



Wayside Wifi-Repeater as a Railway Operation Facility for Optimizing Traffic Density Detection Cameras at Level Crossings

Agustinus Prasetyo Edy Wibowo^{1*}, Dara Aulia Feryando², Fathurrozi Winjaya³,
Pegy Tri Hadiarji⁴

Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

Corresponding Author: Agustinus Prasetyo Edy Wibowo agustinus@ppi.ac.id

ARTICLE INFO

Keywords: Wireless, RSSI, Repeater, Crossing, Train

Received : 2 June

Revised : 23 July

Accepted: 23 Agustus

©2024 Wibowo, Feryando, Winjaya:

This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRACT

Wireless technology uses repeater mode as a medium for sending data to railway operation facility equipment and railway crossing density detection cameras. To cover a 225-meter track, three access points are needed, one as a server and two as repeaters. Testing includes coverage area with signal strength (RSSI), jitter, access point transfer, and data transmission. The test results show that the railway crossing area can be covered by a wireless repeater with an RSSI of 53.103 dBi. The jitter of the two access points, namely 28.65ms and 32.54ms, is included in the good category. When the access point is moved, there is an average packet loss of 2.6%. Data transmission at four points of the crossing track has a delay/latency of 38.49ms at point one, 66.03ms at point two, 45.33ms at point three, and 39.18ms at point four

Wayside Wifi-Repeater Sebagai Fasilitas Operasi Kereta Api Untuk Optimalisasi Kamera Pendeteksi Kepadatan Lalu Lintas pada Perlintasan Sebidang

Agustinus Prasetyo Edy Wibowo^{1*}, Dara Aulia Feryando², Fathurrozi Winjaya³, Peggy Tri Hadiarji⁴

Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

Corresponding Author: Agustinus Prasetyo Edy Wibowo agustinus@ppi.ac.id

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Wireless, RSSI, Repeater, Perlintasan, Kereta

Received : 2 June

Revised : 23 July

Accepted: 23 Agustus

©2024 Wibowo, Feryando, Winjaya:

This is an open-access article distributed under the terms of the

[Creative Commons Atribusi 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

[Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRAK

Teknologi *wireless* menggunakan mode *repeater* sebagai media pengiriman data ke peralatan fasilitas operasi kereta api maupun kamera pendeteksi kepadatan perlintasan sebidang kereta api. Untuk mencakup lintasan sepanjang 225 meter diperlukan tiga *access point*, satu sebagai server dan dua buah sebagai *repeater*. Pengujian meliputi area cakupan dengan kekuatan sinyal (RSSI), *jitter*, perpindahan *access point*, dan pengiriman data. Hasil pengujian menunjukkan area perlintasan kereta api dapat tercakup oleh *wireless repeater* dengan RSSI sebesar 53,103 dBi. *Jitter* kedua *access point* yaitu 28,65ms dan 32,54ms termasuk kategori baik. Saat perpindahan *access point* terdapat *packet loss* rata-rata 2.6%. Pengiriman data pada empat titik jalur lintas terdapat *delay/latency* 38,49ms pada titik satu, 66,03ms pada titik dua, 45,33ms pada titik tiga, dan 39,18ms pada titik empat

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang sangat cepat berdampak terhadap perkembangan sistem telekomunikasi di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Beragamnya sistem telekomunikasi membuat Indonesia harus menentukan dengan cermat teknologi mana yang paling sesuai di dalam industri perkeretaapian di Indonesia. Contohnya yang digunakan oleh PT. Kereta Api Indonesia (Persero), sekarang masih menggunakan sistem komunikasi analog seperti *Very High Frequency (VHF)* dengan frekuensi 400MHz dan *microwave* yang mempunyai frekuensi 2GHz, dimana kedua frekuensi tersebut terjadi interferensi terhadap komunikasi selular. Sistem komunikasi analog ini tidak memungkinkan untuk bisa terintegrasi dengan informasi yang diberikan, karena membutuhkan perubahan secara digital. (Primananda et al., 2014)

Dalam perkembangan perangkat telekomunikasi terdapat istilah *wireless*. *Wireless* merupakan penghubung dua perangkat atau lebih tanpa menggunakan media kabel (nirkabel). Teknologi *wireless* dalam melakukan hubungan telekomunikasi tidak lagi menggunakan media atau sarana kabel tetapi dengan menggunakan gelombang elektromagnetik sebagai pengganti kabel. (Kuspriatni, 2014) Teknologi *wireless* mempunyai banyak kelebihan yang tidak bisa didapat jika memakai media dengan perantara kabel. Kelebihan dari *wireless* yaitu mempunyai mobilitas tinggi, yang dapat digunakan kapan saja secara *real time* selama masih tercakup pada area *hotspot*. Proses instalasi cepat, karena tidak menggunakan kabel. Jangkauan yang luas dan dapat menjangkau tempat yang sulit. Biaya pemeliharaan relatif murah. Infrastrukturnya kecil dan mudah untuk dikembangkan. (Hadi, 2012)

Penerapan teknologi telekomunikasi *wireless* sudah diimplementasikan pada MRT Jakarta. Sistem ini bernama *Communication Based Train Control (CBTC)* yang mempunyai keuntungan dapat mengatur kereta berbasis komunikasi sehingga kereta dapat berjalan otomatis, tidak akan menabrak satu sama lain, lokasi kereta dapat ditemukan secara akurat, *traffic* dan kecepatan kereta dapat dipantau dan dikendalikan, lebih aman karena menggunakan jaringan nirkabel, operasi teknisnya tidak diatur oleh masinis melainkan dari sistem.

Audi Ghaffari dkk (2005) dalam penelitiannya yang berjudul "*Radio based Train Control Systems for the APM Market*", menyatakan bahwa radio *wireless* adalah teknologi komunikasi yang tidak memerlukan perantara untuk media perantaranya. *Wireless* dapat digunakan untuk sistem kendali kereta dengan cara mengirimkan data antara sarana dengan pusat kendali melalui *wayside* yang berada disepanjang jalur operasi yang saling terintegrasi secara terus menerus agar pengoperasian kereta api lancar dan teratur. Ketika kereta bergerak melewati sistem, pertukaran data dari *on board* ke *wayside* secara berkelanjutan. Jarak antar *wayside* harus diatur dan dihitung agar data tidak terputus. Sistem kontrol kereta *elTrac Alcatel* yang diterapkan pada sistem Monorel di Las Vegas menggunakan radio frekuensi standar terbuka yang tidak berlisensi di pita jaringan 2,4GHz dan sudah teruji dengan kecepatan hingga 130km/jam pertukaran data tidak terdapat data yang hilang.

Kemudian Artur Babiarz, Krzysztof Jaskot (2013) yang berjudul "*The Control System for Autonomous Mobile Platform*", mengatakan bahwa *autonomous vehicle* berbasis mikrokontroler ARM7 menggunakan modul komunikasi modem radio *MaxStream XBee Pro 2,4GHz*. Sistem kerjanya yaitu dengan komunikasi radio *XBee Pro 2,4GHz* yang mengirim/menerima data dari sarana secara terus menerus. Aplikasi pada komputer kontrol menampilkan sistem operasi jarak jauh dari sistem kontrol yang dipasang pada sarana. Data yang dikirim dari/ke sarana menggunakan protokol UART pada mikrokontroler AT91SAM7S. Data dikirim dengan media jaringan *wireless*, kemudian PC perlu untuk mengubah data untuk membacanya. Selama pengoperasian *autonomous vehicle* dimungkinkan untuk melihat *preview* dan merekam parameter pada PC menggunakan modul komunikasi.

Alcalá dkk (2011) juga menyatakan dalam penelitiannya yang berjudul "*Design and Test of a High QoS Radio Network for CBTC Systems in Subway Tunnels*". Dalam penelitian itu berisi Sistem *Communication Based Train Control (CBTC)* memerlukan data radio berkualitas tinggi untuk sistem persinyalan dan sistem kontrol kereta api. Sebagian besar sistem ini menggunakan pita jaringan 2,4GHz dengan pemancar radio dan *leaky feeder* sebagai sistem distribusinya. Semuanya menggunakan *Quality of Service (QoS)* untuk meningkatkan efisiensi jaringan kereta api. Sudah dilakukan pengukuran dengan data yang diambil dari jalur terowongan kereta bawah tanah Madrid sepanjang 2 (dua) kilometer dengan sistem transmisi jaringan 2,4GHz. Memiliki sistem perancangan jaringan yang kuat diantara *cell* untuk meningkatkan keandalan dan *QoS*. Hasilnya adalah jaringan dengan 99,7% data ditransmisikan dengan benar dan delay 20ms. Hasil tersebut memenuhi spesifikasi *QoS* sebagai sistem *CBTC*.

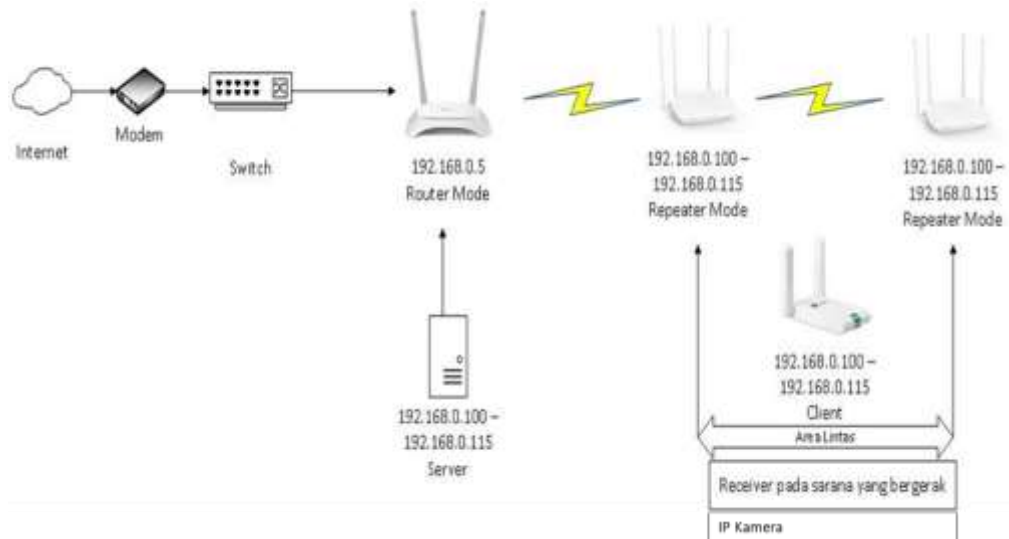
Penelitian ini dirancang dan dibangun pada *wayside* jalur rel pada area perlintasan sebidang kereta api di kampus Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun, sehingga dapat digunakan sebagai media pengiriman data dari pusat kendali ke peralatan fasilitas operasi kereta api maupun kamera pendeteksi kepadatan perlintasan sebidang kereta api melalui jaringan *wireless 2,4GHz*.

TINJAUAN PUSTAKA

Radio based Train Control Systems for the APM Market. Radio *wireless* adalah teknologi komunikasi yang tidak memerlukan perantara untuk media perantaranya. *Wireless* dapat digunakan untuk sistem kendali kereta dengan cara mengirimkan data antara sarana dengan pusat kendali melalui *wayside* yang berada di sepanjang jalur operasi yang saling terintegrasi secara terus menerus agar pengoperasian kereta api lancar dan teratur. Ketika kereta bergerak melewati sistem, pertukaran data dari *on board* ke *wayside* secara berkelanjutan. Jarak antar *wayside* harus diatur dan dihitung agar data tidak terputus. Sistem kontrol kereta *elTrac Alcatel* yang diterapkan pada sistem Monorel di Las Vegas menggunakan radio frekuensi standar terbuka yang tidak berlisensi di pita jaringan 2,4GHz dan sudah teruji dengan kecepatan hingga 130km/jam pertukaran data tidak terdapat data yang hilang (Audi Ghaffari et al., 2005).

The Control System for Autonomous Mobile Platform. Autonomous vehicle berskala 1/8 berbasis mikrokontroler ARM7 dan menggunakan modul komunikasi modem radio *MaxStream XBee Pro 2,4GHz*. Sistem kerjanya yaitu dengan komunikasi radio *XBee Pro 2,4GHz* yang mengirim/menerima data dari sarana secara terus menerus. Aplikasi pada komputer kontrol menampilkan sistem operasi jarak jauh dari sistem kontrol yang dipasang pada sarana. Data yang dikirim dari/ke sarana menggunakan protokol UART pada mikrokontroler AT91SAM7S. Data dikirim dengan media jaringan *wireless*, kemudian PC perlu untuk mengubah data untuk membacanya. Selama pengoperasian *autonomous vehicle* dimungkinkan untuk melihat *preview* dan merekam parameter pada PC menggunakan modul komunikasi (Artur Babiarz, Krzysztof Jaskot, 2013). *Design and Test of a High QoS Radio Network for CBTC Systems in Subway Tunnels. Sistem Communication Based Train Control (CBTC)* memerlukan data radio berkualitas tinggi untuk sistem persinyalan dan sistem kontrol kereta api. Sebagian besar sistem ini menggunakan pita jaringan 2,4GHz dengan pemancar pemancar radio dan *leaky feeder* sebagai sistem distribusinya. Semuanya menggunakan *Quality of Service (QoS)* untuk meningkatkan efisiensi jaringan kereta api. Sudah dilakukan pengukuran dengan data yang diambil dari jalur terowongan kereta bawah tanah Madrid sepanjang 2 (dua) kilometer dengan sistem transmisi jaringan 2,4GHz. Memiliki sistem perancangan jaringan yang kuat di antara *cell* untuk meningkatkan keandalan dan *QoS*. Hasilnya adalah jaringan dengan 99,7% data ditransmisikan dengan benar dan delay 20ms. Hasil tersebut memenuhi spesifikasi *QoS* sebagai sistem *CBTC* (Alcalá et al., 2011).

Prinsip kerja alat ini dimulai dari perancangan dan persiapan jaringan Local Area Network (LAN), ketika jaringan local sudah terkonfigurasi, maka receiver yang berada di sarana maupun kamera pendeteksi di pos perlintasan sebidang akan login dengan access point (AP). Setelah terhubung dengan AP, maka jaringan LAN siap untuk menerima data rute dari pusat kendali maupun pengiriman data video dari IP Camera. Setelah berhasil menerima data rute, selanjutnya data akan ditransmisikan melalui jaringan LAN nirkabel hingga dapat diterima oleh receiver yang berada pada sarana, dan data rute pun terbaca pada sarana. Data rekaman video akan dikirimkan ke komputer server untuk diolah dan mendeteksi kepadatan lalu lintas pada perlintasan sebidang kereta api.



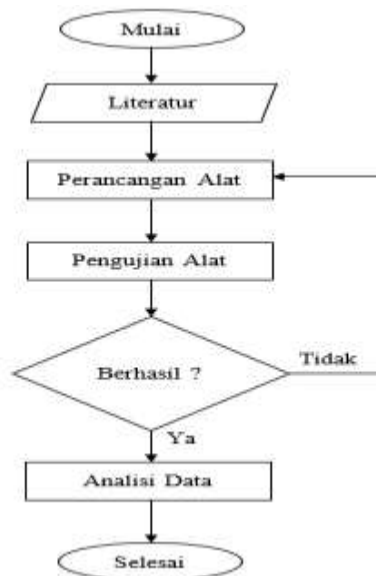
Gambar 1. Rancangan Wayside Wifi-Repeater

METODOLOGI

Dalam penelitian ini membutuhkan beberapa referensi dan data dari literatur. Literatur dapat diperoleh dari buku, jurnal, artikel, dan sumber-sumber lain yang membahas mengenai perancangan dan konfigurasi jaringan *wireless*, dan bagaimana melakukan pengiriman data melalui jaringan *wireless*.

Dari literatur yang terkumpul diperoleh beberapa spesifikasi pada perangkat keras meliputi spesifikasi mengenai komponen yang digunakan. Untuk mengatur jaringan internet beserta *bandwidth* menggunakan *switch ubiquiti unifi*. Sebagai *access point* menggunakan TP-Link TL-WR840N dengan konfigurasi *router mode*, Tenda F9 dengan konfigurasi *repeater mode*, dan *receiver* pada sarana menggunakan modul WiFi TP-Link TL-WN822N.

1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2. Perancangan Jaringan

Perancangan jaringan dimulai dari pengaturan jaringan internet. *Internet Service Provider (ISP)* Biznet berasal dari internet kampus PPI Madiun yang akan disalurkan melalui modem kemudian dikonfigurasi menggunakan *switch ubiquiti unifi*, dari *switch* tersebut akan mengatur *bandwidth* dan juga konfigurasi jaringan internetnya. Selanjutnya dari *port switch* akan dihubungkan dengan *access point* TP-Link TL-WR840N dengan konfigurasi *router mode* untuk dipancarkan ke *Access Point* Tenda F9 pertama dengan konfigurasi *repeater mode*. Kemudian dipancarkan lagi dan akan ditangkap oleh Tenda F9 kedua yang dikonfigurasi sebagai *repeater mode* juga untuk memperluas area jaringan WiFi.

Penempatan *access point* berdasar hasil pengujian untuk mendapatkan hasil yang optimal dari perangkat *repeater* Tenda F9 yang digunakan. *Receiver* menggunakan Tp-Link TL-WN822N yang akan ditempatkan pada *on board* sarana. *Receiver* ini nantinya akan selalu terhubung secara terus menerus dengan *access point* yang berada di jalur lintas. Berikut faktor perancangan jaringan:

- a. Fungsi *access point* atau biasa disebut AP pada sebuah jaringan *wireless* adalah seperti hub pada jaringan komputer berbasis kabel. Jika komputer menggunakan *access point* maka akan dapat berkomunikasi langsung dengan komputer lainnya. (Santoso, 2021) Desain perancangan dan penghitungan jumlah *access point* dengan berdasarkan hasil dari pengukuran *coverage area access point*.
- b. Berdasarkan data dari desain perancangan alat, perlu adanya minimal 2 (dua) *access point* pada jalur lintas. Pada perancangan ini penulis menambahkan 1 (satu) *access point* untuk konektivitas jaringan internet dan koneksi server yang ditempatkan pada ruang kelas bagian utara PPI Madiun.
- c. Pengaturan jaringan dilakukan untuk menghubungkan jaringan lokal dengan koneksi internet. *Access point* pertama menggunakan TP-Link TL-WR840N. Port WAN dari TP-Link dihubungkan langsung ke *switch* untuk mendapat koneksi internet. WAN mendapat IP 10.20.2.87 dari *switch*. Untuk LAN TP-Link diatur menggunakan mode router dengan *IP-Address* 192.168.0.5. dan dikonfigurasi menggunakan mode *router*.
- d. Sistem kerja alat ini dimulai dari persiapan jaringan *Local Area Network (LAN)*, ketika jaringan LAN sudah terkonfigurasi, maka pusat kendali (server) dan *receiver* yang berada di sarana (klien) akan login dengan *access point (AP)*. Setelah terhubung dengan AP, maka jaringan LAN siap untuk menerima data rute dari pusat kendali (server). Setelah berhasil menerima data rute, selanjutnya data akan ditransmisikan melalui jaringan LAN nirkabel hingga dapat diterima oleh *receiver* yang berada pada sarana, dan data rute yang diterima akan diolah pada sarana.

3. Analisis Data

Dalam menganalisis data, penulis menggunakan pengujian terhadap alat secara langsung. Setelah dilakukan percobaan alat, alat dikatakan berhasil apabila berfungsi dengan dapat melakukan pengiriman data, dan alat dikatakan tidak berhasil apabila setelah dilakukan percobaan alat tidak dapat

melakukan pengiriman data. Dalam penyusunan tugas akhir ini, parameter pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Kekuatan sinyal (RSSI) pada area lintas. RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) merupakan indeks yang menunjukkan kekuatan sinyal yang diterima pada antarmuka antenna. Perbedaan RSSI dengan dBm adalah jika RSSI merupakan indeks relatif, dan dBm merupakan angka yang mewakili tingkat daya dalam milliwatt.
- b. *Jitter* pada tiap *access point*. *Jitter* merupakan variasi kedatangan paket data yang diakibatkan variasi panjang antrian ketika pengolahan data. Semakin kecil *jitter* maka semakin baik dalam pengiriman data.
- c. Perpindahan *access point*. Saat terjadi perpindahan *access point* sebuah jaringan pasti memerlukan waktu untuk terhubung kembali. Sebuah jaringan yang bagus adalah jaringan yang dapat secara terus-menerus terkoneksi saat terjadi perpindahan antar *access point* dengan waktu yang minim agar tidak terjadi *buffering*. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian. Pengujian ini dapat dilakukan dengan melihat *packet lost*.
- d. Area cakupan *access point*. Area cakupan yaitu area yang dapat dijangkau oleh sinyal dari masing-masing *access point*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah *access point* dapat mencakup semua area lintas. Pemetaan area cakupan *access point* menggunakan aplikasi *Ekahau Site Survey* dengan berdasarkan hasil yang didapat dari hasil pengujian kekuatan sinyal (RSSI) pada area lintas.

Pengiriman data. Pengiriman data dilakukan dari server ke klien melalui jaringan WiFi. Server harus terkoneksi dengan *router* TP-Link TL-WR840 (AP_1) agar pengiriman data bisa dilakukan, sedangkan klien berada pada jalur lintas dan selalu terkoneksi dengan *access point* (AP_2 / AP_3). Pengujian pengiriman data menggunakan parameter *delay* untuk mengetahui waktu yang digunakan data untuk dapat terkirim sampai tujuan.

HASIL PENELITIAN

Pengujian alat *wayside* radio pada peralatan fasilitas operasi kereta api maupun kamera pendeteksi kepadatan perlintasan sebidang kereta api berbasis jaringan 2,4GHz menggunakan 3 (tiga) *access point*. 1 (satu) *access point* digunakan sebagai koneksi server dan 2 (dua) *access point* digunakan untuk menjangkau seluruh area lintas. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan sinyal. Dilakukan menggunakan aplikasi *software WiFi Info View* dengan cara mengambil data di setiap titik pada jalur lintas, dengan jarak antar titik 10 (sepuluh) meter, mendapatkan total sebanyak 58 (lima puluh delapan). Hal ini bertujuan untuk mengetahui sebaik apakah perangkat mendapatkan kekuatan sinyal dari *access point*. Berdasar hasil yang didapat dari pengujian pada area lintas dengan 58 titik uji dapat diketahui bahwa kekuatan sinyal sudah dapat mencangkup seluruh area jalur lintas dengan rata-rata RSSI sebesar 53,103 dBm. Terdapat 4 titik yang terdapat RSSI di -70 dBm ke atas. Dengan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa RSSI pada area lintas berkualitas sangat baik.

Pengujian *jitter* menggunakan aplikasi *software Wireshark* kemudian diekspor kedalam bentuk *.csv* dan diolah menggunakan *Microsoft Exel*. Pengujian dilakukan cara melakukan uji pada setiap *access point* dengan pengambilan data sebanyak 10 (sepuluh) kali dengan melakukan ping ke internet dan juga melakukan browsing untuk menghasilkan paket data.

Tabel 1. Hasil Penghitungan *Jitter Tiap Access Point (AP)*

Pengujian	AP Wayside	AP Perlintasan
1	22,675 ms	31,131 ms
2	30,426 ms	28,789 ms
3	33,476 ms	29,011 ms
4	33,597 ms	31,609 ms
5	35,226 ms	33,795 ms
6	38,529 ms	38,786 ms
7	40,071 ms	27,917 ms
8	17,091 ms	28,612 ms
9	14,147 ms	31,113 ms
10	21,307 ms	44,618 ms
Rata-Rata	28,655 ms	32,538 ms

Pada tabel 1 menunjukkan bahwa *jitter* dari *access point* yang berada di Perlintasan mempunyai *jitter* lebih tinggi dengan rata-rata 32,54ms dibanding dengan *access point* yang berada di Wayside dengan hasil rata-rata 28,65ms. Hasil *jitter* tersebut termasuk kedalam indeks bagus dan dapat digunakan sebagai media pengiriman data dari pusat kendali.

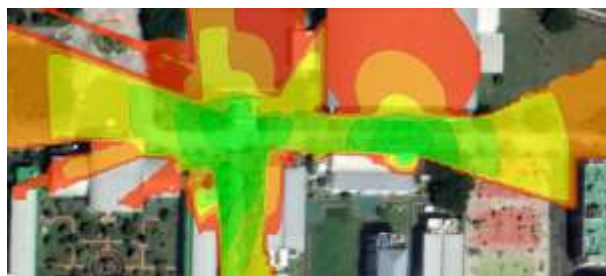
Pengujian perpindahan *access point* dilakukan dengan cara melintas pada area jalur lintas hingga koneksi jaringan berpindah antar *access point*. Pengujian dilakukan sebanyak 10 (sepuluh) kali dengan melakukan ping ke *google.com* dan juga browsing untuk mendapatkan paket data, kemudian paket data direkam menggunakan aplikasi *wireshark* untuk mengetahui apakah terdapat paket data yang hilang pada saat perpindahan antar *access point*. Setiap paket berisi sekitar 1000 hingga 1500 *byte*. Dalam pengujian menggunakan aplikasi *wireshark* ini hanya menampilkan jumlah paket dan melakukan filter "*tcp.analysis.lost_segment*" untuk meng-etahui berapa paket yang hilang.

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Packet Lost*

Pengujian ke-	Jumlah Paket	Paket Hilang	Persentase (%)
1	634	14	2.2 %
2	731	18	2.5 %
3	1349	50	3.7 %
4	2912	54	1.9 %
5	1418	71	5.0 %
6	521	10	1.9 %
7	233	2	0.9 %
8	302	5	1.7 %
9	438	5	1.1 %
10	364	5	1.4 %
Jumlah	8902	234	2.6 %

Berdasarkan pengujian yang terdapat pada tabel 2 dapat diketahui bahwa setiap perpindahan antar *access point* terdapat paket yang hilang dengan rata-rata sebanyak 2.6%. Hasil *packet loss* tersebut masih ditoleransi karena berada di bawah standar maksimal *packet loss* yaitu 10% (Hasanul Fahmi, 2018).

Pemetaan area cakupan menggunakan aplikasi *Ekahaw Site Survey*. Pada area perlintasan sebidang kereta api terdapat 2 (dua) *access point* yang dapat terkoneksi dengan sarana, dan 1 (satu) *access point* untuk koneksi server dan koneksi internet.

Gambar 2. Area Cakupan *Access Point*

Dapat diketahui pada gambar 2 terbagi menjadi 5 (lima) warna pada pemetaan area cakupan *access point* jalur lintas. Untuk warna hijau tua berkisar pada 55 dBm kebawah. Untuk warna hijau mendapat sinyal antara 55dBm sampai 60 dBm. Untuk warna hijau muda mendapat sinyal antara 60dBm sampai 65 dBm. Sedangkan warna kuning mendapat sinyal antara 65 dBm sampai 70 dBm. Terdapat sedikit warna *orange* pada pinggir area lintas yang mendapat sinyal antara 70 dBm sampai 75 dBm. Area cakupan sangat dipengaruhi oleh halangan dari gedung-gedung atau bangunan yang berada pada jalur lintas. Cakupan sinyal akan lebih bagus jika dalam keadaan tanpa ada halangan. Kekuatan sinyal yang paling lemah dalam jalur lintas yaitu terlihat dengan warna *orange* terletak pada sebelah gedung eksekutif dan barat tiang bendera depan gedung rektorat, yaitu 70-75 dBm yang masih termasuk dalam batas cukup untuk penerimaan data. Sedangkan diluar area tersebut rata-rata berwarna hijau dengan kekuatan sinyal kurang dari 70 dBm yang berarti sinyal baik sebagai sarana pengiriman data. Dari pemetaan tersebut dapat terlihat

bahwa cakupan sinyal dari 3 (tiga) *access point* dapat menjangkau di sepanjang jalur lintas dengan hasil baik.

Pengujian pengiriman data menggunakan simulasi *sharing file* antar pc/laptop. Laptop 1 sebagai server berada pada koneksi yang berada pada kelas, sedangkan laptop 2 sebagai klien terkoneksi dengan *access point* yang berada pada area lintas. Simulasi *sharing file* antar pc ini dapat dijadikan acuan untuk penggunaan pengiriman data dengan apapun perangkatnya. Simulasi pengiriman data diawali dengan persiapan perangkat yang akan digunakan. Untuk komputer 1, langkah pertama yaitu dengan login pada jaringan WiFi, dan mengatur sebagai jaringan publik. Selanjutnya aktifkan *sharing data* dengan masuk ke pengaturan "*network and sharing center*" dan pilih "*turn on*" pada "*file and printer sharing*". Langkah selanjutnya yaitu mengatur folder yang akan di bagikan. Atur file menjadi "*everyone*" dengan *permission level* "*read/write*". Untuk komputer kedua langkahnya tidak jauh berbeda, hanya memasukkan nama dan sandi komputer yang melakukan *sharing folder*.

Konektivitas jaringan dapat diatur menggunakan ip *static* agar lebih aman dan jelas ke alamat pengiriman yang dituju. Untuk cara perubahan dari ip *dynamic* ke ip *static* yaitu dengan cara masuk ke pengaturan pada WiFi dengan masuk ke menu "*Network Connection*" kemudian pilih "*properties*" selanjutnya pilih "*Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4)*" kemudian atur ip *address* pada rentan ip 192.168.0.100 hingga 192.168.0.115 karena sudah diatur dalam konfigurasi AP_1, kemudian atur *subnet mask* menggunakan ip *default*, dan *DNS server* menggunakan ip 192.168.0.5 agar dapat terhubung ke AP_1.

Pengujian simulasi pengiriman data ini dilakukan dengan cara melakukan pengiriman file antara klien ke server pada 4 (empat) titik utama, yaitu untuk titik pertama pada barat pos JPL, untuk titik kedua pada titik timur Pos JPL, untuk titik ketiga pada titik timur Stasiun PPI, dan titik ke-empat pada titik depan gedung Rektorat. Dimana titik-titik tersebut merupakan tempat perlintasan kereta dan kendaraan yang akan menyeberang perlintasan sebidang.

Tabel 3. Pengujian *Delay*

Lokasi	Pengujian ke-	Rata-rata <i>Delay</i> (ms)	Indeks	Kategori
Barat Pos JPL	1	68,09	4	Sangat Bagus
	2	37,77	4	Sangat Bagus
	3	33,08	4	Sangat Bagus
	4	38,27	4	Sangat Bagus
	5	29,29	4	Sangat Bagus
	6	30,56	4	Sangat Bagus

Lokasi	Pengujian ke-	Rata-rata <i>Delay</i> (ms)	Indeks	Kategori
Timur Pos JPL	7	37,64	4	Sangat Bagus
	8	41,19	4	Sangat Bagus
	9	39,62	4	Sangat Bagus
	10	29,38	4	Sangat Bagus
	1	78,36	4	Sangat Bagus
	2	36,59	4	Sangat Bagus
	3	40,47	4	Sangat Bagus
	4	32,46	4	Sangat Bagus
	5	31,51	4	Sangat Bagus
	6	32,24	4	Sangat Bagus
Timur Stasiun PPI	7	30,53	4	Sangat Bagus
	8	33,16	4	Sangat Bagus
	9	36,44	4	Sangat Bagus
	10	40,07	4	Sangat Bagus
	1	56,16	4	Sangat Bagus
	2	44,16	4	Sangat Bagus
	3	64,28	4	Sangat Bagus
	4	42,93	4	Sangat Bagus
5	20,52	4	Sangat Bagus	
6	73,05	4	Sangat Bagus	
7	20,81	4	Sangat Bagus	
8	39,29	4	Sangat Bagus	

Lokasi	Pengujian ke-	Rata-rata Delay (ms)	Indeks	Kategori
Depan Rektorat	9	57,31	4	Sangat Bagus
	10	34,78	4	Sangat Bagus
	1	60,22	4	Sangat Bagus
	2	42,78	4	Sangat Bagus
	3	41,92	4	Sangat Bagus
	4	36,93	4	Sangat Bagus
	5	56,74	4	Sangat Bagus
	6	124,96	4	Sangat Bagus
	7	81,65	4	Sangat Bagus
	8	129,37	4	Sangat Bagus
9	47,56	4	Sangat Bagus	
10	38,16	4	Sangat Bagus	

Pada area tersebut, masing-masing titik dilakukan pengujian sebanyak 10 (sepuluh) kali pengujian pengiriman data. Pengujian dilakukan dengan mencatat paket data dengan bantuan *software Wireshark*. Hasil uji paket data tersebut akan dicari *delay* dari pengiriman file tersebut.

Dari hasil pengujian yang terdapat pada tabel 3, dapat diketahui bahwa rata-rata *delay* pada titik 1 sebesar 38,49 ms, sedangkan titik 2 sebesar 66,03 ms, kemudian untuk titik 3 sebesar 45,33 ms, dan untuk titik 4 sebesar 39,18 ms. Semua hasil tersebut termasuk kedalam indeks 4 yang berarti sangat bagus, dan dapat digunakan sebagai media pengiriman data yang baik.

PEMBAHASAN

Perancangan sistem komunikasi antara pusat kendali dengan sarana melalui jaringan 2,4GHz dengan panjang area lintas 225meter sesuai dengan perhitungan dapat menggunakan 2 (dua) buah *access point*. 1(satu) buah *access point* sebagai koneksi untuk server, dan 2 (dua) buah *access point* dipasang pada jalur lintas diatur sebagai *repeater*. Jarak antar *access point* sekitar 70meter agar *repeater* dapat memancarkan kembali sinyal secara baik. Jangkauan dari *access point* dapat mencakup seluruh jalur perlintasan sebidang kereta api sepanjang

225meter dengan rata-rata sinyal 53,103 dBi. Hasil tersebut termasuk dalam kualitas sangat baik.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Pengiriman data pada jaringan WiFi 2,4GHz menggunakan simulasi *sharing file* antar PC/laptop. Pengujian dengan menghitung *delay/latency* di 4 (empat) titik area lintas mendapatkan hasil rata-rata 38,49ms pada titik 1 (satu), 66,03ms pada titik 2 (dua), 45,33ms pada titik 3 (tiga), dan 39,18ms pada titik 4 (empat). Hasil tersebut termasuk kedalam indeks 4 (empat) yang berarti sangat bagus untuk pengiriman data. Hasil pengujian *jitter* dari *access point* yang berada di Wayside mendapat hasil rata-rata 28,65ms. Sedangkan hasil pengujian *jitter* dari *access point* Perlintasan mempunyai *jitter* lebih tinggi dengan rata-rata 32,54ms. Hasil *jitter* kedua *access point* tersebut termasuk kedalam indeks bagus. Setiap perpindahan antar *access point* terdapat paket yang hilang dengan rata-rata sebanyak 2.6%. Hasil *packet loss* tersebut masih ditoleransi karena berada dibawah standar maksimal *packet loss* yaitu 10%.

PENELITIAN LANJUTAN

Penggunaan tipe *access point* yang berbeda memiliki potensi pada perbedaan kapasitas data dan kecepatan yang dapat dikirim maupun diterima. Penelitian lanjutan diperlukan untuk memperluas area cakupan wayside jalur rel kereta api yang mengelilingi area laboratorium kereta api sepanjang 1,2 kilometer PPI Madiun dengan keseragaman tipe *access point* yang digunakan serta dikombinasikan dengan media fiber optik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alcalá, C. C., Lin, S., & He. (2011). Design and Test of a High QoS Radio Network for CBTC Systems in Subway Tunnels. IEEE Vehicular Technology Conference. <https://doi.org/10.1109/VETECS.2011.5956646>
- Artur Babiarz, Krzysztof Jaskot, and P. K. (2013). The Control System for Autonomous Mobile Platform. *Studies in Computational Intelligence*, 440, 15-28. https://doi.org/10.1007/978-3-642-31665-4_2
- Audi Ghaffari, M., Segreto, I. L., & Tempo, D. E. L. (2005). Radio based Train Control Systems for the APM Market. *Transport Automated Solutions Division, Alcatel Canada Inc.*, 7(2), 147-173. <http://dx.doi.org/10.1016/j.intell.2008.09.007%0A>
- Bhakti, Z. M., Raharjo, S., & Sholeh. (2017). Analisis Kinerja Wireless Access Point (WAP) dan Virtual Access Point (VAP) PAD. 3(2), 12-21.
- Bhinneka. (2018). TP-LINK TL-WN822N. <https://www.bhinneka.com/tp-link-tl-wn822n-skusku00311739>
- Hadi, S. (2012). Membandingkan Efektivitas Menggunakan Instalasi Jaringan Komputer Kabel dan Nirkabel (Studi Kasus STMIK Atma Luhur). 2012(Sentika), 74. https://www.mendeley.com/catalogue/dede889a-e83f-3d1c-83ae-7889ed394864/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.4&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7B7417b6bd-7a11-4ddc-9110-d24c844951ec%7D
- Hasanul Fahmi. (2018). Analisis Qos (Quality of Service) Pengukuran Delay, Jitter, Packet Lost dan Throughput Untuk Mendapatkan Kualitas Kerja Radio Streaming yang Baik. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 7(2), 98-105.
- Hasmi, Z., Supriyono, H., & Mochammad, M. (2013). Analisis Performansi Beberapa Wireless Access Point Tipe N Sebagai Media Transmisi Video Streaming. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689-1699.
- HowStuffWorks. (2021). What is a Packet. <https://computer.howstuffworks.com/question525.htm>
- IdCloudHost. (2017). Apa Itu ISP (Internet Service Provider). <https://idcloudhost.com/apa-itu-isp-internet-service-provider/>
- Kuspriatni, L. (2014). Telekomunikasi dan Jaringan. In *Manajemen dan SIM 2*.
- LuckyJo. (2016). Standar pengkabelan EIA 586. <https://tkjluarbiasa.blogspot.com/2016/08/standar-pengkabelan-eia-586.html>

- OkComputer. (2018). Tenda F9 Wireless N Router. <https://www.okcommedan.com/networking/tenda-produk/tenda-f9-wireless-n-router-600-mbps.html/>
- Primananda, R., Djanali, S., & Shiddiqi, A. M. (2014). Analisa Kualitas Layanan Sistem Komunikasi Tetra pada Kereta Api Indonesia. *JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 12(2), 61. <https://doi.org/10.12962/j24068535.v12i2.a323>
- Rachmadini, F., Budhisantosa, N., & Pramdhana, D. S. (2019). Optimasi Cakupan Wireless Access Point Pada Mall Sumarecon Bekasi. 4, 108–116.
- Santoso, M. (2021). Implementasi telekomunikasi, internet dan teknologi nirkabel pada pt.telkom tbk. [https://www.researchgate.net/publication/351005923%](https://www.researchgate.net/publication/351005923)
- Titahningsih, P., Primananda, R., & Akbar, S. R. (2018). Perancangan Penempatan Access Point untuk Jaringan Wifi Pada Kereta Api Penumpang. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIHK) Universitas Brawijaya*, 2(5), 2008–2015. [http://garuda.ristekdikti.go.id/journal/issue/10384/ Vol 2 No 5 \(2018\)?items=10&page=2](http://garuda.ristekdikti.go.id/journal/issue/10384/Vol%20No%205(2018)?items=10&page=2)
- Yanto. (2013). Analisis Qos (Quality of Service) Pada Jaringan Internet (Studi Kasus : Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura). Analisis Qos (Quality of Service), 1-6.
- Yosi, N. (2017). Perangkat Jaringan Komputer. <https://yosinovitabl.wordpress.com/2017/06/05/perangkat-jaringan-komputer/>