

Simulasi Wireless Sensor Network untuk Mitigasi Bencana Kebakaran di Hutan Hujan Tropis Bukit Soeharto

Jimi¹, Fahrul Agus^{2*}, Medi Taruk³

Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Jalan Sambaliung Kampus Gn. Kelua Universitas Mulawarman, Samarinda 76126, Indonesia
*email korespondensi: fahrulagus@unmul.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Histori Artikel

Diterima : 30 Mei 2023
Direvisi : 15 Juni 2023
Diterbitkan : 30 Agustus 2023

Kata Kunci:

Wireless Sensor Network (WSN)
Pegasis
Throughput
Delay
Jitter
Packet Loss

ABSTRAK

Kebakaran hutan di Indonesia dianggap sebagai masalah tahunan yang menyebabkan masalah serius dibidang kesehatan dan lingkungan, terutama di Sumatera dan Kalimantan. Sekitar 99% kejadian kebakaran hutan di Indonesia disebabkan oleh aktivitas manusia baik sengaja maupun tidak. Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan *Wireless Sensor Network* (WSN) dengan menggunakan protokol PEGASIS yang diharapkan dapat digunakan untuk mitigasi bencana kebakaran di hutan hujan tropis Bukit Soeharto. Simulasi ini menerapkan node berjumlah 10, 25, 50 dan 100, yang masing-masing dilakukan dua kali percobaan yaitu, simulasi menggunakan protokol PEGASIS dan simulasi tanpa protokol. Terdapat empat parameter *quality of service* (QoS) yang diukur pada simulasi ini, yakni: *throughput*, *delay*, *jitter* dan *packet loss*. Penelitian ini menggunakan metode uji statistik-*t* berpasangan. Hasil simulai menunjukkan bahwa pada parameter *jitter*, penggunaan protocol PEGASIS memberikan nilai yang lebih tinggi dibandingkan tanpa protokol. Sedangkan untuk 3 parameter lain, penerapan protokol tidak berpengaruh nyata.

2023 SAKTI – Sains, Aplikasi, Komputasi dan Teknologi Informasi.

Hak Cipta.

I. Pendahuluan

Kebakaran hutan di Indonesia dianggap sebagai masalah tahunan yang menyebabkan masalah serius dibidang kesehatan dan lingkungan, terutama di Sumatera dan Kalimantan [1]. Kebakaran hutan dapat mengakibatkan rusaknya berbagai macam vegetasi yang membuat hutan tidak bisa menjalankan fungsi ekologisnya secara maksimal. Hal inipun berdampak pada berkurangnya keanekaragaman hayati yang ada maupun habitat bagi satwa liar penghuni hutan. Tidak sampai disitu, untuk masalah kesehatan asap yang diakibatkan oleh kebakaran hutan dapat mengakibatkan gangguan saluran pernapasan, hal ini tentu saja akan sangat berdampak buruk untuk manula, bayi dan pengidap penyakit paru, meskipun tidak dipungkiri dampak tersebut bisa mengenai orang sehat [2].

Untuk membantu manusia dalam memantau lingkungan, terutama hutan tropis yang rawan akan terjadinya kebakaran hutan, saat ini sudah di kembangkan teknologi Wireless Sensor Network (WSN). WSN merupakan sekumpulan node sensor yang diatur sedemikian rupa sehingga membentuk sebuah jaringan yang saling berkomunikasi secara nirkabel [3]. Kelebihan dari WSN adalah kemampuannya untuk bekerja di lingkungan yang bagi manusia sulit untuk memasukinya yang dikarenakan oleh resiko, tidak efisien ataupun kadang-kadang tidak mungkin[4].

Salah satu masalah dalam implementasi WSN yaitu tingkat konsumsi energi dan masa hidup dari jaringan tersebut, untuk mengatasi hal tersebut tentunya diperlukan sebuah protokol yang bisa membuat pengiriman data dapat dilakukan secara efektif, sehingga energi yang dikonsumsi lebih hemat[3]. Protokol yang bisa diterapkan pada WSN adalah protokol PEGASIS, PEGASIS adalah keluarga protokol routing dan pengumpulan informasi untuk WSN. Protokol PEGASIS berfungsi untuk memperpanjang masa pakai jaringan dan mengurangi penundaan data yang masuk dalam perjalanan menuju ke sink. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Widya Cahyadi, Muhammad Arief Wahyudi dan Catur Suko Sarwono (2018) disimpulkan bahwa hasil perbandingan protokol PEGASIS lebih unggul dibandingkan protokol Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) dan Hybrid Energy Efficient Distribute (HEED). Hal inilah yang mendasari penulis dalam melakukan penerapan protokol PEGASIS[5].

Oleh sebab itu, penelitian ini mengangkat judul “Simulasi Wireless Sensor Network (Wsn) Untuk Mitigasi Bencana Kebakaran Hutan Di Hutan Hujan Bukit Soeharto” menggunakan protokol PEGASIS pada hutan Bukit Soeharto. Hal ini bertujuan agar dapat mengetahui seberapa baik kinerja dari protokol PEGASIS dalam penerapannya pada sistem WSN untuk mitigasi masalah bencana kebakaran hutan di Bukit Soeharto.

II. Material dan Metode

A. Wireless Sensor Network

Wireless Sensor Network (WSN) didefinisikan sebagai salah satu model jaringan wireless terdistribusi yang dapat digunakan untuk melakukan proses pemantauan dan pengiriman data secara realtime. Pada WSN harus terdapat beberapa node yang saling terhubung serta menjadi sebuah WSN[8].

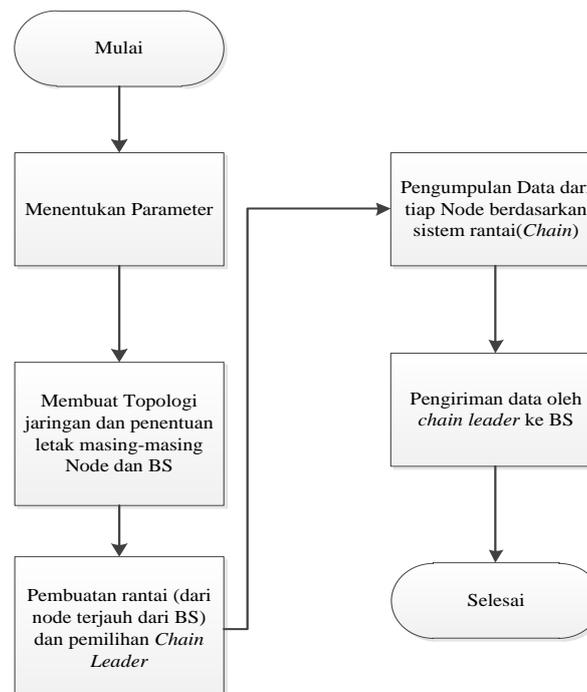
WSN terdiri dari empat komponen yaitu :

- **Unit Sensing**
Biasanya terdiri dari dua sub-unit: Sensor dan Analog to Digital Converters (ADCs). Sinyal analog dihasilkan oleh sensor berdasarkan pada pengamatan fenomena yang dikonversi ke sinyal digital oleh ADC, kemudian dikirimkan ke unit Processing.
- **Unit Processing**
Biasanya bersatu dengan unit memori yang berukuran kecil, mengatur prosedur kerjasama antar node sensor satu dengan yang lain untuk melakukan tugas sensing.
- **Unit Transceiver**
Merupakan modul wireless communication, yang bertugas menghubungkan node ke jaringan melalui komunikasi nirkabel.
- **Unit Power**
Biasanya merupakan baterai yang menjadi salah satu komponen penting node sensor, merupakan sumber energi utama bagi node sensor.

B. Protocol PEGASIS

PEGASIS merupakan salah satu pengembangan dari protokol LEACH. Ide utama dari PEGASIS yaitu masing-masing node mengirim dan menerima data dari node tetangga terdekat dan bergiliran menjadi leader untuk mentransmisikan data ke Base Station (BS). Pendekatan ini akan mendistribusikan beban energi yang cukup merata diantara node sensor di jaringan. Mula-mula node secara random ditempatkan pada area simulasi, lalu node-node tersebut akan diorganisir untuk membentuk sebuah susunan rantai (chain). Dalam penyusunan rantai, semua node diasumsikan memiliki pengetahuan global[5].

Alur dari protokol PEGASIS pada penelitian ini dapat dilihat pada flowchart Gambar 1 :



Gambar 1. Flowchart Protokol PEGASIS

Algoritma dari protokol PEGASIS pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1 dengan uraian sebagai berikut:

- 1) Menentukan parameter, yaitu proses penentuan parameter yang digunakan dalam simulasi pada penelitian ini.
- 2) Membuat Topologi jaringan dan menentukan letak masing-masing node dan BS, pada penelitian ini node disebar secara random (acak) memenuhi area sampel simulasi dimana BS digambarkan berada di titik 0,0 pada area sampel simulasi.
- 3) Pembuatan rantai dari node terjauh dari BS dan pemilihan masing-masing Chain Leader.
- 4) Proses menjalankan simulasi dengan mengambil data dari node terjauh menuju ke BS berdasarkan sistem rantai (chain).
- 5) Proses pengumpulan data dari masing-masing node yang dikumpulkan dan disatukan di masing-masing chain leader lalu dikirimkan ke BS.

C. Uji Hipotesis Paired T Test

Membahas tentang Paired Sample T Test dimana Uji ini dilakukan terhadap dua sample yang berpasangan (paired); Sampel yang berpasangan diartikan sebagai sebuah sampel dengan subjek yang sama namun mengalami dua perlakuan atau pengukuran yang berbeda, seperti subjek A akan mendapat perlakuan I dan kemudian perlakuan II[9].

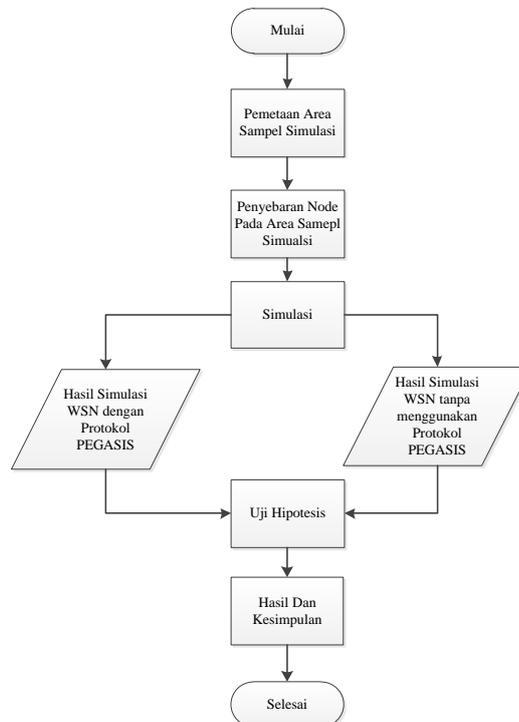
Untuk mengetahui perbedaan antara simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS dan simulasi WSN tanpa menggunakan protokol PEGASIS secara spesifik maka dilakukan pengujian hipotesis menggunakan metode pengujian Uji-T berpasangan (paired t test) dengan standar signifikansi 5% (0,05) dan 10% (0,1) dengan Interpretasi sebagai berikut:

Bandingkan nilai Sig.(2-tailed) dengan Alpha(α) apabila:

- Sig.(2-tailed) < Alpha(α) maka hasil simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS secara signifikan berbeda dengan simulasi WSN tanpa menggunakan protokol PEGASIS (ditolak)
- Sig.(2-tailed) > Alpha(α) maka hasil simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS secara signifikan tidak berbeda dengan simulasi WSN tanpa protokol PEGASIS (diterima).

D. Perancangan Pengujian

Desain alur sistem pengujian pada Simulasi *Wireless Sensor Network* (WSN) dengan metode PEGASIS pada Hutan Bukit Soeharto adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Alur Pengujian

Alur Pada Gambar 2 dapat dijelaskan seperti berikut:

- 1) Pemetaan area sampel simulasi
Yaitu proses penggambaran area simulasi pada hutan Bukit Soeharto dengan menggunakan aplikasi Qgis
- 2) Penyebaran node pada area sampel simulasi
Untuk penyebaran node dalam simulasi ini menggunakan aplikasi NSG2.1 dengan jumlah node bervariasi antara lain 10 node, 25 node, 50 node, 100 node.
- 3) Simulasi
Yaitu tahapan menjalankan Simulasi WSN pada aplikasi NS-2 berdasarkan perancangan yang sudah ditetapkan sebelumnya. Di mana simulasi akan dilakukan dua kali, yaitu simulasi WSN dengan menggunakan protokol PEGASIS dan simulasi WSN tanpa menggunakan protokol PEGASIS pada setiap variasi jumlah node yg sudah ditentukan.
- 4) Uji hipotesis
Hasil simulasi yang didapatkan selanjutnya akan di uji menggunakan Uji-T Berpasangan (*paired t test*) untuk mengetahui perbedaan antaran kedua simulasi secara spesifik.
- 5) Hasil dan kesimpulan
Ada dua hasil yang didapatkan pada simulasi WSN ini, yaitu hasil dari simulasi WSN dengan menggunakan protokol PEGASIS dan tanpa menggunakan protokol PEGASIS. Hasil yang telah didapatkan akan dilakukan perbandingan dengan Uji-T Berpasangan (Paired T-Test) yang kemudian akan diketahui perbandingan dan selisih dari simulasi WSN dengan menggunakan protokol PEGASIS dan simulasi WSN tanpa menggunakan protokol PEGASIS

III. Hasil dan Pembahasan

A. Pengolahan Data

Pengolahan Data pada simulasi ini dilakukan dengan jumlah node yang bervariasi antara lain 10, 25, 50 dan 100 node. Dimana masing-masing akan dilakukan dua kali simulasi yaitu, simulasi menggunakan protokol PEGASIS dan simulasi tanpa menggunakan protokol PEGASIS. Dimana simulasi ini akan mengambil sampel area hutan Bukit Soeharto sebagai penggambarannya. Simulasi yang dijalankan memiliki skenario dimana keseluruhan node berfungsi dengan baik dan tidak ada yang mati. adapun untuk kondisi dari area hutan hujan Bukit Soeharto yang menjadi sampel simulasi memiliki kondisi dalam keadaan normal. Peta dari Bukit Soeharto dan area yang digunakan sebagai sampel simulasi dapat dilihat pada gambar dan gambar sebagai berikut:



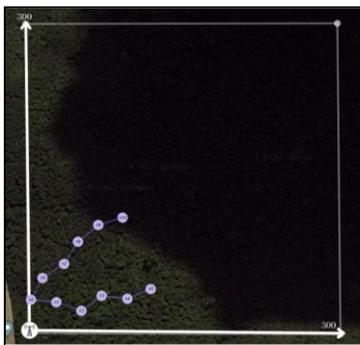
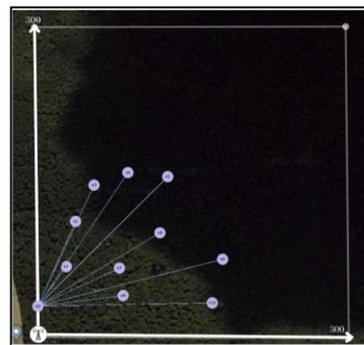
Gambar 3. Peta Bukit Soeharto



Gambar 4. Area Sampel Simulasi

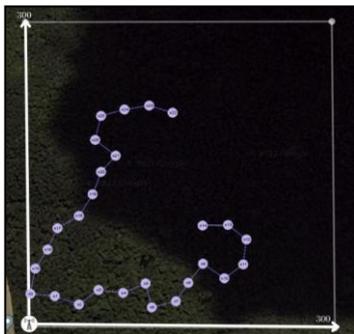
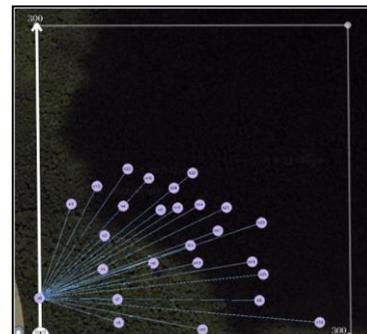
1) Simulasi 10 Node

Dalam skenario simulasi ini, jumlah node yang digunakan yaitu sebanyak 10 node yang disebar pada sampel area simulasi sebagai berikut:

Gambar 5. Simulasi 10 Node
Menggunakan Protokol
PEGASISGambar 6. Simulasi 10
Node Tanpa Menggunakan
Protokol PEGASIS

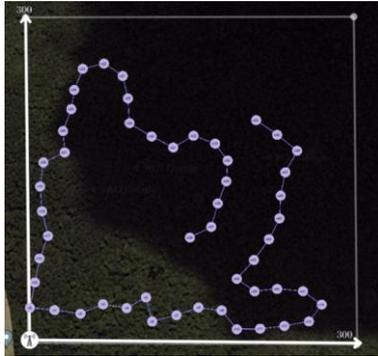
2) Simulasi 25 Node

Dalam skenario simulasi ini, jumlah node yang digunakan yaitu sebanyak 25 node yang disebar pada sampel area simulasi sebagai berikut:

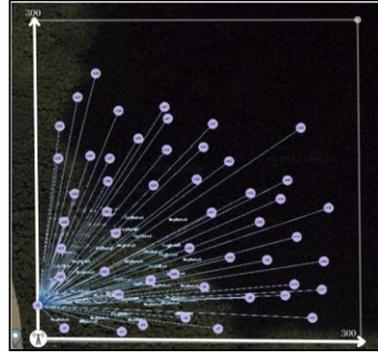
Gambar 7. Simulasi 25 Node
Menggunakan Protokol
PEGASISGambar 8. Simulasi 25 Node
tanpa Menggunakan Protokol
PEGASIS

3) Simulasi 50 Node

Dalam skenario simulasi ini, jumlah node yang digunakan yaitu sebanyak 50 node yang disebar pada sampel area simulasi sebagai berikut:



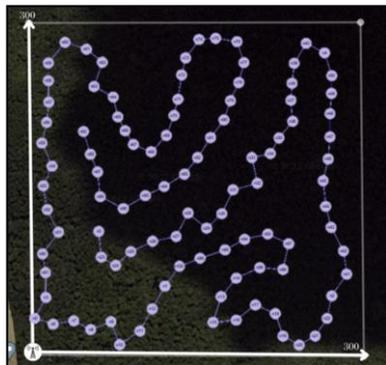
Gambar 9. Simulasi 50 Node Menggunakan Protokol PEGASIS



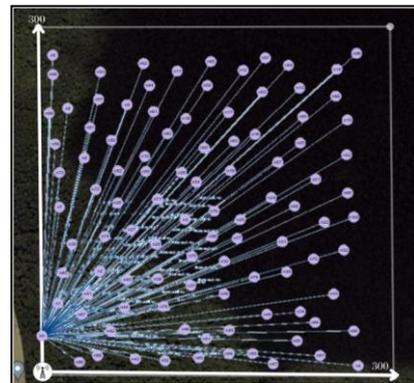
Gambar 10. Simulasi 50 Node tanpa Menggunakan Protokol PEGASIS

4) Simulasi 100 Node

Dalam skenario simulasi ini, jumlah node yang digunakan yaitu sebanyak 100 node yang disebar pada sampel area simulasi sebagai berikut:



Gambar 9. Simulasi 100 Node Menggunakan Protokol PEGASIS



Gambar 10. Simulasi 100 Node tanpa Menggunakan Protokol PEGASIS

B. Penerapan Proses

Pada tahap penerapan proses ini akan ditampilkan hasil yang telah didapatkan dari simulasi yang telah dilakukan, berdasarkan masing-masing jumlah node yang telah ditetapkan.

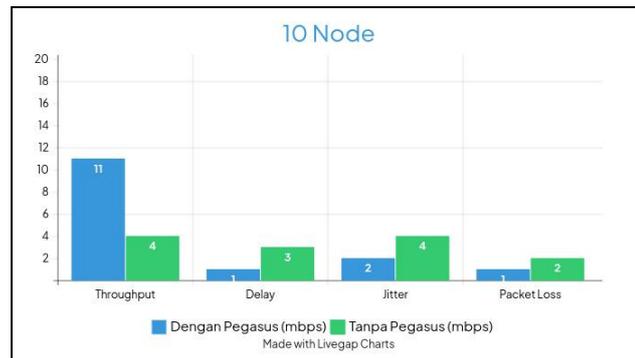
1) Hasil Simulasi 10 Node

Hasil dari simulasi WSN dengan menggunakan 10 node dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Simulasi WSN dengan 10 Node

Skenario	Throughput	Delay	Jitter	Packet Loss
Simulasi Menggunakan Protokol PEGASIS	11 mbps	1 mbps	2 mbps	1 mbps
Simulasi Tanpa Menggunakan Protokol PEGASIS	4 mbps	3 mbps	4 mbps	2 mbps

Hasil simulasi WSN dengan 10 node disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 11. Hasil Simulasi 10 Node

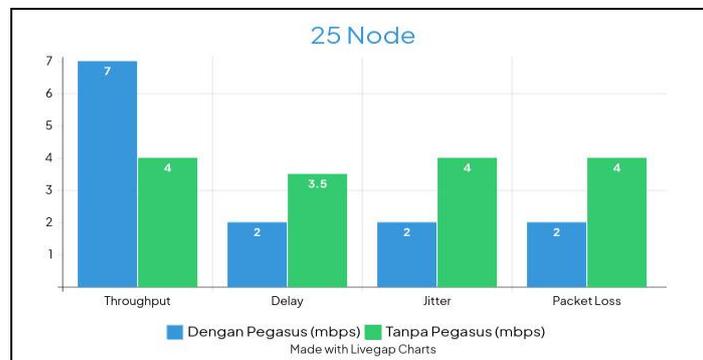
2) Hasil Simulasi 25 Node

Hasil dari simulasi WSN dengan menggunakan 25 node dapat di lihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil Simulasi WSN dengan 25 Node

Skenario	Throughput	Delay	Jitter	Packet Loss
Simulasi Menggunakan Protokol PEGASIS	7 mbps	2 mbps	2 mbps	2 mbps
Simulasi Tanpa Menggunakan Protokol PEGASIS	4 mbps	3.5 mbps	4 mbps	4 mbps

Hasil simulasi WSN dengan 25 node disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 12. Hasil Simulasi 25 Node

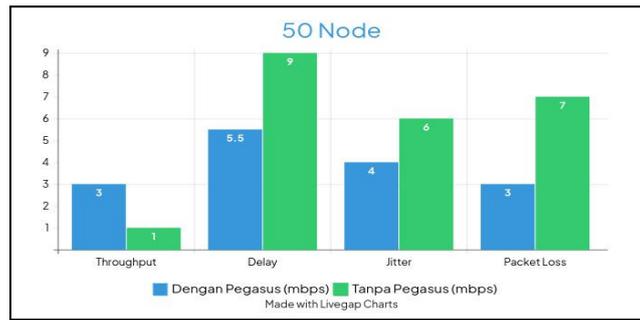
3) Hasil Simulasi 50 Node

Hasil dari simulasi WSN dengan menggunakan 50 node dapat di lihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil Simulasi WSN dengan 50 Node

Skenario	Throughput	Delay	Jitter	Packet Loss
Simulasi Menggunakan Protokol PEGASIS	3 mbps	5.5 mbps	4 mbps	3 mbps
Simulasi Tanpa Menggunakan Protokol PEGASIS	1 mbps	9 mbps	6 mbps	7 mbps

Hasil simulasi WSN dengan 50 node disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 13. Hasil Simulasi 50 Node

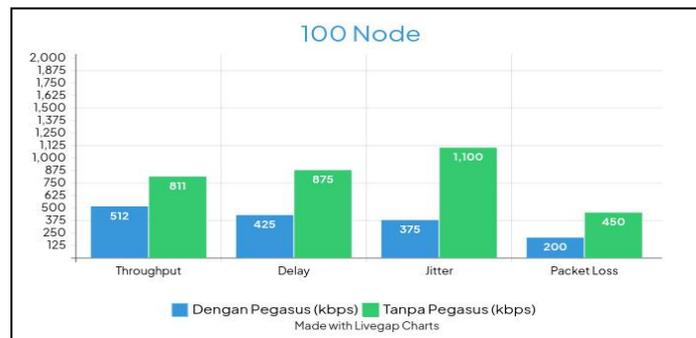
4) Hasil Simulasi 100 Node

Hasil dari simulasi WSN dengan menggunakan 100 node dapat di lihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hasil Simulasi WSN dengan 100 Node

Skenario	Throughput	Delay	Jitter	Packet Loss
Simulasi Menggunakan Protokol PEGASIS	3 kbps	5.5 kbps	4 kbps	3 kbps
Simulasi Tanpa Menggunakan Protokol PEGASIS	1 kbps	9 kbps	6 kbps	7 kbps

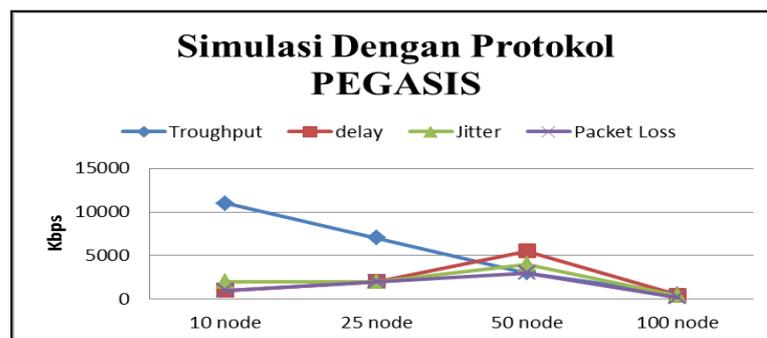
Hasil simulasi WSN dengan 100 node disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 14. Hasil Simulasi 100 Node

5) Hasil Simulasi menggunakan Protokol PEGASIS

Hasil Simulasi Menggunakan Protokol PEGASIS dapat dilihat pada gambar berikut:

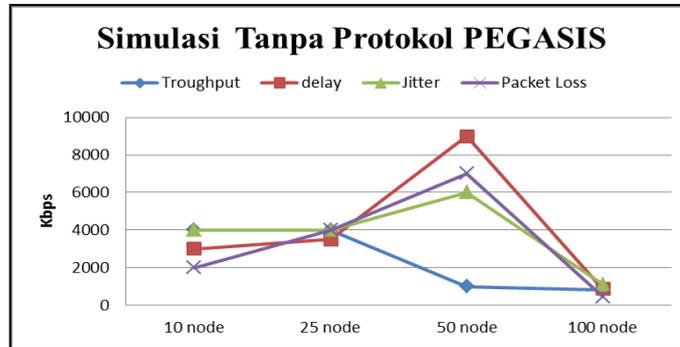


Gambar 15. Hasil Simulasi Menggunakan Protokol PEGASIS

Pada grafik diatas dapat terlihat untuk simulasi dengan protokol PEGASIS mendapatkan hasil yang berbeda-beda, dimana untuk nilai *throughput* pada setiap variasi node memiliki kecenderungan menurun sesuai semakin meningkatnya jumlah node. Sedangkan untuk *delay*, *jitter* dan *paket loss* memiliki nilai tertinggi di variasi 50 node dan nilai terendah di variasi 100 node.

6) Hasil Simulasi Tanpa Menggunakan Protokol PEGASIS

Hasil simulasi tanpa menggunakan protokol PEGASIS dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 16. Hasil Simulasi Tanpa Menggunakan Protokol PEGASIS

Pada grafik diatas dapat terlihat untuk simulasi tanpa protokol PEGASIS mendapatkan hasil yang berbeda-beda, dimana untuk *delay*, *jitter* dan *paket loss* nilai tertingginya ada pada variasi 50 node dan nilai terendahnya ada pada variasi 100 node. Sedangkan untuk nilai *throughput* titik nilai tertingginya ada pada variasi 10 node dan 25 node dan titik nilai terendahnya ada di variasi 100 node.

C. Hasil Pengujian

Berdasarkan simulasi yang dijalankan hasil data yang didapatkan akan di uji dengan Uji-T berpasangan menggunakan SPSS dan didapatkan hasil sebagai berikut:

1) Hasil *Throughput*

Untuk hasil *throughput* pada masing-masing simulasi dapat dilihat pada table 5 berikut:

Tabel 5. Hasil *Throughput*

Node	Menggunakan PEGASIS (kbps)	Tidak Menggunakan PEGASIS
10 Node	11000	4000
25 Node	7000	4000
50 Node	3000	1000
100 Node	512	811

Data yang didapatkan kemudian di uji menggunakan SPSS dengan metode pengujian Uji-T sampel berpasangan (Paired T-Test), dimana hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 6 dan tabel 7 berikut:

Tabel 6. Hasil *Paired Samples Statistics* Nilai *Throughput*

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	menggunakan protokol Pegasis	4	4603,28	2301,64
	tanpa protokol Pegasis	4	1788,27	894,13

Pada tabel 6 diatas menampilkan nilai throughput pada simulasi menggunakan protokol PEGASIS memiliki nilai Mean (rata-rata) sebesar 5378,0000 sedangkan untuk nilai throughput simulasi tanpa protokol PEGASIS memiliki nilai Mean (rata-rata) sebesar 2452,700.

Karena nilai *Mean* saat menggunakan protokol PEGASIS 5378,0000 > Mean tanpa menggunakan PEGASIS 2452,700, maka itu artinya secara deskriptif ada perbedaan rata-rata hasil nilai throughput antara simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS dan simulasi WSN tanpa menggunakan protokol PEGASIS. Untuk melihat apakah ada perbedaan nilai throughput yang nyata (signifikan) antara simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS dan simulasi WSN tanpa menggunakan protokol PEGASIS dapat dilihat pada tabel 7 berikut:

Tabel 7. Hasil *Paired Samples Test* Nilai *Throughput*

		Paired Differences					t	D f	Sig. (2- tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference					
				Lower	Upper				
Pair 1	Menggunakan protokol Pegasis-tanpa protokol Pegasis	2925,2	3047,5	1523,7	-1923,9	7774,4	1,92	3	0,151

Berdasarkan tabel 7 diatas, diketahui nilai Sig.(2-tailed) adalah sebesar 0,151. Jika perbandingan menggunakan nilai taraf signifikansi 5% (0,05) maka hasilnya ialah, $0,151 > 0,05$ atau Sig.(2-tailed) > Alpha (α), maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, sehingga dapat disimpulkan nilai *throughput* pada simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS secara signifikan tidak berbeda dengan nilai *throughput* pada simulasi WSN tanpa protokol PEGASIS.

Dan apa bila menggunakan nilai taraf signifikansi 10% (0,1) maka hasilnya ialah, $0,151 > 0,1$ atau Sig.(2-tailed) > Alpha (α), maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, sehingga dapat disimpulkan nilai *throughput* pada simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS secara signifikan tidak berbeda dengan nilai *throughput* pada simulasi WSN tanpa protokol PEGASIS.

2) Hasil *Delay*

Untuk hasil *delay* pada masing-masing simulasi dapat dilihat pada tabel 8:

Tabel 8. Hasil *Delay*

Node	Menggunakan PEGASIS (kbps)	Tidak Menggunakan PEGASIS
10 Node	1000	3000
25 Node	2000	3500
50 Node	5500	9000
100 Node	425	875

Data yang didapatkan kemudian di uji menggunakan SPSS dengan metode pengujian Uji-T sampel berpasangan (*Paired T-Test*), dimana hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 9 dan tabel 10 berikut:

Tabel 9. Hasil *Paired Samples Statistics* Nilai *Delay*

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Menggunakan Protokol Pegasis	2231,25	4	2274,25	1137,13
	Tanpa Protokol Pegasis	4093,75	4	3463,16	1731,58

Pada tabel 9 diatas menampilkan nilai *delay* pada simulasi menggunakan protokol PEGASIS memiliki nilai *Mean* (rata-rata) sebesar 2231,2500 sedangkan untuk nilai simulasi tanpa protokol PEGASIS memiliki nilai *Mean* (rata-rata) sebesar 4093,7500.

Karena nilai *Mean* saat menggunakan protokol PEGASIS $2231,2500 < Mean$ tanpa menggunakan PEGASIS 4093,7500, maka itu artinya secara deskriptif ada perbedaan rata-rata hasil nilai *delay* antara simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS dan simulasi WSN tanpa menggunakan protokol PEGASIS. Untuk melihat apakah ada perbedaan nilai *delay* yang nyata (signifikan) antara simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS dan simulasi WSN tanpa menggunakan protokol PEGASIS dapat dilihat pada tabel 10 berikut:

Tabel 10. Hasil *Paired Samples Test* Nilai *Delay*

		Paired Differences					t	Df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference					
				Lower	Upper				
Pair 1	Menggunakan Protokol Pegasis- Tanpa Protokol Pegasis	-1862,5	1268,4	634,2	-3880,9	155,9	-2,9	3	0,061

Berdasarkan tabel 10 diatas, diketahui nilai Sig.(2-tailed) adalah sebesar 0,061. Jika perbandingan menggunakan nilai taraf signifikansi 5% (0,05) maka hasilnya ialah, $0,061 > 0,05$ atau Sig.(2-tailed) $> \alpha$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, sehingga dapat disimpulkan nilai *delay* pada simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS secara signifikan tidak berbeda dengan nilai *delay* pada simulasi WSN tanpa protokol PEGASIS.

Dan apa bila menggunakan nilai taraf signifikansi 10% (0,1) maka hasilnya ialah, $0,061 < 0,1$ atau Sig.(2-tailed) $< \alpha$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, sehingga dapat disimpulkan nilai *delay* pada simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS secara signifikan berbeda dengan nilai *delay* pada simulasi WSN tanpa protokol PEGASIS.

3) Hasil Jitter

Untuk hasil *jitter* pada masing-masing simulasi dapat dilihat pada tabel 11:

Tabel 11. Hasil *Jitter*

Node	Menggunakan PEGASIS (kbps)	Tidak Menggunakan PEGASIS
10 Node	2000	4000
25 Node	2000	4000
50 Node	4000	6000
100 Node	375	11000

Data yang didapatkan kemudian di uji menggunakan SPSS dengan metode pengujian Uji-T sampel berpasangan (*Paired T-Test*), dimana hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 12 dan tabel 13:

Tabel 12. Hasil *Paired Samples Statistics* Nilai *Jitter*

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Menggunakan Protokol Pegasis	2093,75	4	1483,85	741,93
	Tanpa Protokol Pegasis	3775,00	4	2017,22	1008,61

Pada tabel 9 diatas menampilkan nilai jitter pada nilai simulasi menggunakan protokol PEGASIS memiliki nilai *Mean* (rata-rata) sebesar 2093,7500 sedangkan untuk nilai simulasi tanpa protokol PEGASIS memiliki nilai *Mean* (rata-rata) sebesar 3775,0000.

Karena nilai *Mean* saat menggunakan protokol PEGASIS $2093,7500 < Mean$ tanpa menggunakan PEGASIS 3775,0000, maka itu artinya secara deskriptif ada perbedaan rata-rata hasil nilai *jitter* antara simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS dan simulasi WSN tanpa menggunakan protokol PEGASIS. Untuk melihat apakah ada perbedaan nilai *jitter* yang nyata (signifikan) antara simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS dan simulasi WSN tanpa menggunakan protokol PEGASIS dapat dilihat pada tabel 13 berikut:

Tabel 13. Hasil *Paired Samples Test* Nilai *Jitter*

		Paired Differences					t	Df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference					
				Lower	Upper				
Pair 1	Menggunakan Protokol Pegasis- Tanpa Protokol Pegasis	-1681,2	637,5	318,7	-2695,6	-666,8	-5,3	3	0,013

Berdasarkan tabel 13 diatas, diketahui nilai Sig.(2-tailed) adalah sebesar 0,013. Jika perbandingan menggunakan nilai taraf signifikansi 5% (0,05) maka hasilnya ialah, $0,013 < 0,05$ atau $Sig.(2-tailed) < Alpha (\alpha)$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, sehingga dapat disimpulkan nilai *jitter* pada simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS secara signifikan berbeda dengan nilai *jitter* pada simulasi WSN tanpa protokol PEGASIS.

Dan apa bila menggunakan nilai taraf signifikansi 10% (0,1) maka hasilnya ialah, $0,013 < 0,1$ atau $Sig.(2-tailed) < Alpha (\alpha)$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, sehingga dapat disimpulkan nilai *jitter* pada simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS secara signifikan berbeda dengan nilai *jitter* pada simulasi WSN tanpa protokol PEGASIS.

4) Hasil Packet Loss

Untuk hasil packet loss pada masing-masing simulasi dapat dilihat pada tabel 14:

Tabel 14. Hasil Packet Loss

Node	Menggunakan PEGASIS (kbps)	Tidak Menggunakan PEGASIS
10 Node	1000	2000
25 Node	2000	4000
50 Node	3000	7000
100 Node	200	450

Data yang didapatkan kemudian di uji menggunakan SPSS dengan metode pengujian Uji-T sampel berpasangan (*Paired T-Test*), dimana hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 15 dan tabel 16 berikut:

Tabel 15. Hasil *Paired Samples Statistics* Nilai *Packet Loss*

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Menggunakan Protokol Pegasis	2093,75	4	1483,85	741,93
	Tanpa Protokol Pegasis	3775,00	4	2017,22	1008,61

Pada tabel 15 diatas menampilkan nilai packet loss pada nilai simulasi menggunakan protokol PEGASIS memiliki nilai *Mean* (rata-rata) sebesar 1550,0000 sedangkan untuk nilai simulasi tanpa protokol PEGASIS memiliki nilai *Mean* (rata-rata) sebesar 3362,5000.

Karena nilai *Mean* saat menggunakan protokol PEGASIS $1550,0000 < \text{Mean}$ tanpa menggunakan PEGASIS 3362,5000, dari itu dapat disimpulkan secara deskriptif ada perbedaan rata-rata hasil nilai packet loss antara simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS dan simulasi WSN tanpa menggunakan protokol PEGASIS. Untuk melihat apakah ada perbedaan nilai packet loss yang nyata (signifikan) antara simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS dan simulasi WSN tanpa menggunakan protokol PEGASIS dapat dilihat pada tabel 16 berikut:

Tabel 16. Hasil *Paired Samples Test* Nilai *Packet Loss*

		Paired Differences							
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	Df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Menggunakan protokol Pegasis-Tanpa protokol Pegasis	-1812,5	1625	812,5	-4398,2	773,2	-2,2	3	0,112

Berdasarkan tabel 16 diatas, diketahui nilai Sig.(2-tailed) adalah sebesar 0,112. Jika perbandingan menggunakan nilai taraf signifikansi 5% (0,05) maka hasilnya ialah, $0,112 > 0,05$ atau Sig.(2-tailed) $>$ Alpha (α), maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, sehingga dapat disimpulkan nilai *packet loss* pada simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS secara signifikan tidak berbeda dengan nilai *packet loss* pada simulasi WSN tanpa protokol PEGASIS.

Dan apa bila menggunakan nilai taraf signifikansi 10% (0,1) maka hasilnya ialah, $0,112 > 0,1$ atau Sig.(2-tailed) $>$ Alpha (α), maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, sehingga dapat disimpulkan nilai *packet loss* pada simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS secara signifikan tidak berbeda dengan nilai *packet loss* pada simulasi WSN tanpa protokol PEGASIS.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi yang dilakukan dengan tujuan mengetahui performa protokol PEGASIS pada WSN untuk mitigasi bencana kebakaran hutan Bukit Soeharto dimana simulasi dilakukan dengan jumlah node bervariasi yaitu 10 node, 25 node, 50 node dan 100 node. Didapatkan hasil bahwa simulasi dengan menggunakan protokol PEGASIS pada variasi 10 node, 25 node, 50 node memiliki nilai rata-rata *throughput*, delay, jitter dan packet loss yang lebih baik dari pada simulasi tanpa menggunakan protokol PEGASIS.

Sedangkan untuk simulasi dengan variasi 100 node, simulasi dengan protokol PEGASIS memiliki nilai *throughput* lebih rendah dari pada simulasi tanpa protokol PEGASIS. Dan untuk delay, jitter dan packet loss pada simulasi dengan protokol PEGASIS memiliki nilai lebih baik dari pada simulasi tanpa protokol PEGASIS. Dengan demikian dapat dilihat bahwa simulasi WSN dengan menggunakan protokol PEGASIS memiliki performa yang lebih baik dari pada simulasi WSN tanpa menggunakan protokol PEGASIS.

Untuk mengetahui seberapa besar perbedaan performa antara simulasi, selanjutnya data yang sudah ada akan di uji dengan Uji T Berpasangan (Paired T-Test) untuk menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS dan simulasi WSN tanpa menggunakan protokol PEGASIS.

Berdasarkan Uji T Berpasangan yang telah dilakukan, hasil yang didapatkan untuk nilai *throughput* saat menggunakan taraf signifikansi 5% (0,05) maupun 10% (0,1) secara signifikan tidak ada perbedaan antara simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS dan simulasi WSN tanpa menggunakan protokol PEGASIS. Untuk delay dengan taraf signifikansi 10% (0,1) terdapat perbedaan yang signifikan antara simulasi WSN dengan menggunakan protokol PEGASIS dan simulasi WSN tanpa menggunakan protokol PEGASIS, sedangkan dengan taraf signifikansi 5% (0,05) tidak ada perbedaan yang signifikan pada simulasi tersebut. Sedangkan jitter mendapatkan hasil adanya perbedaan yang signifikan antara simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS dan simulasi tanpa menggunakan protokol PEGASIS, baik dengan taraf signifikansi 5% (0,05) maupun 10% (0,1). Dan untuk nilai packet loss dengan nilai taraf signifikansi 5% (0,05) maupun 10% (0,1) secara signifikan tidak ada perbedaan antara simulasi WSN menggunakan protokol PEGASIS dan simulasi WSN tanpa menggunakan protokol PEGASIS.

Berdasarkan hasil Uji T Berpasangan (paired t test) dapat disimpulkan bahwa penggunaan protokol PEGASIS dapat meningkatkan performa simulasi WSN untuk mitigasi bencana kebakaran hutan Bukit Soeharto walaupun memiliki nilai akhir yang secara signifikan tidak berbeda pada standar signifikansi 5% (0,05) kecuali nilai jitter dan memiliki perbedaan yang signifikan pada standar signifikansi 10% (0,1) untuk nilai jitter dan delay.

Daftar Pustaka

- [1] E. Prayitno, "Sistem Pemantauan Konstruksi Co Kebakaran Hutan Riau Menggunakan Teknologi Wireless Sensor Network (Wsn) Dan Internet Of Things (Iot)," vol. 04, no. 02, pp. 35–40, 2017.
- [2] A. A. B. A. M. Fadlilatul and A. F. Hidayatullah, "Kebakaran hutan dan lahan perspektif etika lingkungan," *Profetika*, vol. 20, no. 2, pp. 124–132, 2019.
- [3] W. Cahyadi, M. A. Wahyudi, and C. S. Sarwono, "Analisis Perbandingan Konsumsi Energi dan Masa Hidup Jaringan pada Protokol LEACH, HEED, dan PEGASIS di Wireless Sensor Network," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 14, no. 2, 2018, doi: 10.17529/jre.v14i2.11063.
- [4] A. Wahab and M. Alaydrus, "Kinerja Leach Protocol Pada Wsn Yang Bekerja Di Lingkungan Dengan Temperatur Yang Tinggi," *J. Ilmu Tek. dan Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 52–56, 2017, doi: 10.22441/jitkom.
- [5] M. R. A. Prasetya and W. Wibisono, "Peningkatan Kinerja Protokol PEGASIS Dengan Pembagian Area Dan Pembentukan Chain Secara Adaptif," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 6, p. 1271, 2020, doi: 10.25126/jtiik.2020763638.
- [6] I. C. Dwinata, M. Rivai, and E. Setijadi, "Desain Wireless Sensor Network dan Webserver untuk Pemetaan Titik Api pada Kasus Kebakaran Hutan," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 198–203, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.16292.
- [7] F. A. Fauzi, S. Sumaryo, and M. A. Murti, "Desain Dan Implementasi Wireless Sensor Network Pada Sistem Monitoring Kebakaran Hutan Berbasis Internet of Things Design and Implementation Wireless Sensor Network for Forest Fires Monitoring System Based on Internet of Things," *e-Proceeding Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 3869–3878, 2018, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/download/8094/7990>
- [8] R. M. R. Ansori, S. Nurhayati, S. I. Lestariningsati, U. K. Indonesia, U. K. Indonesia, and U. K. Indonesia, "Sistem Pemantau Kebakaran Hutan Memanfaatkan Wireless Sensor Network," vol. 7, no. 1, 2018.
- [9] M. Ravis, G. Muhammad, and M. Arman, "Perbandingan Performansi Single Web Server Dan Multi Web Server Dengan Uji Coba Paired Sample T Test," *J. Sisfokom (Sistem Inf. dan Komputer)*, vol. 8, no. 2, pp. 116–123, 2019, doi: 10.32736/sisfokom.v8i2.668.