

BAB III

KAJIAN PUSTAKA

A. Perkeretaapian

Perkeretaapian merupakan satu kesatuan sistem yang terdiri dari sarana, prasarana, dan sumber daya manusia, serta norma, kriteria, persyaratan, dan prosedur dalam penyelenggaraan kereta api (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian). Perkeretaapian diselenggarakan untuk memperlancar perpindahan orang dan/atau barang secara massal, dengan selamat, aman, nyaman, cepat, tepat, tertib, teratur, dan efisien (Peraturan Pemerintah Nomor 56 Tahun 2009 tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian, diperbarui dengan Peraturan Pemerintah Nomor 6 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian). Penyelenggaraan perkeretaapian ditujukan untuk menunjang pemerataan pertumbuhan, stabilitas, pendorong, dan penggerak pembangunan nasional. Jadi, perkeretaapian yaitu suatu kesatuan sistem transportasi untuk memindahkan orang dan/atau barang dari satu tempat ke tempat lainnya dengan aman, selamat, nyaman, tepat, cepat, dan efisien yang ditujukan untuk pemerataan pertumbuhan dan pembangunan nasional.

B. Prasarana Perkeretaapian

Prasarana perkeretaapian terdiri dari jalur kereta api, stasiun kereta api, dan fasilitas operasi kereta api agar kereta api dapat dioperasikan (PM 60 Tahun 2012). Prasarana perkeretaapian mencakup:

1. Jalur Kereta Api

Jalur kereta api yaitu prasarana kereta api yang terdiri atas rangkaian petak jalan rel yang meliputi ruang manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api, dan ruang pengawasan jalur kereta api termasuk bagian atas dan bawahnya yang diperuntukkan bagi lalu lintas kereta api (PM 60 Tahun 2012).

2. Stasiun Kereta Api

Stasiun kereta api yaitu prasarana kereta sebagai tempat pemberangkatan dan pemberhentian kereta api (PM 29 Tahun 2011).

3. Fasilitas Operasi Kereta Api

Fasilitas pengoperasian kereta api yaitu segala fasilitas yang diperlukan agar kereta api dapat dioperasikan (PM 44 Tahun 2018).

C. Fasilitas Operasi Perkeretaapian

Fasilitas pengoperasian kereta api dalam UU 23 Tahun 2007 Pasal 35 ayat (1) huruf c meliputi:

- a. peralatan persinyalan;
- b. peralatan telekomunikasi; dan
- c. instalasi listrik.

Fungsi fasilitas pengoperasian kereta api yaitu:

- a. Peralatan persinyalan, berfungsi sebagai petunjuk dan pengendali terdiri atas sinyal, tanda, dan marka;
- b. Peralatan telekomunikasi, berfungsi sebagai penyampai informasi dan/atau komunikasi bagi kepentingan operasi perkeretaapian menggunakan frekuensi radio dan/atau kabel berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan di bidang telekomunikasi;
- c. Instalasi listrik, terdiri atas catu daya listrik, peralatan transmisi tenaga listrik untuk menggerakkan kereta api bertenaga listrik, memfungsikan peralatan persinyalan kereta api yang bertenaga listrik, memfungsikan peralatan telekomunikasi, dan memfungsikan fasilitas penunjang lainnya berdasarkan peraturan perundang-undangan di bidang ketenagalistrikan.

D. Telekomunikasi Perkeretaapian

Sesuai dengan PM 45 Tahun 2018, peralatan telekomunikasi berfungsi untuk menyampaikan informasi dan/atau berkomunikasi bagi kepentingan pengoperasian kereta api. Peralatan telekomunikasi dapat berupa:

1. sistem komunikasi suara; dan
2. sistem komunikasi data.

Komunikasi suara berupa:

1. komunikasi untuk operasi kereta api;
2. komunikasi untuk pemeriksaan dan perawatan; dan
3. komunikasi untuk kondisi darurat.

Komunikasi Untuk Operasi Kereta Api

Komunikasi untuk operasi kereta api berfungsi untuk menginformasikan warta kereta api yang berkaitan dengan pengoperasian kereta api. Komunikasi untuk operasi kereta api minimal digunakan untuk:

1. Komunikasi langsung antar stasiun;
2. Komunikasi penjaga perlintasan kereta api;
3. Komunikasi *train dispatching*; dan
4. Komunikasi langsiran.

Komunikasi untuk operasi kereta api terdiri dari:

1. Komunikasi langsung antar stasiun ditempatkan di ruangan PPKA.
2. Komunikasi penjaga perlintasan kereta api ditempatkan di ruangan penjaga perlintasan.
3. Komunikasi *train dispatching* dapat berupa:
 - a. Pesawat *console* terletak di ruang Pusat Kendali (PK);
 - b. Pesawat cabang stasiun terletak di ruangan PPKA;
 - c. Pesawat cabang lokomotif terletak di kabin masinis;
 - d. *Base Station* terletak di ruang peralatan;
 - e. Menara terletak bersebelahan dengan ruang peralatan; dan
 - f. Antena terletak di menara.
4. Komunikasi langsiran kereta api ditempatkan di ruangan PPKA atau depo/balai yasa.

Peralatan Telekomunikasi Perkeretaapian meliputi:

1. pesawat telepon;
2. layar tampilan;
3. perekam suara atau perekam data;
4. transmisi;
5. catu daya;
6. proteksi;
7. penunjuk waktu.

Pesawat telepon ataupun radio untuk komunikasi operasi Kereta Api digunakan untuk:

1. Komunikasi antara Pengatur Perjalanan Kereta Api di stasiun dengan stasiun sebelahnya;
2. Komunikasi antara Pengatur Perjalanan Kereta Api dengan petugas Penjaga Perlintasan Kereta Api terkait dengan perjalanan Kereta Api;
3. Komunikasi antara petugas Pusat Kendali dengan Pengatur Perjalanan Kereta Api, petugas Pusat Kendali dengan Masinis, dan Masinis dengan Pengatur Perjalanan Kereta Api atas seizin petugas Pusat Kendali terkait pengendalian perjalanan Kereta Api.

Pesawat telepon ataupun radio untuk komunikasi langsung Kereta Api berfungsi untuk mengatur kegiatan langsung.

Perbedaan pengatur perjalanan kereta api (PPKA) dan pengendali perjalanan kereta api di PK yaitu:

1. Petugas pengatur perjalanan kereta bertanggung jawab terhadap keselamatan urusan perjalanan kereta api di wilayah pengaturannya. Dalam hal ini, PPKA bertugas mengatur perjalanan kereta api di stasiun bersangkutan.
2. Dalam hal perjalanan kereta api tidak sesuai GAPEKA (terjadi kelambatan sebagian atau seluruhnya) pengaturan/penetapan pemindahan persilangan/penyusulan perjalanan kereta api dilakukan oleh petugas pengendali perjalanan kereta api dan pelaksanaannya oleh petugas pengatur perjalanan kereta api.
3. Pengaturan/penetapan pemindahan persilangan/penyusulan oleh petugas pengendali perjalanan kereta api dilakukan melalui alat komunikasi yang direkam.
4. Pengaturan /penetapan pemindahan persilangan/penyusulan perjalanan kereta api yang dilakukan oleh petugas pengendali perjalanan kereta api kepada pengatur perjalanan KA tidak mengurangi tanggung jawab petugas pengatur perjalanan kereta api.

E. Sistem Radio *Train Dispatching*

Menurut Mustofa (2019: 6-7) *train dispatching system* merupakan komunikasi suara dan persinyalan antara *train dispatch centre* dengan *waystation* (ws) dan lokomotif untuk mengontrol lalu lintas kereta api yang dilengkapi dengan identitas yang unik. Sifat komunikasinya adalah *selective call* dan *open call*, maksudnya komunikasi dapat berlangsung setelah operator memilih perangkat tertentu yang akan diajak berkomunikasi dan dapat pula dilakukan konferensi dengan beberapa pihak yang ditentukan oleh operator. Dengan komunikasi semi-*duplex* panggilan dan laporan dari setiap ws akan diterima oleh *train dispatch centre* (TDC). Dari *train dispatch centre* inilah lalu lintas kereta api bisa dikontrol. Setiap kereta api yang datang kepada stasiun tertentu, jam kedatangan dan kondisinya akan dilaporkan oleh stasiun tersebut melalui pesawat ws kepada TDC, sehingga adanya kecelakaan maupun keterlambatan kereta api bias diketahui oleh TDC.

Radio *train dispatching* merupakan suatu perangkat untuk penyedia komunikasi suara antara pusat kendali/PPKA atau biasa juga disebut *Operation Control System* (OCC) dengan PPKA di stasiun dan masinis di kabin lokomotif melalui media transmisi radio frekuensi dan saluran fisik. Sistem radio *train dispatching* menghubungkan seluruh wilayah kerja atau wilayah operasi kereta api seperti wilayah kerja Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan yaitu dari lintas jalur kereta api Makassar-Parepare.

Jaringan *train dispatching* umumnya menggunakan *band* frekuensi VHF, antar jaringan yang dihubungkan menggunakan *multiplexer* dengan sistem radio *microwave* (menggunakan gelombang mikro) atau dengan jaringan *Fiber Optic* (FO) sebagai media transmisinya. Jaringan radio *train dispatching* di Indonesia bervariasi mulai dari menggunakan sistem radio analog, radio digital, frekuensi VHF dan frekuensi UHF.

Sistem radio *train dispatching* menyediakan komunikasi:

1. Antar PPKA di stasiun
2. Masinis dengan PPKA di stasiun
3. PPKA dengan PK/OCC
4. Penjaga pintu perlintasan
5. Staf Operasi dan Perawatan

F. Sistem Komunikasi Radio

1. Sistem Komunikasi

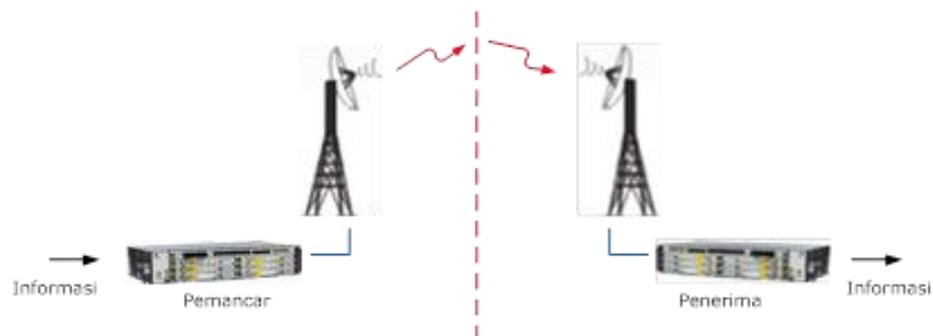
Sistem komunikasi umumnya dimaknai sebagai sebuah sistem untuk melakukan komunikasi. Sistem komunikasi juga dapat diartikan sebagai sebuah fasilitas yang terdiri dari berbagai peralatan untuk menyebarluaskan informasi. Sistem komunikasi memungkinkan transmisi informasi yang dilakukan diantara individu mencapai keberhasilan. Terdapat berbagai jenis sistem komunikasi diantaranya adalah sistem komunikasi satelit, system komunikasi saluler, sistem komunikasi kabel, sistem komunikasi nirkabel, sistem komunikasi simpleks, sistem komunikasi dupleks, sistem komunikasi dupleks sebagian, dan sistem komunikasi taktis.

2. Radio

Radio adalah salah satu teknologi komunikasi yang menggunakan gelombang radio sebagai sarana untuk membawa informasi berupa suara dengan mengatur secara sistematis sifat-sifat energi gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan melalui udara.

3. Sistem Komunikasi Radio

Sistem komunikasi radio adalah sistem komunikasi yang dilakukan tanpa menggunakan kabel yang memanfaatkan udara sebagai media transmisi untuk perambatan gelombang radio yang bertindak sebagai pembawa sinyal informasi. Gambar ilustrasi sistem komunikasi radio dapat dilihat pada gambar III. 1.



- *Sumber: Sistem Komunikasi Radio & Laboratorium, 2020*

Gambar III. 1 Sistem Komunikasi Radio

Sistem terdiri atas dua bagian pokok, yaitu pemancar (Tx) dan penerima (Rx). Pemancar terdiri atas modulator dan antena pemancar, sedangkan penerima terdiri atas demodulator dan antena penerima. Modulator berfungsi untuk memodulasi informasi menjadi sinyal yang akan dipancarkan melalui antena pemancar. Antena merupakan suatu sarana atau piranti yang mengubah sinyal listrik (tegangan/arus) menjadi sinyal elektromagnetik (pada pemancar). Sinyal elektromagnetik inilah yang akan dipancarkan melalui udara atau ruang bebas sehingga sampai pada penerima.

Sinyal yang dipancarkan oleh antena pemancar akan ditangkap oleh antena penerima. Dalam hal ini, antena merupakan suatu sarana atau piranti yang mengubah sinyal elektromagnetik menjadi sinyal listrik (pada penerima). Demodulator pada bagian penerima akan mendemodulasi (yaitu proses kebalikan dari pada modulasi) sinyal listrik menjadi sinyal informasi seperti aslinya. Agar antena dapat bekerja dengan efektif, maka dimensi antena harus merupakan kelipatan (orde) tertentu dari panjang gelombang radio yang digunakan.

4. Bagian-bagian dari Sistem Radio.

Peralatan dasar dari sebuah sistem radio terdiri dari pancaran dan penerimaan sinyal yang digunakan untuk membawa audio dan data. Dalam hal suara, sistem pemancar digunakan untuk menghasilkan dan memperkuat sinyal radio, lalu dimodulasi, dengan sinyal suara dari mikrofon. Sinyal radio yang telah dimodulasi dikirim ke antena, untuk meradiasi sinyal ke udara. Sinyal terpancar oleh antena penerima dan dikirim ke penerima.

a. Perangkat Unit Sistem Radio

Perangkat radio dua arah dapat digolongkan sebagai perangkat unit tetap (*Radio Base*), mobile (*Radio Mobile*), dan portable (*Radio HT*). setiap perangkat mencakup unit pemancar (TX), penerima (RX), dan sistem antena. Perangkat tetap berada dipusat seperti kantor, dan biasanya terdiri dari *radio base*, *mikrofon*, dan antena. *Radio Base* digunakan untuk mengirim sinyal yang dihasilkan melalui *mikrofon radio base* ke *radio portable* dan *radio mobile*. Kisaran jarak dari *radio*

base tergantung pada daya (*power*), antena sistem, daerah, dan kondisi lingkungan. Lokasi *radio base* umumnya dikenal sebagai pusat operator.

b. Jangkauan Sistem Radio

Jangkauan gelombang radio dipengaruhi oleh berbagai faktor. Salah faktor paling penting adalah ketinggian antena ke lokasi, karena gelombang radio sangat tergantung pada kondisi dan cuaca.

5. Tipe Komunikasi Radio

Berdasarkan teknologi sinyal

- a. Analog
- b. Digital

Berdasarkan arah komunikasi

- a. *Simplex* (searah)
- b. *Duplex* (dua arah)
- c. *Half-duplex* (dua arah sebagian)

Berdasarkan penggunaannya

- a. Radio Konvensional
- b. Radio *Trunking*

6. Gelombang Radio

Gelombang radio adalah satu bentuk radiasi gelombang elektromagnetik, yang terbentuk pada saat obyek yang bermuatan listrik yang dibangkitkan oleh osilator sebagai gelombang pembawa dimodulasi (ditumpangkan frekuensinya) oleh gelombang informasi sehingga berada pada frekuensi yang terdapat pada rentang frekuensi gelombang radio (frekuensi radio) pada suatu spektrum elektromagnetik.

Frekuensi yang digunakan untuk telekomunikasi menempati rentang dari 3 kHz hingga 3 THz (Tera Hertz = 10^{12} Hertz). Dengan rentang frekuensi yang cukup besar ini, maka penggunaannya harus diatur sehingga sistem-sistem radio yang ada tidak saling mengganggu.

Dengan pengaturan alokasi frekuensi, maka setiap sistem yang menggunakan komunikasi radio akan memiliki rentang frekuensi kerja tersendiri yang berbeda dengan rentang frekuensi kerja sistem yang lain. Kenyataan ini juga akan meminimalkan resiko interferensi oleh karena

penggunaan frekuensi yang sama oleh dua atau lebih sistem yang berlainan.

Dapat dilihat pada tabel III.1 adalah penentuan alokasi frekuensi untuk sistem telekomunikasi di Indonesia.

Tabel III. 1 Alokasi Frekuensi

Nomor Pita	Rentang Frekuensi	Pembagian Panjang Gelombang	Nama Band	Singkatan
4	3 – 30 kHz	Gelombang Miriametrik	<i>Very Low Frequency</i>	VLF
5	30 – 300 kHz	Gelombang Kilometrik	<i>Low Frequency</i>	LF
6	300 – 3000 khz	Gelombang Hektometrik	<i>Medium Frequency</i>	MF
7	3 – 30 Mhz	Gelombang Dekametrik	<i>High Frequency</i>	HF
8	30 – 300 MHz	Gelombang Metrik	<i>Very High Frequency</i>	VHF
9	300 – 3000 Mhz	Gelombang Desimetrik	<i>Ultra High Frequency</i>	UHF
10	3 – 30 GHz	Gelombang Sentimetrik	<i>Super High Frequency</i>	SHF
11	30 – 300 GHz	Gelombang Milimetrik	<i>Extremely High Frequency</i>	EHF
12	300 – 3000 Ghz	Gelombang Desimilimetrik	<i>Tremendously High Frequency</i>	THF

Sumber: Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Tentang Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia, 2018

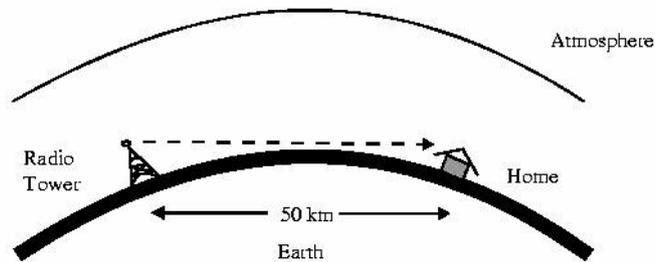
Setiap tipe frekuensi memiliki karakteristik masing-masing yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan telekomunikasi manusia. Setiap rentang frekuensi dibagi juga agar tidak saling mengganggu (interfensi) antara satu dengan yang lain di Indonesia terutama untuk operasional bisnis.

7. Karakteristik Radio VHF

Very High Frequency atau biasa disebut dengan frekuensi VHF digunakan pada radio komunikasi jarak dekat. Dalam hal ini gelombang radio yang dipancarkan secara garis lurus sehingga transmisi yang diterima

atau dikirim akan terhambat. Komunikasi jenis perambatan ini menggunakan frekuensi kerja VHF (30-300MHz).

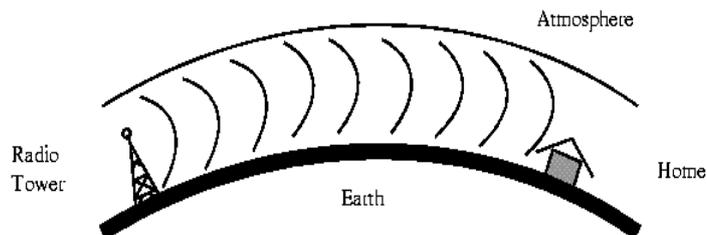
Gambar III. 2 merupakan perambatan langsung memerlukan jalur di mana antenna pemancar dan antenna penerima dapat saling berhadapan tanpa ada penghalang (*line of sight*), sehingga ketinggian antenna merupakan kendala dalam menentukan jarak komunikasi.



Sumber: Irwanto, 2021

Gambar III. 2 Propagasi Gelombang Langsung atau *Line of Sight* (LoS)

Pada sinyal frekuensi VHF merambat sangat bagus di atas permukaan air dan perbukitan, sementara sinyal UHF merambat sangat baik di daerah perkotaan dengan gedung – gedung tinggi. Gelombang VHF dan UHF digunakan untuk jarak lebih dari 150 km, maka perlu stasiun *relay* supaya gelombang dapat menempuh jarak yang jauh.



Sumber: Irwanto, 2021

Gambar III. 3 Gelombang Permukaan

Gambar III. 3 merupakan gelombang permukaan yang pada umumnya digunakan untuk komunikasi antara satu tempat tetap dengan satu objek yang bergerak, atau antara dua objek yang bergerak, misalnya antara pelabuhan dengan kapal yang sedang berlayar atau antara dua kapal yang sedang berlayar. Dalam hal ini juga antara stasiun dengan kereta api.

8. Media Transmisi

Media transmisi adalah media yang menghubungkan antara pengirim dan penerima informasi (data). Kegunaan media transmisi yang digunakan pada beberapa peralatan elektronika yaitu untuk menghubungkan antara pengirim dan penerima supaya dapat melakukan pertukaran data. Beberapa alat elektronika seperti telepon, komputer, televisi, dan radio membutuhkan media transmisi untuk dapat menerima data. Seperti pada pesawat telepon, media transmisi yang digunakan untuk menghubungkan dua buah telepon adalah kabel. Setiap peralatan elektronika memiliki media transmisi yang berbeda-beda dalam pengiriman datanya.

G. Coverage Area dan Blank Spot

1. Pengertian *coverage area*

Menurut Miranti dan Heranurweni (2021: 76) *coverage area* adalah suatu wilayah jangkauan dari suatu pemancar sejauh mana sinyalnya dapat diterima dengan baik, tanpa memperhatikan pengaruh interferensi stasiun pemancar lainnya.

2. Pengertian *blank spot*

Menurut Silalahi dkk (2023: 205) *blank spot* adalah kondisi dimana suatu tempat tidak tersentuh atau tidak terlingkupi oleh sinyal komunikasi. Bila suatu tempat terjadi *blank spot*, maka akan sulit terjadinya komunikasi dua arah. *Blank spot* terjadi bukan hanya di kota kecil saja, yaitu melainkan juga di kota-kota besar masih sering terjadi blank spot yang mengganggu proses komunikasi. Dengan terjadinya blank spot terkadang orang harus mencari tempat yang dimana tempat itu bisa terdeteksi sinyal. Biasanya blank spot terjadi karena kondisi geografis dan faktor cuaca.

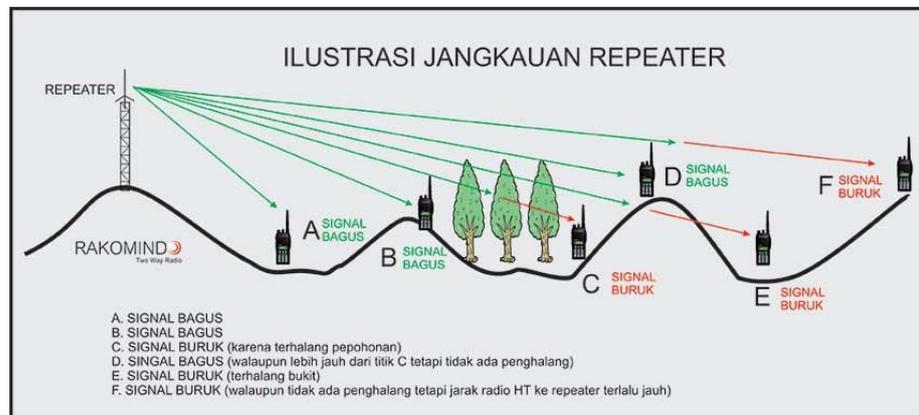
3. Penyebab *Blank spot*

Ada banyak hal yang melatarbelakangi terjadinya *blank spot* di suatu wilayah. Mulai dari faktor teknis maupun non-teknis seperti kondisi geografis dan faktor cuaca. Berikut penjabaran dari faktor-faktor tersebut.

a) Kondisi geografi atau topografi

Kondisi geografis atau topografi seringkali menjadi faktor utama minimnya sinyal yang ada di suatu tempat. Bahkan tidak jarang semakin sulit medan dan kondisi geografisnya, sinyal komunikasi hilang

sama sekali. Contohnya saja, suatu tempat yang terpencil di tengah hutan atau di wilayah pegunungan. Sinyal akan sulit didapatkan karena tidak adanya sarana pendukung untuk menangkap sinyal yang ada seperti BTS dan kabel optik. Terlebih bagi daerah dengan kondisi geografis terjal, akan sulit untuk dibangun sebuah BTS mengingat sulitnya material yang dibawa menuju tempat tersebut.



Sumber: radiokomunikasi.com, 2023

Gambar III. 4 Ilustrasi Jangkauan *Repeater* atau *Base Station* pada Topografi Wilayah Terjal

b) Faktor cuaca

Selain faktor kondisi geografis, faktor cuaca juga sangat berpengaruh terhadap terjadinya *blank spot*. Cuaca buruk seperti ketika hujan deras akan melepaskan ion-ion tertentu, sehingga dapat mengganggu ketika menerima sinyal dan menghalangi gelombang radio. Selain hujan, terjadinya angin saat hujan pun dapat mempengaruhi arah jaringan. Alhasil, jaringan terganggu bahkan hilang karena menara penghubung maupun pemancar sinyal roboh. Jadi, karena buruknya prasarana tersebut, ketika menghadapi cuaca buruk tidak dapat mengantisipasinya.

4. Cara Mengatasi *Blank spot*

a. Mengganti antena

Pada umumnya antena sangat berpengaruh terhadap jangkauan HT ataupun perangkat radio komunikasi lainnya. Jika anda menggunakan antena tidak tepat maka dipastikan jangkauan HT anda tidak akan maksimal.

b. Menambah daya output

Beberapa model Radio HT memungkinkan peningkatan daya output untuk meningkatkan jangkauannya. Bacalah buku panduan pengguna untuk mengetahui apakah perangkat Anda mendukung fitur ini dan cara mengaktifkannya. Disamping itu anda juga dapat menambah power amplier agar untuk menambah power radio komunikasi anda. Kemudian memilih baterai yang lebih kuat. Baterai yang lebih kuat dapat meningkatkan daya output radio dan, pada gilirannya, memperluas jangkauannya. Pertimbangkan untuk mengganti baterai bawaan dengan baterai berkapasitas lebih tinggi.

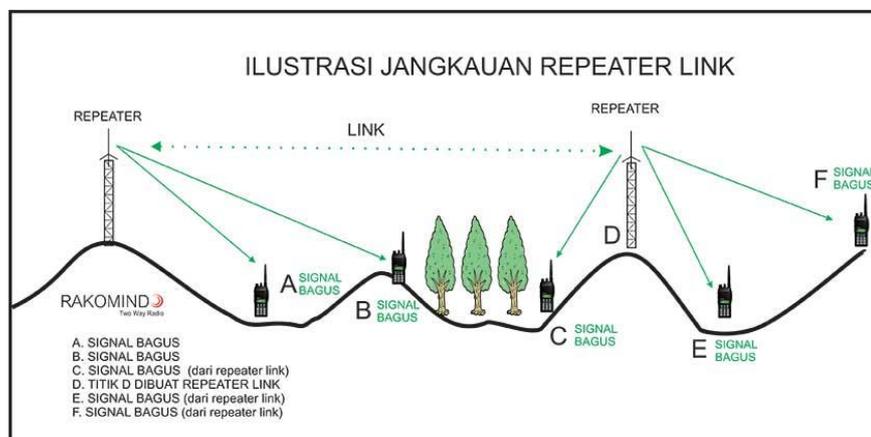
c. Menambah Jarak Jangkauan HT Menggunakan Repeater

1) Fungsi repeater untuk menambah jangkauan HT

Repeater adalah perangkat yang menerima sinyal radio dari satu stasiun dan mengirimkannya kembali dengan daya yang lebih tinggi, sehingga memperluas jangkauan komunikasi. Penggunaan repeater sangat efektif untuk meningkatkan jangkauan Radio HT, terutama di daerah yang sulit dijangkau oleh sinyal langsung.

2) Cara kerja repeater

Repeater bekerja dengan menerima sinyal pada frekuensi tertentu dan kemudian mengirimkannya kembali pada frekuensi yang berbeda. Hal ini memungkinkan pengguna Radio HT untuk berkomunikasi dengan jarak yang lebih jauh daripada yang dapat dicapai tanpa repeater.



Sumber: radiokomunikasi.com, 2023

Gambar III. 5 Ilustrasi Cara Kerja Penambahan Repeater

d. Posisi dan ketinggian pengguna

1) Posisi yang strategis untuk mengoptimalkan jangkauan

Posisi pengguna Radio HT sangat mempengaruhi jangkauan komunikasi. Pastikan Anda berada di posisi yang strategis, seperti di atas bukit atau di tempat terbuka, untuk mengurangi penghalang sinyal dan meningkatkan jangkauan.

2) Manfaat ketinggian dalam mengurangi penghalang sinyal

Ketinggian juga mempengaruhi jangkauan Radio HT. Semakin tinggi posisi pengguna, semakin sedikit penghalang sinyal dan semakin jauh jangkauan komunikasi yang dapat dicapai.

e. Mengurangi penghalang sinyal

1) Pemilihan lokasi yang minim penghalang

Hindari berkomunikasi dengan Radio HT di daerah yang penuh penghalang, seperti di dalam gedung atau di daerah berhutan. Pilih lokasi yang terbuka dan minim penghalang untuk mendapatkan jangkauan yang lebih baik.

2) Menghindari peralatan elektronik yang mengganggu sinyal

Peralatan elektronik, seperti komputer dan peralatan rumah tangga, dapat mengganggu sinyal Radio HT. Usahakan menjauhkan perangkat Anda dari peralatan tersebut untuk mengurangi gangguan dan meningkatkan jangkauan.

H. *Pathloss* (Lintasan Redaman)

Menurut Maisarah dkk (2022: 189) *Pathloss* merupakan melemahnya atau hilangnya kekuatan daya sinyal informasi yang dipancarkan oleh antena pengirim sinyal (Tx) menuju ke penerima (Rx) saat proses transmisi melewati media udara. *Pathloss* terjadi ketika data atau sinyal melewati media udara dari antena ke penerima dalam jarak tertentu. *Pathloss* dapat timbul disebabkan oleh banyak faktor, seperti kontur tanah, lingkungan yang berada, medium propagasi (udara yang kering atau lembab), jarak antara antena pemancar dengan penerima, lokasi dan tinggi antena.

Perambatan *Line of Sight* (LoS) adalah perambatan langsung antara pemancar (Tx) dan penerima (Rx). Saat terjadi situasi LoS maka fungsi yang digunakan dalam prediksi menggunakan model ini sangat sederhana.

Hanya dibutuhkan sebuah persamaan dengan dua parameter saja dan dirumuskan sebagai persamaan:

$$L_{Fs} = 32,44 + 20 \log d + 20 \log f$$

Sumber: (Fahreza dan Yuwono, 2018)

Keterangan:

d = jarak antara *base station* dengan perangkat pengguna (km)

f = frekuensi (MHz)

L_{Fs} = lintasan redaman *free space* (dB)

I. Model Propagasi Gelombang Radio

Menurut Aini dkk (2020: 114) Propagasi gelombang radio adalah proses perambatan gelombang radio melalui media saluran transmisi udara dari antenna pemancar ke antenna penerima yang dipisahkan oleh jarak dengan cakupan puluhan kilometer dan bahkan bisa mencapai ribuan kilometer, sistem komunikasi menggunakan media saluran udara ini biasa disebut saluran berupa non fisik atau *wireless*. Pemodelan propagasi gelombang radio dikembangkan untuk memberikan perkiraan atau pendekatan seakurat mungkin suatu propagasi gelombang radio. Pemodelan propagasi dibuat dengan disesuaikan kondisi lingkungan yang bertujuan untuk memberikan prediksi besarnya *pathloss* (penurunan level daya sinyal informasi dari gelombang radio yang merambat melalui ruang) antara *transmitter* (pengirim sinyal) dengan *receiver* (penerima sinyal). Pemodelan yang paling dikenal adalah Okumura-Hatta dan Walfish-Ikegami. Pemodelan Okumura-Hatta digunakan pada daerah *coverage area* (area cakupan) *Radio Base Station* dengan jangkauan luas sedangkan Walfish-Ikegami digunakan pada *coverage area* (area cakupan) *Radio Base Station* dengan radius yang kecil.

1. Model Okumura-Hatta

Menurut Fahreza (2018: 6) Okumura-Hatta adalah model empiris didasarkan pada analisis statistik dari sejumlah besar ukuran eksperimental dengan memperhitungkan akumulasi total dari parameter seperti bangunan, *Base Transceiver Station/Radio Base Station*, dan ketinggian stasiun *Mobile Station*.

$$a. Lp = 46,3 + 33,9 \log f - 13,82 \log(hb) - a(hr) + (44,9 - 6,55 \log hb) \log d$$

$$b. a(hr) = (1,1 \log f - 0,7) hr - (1,5 \log f - 0,8)$$

Sumber: (Fahreza, 2018)

Keterangan:

Lp = *pathloss* (dB).

f = frekuensi (MHz).

hb = tinggi *Base Tranceiver Station* (m).

hr = tinggi perangkat pengguna (m).

d = jarak antara *base station* dan perangkat pengguna (km).

$a(hr)$ = faktor koreksi tinggi antena *base station*.

2. Model Walfisch Ikegami

Menurut Damayanti dkk (2023: 132) Walfisch Ikegami adalah pemodelan yang didasarkan pada wilayah area regular dengan beragam deretan bangunan yang seragam, dengan ketinggian bangunan yang seragam, dan juga berlokasi pada medan yang datar. Penyusunan bangunan disepanjang jalan dan grid jalan tidak memiliki jarak kerapatan antar bangunan. Area perambatan yang terjadi khususnya pada wilayah atas bangunan. Parameter yang dimiliki model Walfisch Ikegami relative lebih rumit jika dilakukan perbandingan dengan Model Okumura Hatta. Tingkat ketelitian dibutuhkan pada saat melakukan validasi nilai parameter yang dimasukkan kedalam perhitungan model Walfisch Ikegami karena parameter ketinggian bangunan serta jarak antar bangunan menjadi persoalan rumit. Data yang dihasilkan akan menjadi tidak akurat diakibatkan oleh pengambilan parameter secara acak. Berikut persamaan perhitungan perambatan:

$$a. Lp = \begin{cases} L_0 + L_{rts} + L_{msd} & L_{rts} + L_{msd} \geq 0 \\ L_0 & L_{rts} + L_{msd} \leq 0 \end{cases}$$

$$b. L_0 = 32,44 + 20 \log f + 20 \log d$$

$$c. L_{rts} = -16,9 - 10 \log w + 10 \log f + 20 \log(h_{roof} - hr) + L_{ori}$$

$$d. \text{Lori} = -10 + 0,354\alpha \quad \text{untuk } 0^\circ \leq \alpha \leq 35^\circ$$

$$\text{Lori} = 2.5 + 0,075(\alpha - 35) \quad \text{untuk } 35^\circ \leq \alpha \leq 55^\circ$$

$$\text{Lori} = 4 - 0,114(\alpha - 55) \quad \text{untuk } 55^\circ \leq \alpha \leq 99^\circ$$

$$e. \text{Lmsd} = \text{Lbsh} + K_a + K_d \log d + K_f \log f - 9 \log b$$

$$f. K_a = \begin{cases} 54 & \text{Jika, } h_{TX} > h_{roof} \\ 54 - 0,8(h_{TX} - h_{roof}) & \text{Jika, } d \geq 0,6\text{km dan } h_{TX} \leq h_{roof} \\ 54 - 0,8(h_{TX} - h_{roof}) \frac{d}{0,5} & \text{Jika, } d < 0,5 \text{ dan } h_{TX} < h_{roof} \end{cases}$$

$$g. \text{Lbsh} = \begin{cases} -18(1 + (h_{TX} - h_{roof})) & \text{Jika, } h_{TX} > h_{roof} \\ 0 & \text{Jika, } h_{TX} < h_{roof} \end{cases}$$

$$h. K_d = \begin{cases} 18 & \text{Jika, } h_{TX} > h_{roof} \\ 18 - 15 \frac{h_{TX} - h_{roof}}{h_{roof} - h_{TX}} & \text{Jika, } h_{TX} < h_{roof} \end{cases}$$

$$i. K_f = \begin{cases} 0,7 \left(\frac{f}{925} - 1 \right) & \text{untuk kota} \\ 1,5 (f/925 - 1) & \text{untuk kota besar} \end{cases}$$

Sumber: (Damayanti dkk, 2023)

Keterangan:

L_p = *pathloss* (dB).

f = frekuensi (Mhz).

h_{TX} = tinggi *Radio Base Station* (m).

h_r = tinggi perangkat pengguna (m).

h_{roof} = tinggi gedung (m).

d = jarak antara *Radio Base Station* dengan perangkat pengguna (m).

b = jarak antara bangunan (m).

w = lebar jalan raya (m).

a = nilai sudut datang antena (derajat)

L_0 = nilai *pathloss* pada udara terbuka atau *free space loss* (dB).

L_{ori} = nilai *pathloss* yang disebabkan oleh difraksi dan refleksi bangunan (dB).

L_{rts} = nilai *pathloss* atap gedung ke jalan atau *roof to street* (dB)

L_{msd} = nilai *pathloss multiple diffraction loss* (dB)

Lbsh= nilai *pathloss* akibat lebar jalan (dB).

Ka = variabel koreksi untuk tinggi *Radio Base Station* (dB).

Kd = variabel koreksi untuk tinggi bangunan (dB).

Kf = faktor koreksi wilayah perkotaan (dB).

Sedangkan untuk perhitungan nilai daya terima perangkat radio dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Prx = Ptx + Gtx - Grx - Lp - Gktx - Gkrx$$

Sumber: (Irianto, 2014)

Keterangan:

Lp = *Pathloss* /redaman lintasan propagasi (dB)

P_{TX} = Daya pancar antenna BTS (dBm)

P_{RX} = Daya terima perangkat radio (dBm)

G_{TX} = Gain antenna pemancar (dBi)

G_{RX} = Gain antenna penerima (dBi)

G_{KTX} = Gain kabel antenna pemancar (dBi)

G_{KRX} = Gain kabel antenna penerima (dBi)

Berikut ini merupakan nilai level daya terima RSL digunakan sebagai parameter yang menunjukkan level daya terima pengukuran. Menurut Gafar dan Bahari (2019: 26) RSL (*Received Signal Level*) merupakan level sinyal yang diterima perangkat penerima sinyal dan nilainya harus lebih besar dari sensitivitas perangkat penerima. Adapun level daya sinyal RSL dapat dilihat pada table III. 2 di bawah ini.

Tabel III. 2 Level Daya Terima RSL

Level Daya Terima (dBm)	Kondisi
0 s.d. -75	Sangat baik
-75 s.d. -85	Baik
-85 s.d. -95	Sedang
-95 s.d. -105	Buruk
-105 s.d. -120	Sangat Buruk

Sumber: Gafar dan Bahari, 2019