

RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN INTENSITAS HUJAN SEBAGAI EARLY WARNING SYSTEM HAMA PADA TANAMAN TEH BERBASIS INTERNET OF THING

(DESIGN AND DEVELOPMENT OF RAIN INTENSITY MEASUREMENT SYSTEM AS EARLY WARNING SYSTEM FOR PESTS ON TEA PLANT BASED ON INTERNET OF THINGS)

Felix Gerald Saragi Sitio¹, Rizki Ardianto Primaradhi², Brahmantya Aji Pramudita³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

felixgerald@telkomuniversity.ac.id¹, rizkia@telkomuniversity.ac.id²,
brahmantyaajip@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Tanaman teh merupakan tanaman yang biasa dijumpai di Indonesia namun dikarenakan populasi hama yang cepat berkembang dengan pesat, banyak produksi tanaman teh menjadi gagal. Oleh karena itu, tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk merancang suatu alat yang dapat membaca parameter curah hujan dan parameter input lain sebagai salah satu cara untuk memprediksi perkembangan hama tanaman teh dan dapat melakukan monitoring terhadap kondisi cuaca yang terjadi. Penulis merancang sebuah alat yang dapat menghitung banyaknya curah hujan yang terjadi sebagai salah satu parameter input yang akan digunakan dan menggunakan metode Artificial Neural Network untuk dapat mengidentifikasi potensi serangan hama *empoaasca sp.* yang terjadi. Kemudian, hasil analisa dan monitoring dari lapangan akan diteruskan kepada pengguna dan data tersebut akan ditampilkan melalui aplikasi yang terdapat pada telpon genggam tanpa harus berada di daerah perkebunan teh. Pada tugas akhir ini, didapatkan bahwa sensor untuk curah hujan yang digunakan menggunakan metode tipping bucket dengan resolusi 1 +-mm. Komunikasi yang digunakan adalah Long Range (LoRa) yaitu penggunaan frekuensi radio untuk proses transmisi data dari lapangan dan diteruskan kepada ESP32 untuk meneruskan data yang diterima kepada Antares sebagai IoT platform yang digunakan. Pengguna juga dapat melihat hasil monitoring menggunakan mobile app yang sudah dibuat sebelumnya. Hasil prediksi yang dihasilkan melalui metode Artificial Neural Network berupa "Berpotensi" atau "Tidak Berpotensi" terhadap serangan hama *empoaasca sp.* yang terjadi di perkebunan teh.

Kata Kunci : Curah Hujan, Tipping Bucket, Hama, LoRa, Artificial Neural Network, Internet of Things (IoT)

Abstract

*The tea plant is a common plant in Indonesia but due to the rapidly growing pest population, many tea plant productions fail. Therefore, the purpose of this final project is to design a tool that can read rainfall parameters as a way to predict the development of tea plant pests. The author designs a tool that can calculate the amount of rainfall that occurs and uses the Artificial Neural Network method to be able to identify potential attacks of the pest *empoaasca sp.* that happened. Then, the results of the analysis and monitoring from the field will be forwarded to the user. In this final project, it was found that the sensor for rainfall used the tipping bucket method with a resolution of +-1 mm with an error value of 2.83% and the method used produces an accuracy value of 92.56%. The communication module used is Long Range (LoRa) with an optimal value at a distance of 100 m with Telkom University as the reviewed area and ESP32 as a Wi-Fi module with an average index value of 3.5. Users can also view monitoring results using the mobile app. The prediction results generated by the Artificial Neural Network method are in the form of "Potential" or "No Potential" against the attack of the pest *empoaasca sp.* that happened in the tea plantations.*

Keywords: Rainfall, Tipping Bucket, Pests, LoRa, Artificial Neural Network, Internet of Things (IoT)

1. Pendahuluan

Teh (*Camellia sinensis*) merupakan tanaman yang berasal dari daerah subtropis sehingga biasa dijumpai di daerah pegunungan dan dapat tumbuh dengan baik jika memiliki kecocokan dengan iklim di daerah tersebut. Selain dari faktor iklim, tanaman teh tidak bisa luput dari serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang dapat menyebabkan penurunan kualitas dari produksi tanaman teh. Dengan adanya gangguan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) seperti hama dapat berpotensi menurunkan hasil produksi tanaman teh hingga 30%, bahkan bisa mencapai penurunan produksi secara masif hingga 50% [1]. Salah satu yang menjadi hama berbahaya dan utama bagi tanaman teh adalah *Empoasca sp* atau Wereng Pucuk Teh (WPT).

Penggunaan teknologi dalam pemecahan masalah terkait perkembangan hama masih terus dikembangkan terutama untuk hama pada tanaman teh terkhususnya hama *empoasca sp.* yang menyebabkan dampak yang sangat besar bagi para produsen tanaman teh. Pada penelitian kali ini, alat yang dibuat berupa *early warning system* dengan sensor curah hujan sebagai parameter input dan menggunakan metode *Artificial Neural Network* pada prediksi hama sehingga pengguna cukup mengumpulkan data yang sudah dengan label yang sudah ditentukan untuk proses training data serta menampilkan data yang ada pada layar android *smartphone*. Tujuan dari perancangan alat ini adalah merancang sebuah sensor curah hujan yang dapat mengukur nilai curah hujan hingga 200 mm/hari dan menggunakan metode *deep learning* dalam memberikan prediksi terhadap potensi serangan hama. Komunikasi yang digunakan adalah *Long Range (LoRa)* dengan pemanfaatan frekuensi radio dan ESP 32 dengan pemanfaatan Wi-Fi. Manfaat yang diharapkan adalah dapat mencegah penyerangan hama terhadap perkebunan teh secara dini dan mengoptimalkan produksi dari perkebunan teh.

2. Studi Terkait

2.1 Hama Tanamn Teh

Serangan hama terutama hama *empoasca sp.* yang menjadi fokus peninjauan pada

tugas akhir ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain a) Keseimbangan ekeosistem di kebun teh yang terganggu dengan rendahnya populasi dan keragaman serangga lain, b) Penggunaan insektisida yang berlebihan, c) Kondisi iklim yang panas, dan d) kesehatan tanaman yang menurun.

Pada daerah tropis, tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh hama *empoasca sp.* lebih berat terjadi ketika musim kemarau dibandingkan musim hujan dikarenakan pengaruh dari daerah yang kering dan nilai kelembapan yang tidak terlalu tinggi serta kurang ketersediaan air dalam jaringan tanaman yang mengakibatkan telur hama tidak dapat berkembang yang mengakibatkan kematian.

2.2 Penakar Hujan

Penakar hujan adalah sebuah alat instrumentasi yang digunakan untuk mengukur dan mendapatkan jumlah curah hujan pada satuan waktu tertentu. Pada penakar hujan manual, alat yang paling banyak digunakan ialah penakar hujan tipe observatorium (obs) atau sering disebut ombrometer. Sedangkan untuk pengukur hujan secara otomatis biasanya menggunakan prinsip kerja dari pelampung, timbangan, dan jungkitan.

2.3 Long Range (LoRa)

LoRa adalah standar nirkabel berdaya rendah 'Jangka Panjang' yang dimaksudkan untuk menyediakan jaringan komunikasi kecepatan data rendah gaya seluler. LoRa (yang berarti jarak jauh) adalah teknik modulasi spektrum tersebar yang berasal dari teknologi *Chirp Spread Spectrum (CSS)*. Beberapa hal yang menjadi elemen penting dari teknologi LoRa adalah jarak nya yang bisa menjangkau hingga 15-20 km, bisa tersambung dengan jutaan node dan masa pakai baterai yang bisa mencapai lebih dari sepuluh tahun [2].

Transmisi pada lingkungan *outdoor* juga dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya:

1. Jarak

Jarak antara penerima dan pemancar sangat menentukan kualitas dan kemampuan pengiriman data yang dilakukan. Semakin dekat maka kualitas dari transmisi semakin kuat, dan sebaliknya jika semakin jauh, kemampuan dari sinyal untuk mengirim akan semakin lemah.

2. Kekuatan sinyal pemancar

Hal ini juga menjadi perhatian dikarenakan besarnya daya pancar yang dihasilkan akan berpengaruh pada penerimaan data. Faktor interferensi dan jarak menjadi penyebab utamanya.

3. Interferensi (gangguan sinyal)

Interferensi sering terjadi dikarenakan penggunaan channel oleh dua atau bahkan lebih perangkat sehingga dapat menyebabkan gangguan atau hambatan.

4. *Line of Sight* (LoS)

LoS merupakan kondisi ketika area atau jarak pandang dari pemancar sinyal dan penerima berada di garis lurus yang tidak terhalang oleh benda apapun.

Dari beberapa hal tersebut, karakteristik lingkungan yang sedang ditinjau dapat diukur dari *Path Loss Exponent* (PLE). PLE merupakan parameter n yang berpengaruh dalam menentukan batas kritis dari cakupan wilayah.

$$n = 10 \frac{P_0 - RSSI_{ij}}{10 \log d_{ij}} \tag{1}$$

Keterangan:

P^0 = Daya terkuat dari jarak pengukuran

$RSSI_{ij}$ = Rata-data daya pada jarak pengukuran

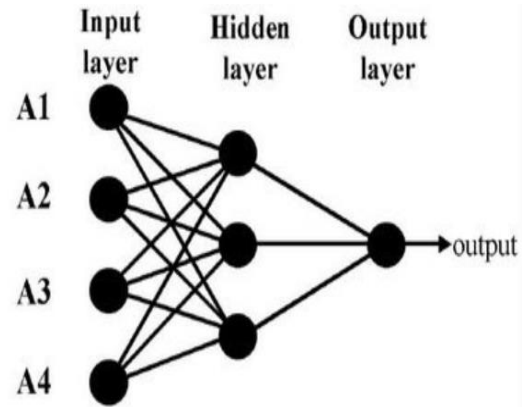
d_{ij} = Jarak pengukuran

2.4 Artificial Neural Network

Artificial Neural Network (ANN) merupakan suatu model komputasi yang digunakan untuk meniru fungsi dari sistem

jaringan syaraf pada manusia. ANN mengimitasi dari kemampuan tersebut sehingga dapat menerima stimulan atau rangsangan dari input data yang telah diinput, melakukan proses training atau pembelajaran dan memberikan output berupa prediksi dari model yang telah dipelajari oleh sistem.

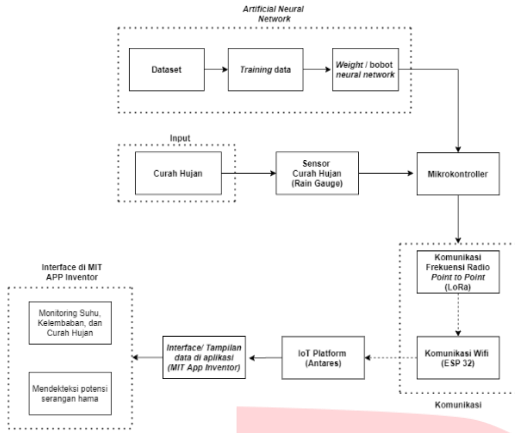
Gambar 1. Topologi Sederhana ANN



Dalam penelitian kali ini, prinsip dasar yang digunakan pada ANN adalah sejumlah informasi atau parameter sebagai input yang termasuk dalam *Input Layer*. Lalu setiap input yang telah diterima akan diteruskan dan diolah didalam beberapa *hidden layer* sehingga mengeluarkan output dalam bentuk model yang akan digunakan untuk pemrosesan data baru. Pada dataset yang telah di-*training* dalam metode ANN, setiap layer telah diinisialisasi oleh bobot. Bobot ini akan ditingkatkan selama periode training dan bobot optimal akan dihasilkan pada proses terakhir atau *output layer*.

3. Metode Penelitian
3.1 Diagram Blok Sistem

Gambar 2 berikut adalah diagram blok sistem pada alat ini.



Gambar 2. Diagram Blok *Early Warning System*

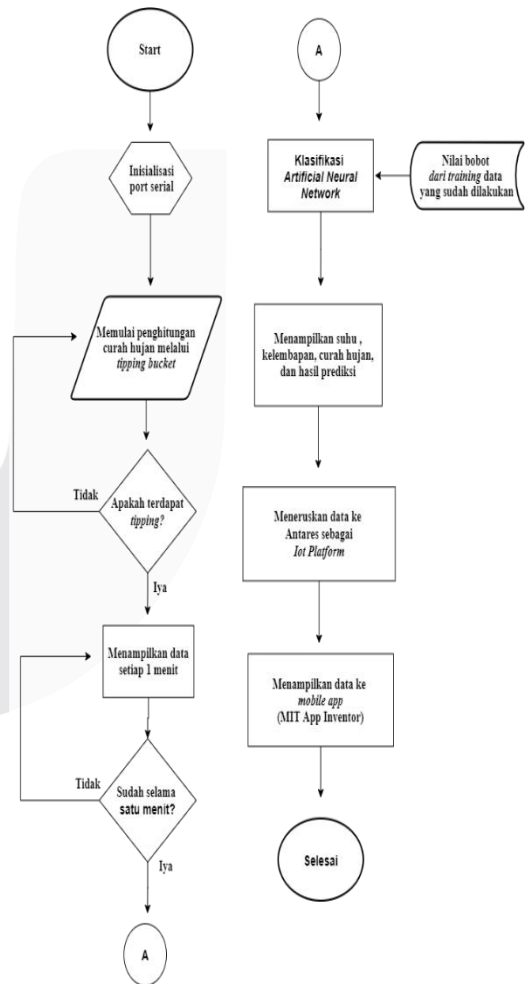
Pada *Early Warning System* ini, sistem akan mendeteksi potensi dari serangan hama empoasca sp. dari parameter input yang salah satunya adalah curah hujan yang diterima oleh sensor curah hujan kemudian data yang diterima akan diolah menggunakan algoritma deep learning. Setelah data diolah dan dianalisis, bobot hasil *training* akan taruh di mikrokontoller untuk memprediksi serangan hama. Lalu, informasi yang telah diterima dan diproses akan dikirimkan menggunakan modul *Long Range* (LoRa) dan diteruskan ke ESP 32 untuk dapat ditampilkan di *IoT Platform*. Setelah itu, hasil yang sudah diterima di *IoT Platform* akan diteruskan ke pengguna dan ditampilkan pada layar *handphone* sehingga pengguna dapat memantau curah hujan dan parameter lainnya (suhu dan kelembapan) serta prediksinya di perkebunan teh dan dapat mengantisipasi jika terjadi perkembangan hama kelak.

3.2 Flowchart

Pada desain perangkat lunak, sistem akan dimulai dengan menginisialisasi seluruh port serial dari sensor dan modul yang digunakan. Setelah itu, sensor akan mulai mendeteksi banyak curah hujan yang terhitung pada *tipping bucket*. Lalu, nilai yang sudah diterima oleh sensor akan diteruskan ke mikrokontroler sehingga sinyal analog yang diterima diubah menjadi sinyal digital untuk diolah. Kemudian, hasil

yang sudah diterima akan dianalisis menggunakan algoritma *deep learning* dengan bobot yang sudah dilatih sebelumnya sehingga dapat memberikan prediksi terhadap serangan hama empoasca sp. yang dapat merugikan produksi tanaman teh.

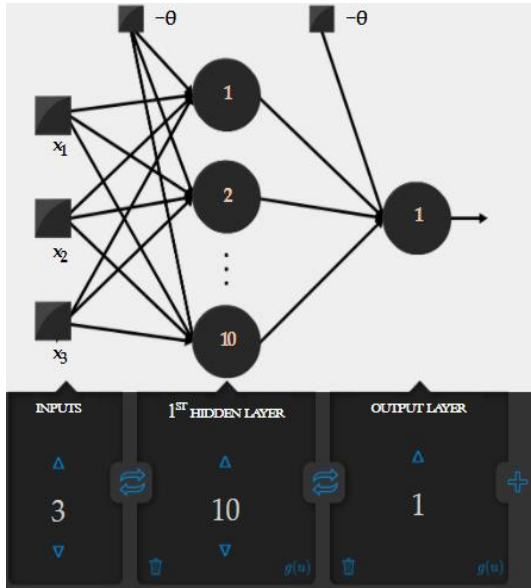
Setelah itu, nilai dari input yang telah diterima sensor akan ditampilkan oleh mikrokontroler dan akan diteruskan hingga sampai di Antares sebagai *IoT Platform* yang digunakan untuk disimpan pada *cloud* Antares. Setelah Antares menerima data yang telah dikirim dari sensor, pengguna juga dapat membaca nilai input dan hasil prediksi yang diolah sebelumnya pada *mobile app* yang dapat diakses dimanapun dan kapanpun.



Gambar 3. Flowchart Sistem

3.3 Desain Arsitektur ANN

Dalam metode *Artificial Neural Network*, arsitektur menjadi hal penting dikarenakan akan mempengaruhi keluaran dan bobot selama proses training data. Berikut merupakan bentuk atau topologi arsitektur yang digunakan .



Gambar 4 . Desain Arsitektur ANN

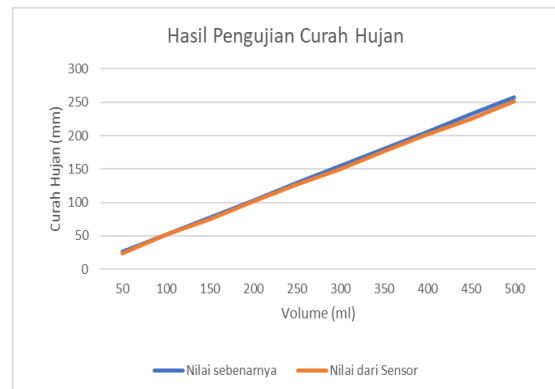
Penggunaan 3 input didasari oleh banyaknya parameter atau *feature* yang digunakan pada alat kami yaitu suhu, kelembapan dan curah hujan. *Feature* yang terdeteksi setiap 1 menit akan terbaca oleh sensor dan akan diproses sebagai input. Input 1 adalah suhu, input 2 adalah kelembapan dan input 3 adalah curah hujan. Data input akan diproses dan diolah untuk memberikan prediksi terhadap serangan hama pada tanaman teh. Pemilihan 10 *hidden layer* didasarkan dari pengujian sebelumnya yang telah melakukan percobaan dengan input terhadap 3 parameter dengan output berupa 1 buah *node* dan memiliki dataset yang tidak linear. Pemilihan 1 output layer didasari oleh banyaknya label atau data prediksi yang diinginkan. Output yang dimaksud adalah prediksi terhadap serangan hama dengan nilai berupa 0,1 yang terindikasi sebagai tidak berpotensi dan 0,2 yang terindikasi sebagai berpotensi terjadi serangan hama. Arsitektur

yang digunakan disini menggunakan *Multi-Layer Perceptron (MLP)* .

4. Hasil dan Pembahasan

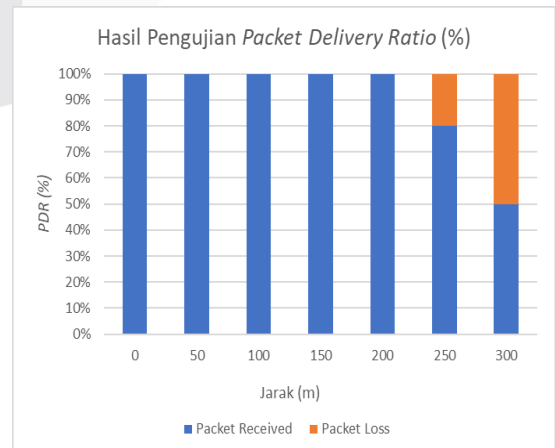
4.1 Hasil Pengujian Curah Hujan

Pada hasil pengujian curah hujan dilakukan dengan membandingkan nilai curah hujan secara matematis dengan nilai keluaran sensor . Prosedur yang dilakukan adalah menumpahkan air secara berkala dari 50 sampai 500 ml dan membandingkan nilai yang didapatkan. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai rata-rata error sebesar 2,83%. Hasil dari nilai error sensor ini menyimpulkan bahwa penggunaan sensor ini masih layak digunakan.



Gambar 5. Grafik Pengujian Curah Hujan

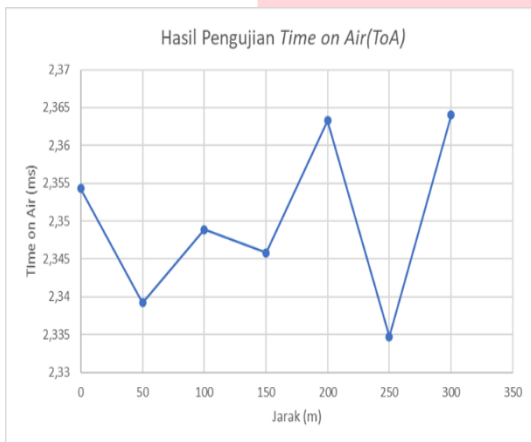
4.2 Hasil Pengujian *Packet Delivery Ratio* (PDR) terhadap pengiriman data dari Lora Sender ke Lora Receiver



Gambar 6. Grafik Pengujian PDR

Pengujian ini dilakukan di area *outdoor* kampus di area belakang Gedung N dekat dengan Gedung Student Centre dan hasil pengujian dapat dilihat pada gambar diatas. Pengujian nilai PDR pada jarak 0 - 200 m memiliki persentase paling kecil yaitu 0% dan termasuk dalam indeks 4 dan tergolong sangat bagus. Pada range 250 -300 m, nilai PDR tergolong dalam indeks 1 dan tergolong tidak baik. Hal ini memberikan kesimpulan bahwa pengiriman data berjalan dengan lancar saat di jarak 0 hingga 200 m.

4.3 Hasil Pengujian Time on Air (TOA) terhadap pengiriman data dari Lora Sender ke Lora Receiver



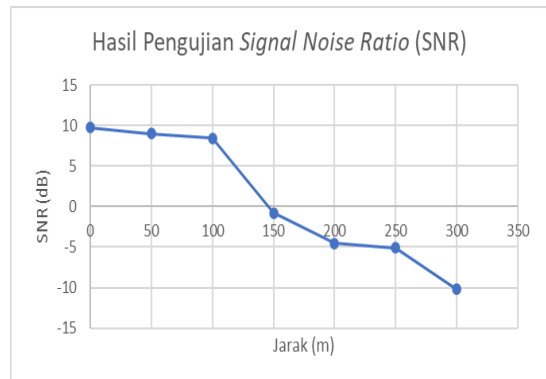
Gambar 7. Grafik Pengujian TOA

Pengujian ini dilakukan di area *outdoor* kampus di area belakang Gedung N dekat dengan Gedung Student Centre dan hasil pengujian dapat dilihat pada gambar diatas. Pengujian nilai TOA memiliki nilai rata-rata sebesar 2,35 sekon. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa jarak tempuh tidak berpengaruh terhadap Time on Air namun hal ini juga dapat disebabkan karena tidak sepenuhnya data pada jarak 250 hingga 300 m seluruhnya diterima.

4.4 Hasil Pengujian Signal Noise Ratio (SNR) terhadap pengiriman data dari Lora Sender ke Lora Receiver

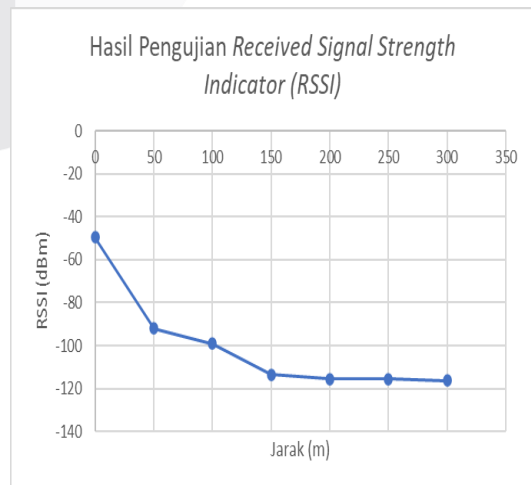
Pengujian ini dilakukan di area *outdoor* kampus di area belakang Gedung N dekat dengan Gedung Student Centre dan hasil

pengujian dapat dilihat pada gambar diatas. Pengujian nilai SNR pada jarak 0-100 m memiliki nilai rata-rata sebesar 9,05 db dan tergolong dalam kategori cukup sedangkan pada jarak 150 hingga 300 m, nilai SNR mengalami penurunan drastis dan memiliki nilai SNR berbeda-beda. Pada jarak 150 berada di angka 0,775 dB, 200 di angka -4,55 dB, 250 di angka -5,125 dB dan 300 di angka -10,1875 dB. Dari pengujian ini, didapatkan kesimpulan bahwa jarak sangat berpengaruh terhadap nilai SNR dan jarak menjadi salah satu gangguan atau noise yang menyebabkan kualitas data menurun seiring jaraknya yang semakin jauh. Dari data ini juga menyatakan bahwa pada jarak 0 – 100 m, gangguan atau noise pada pengiriman data juga memberikan dampak yang cukup



Gambar 8. Grafik Pengujian SNR

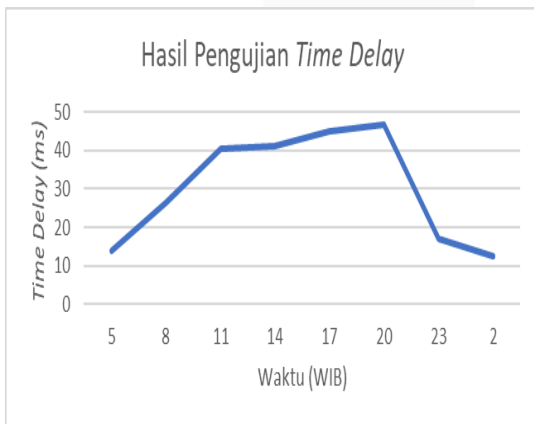
4.5 Hasil Pengujian Received Signal Strength Indicator (RSSI) terhadap pengiriman data dari Lora Sender ke Lora Receiver



Gambar 9. Grafik Pengujian RSSI

Pengujian ini dilakukan di area *outdoor* kampus di area belakang Gedung N dekat dengan Gedung Student Centre dan hasil pengujian dapat dilihat pada gambar diatas. Pengujian nilai RSSI pada jarak 0 m adalah sebesar -49,6 dBm dan tergolong dalam kategori sangat baik. Pengujian pada jarak 50 dan 100 berada di angka -91,9 dan -99 dBm dan tergolong dalam kategori sedang. Pada pengujian di jarak 150 m hingga 300, berada di angka -113,5, -115,5, -115,375, dan -116,25 tergolong dalam kategori buruk. Dari pengujian ini membuktikan bahwa jarak sangat berpengaruh terhadap kekuatan sinyal yang diterima dan hal ini sangat berbanding lurus terhadap penurunan nilai RSSI. Berdasarkan rumus (1), diketahui rumus dari n sebagai nilai PLE untuk mengetahui kategori dari kondisi lapangan tempat peninjauan. Sehingga, pada jarak 200 m dengan nilai rata-rata RSSI sebesar -115,5 dBm dan daya terbesar yaitu -115 didapatkan nilai n sebesar 3,1622 dan tergolong dalam kategori *shadowed urban area*.

4.6 Hasil Pengujian Delay Time terhadap pengiriman data dari Lora ESP32 ke IoT Platform (Antares)



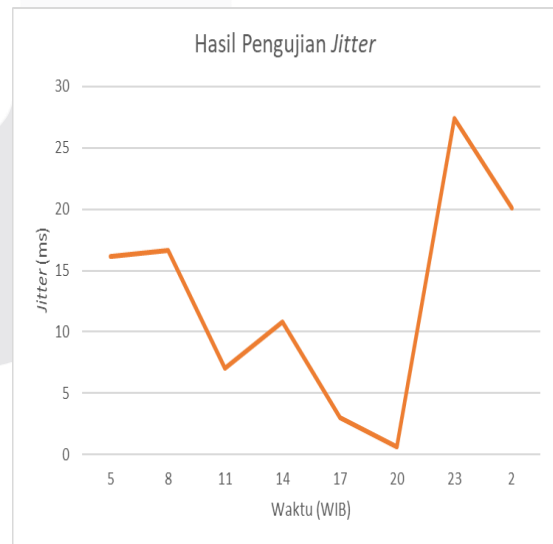
Gambar 10. Grafik Pengujian *time delay*

Hasil dari pengujian delay sebanyak 30 paket data yang dikirim dalam interval waktu setiap 3 jam, didapatkan nilai rata-rata delay total sebesar 30,40375 ms. Pengujian delay ini tergolong dalam kategori sangat baik dan tergolong pada indeks 4. Pada grafik, pengaruh waktu terhadap time delay pada

pengiriman memberikan pengaruh yang cukup signifikan namun dikarenakan nilai perubahannya yang sangat kecil, hal tersebut dapat diabaikan. Hal ini juga menandakan kecilnya waktu tunda antar perangkat atau device sehingga komunikasi data dapat berjalan dalam waktu yang cepat.

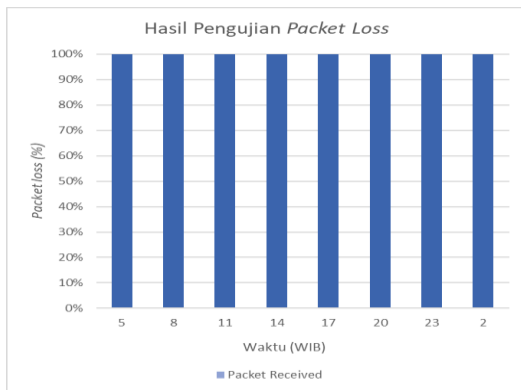
4.7 Hasil Pengujian nilai Jitter terhadap pengiriman data dari Lora ESP32 ke IoT Platform (Antares)

Hasil dari pengujian *jitter* sebanyak 30 paket data yang dikirim dalam interval waktu setiap 3 jam, didapatkan nilai rata-rata jitter sebesar 12,73 ms. Pengujian delay ini tergolong dalam kategori baik dan indeks 3. Dari grafik ini, waktu juga menjadi pengaruh terjadinya perubahan *jitter* terutama di waktu subuh dikarenakan variansi delay yang lebih tinggi dibandingkan malam hari namun dikarenakan nilainya yang sangat kecil, hal tersebut dapat diabaikan. Hal ini juga menandakan bahwa data yang telah terkirim lebih akurat dan tepat sasaran dan kapasitas jaringan yang ada sudah cukup sehingga kerusakan informasi dari data yang dikirim dapat dihindari.



Gambar 11. Grafik Pengujian *jitter*

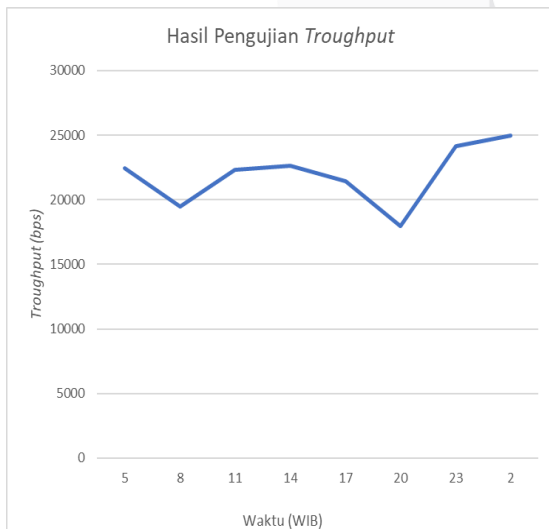
4.8 Hasil Pengujian nilai Packet Loss terhadap pengiriman data dari Lora ESP32 ke IoT Platform (Antares)



Gambar 12. Grafik Pengujian packet loss

Pada pengujian *packet loss* pada pengiriman data dari Lora EPS32 ke IoT Platform Antares tidak terdapat paket data yang hilang karena semua data berhasil diterima oleh Antares sehingga penggunaan modul ESP32 sebagai komunikasi sudah berjalan sangat baik dan termasuk dalam kategori sangat bagus karena 0% dari keseluruhan data tidak ada yang menghilang dan 100% diterima .

4.9 Hasil Pengujian nilai Throughput terhadap pengiriman data dari Lora ESP32 ke IoT Platform (Antares)

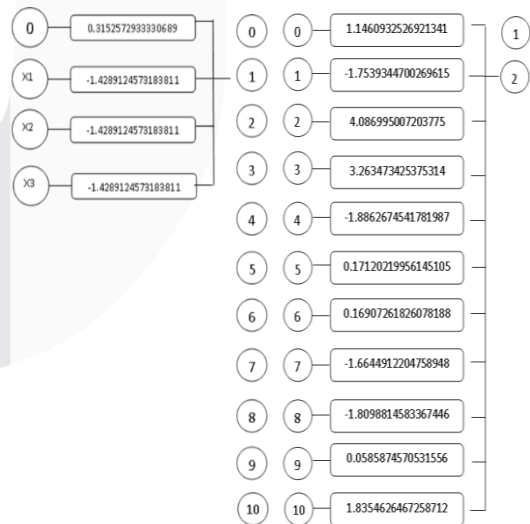


Gambar 13. Grafik Pengujian throughput

Pada hasil pengujian kali ini, didapatkan nilai *throughput* atau kecepatan transfer data efektif dan mendapatkan nilai rata-rata *throughput* sebesar 21924,0113 bps atau 21,924 kbps. Hal ini masuk dalam kategori sangat bagus atau tergolong dalam indeks 4. Hal ini juga menandakan bahwa data yang dikirim dalam satu selang waktu tertentu berhasil dan menandakan kecepatan transfer sangat efektif.

4.10 Hasil Pengujian Artificial Neural Network

Setelah mendapatkan dataset yang sesuai, data yang telah ada akan diolah untuk mendapatkan bobot dari masing-masing jaringan pada neural network. *Training* dilakukan dengan besar *learning rate* sebesar 0,1, presisi error sebesar 0,0005. 3 input layer, 10 *hidden layer*, dan 1 output. Pemilihan parameter berikut berdasarkan pada uji coba dengan menggunakan *learning rate* 0,0001 dengan 12 *hidden node* mendapatkan lama *training* data selama 3 jam dan tidak kunjung selesai sehingga dengan mengubah parameter sebagai berikut, proses *training* dapat diselesaikan dan berlangsung selama 1 jam.



Gambar 14. Bobot Training Data

Setelah melakukan pengujian dengan bobot hasil training data yang telah dilakukan sebelumnya menggunakan metode Artificial Neural Network didapati nilai error sebesar

7,44 %. Dengan nilai error yang kecil, penulis dapat menyimpulkan bahwa bobot dari hasil training ini layak untuk digunakan dalam proses analisis data untuk memprediksi potensi serangan hama *empoaasca sp.* pada tanaman teh.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang didapatkan, didapatkan kesimpulan yaitu penggunaan *tipping bucket rain gauge* sebagai sensor untuk menentukan nilai curah hujan mendapatkan nilai error 2,83 %. Error yang kecil menandakan bahwa sensor ini dapat bekerja dengan baik. Pengujian nilai *Quality of Service* (QoS) pada komunikasi ESP32 yang digunakan mendapatkan nilai *delay* sebesar 158,6 ms dan *packet loss* sebesar 0% dan dengan rata-rata nilai indeks sebesar 3,5 memberikan nilai persentase memuaskan.. Pengujian kinerja pada LoRa dengan daerah peninjauan kawasan Telkom University berfungsi optimal di jarak 0 – 100 m dengan nilai RSSI berada bawah -100 dBm, SNR di nilai 9,05 dB, *packet loss* sebesar 0% dan *Time on Air* dengan nilai rata-rata di 2,345 sekon. Pengiriman data ke Antares dan *mobile app* tidak terjadi error dan data yang terkirim berhasil diterima secara menyeluruh. Pengguna juga bisa mengakses aplikasi tanpa berada di daerah lapangan perkebunan.

Referensi

- [1] A. Kardinan dan S. Suriati, “EFEKTIVITAS PESTISIDA NABATI TERHADAP SERANGAN HAMA PADA TEH (*CAMELLIA SINENSIS L.*)” Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor, 2012.
- [2] “LoRa Physical Layer & RF Interface,” [Online]. Available: <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/lora/radio-rf-interface-physical-layer.php>. [Diakses 7 December 2020].