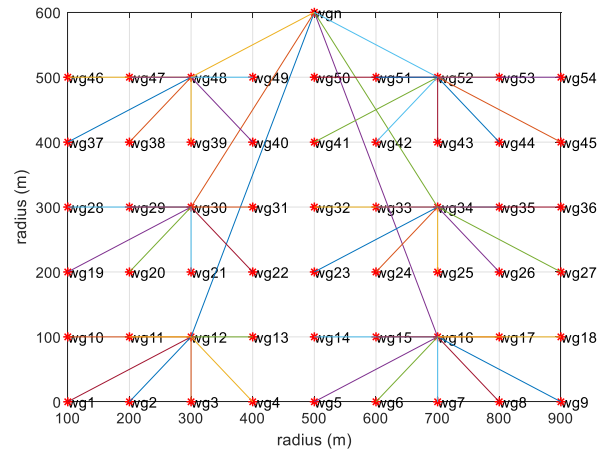
Setelah dilakukan node deployment, akan dilakukan grouping yang akan menentukan posisi pemilihan mwg yang dilakukan pada setiap group. Dalam skala 2km x 2km, efisiensi energi adaptive clustering pada wireless geophone network terbukti dapat memberikan hasil yang baik dengan menggunakan 25 grouping. Maka dalam kasus jurnal tugas akhir ini, dalam skala 500m x 1000m wireless geophone network akan dibagi dalam 6 group dengan implementasi sesuai dengan gambar 4.

<pre> for i=1:wg if i<6 wg_energycluster1(i)=wg_energy(i); elseif i<10 wg_energycluster2(i)=wg_energy(i); elseif i<15 wg_energycluster1(i)=wg_energy(i); elseif i<19 wg_energycluster2(i)=wg_energy(i); elseif i<24 wg_energycluster3(i)=wg_energy(i); elseif i<28 wg_energycluster4(i)=wg_energy(i); </pre>	<pre> elseif i<33 wg_energycluster3(i)=wg_energy(i); elseif i<37 wg_energycluster4(i)=wg_energy(i); elseif i<42 wg_energycluster5(i)=wg_energy(i); elseif i<46 wg_energycluster6(i)=wg_energy(i); elseif i<51 wg_energycluster5(i)=wg_energy(i); else wg_energycluster6(i)=wg_energy(i); end end end </pre>
--	--

GAMBAR 4. Algoritma grouping

B. mWG Selection iterasi 1

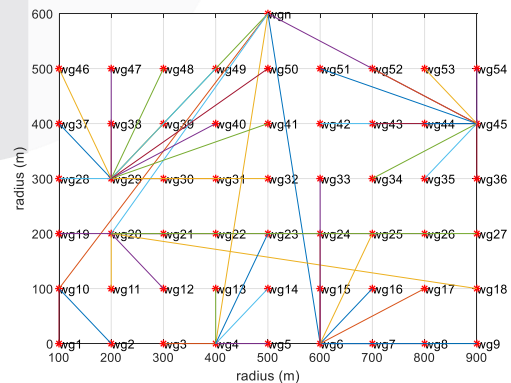
Pada iterasi pertama, WGN akan menentukan secara acak wg yang akan bertugas sebagai mwg dan menyalurkan informasi dari semua wg yang terhubung. Dalam tahapan ini, kasus akan dibagi kedalam dua scenario, yaitu best case scenario dan normal case scenario. Best case scenario merupakan kondisi dimana dalam setiap group pada iterasi pertama terpilih mwg yang memiliki jarak yang tidak terlalu jauh dari semua node wg yang terhubung. Sedangkan normal case scenario merupakan kondisi dimana setiap mwg yang terpilih pada iterasi pertama memiliki jarak tidak berimbang.



GAMBAR 5. mWG Selection pada iterasi pertama (best case scenario)

<pre> temparray(1)=12; temparray(2)=30; temparray(3)=48; temparray(4)=16; temparray(5)=34; temparray(6)=52; for i=1:6 mwg_id(i)=temparray(i); end </pre>	<pre> for i=1:wg for k=1:6 if wg_id(i)==mwg_id(k) x_locmwg(k)=x_locwg(i); y_locmwg(k)=y_locwg(i); end end end </pre>
--	--

GAMBAR 6. Algoritma mWG Selection pada iterasi pertama (best case scenario)



GAMBAR 7. mWG Selection pada iterasi pertama (normal case scenario)

```

temparray=randsample(wg_id,6);

for i=1:6
    mwg_id(i)=temparray(i);
end

for i=1:wg
    for k=1:6
        if wg_id(i)==mwg_id(k)
            x_locmwg(k)=x_locwg(i);
            y_locmwg(k)=y_locwg(i);
        end
    end
end
end

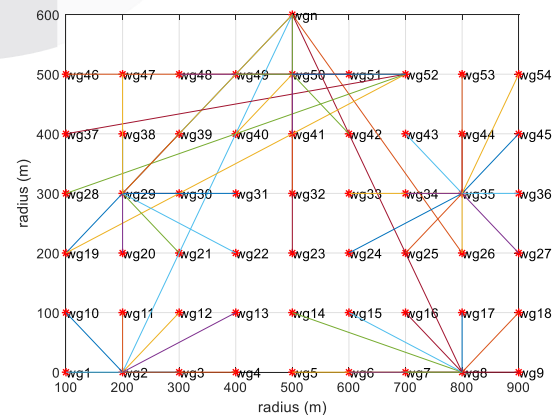
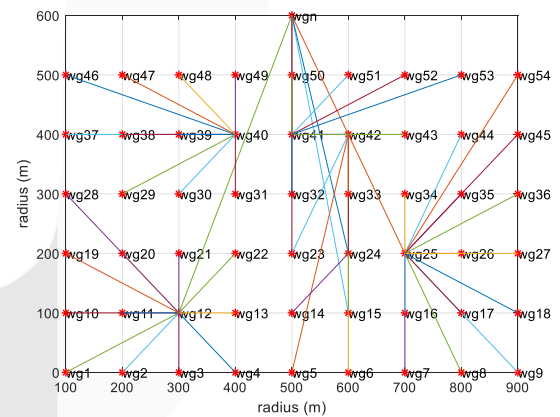
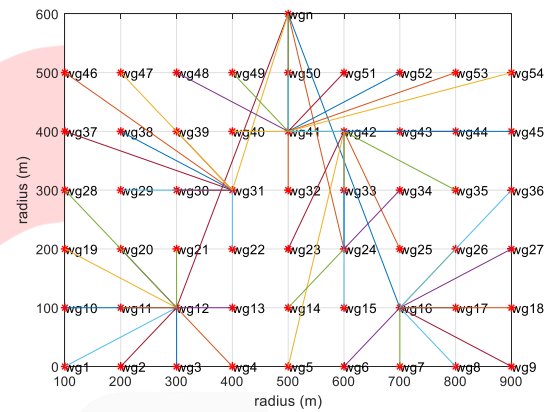
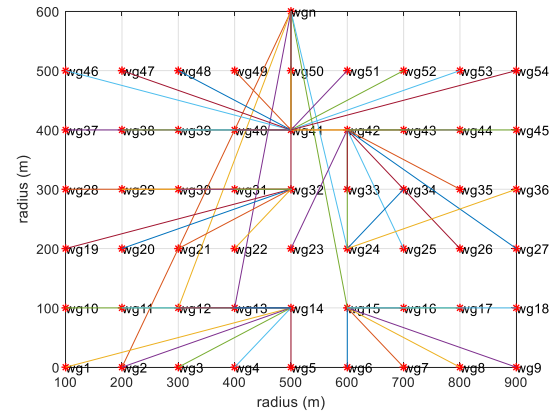
```

GAMBAR 8. Algoritma *mWG Selection* pada iterasi pertama (*normal case scenario*)

Sesuai dengan gambar 5 sampai dengan gambar 8 untuk perbedaan antara *best case scenario* dan *normal case scenario*, algoritma pada *best case scenario* memanfaatkan pemilihan mwg pada wg yang memiliki jarak yang berimbang untuk setiap group, sedangkan pada *normal case scenario* dilakukan randsample (pemilihan secara acak sesuai dengan jumlah yang diinginkan) terhadap semua wg yang ada.

C. *mWG Selection* iterasi lebih dari satu pada setiap transmisi

Tahapan selanjutnya, setiap wg menentukan mwg nya masing-masing untuk setiap cluster, mencari node yang memiliki daya paling besar untuk melakukan transmisi data [1]. Tahapan ini dilakukan berulang kali sampai salah satu node wg kehabisan daya. Berikut merupakan beberapa tangkapan layar efisiensi *adaptive clustering*, melakukan pencarian berulang terhadap wg pada setiap grup yang memiliki daya paling besar pada untuk menjadi mwg selanjutnya.



Gambar 9. *mWG Selection* pada setiap transmisi

```
terbesar1=max(wg_energycluster1);  
terbesar2=max(wg_energycluster2);  
terbesar3=max(wg_energycluster3);  
terbesar4=max(wg_energycluster4);  
terbesar5=max(wg_energycluster5);  
terbesar6=max(wg_energycluster6)  
for i=1:wg  
    if wg_energy(i)==terbesar1  
        mwg_id(1)=wg_id(i);  
        x_locmwg(1)=wg_x(i);  
        y_locmwg(1)=wg_y(i);  
  
    koneksi_mwg(i)=plot([x_locmwg(1)  
500],[y_locmwg(1) 600]);
```

```
elseif wg_energy(i)==terbesar2  
    mwg_id(2)=wg_id(i);  
    x_locmwg(2)=wg_x(i);  
    y_locmwg(2)=wg_y(i);  
  
    koneksi_mwg(i)=plot([x_locmwg(2)  
500],[y_locmwg(2) 600]);  
elseif wg_energy(i)==terbesar3  
    mwg_id(3)=wg_id(i);  
    x_locmwg(3)=wg_x(i);  
    y_locmwg(3)=wg_y(i);  
  
    koneksi_mwg(i)=plot([x_locmwg(3)  
500],[y_locmwg(3) 600]);
```

```

elseif wg_energy(i)==terbesar4
    mwg_id(4)=wg_id(4);
    x_locmwg(4)=wg_x(i);
    y_locmwg(4)=wg_y(i);
    koneksimwg(i)=plot([x_locmwg(4)
500],[y_locmwg(4) 600]);
elseif wg_energy(i)==terbesar5
    mwg_id(5)=wg_id(5);
    x_locmwg(5)=wg_x(i);
    y_locmwg(5)=wg_y(i);
    koneksimwg(i)=plot([x_locmwg(5)
500],[y_locmwg(5) 600]);
elseif wg_energy(i)==terbesar6
    mwg_id(6)=wg_id(5);
    x_locmwg(6)=wg_x(i);
    y_locmwg(6)=wg_y(i);
    koneksimwg(i)=plot([x_locmwg(5)
500],[y_locmwg(5) 600]);
end
for i=1:wg
    jarak_temp1(i)=round(sqrt((x_locmwg(1)-
x_locwg(i))^2+(y_locmwg(1)-
y_locwg(i))^2));
    jarak_temp2(i)=round(sqrt((x_locmwg(2)-
x_locwg(i))^2+(y_locmwg(2)-
y_locwg(i))^2));
    jarak_temp3(i)=round(sqrt((x_locmwg(3)-
x_locwg(i))^2+(y_locmwg(3)-
y_locwg(i))^2));
    jarak_temp4(i)=round(sqrt((x_locmwg(4)-
x_locwg(i))^2+(y_locmwg(4)-
y_locwg(i))^2));
    jarak_temp5(i)=round(sqrt((x_locmwg(5)-
x_locwg(i))^2+(y_locmwg(5)-
y_locwg(i))^2));
    if jarak_temp1(i)<jarak_temp2(i) &&
    jarak_temp1(i)<jarak_temp3(i) &&
    jarak_temp1(i)<jarak_temp4(i) &&
    jarak_temp1(i)<jarak_temp5(i) &&
    jarak_temp1(i)<jarak_temp6(i)
        jarak_wg(i)=jarak_temp1(i);
        wg_energy(i)=wg_energy(i)-
jarak_wg(i);
        koneksi(i)=plot([wg_x(i)
x_locmwg(1)], [wg_y(i) y_locmwg(1)]);
    elseif jarak_temp2(i)<jarak_temp3(i) &&
    jarak_temp2(i)<jarak_temp4(i) &&
    jarak_temp2(i)<jarak_temp5(i) &&
    jarak_temp2(i)<jarak_temp6(i)

```

```

        jarak_wg(i)=jarak_temp2(i);
        wg_energy(i)=wg_energy(i)-jarak_wg(i);
        koneksi(i)=plot([wg_x(i)
x_locmwg(2)], [wg_y(i) y_locmwg(2)]);
    elseif jarak_temp3(i)<jarak_temp4(i) &&
    jarak_temp3(i)<jarak_temp5(i) &&
    jarak_temp3(i)<jarak_temp6(i)
        jarak_wg(i)=jarak_temp3(i);
        wg_energy(i)=wg_energy(i)-jarak_wg(i);
        koneksi(i)=plot([wg_x(i)
x_locmwg(3)], [wg_y(i) y_locmwg(3)]);
    elseif jarak_temp4(i)<jarak_temp5(i) &&
    jarak_temp4(i)<jarak_temp6(i)
        jarak_wg(i)=jarak_temp4(i);
        wg_energy(i)=wg_energy(i)-jarak_wg(i);
        koneksi(i)=plot([wg_x(i)
x_locmwg(4)], [wg_y(i) y_locmwg(4)]);
    elseif jarak_temp5(i)<jarak_temp6(i)
        jarak_wg(i)=jarak_temp5(i);
        wg_energy(i)=wg_energy(i)-jarak_wg(i);
        koneksi(i)=plot([wg_x(i)
x_locmwg(5)], [wg_y(i) y_locmwg(5)]);
    else
        jarak_wg(i)=jarak_temp6(i);
        wg_energy(i)=wg_energy(i)-jarak_wg(i);
        koneksi(i)=plot([wg_x(i)
x_locmwg(6)], [wg_y(i) y_locmwg(6)]);
    end
    for k=1:6
        if wg_id(i)==mwg_id(k)
            jarak_wg(i)=jarak_mwg(k);
            wg_energy(i)=wg_energy(i)-jarak_wg(i);
        end
    end
    jumlah=jumlah+jarak_wg(i);
end
end
for i=1:wg
    if wg_energy(i)<1
        deadwg=1;
    end
end
jumlahtotal(iterasi)=jumlah;
total=total+jumlahtotal(iterasi);
rata(iterasi)=round(jumlahtotal(iterasi)/wg);
iterasi=iterasi+1;
jumlah=0;
delete(koneksi);
delete(koneksimwg);
end

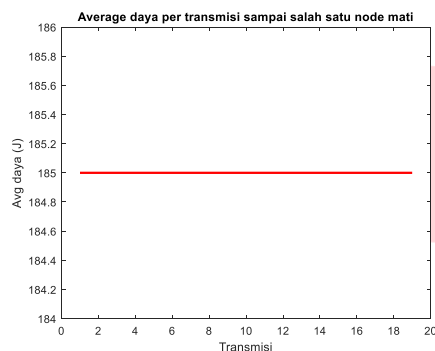
```

Gambar 10. Algoritma *mWG Selection* pada setiap transmisi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian

Parameter hasil pengujian pada penelitian ini merupakan perbandingan rata-rata pemakaian daya per-transmisi, perbandingan total energy yang digunakan keseluruhan dan juga perbandingan *lifetime node wireless geophone* yang menggunakan efisiensi energi *adaptive clustering* dan yang tidak menggunakan efisiensi energi *adaptive clustering*.



Total energy yang digunakan (J) =

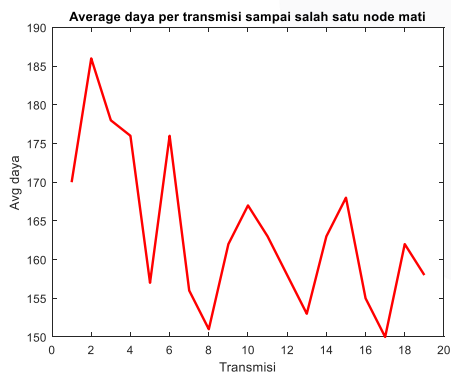
189430



iterasi

19

GAMBAR 11. Hasil pengujian non acwg (*best case scenario*)



Total energy yang digunakan (J) =

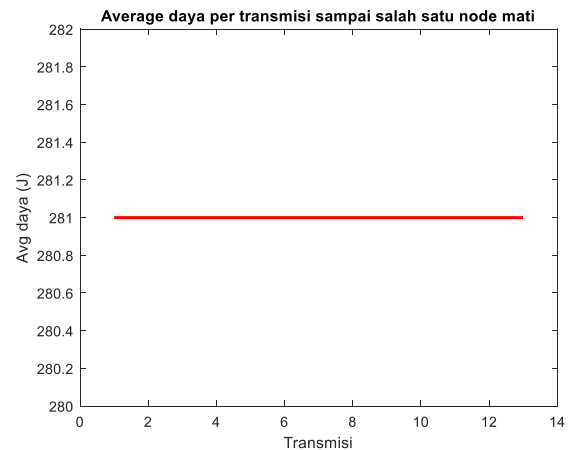
158652



iterasi

20

GAMBAR 12. Hasil pengujian acwg (*best case scenario*)



Total energy yang digunakan (J) =

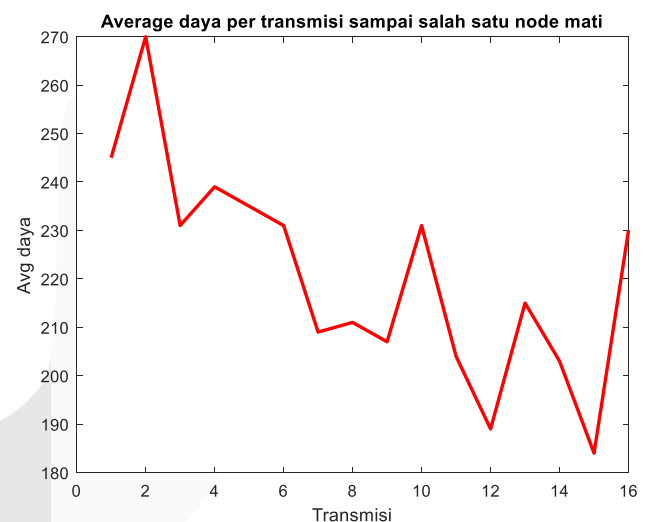
197301



iterasi

13

GAMBAR 13. Hasil pengujian non acwg (*normal case scenario*)



Total energy yang digunakan (J) =

177504



iterasi

17

GAMBAR 14. Hasil pengujian acwg (*normal case scenario*)

Dapat dilihat pada gambar 11 sampai dengan gambar 14, hasil pengujian non acwg memiliki penggunaan rata-rata daya yang konstan dibanding dengan pengujian acwg, hal ini disebabkan karena non acwg tidak melakukan proses *adaptive clustering* yang menyebabkan mwg yang sama untuk setiap transmisi yang juga berarti penggunaan energi yang konstan untuk setiap iterasinya.

B. Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan:

Tabel 1. Hasil pengujian non acwg (*normal case scenario*)

Percobaan ke-	Max avg (J)	Min avg (J)	Total daya (J)	Total iterasi
1	281	281	197301	13
2	306	306	247755	15
3	284	284	122672	8
4	202	202	185283	17
5	312	312	168330	10
6	284	284	138042	9
7	253	253	123183	9
8	260	260	168300	12
9	297	297	176385	11
10	204	204	176000	16
11	320	320	190167	11
12	346	346	224124	12
13	314	314	152496	9
14	335	335	162882	9
15	238	238	128660	10
16	298	298	144801	9
17	293	293	126760	8
18	352	352	151912	8
19	218	218	141000	12
20	239	239	142164	11
Rata- rata	283.15	283.15	160192.6	10.7

Tabel 1 menampilkan data dari 20 pengujian non acwg (*normal case scenario*) dan merekam data max avg, min avg, total daya dan total iterasi pada setiap percobaan yang setelahnya dilakukan perhitungan rata-rata terhadap total percobaan.

TABEL 2. Hasil pengujian acwg (*normal case scenario*)

Percobaan ke-	Max avg (J)	Min avg (J)	Total daya (J)	Total iterasi
1	270	184	177504	17
2	221	169	142377	16
3	242	165	133887	15
4	226	158	148420	17
5	226	158	179842	21
6	202	175	122146	14
7	205	173	117481	14
8	181	155	126965	16
9	279	164	142961	16
10	207	178	174011	19

11	215	180	138715	15
12	191	158	151229	18
13	209	164	126946	15
14	243	195	147849	15
15	225	182	141188	15
16	241	179	107428	12
17	243	176	122717	14
18	283	188	151055	15
19	222	169	145510	16
20	227	180	106754	12
Rata- rata	227.9	172.5	140249.25	15.6

Tabel 2 menampilkan data dari 20 pengujian acwg (*normal case scenario*) dan merekam data max avg, min avg, total daya dan total iterasi pada setiap percobaan yang akan dilakukan perhitungan rata-rata terhadap total percobaan.

Perbandingan data yang dapat dilihat pada tabel 1 dan 2, berhasil terlihat bahwa pengujian pada acwg berhasil mendapatkan hasil yang lebih optimal dengan penggunaan rata-rata total daya yang lebih kecil dan rata-rata total iterasi yang lebih besar dibandingkan dengan hasil pengujian non acwg.

TABEL 3. Hasil pengujian non acwg (*best case scenario*)

Max avg (J)	Min avg (J)	Total daya (J)	Total iterasi
185	185	189.430	19

TABEL 4. Hasil pengujian acwg (*best case scenario*)

Max avg (J)	Min avg (J)	Total daya (J)	Total iterasi
186	150	158.661	20

Tabel 3 dan 4 menampilkan data dari hasil pengujian non acwg dan acwg (*best case scenario*), yang hanya memiliki satu hasil dikarenakan mwg pada iterasi pertama yang memiliki jarak berimbang terhadap semua wg yang terhubung. Maka hasil yang didapatkan selalu sama untuk setiap perulangan pengujiannya.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan pada bagian sebelumnya, didapatkan data yang menyimpulkan bahwa penggunaan permodelan efisiensi energi *adaptive clustering* pada *wireless geophone* mendapatkan hasil penggunaan energi

yang lebih efisien, dengan total 15.6 iterasi menggunakan 140249.25 J energi dibandingkan dengan *wireless geophone* yang tidak menggunakan *adaptive clustering*, hanya mendapatkan total 10.7 iterasi dan sudah menggunakan energi sebesar 160192.6 J. Permodelan efisiensi energi *adaptive clustering* berhasil memperpanjang lama hidup node wg sebesar 50% dengan pemakaian energi 8.03% lebih kecil dari *wireless geophone* yang tidak menggunakan efisiensi energi *adaptive clustering*.

Dapat dilihat juga pada *best case scenario*, permodelan efisiensi energi *adaptive clustering* membuktikan pemakaian daya yang lebih sedikit pada total iterasi yang lebih besar, yaitu 20 total iterasi pada 158.661 J dibandingkan dengan 19 total iterasi pada 189.430 J. Permodelan efisiensi energi *adaptive clustering* mendapatkan hasil yang lebih baik dengan menghemat daya sebesar 6% dengan penambahan masa hidup node sebesar 1 iterasi.

REFERENSI

- [1] Iqbal N. 2019. Energy Efficient Architecture for Wireless Geophone network. SEG International Exposition and 89th Annual Meeting..
- [2] Al-Kofah Mi, Ahmed E. 2015. Resilient Wireless Sensor Networks: The Case of Network Coding. Springer International Publishing. pp 1.
- [3] Enwenode O. 2014. Seismic Data Analysis Techniques in Hydrocarbon Exploration. [Online] Available at: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/geophone/>
- [4] Brian D, Daniel T. 2019. "Essential MATLAB for Engineers and Scientists 7th Ed. Academic Press. pp 3.
- [5] Varim A, Gordon L. 2014. Energy Efficient Network Architecture for Seismic Data Acquisition via Wireless Geophones. Center for Energy and Geo Processing School of Electrical & Computer Engineering. Atlanta, USA.
- [6] "What is Energy Efficiency?" Available at: https://www.energystar.gov/about/about_energy_efficiency#:~:text=Simply%20put%2C%20energy%20efficiency%20means,through%20inefficiencies%20and%20energy%20waste.