

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Sistem dan Jaringan *Radio Train Dispatching*

a. Sistem Radio *Train dispatching*

Sistem radio train dispatching di wilayah kerja Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan menyediakan komunikasi suara nirkabel untuk *dispatcher* di OCC/PK, PPKA di Stasiun, *train driver* (masinis), serta staf operasi dan pemeliharaan. Sistem radio kereta terdiri dari *Radio Base Station System*, *Radio Waystation*, *Train dispatch System Console* dan Radio Lokomotif. Kanal komunikasi suara radio disediakan untuk *dispatcher* di OCC, Masinis dengan radio lokomotif, Petugas PPKA dengan radio waystation dan staf Operating & Maintenance.

Sistem radio menggunakan teknologi Radio VHF. Radio VHF menggunakan rentang frekuensi 136-174 MHz. Frekuensi yang relatif rendah ini memungkinkan Radio VHF untuk memiliki coverage area yang besar.

Secara khusus, sistem menyediakan *Train Dispatcher* (Pusat Kendali) dengan kemampuan sebagai berikut:

- 1) Komunikasi langsung dengan staf PPKA (Pengatur Perjalanan Kereta Api) di stasiun-stasiun (*waystations*) dan kru lokomotif (masinis) yang beroperasi di dalam satu seksi/wilayah bagian kontrol kereta (*train control section*) dari *Train Dispatcher* (Pusat Kendali/PK),
- 2) Secara permanen memonitor lalu lintas kereta api dalam satu seksi/wilayah bagian kontrol kereta (*Train Control Section*),
- 3) Mengarahkan operasi dan pergerakan lalu lintas kereta api dalam satu seksi/wilayah bagian kontrol kereta api (*Train Control Section*),
- 4) Meningkatkan arus lalu lintas dengan memungkinkan *Train Dispatcher* (Pusat Kendali/PK) untuk mengatur ulang lokasi persimpangan (*crossing*) kereta api yang dijadwalkan pada garis kerja tunggal (*single line*),
- 5) Menerima panggilan darurat dari PPKA (Pengatur Perjalanan Kereta Api) di stasiun-stasiun (*waystations*) dan lokomotif (masinis)

b. Spesifikasi Teknis

- 1) Sistem radio kereta yang diperlukan untuk operasi dan pemeliharaan tersedia dan menggunakan teknologi Radio VHF.
- 2) Sistem radio kereta memenuhi peraturan konstruksi kereta api jarak jauh.
- 3) Sistem radio kereta memiliki kualitas suara yang memuaskan lebih dari 98% sepanjang jalur
- 4) Memiliki sistem perekaman suara yang dapat menyimpan suara lebih dari 1 bulan
- 5) Perekam digital di Pusat Kendali (OCC) merekam suara dari & ke petugas Train dispatcher.

c. Beberapa Komponen Sistem Radio *Train Dispatching*,

1) *Train Dispatch System Console*

- a) *Train Dispatch System Console* atau disebut dengan Konsol PK dipasang di kantor PK (OCC) yang terdiri atas sebuah meja kendali yang didalamnya terdapat banyak peralatan antara lain:
 - (1) Peralatan *interface* ke operator
 - (2) Peralatan *interface* ke sistem komunikasi
- b) Peralatan *interface* ke operator harus memungkinkan operator untuk memanggil PPKA yang berada di stasiun remote (*waystation*) atau masinis yang berada di kereta api dengan menekan tombol-tombol yang ada di panel yang telah didesain sedemikian rupa.
- c) Mikrofon atau pengeras suara harus disediakan demi memudahkan komunikasi petugas PK.
- d) Alat perekam suara/ *voice recording* dipasang di PK untuk merekam percakapan Petuga PK serta dilengkapi alat pemindah data.
- e) Meja pelayanan PK akan terintegrasi dengan ruang peralatan yang berada di PK



Sumber: <https://www.taitcommunications.com/products/dmr-radio/tn9300>, 2022

Gambar V. 1 Perangkat *Radio Network* TN9300

Perangkat *radio network* yang digunakan yaitu TN9300 (*Tait Network 9300*) sebagai perangkat *network* di PK (OCC) yang terletak di sebelah Stasiun Maros. Perangkat *radio network* ini didatangkan dari Australia yang diproduksi oleh Tait Communications. Pengontrol *node* Tait TN9300 adalah inti dari Tait *Digital Mobile Radio* (DMR) Tier 3 *radio trunking*. Terdapat banyak fitur dan *interface*, serta mengikuti DMR Standards dan inherits Tait fungsi MPT1327. Jaringan berbatang Tait TN9300 adalah sistem digital yang dirancang khusus untuk menyediakan komunikasi penting di wilayah geografis yang luas. Sistem Tait TN9300 menyediakan aplikasi penting untuk operasi seperti manajemen lokasi dan pemrograman ulang *over-the-air*. Selain itu, dapat disertakan dalam solusi khusus yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan seperti *GridLink*.

2) *Radio Base Station*

- a) *Radio Base Station* atau biasa disebut dengan peralatan *repeater* merupakan peralatan radio VHF yang mendapat masukan berupa nada panggil dan suara operator pusat kendali.
- b) Perangkat radio bekerja pada frekuensi *Very High Frequency* (VHF)

- c) Frekuensi kerja perangkat ada di rentang 136-174MHz atau lebih sesuai dengan standar VHF
- d) Radio memiliki kriteria sebagai berikut; input tegangan 88-264VAC atau 12-48 VDC, maksimum daya transmit 50-100 Watt, suhu operasional -30 s.d. 60°C, koneksi kabel tersedia kabel UTP dan koaksial
- e) Radio dilengkapi dengan pengeras suara
- f) Radio dilengkapi dengan fitur pemilihan kanal frekuensi dengan operasional yang mudah dimengerti.
- g) Antena pendukung perangkat radio harus bisa menjangkau komunikas lintas 2 arah dimana perangkat radio berada.
- h) Pemasangan perangkat *indoor* pada rak radio 19" yang berdiri di lantai.
- i) Pemasangan perangkat *outdoor* pada tower radio yang telah disepakati dan dibangun.



Sumber: https://www.taitcommunications.com/hubfs/All%20PDFs/Specifications/DMR/Tait_SS_TB9300.pdf, 2022

Gambar V. 2 Perangkat *Radio Base Station* TB9300

Perangkat *radio base station* yang digunakan yaitu perangkat TB9300 (*Tait Base Station 9300*) sebagai pemancar dan penerima sinyal komunikasi yang dibangun secara sistematis di Lintas Jalur Kereta Api Sulawesi Selatan. Perangkat *radio base station* ini didatangkan dari Australia yang diproduksi oleh Tait Communications. Tait TB9300 adalah stasiun basis digital terhubung IP (*Internet Protocol*) untuk jaringan DMR Tier 2 (radio konvensional) atau Tier 3 (radio *trunking*). Perangkat ini memungkinkan desain jaringan yang

fleksibel dan jalur migrasi yang mudah dari jaringan analog ke DMR (*Digital Mobile Radio*). Base station yang efisien secara spektral ini menyediakan operasi setara 6,25 kHz menggunakan dua saluran TDMA dalam satu saluran 12,5 kHz, memberi kapasitas yang lebih besar sekarang dan menyediakan jalur ekspansi di masa mendatang.

3) Radio *Waystation*

Radio *Waystation* dipasang di stasiun - stasiun yang mempunyai PPKA. Peralatan radio waystation terdiri dari panel operator dan pesawat radio VHF. Di dalam panel operator terdapat alamat dari masing – masing stasiun, speaker, handset dan tombol - tombol. Pesawat radio VHF berfungsi menerima atau mengirim panggilan dan percakapan antara PPKA di stasiun dan operator kantor PK (OCC).

- a) Perangkat radio bekerja pada frekuensi *Very High Frequency* (VHF)
- b) Frekuensi kerja perangkat ada di rentang 136-174MHz atau lebih sesuai dengan standar VHF
- c) Radio memiliki kriteria sebagai berikut; input tegangan 12-48 VDC, maksimum daya transmit 10-25 Watt, suhu operasional -30 s.d. 60° C, koneksi kabel tersedia kabel multipair dan koaksial
- d) Radio dilengkapi dengan pengeras suara
- e) Antena pendukung perangkat radio harus bisa menjangkau komunikasi lintas 2 arah dimana perangkat radio berada.
- f) Pemasangan perangkat *indoor* pada Ruang PPKA Stasiun
- g) Pemasangan perangkat *outdoor* pada tiang (*pole*) di area Stasiun dekat dengan PPKA.



Sumber: https://www.taitcommunications.com/hubfs/All%20PDFs/Specifications/DMR/Tait_SS_TM9355.pdf, 2022

Gambar V. 3 Perangkat Radio *Waystation* TM9355

Perangkat radio *waystation* yang digunakan yaitu perangkat radio rig/radio *mobile* TM9355 (*Tait Mobile* 9355) sebagai radio *waystation* di stasiun-stasiun yang beroperasi di Lintas Jalur Kereta Api Sulawesi Selatan. Perangkat radio *waystation* ini didatangkan dari Australia yang diproduksi oleh Tait Communications. TM9355 memiliki dua model yaitu model standar (25 Watt) dan model daya tinggi (hingga 50 Watt) yang dapat bekerja pada rentang frekuensi VHF 136-174 MHz dan juga UHF. Input tegangan listrik dalam rentang frekuensi VHF yaitu 16-25 VDC sedangkan input arus listrik sebesar 5,5 A untuk model standar (25 Watt).

4) Radio Lokomotif

- a) Radio Lokomotif adalah peralatan radio yang akan dipasang di kabin
- b) Lokomotif Radio loko terdiri dari panel oprator dan pesawat radio VHF. Di dalam panel operator terdapat alamat dari masing-masing stasiun, *speaker*, *handset* dan tombol-tombol.
- c) Perangkat radio bekerja pada frekuensi *Very High Frequency* (VHF)
- d) Frekuensi kerja perangkat ada di rentang 136-174MHz atau lebih sesuai dengan standar VHF
- e) Radio memiliki kriteria sebagai berikut; input tegangan 10-18 VDC, maksimum daya transmit 35 Watt, suhu operasional -30 s.d. 60°C, koneksi kabel tersedia kabel *multipair* dan koaksial

- f) Antena pendukung perangkat radio harus bisa menjangkau komunikasi saat berada di lintas perjalanan KA.
- g) Pemasangan perangkat ada di kabin lokomotif KA.

Perangkat yang digunakan sama dengan tipe perangkat radio waystation yaitu *Tait Mobile 9355* (TM9355).

5) Radio Portabel / *Handy Talky* (HT)

Selain perangkat di atas juga digunakan perangkat komunikasi radio portabel atau biasa disebut *Handy Talky* (HT) yang dapat digunakan secara fleksibel pada wilayah jaringan radio. Perangkat ini dapat digunakan baik untuk berkomunikasi dengan petugas pengendali perjalanan kereta api di PK/OCC, petugas pengatur perjalanan kereta api di stasiun ataupun masinis di kabin lokomotif kereta api.



Sumber: https://www.taitcommunications.com/hubfs/All%20PDFs/Specifications/DMR/Tait_SS_TP9300.pdf, 2022

Gambar V. 4 Perangkat *Handy Talky* (HT) TP9360

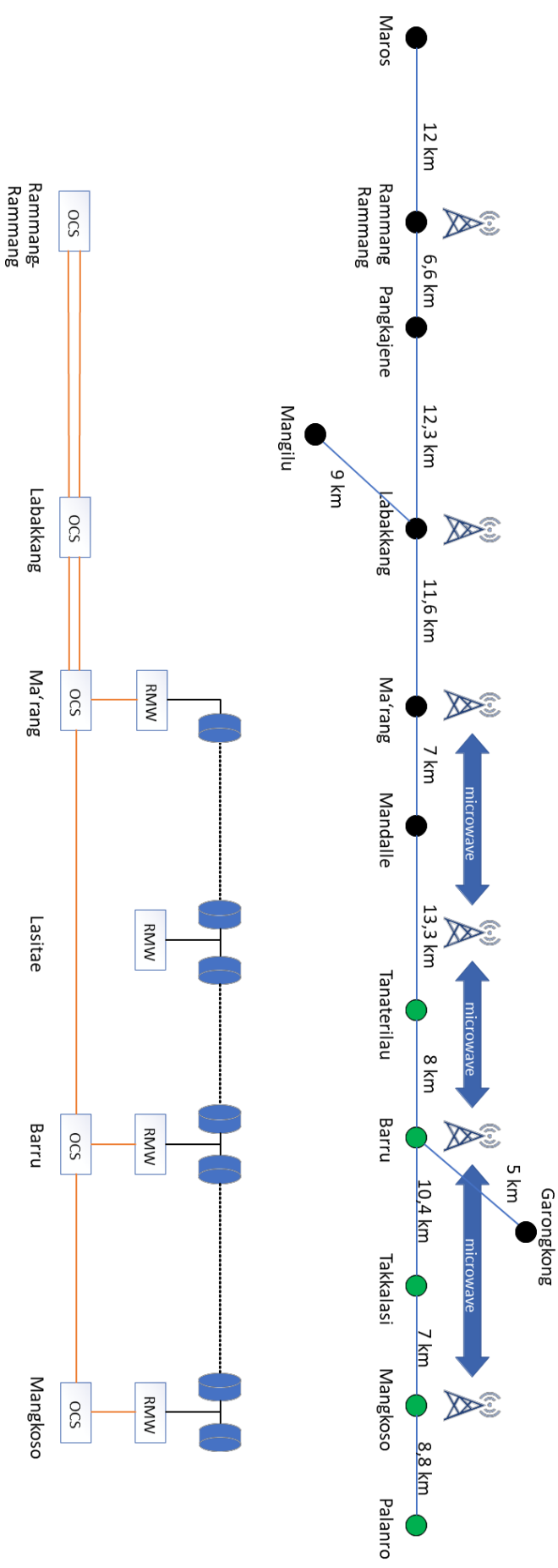
Perangkat *Handy Talky* (HT) TP9360 memiliki dua mode kerja yaitu secara konvensional dan secara *trunking* yang disesuaikan dengan jaringan radio pada suatu wilayah. Perangkat ini dapat digunakan komunikasi panggilan selektif melalui nomor IP yang telah ditentukan dan panggilan grup. Perangkat ini dapat digunakan oleh staf operasi dan *maintenance* (perawatan).

d. Jaringan Radio

Jaringan *radio base station* wilayah kerja Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan yang beroperasi pada lintas jalur kereta api Makassar-Parepare dimulai dari Stasiun Maros hingga Stasiun Palanro.

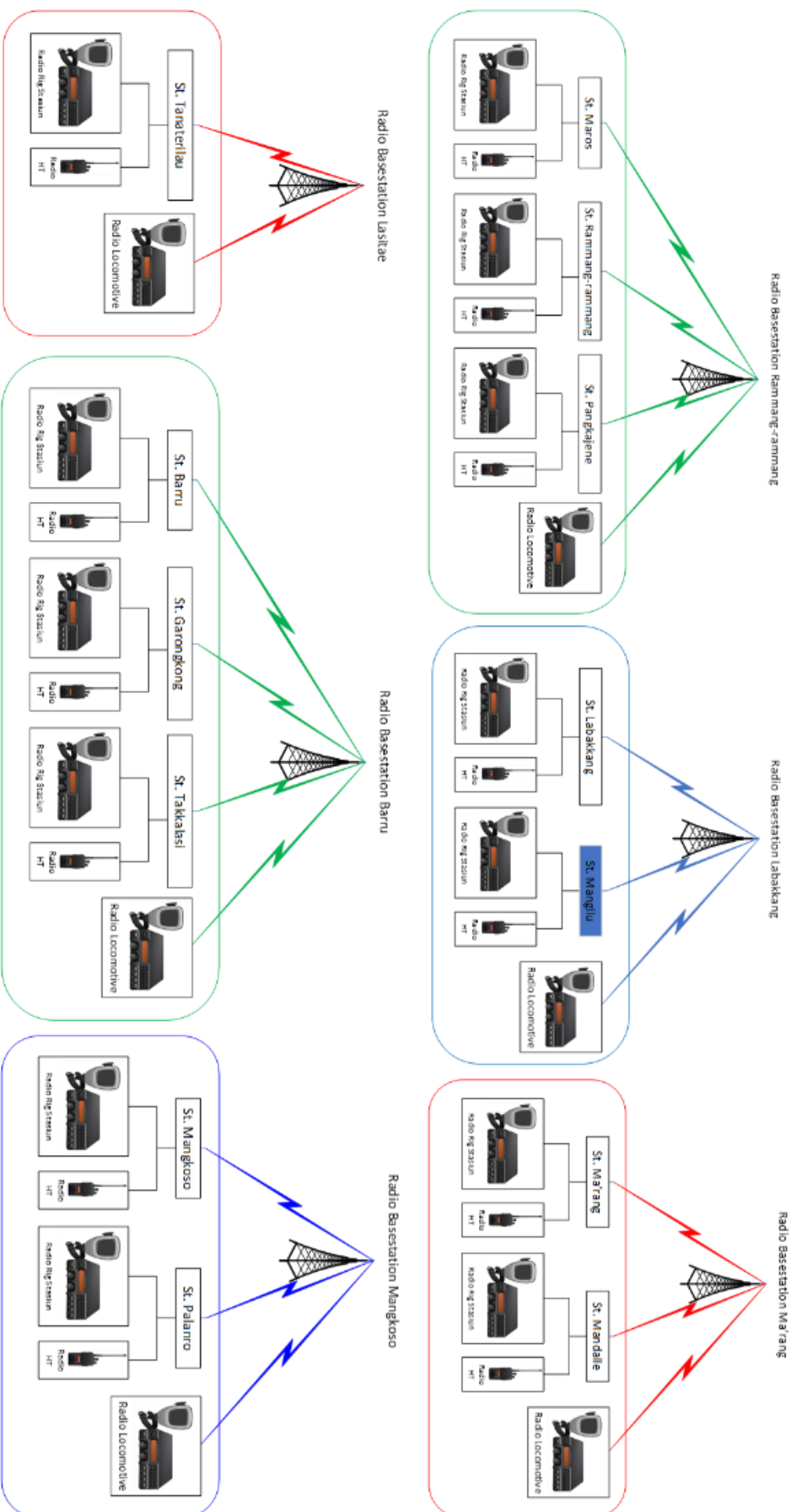
- a. Jaringan *radio base station* yang telah dibangun terletak di Sta. Rammang-rammang, Sta. Labakkang, Sta. Ma'rang, antara Sta. Mandalle dengan Sta. Tanete Rilau (di daerah Lasitae), Sta. Barru dan Sta. Mangkoso.
- b. Antara *radio base station* dihubungkan dengan dua jenis media transmisi yaitu menggunakan kabel *fiber optic* (FO) dan radio *microwave* sesuai yang telah disepakati.
- c. Antara Sta. Rammang-rammang, Labakkang dan Ma'rang menggunakan media transmisi 2 saluran kabel FO yaitu sebagai saluran utama dan sebagai *backup*.
- d. Antara Sta. Ma'rang hingga Mangkoso menggunakan media transmisi radio *microwave* dan 1 saluran kabel FO.
- e. Media transmisi radio *microwave* digunakan untuk menghubungkan antara *radio base station* yang melewati lereng atau bukit yang tidak memungkinkan untuk menggunakan kabel FO sesuai kesepakatan antara balai dengan penyelenggara prasarana.
- f. Jaringan radio ini kemudian dihubungkan dengan *system console* atau *central node* yang berada di gedung OCC/PK. Gedung OCC terletak di sebelah Sta. Maros.

Jaringan Radio Jalur Kereta Api Sulawesi Selatan secara lebih jelas dapat dilihat pada gambar V.5 di bawah ini. Dan pembagian wilayah *radio base station* pada Jalur Kereta Api Sulawesi Selatan dan perangkat komunikasi yang dapat digunakan terdapat pada gambar V.6.



Sumber: Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan, 2023

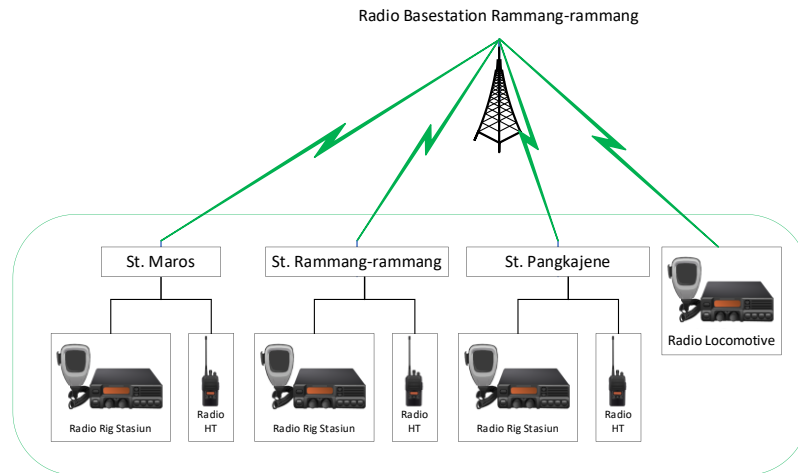
Gambar V. 5 Jaringan Radio Jalur Kereta Api Sulawesi Selatan



Sumber: Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan, 2023

Gambar V. 6 Wilayah Radio Base Station Jalur Kereta Api Sulawesi Selatan

Berdasarkan gambar V. 6 dan V. 7, dapat disimpulkan *radio base station* yang mem-*backup* wilayah studi Sta. Maros-Sta. Rammangrammang yaitu *radio base station* yang terletak di wilayah Stasiun Rammang-rammang. Perangkat radio yang dapat digunakan sesuai dengan yang telah dibahas sebelumnya yaitu radio *waystation*/radio rig di stasiun, radio lokomoti dan *Handy Talky* (HT).



Sumber: Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan, 2023

Gambar V. 7 Wilayah *Radio Base Station* Rammang-rammang



Gambar V. 8 *Radio Base Station* Rammang-rammang

Radio base station dibangun dengan ketinggian 38 meter dengan menggunakan antena omni 9dBd. Komponen peralatan *radio base station* terdiri dari:

- a. Menara Tower
- b. Antena
 - 1) Antena Tx/Transmitter (Pemancar)
 - 2) Antena Rx/Receive (Penerima)
- c. Kabel Antena dan konektor
- d. Proteksi atau pengaman
 - 1) Arrester pada sumber power (Listrik)
 - 2) Arrester pada kabel antena
- e. Dalam Ruang Radio
 - 1) Power Supply dari PLN dan Baterai
 - 2) Rak radio
 - a) Receiver Multicoupler
 - b) Perangkat Base Station TB9300
 - c) Rectifier
 - d) Router
 - e) Switch
 - f) ODF
 - g) Duplexer

Secara keseluruhan sistem radio menggunakan sistem radio *trunking* digital DMR Tier 3 dengan perangkat series Tait 9300 atau 93xx yang meliputi:

- a. *Radio Network* TN9300 di OCC
- b. *Radio Base Station* TB9300
- c. Radio *Mobile* TM9355 untuk Radio *Waystation* dan Lokomotif
- d. Radio *Portable / Handy Talky* (HT) TP9360

Perangkat ini diproduksi oleh Tait Communications di Australia dan sudah berstandar eropa/European Telecommunications Standards Institute (ETSI).

B. Dampak Gangguan Telekomunikasi Radio *Train Dispatching* Terhadap Operasi Kereta Api

Telekomunikasi radio *train dispatching* dalam operasi kereta api digunakan:

1. Komunikasi antar PPKA di stasiun
2. Komunikasi antara PPKA dengan masinis
3. Komunikasi antara PK/OCC dengan PPKA
4. Komunikasi antara masinis dengan PPKA
5. Komunikasi antara PPKA Stasiun dengan penjaga pintu perlintasan sebidang

Dalam keadaan normal operasi kereta api sesuai dengan GAPEKA atau jadwal yang telah ditentukan, telekomunikasi radio *train dispatching* digunakan untuk:

1. Komunikasi antar PPKA stasiun

Komunikasi ini digunakan untuk memberikan informasi kepada stasiun bersebelahan bahwa kereta api dengan nomor seri (...) telah berangkat dari stasiun bersangkutan menuju stasiun berikutnya agar PPKA siap mengatur perjalanan kereta api di wilayah stasiun tanggung jawabnya.

2. Komunikasi antara PPKA stasiun dengan penjaga pintu perlintasan sebidang

Komunikasi ini digunakan untuk memberikan informasi kepada penjaga pintu perlintasan sebidang bahwa kereta api dengan nomor seri (...) telah berangkat dari stasiun bersebelahan menuju pintu perlintasan sebidang agar penjaga pintu perlintasan sebidang siap menjaga keamanan perjalanan kereta api di perlintasan sebidang wilayah tanggung jawabnya.

Dalam keadaan darurat atau gangguan operasi kereta api tidak sesuai dengan GAPEKA atau permasalahan lainnya, telekomunikasi radio *train dispatching* digunakan untuk:

1. Komunikasi antara PK/OCC dengan PPKA stasiun

Komunikasi ini digunakan untuk mengatur persilangan/penyusulan kereta api tidak sesuai GAPEKA, pemberitahuan dari PK/OCC jika terjadi gangguan pada prasarana jalur kereta api pada KM tertentu kepada PPKA di stasiun sebagai pelaksana pengatur perjalanan kereta api di wilayah

stasiun tanggung jawabnya ataupun pemberitahuan diteruskan ke masinis dalam kondisi darurat tertentu.

2. Komunikasi antara PPKA stasiun dengan masinis

Komunikasi ini digunakan oleh PPKA untuk memberikan izin resmi melanggar sinyal kepada masinis jika terjadi gangguan blok atau sinyal pada wilayah stasiun bersangkutan, pemberitahuan jika terjadi gangguan wesel pada stasiun bersangkutan ataupun pemberitahuan yang diteruskan dari PK/OCC jika terjadi gangguan prasarana di jalur bebas pada KM tertentu.

3. Komunikasi antara masinis dengan PPKA

Komunikasi ini digunakan oleh masinis kepada PPKA untuk permintaan kereta penolong dalam keadaan darurat tertentu.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan, maka dampak gangguan telekomunikasi radio *train dispatching* terhadap operasi kereta api yaitu:

1. Dalam keadaan normal

Operasi kereta api tidak terlalu terganggu, namun keamanan operasi kereta api menurun dikarenakan gangguan komunikasi antar PPKA stasiun dan penjaga pintu perlintasan sebidang menyebabkan penurunan kesigapan petugas atau petugas harus siap setiap saat.

2. Dalam keadaan darurat

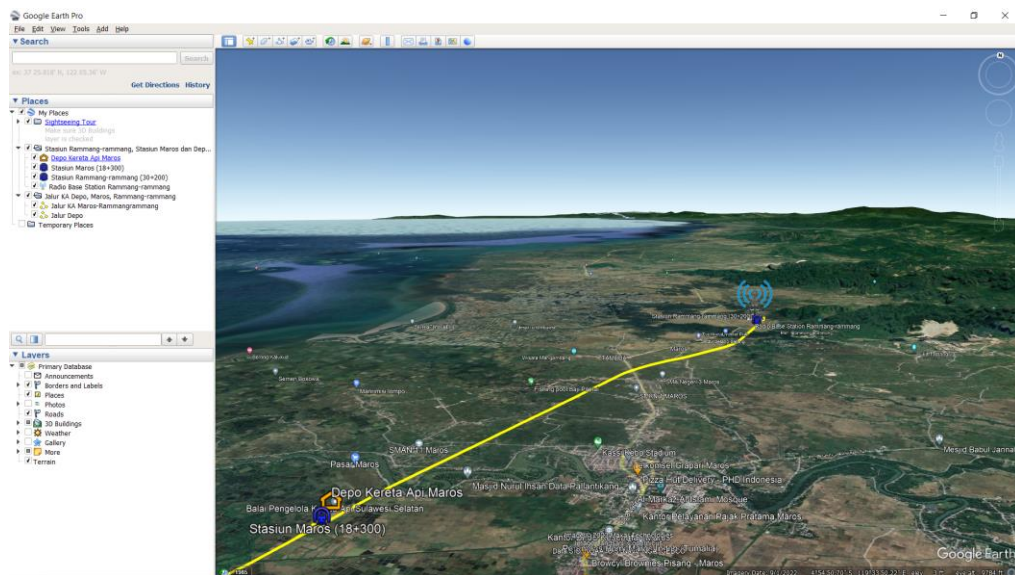
Operasi kereta api akan terganggu dikarenakan tidak tersampainya pemberitahuan kondisi darurat atau perintah penanganan operasi kereta api secara cepat melalui telekomunikasi radio antara PK/OCC, PPKA stasiun dan masinis.

C. Kondisi Topografi Wilayah

Propagasi gelombang radio dapat dikatakan ideal jika gelombang yang dipancarkan oleh antena pemancar diterima langsung oleh antena penerima tanpa melalui suatu hambatan pada *Line of Sight* (LoS). *Propagation loss* mencakup semua pelemahan yang diperkirakan akan dialami sinyal ketika berjalan dari *radio base station* ke perangkat radio berupa *radio mobile* ataupun radio portabel *Handy Talky* (HT). Adanya pemantulan dari beberapa obyek dan pergerakan *radio mobile* menyebabkan kuat sinyal yang diterima

oleh *radio mobile* bervariasi dan sinyal yang diterima tersebut mengalami *pathloss* (penurunan level daya/redaman).

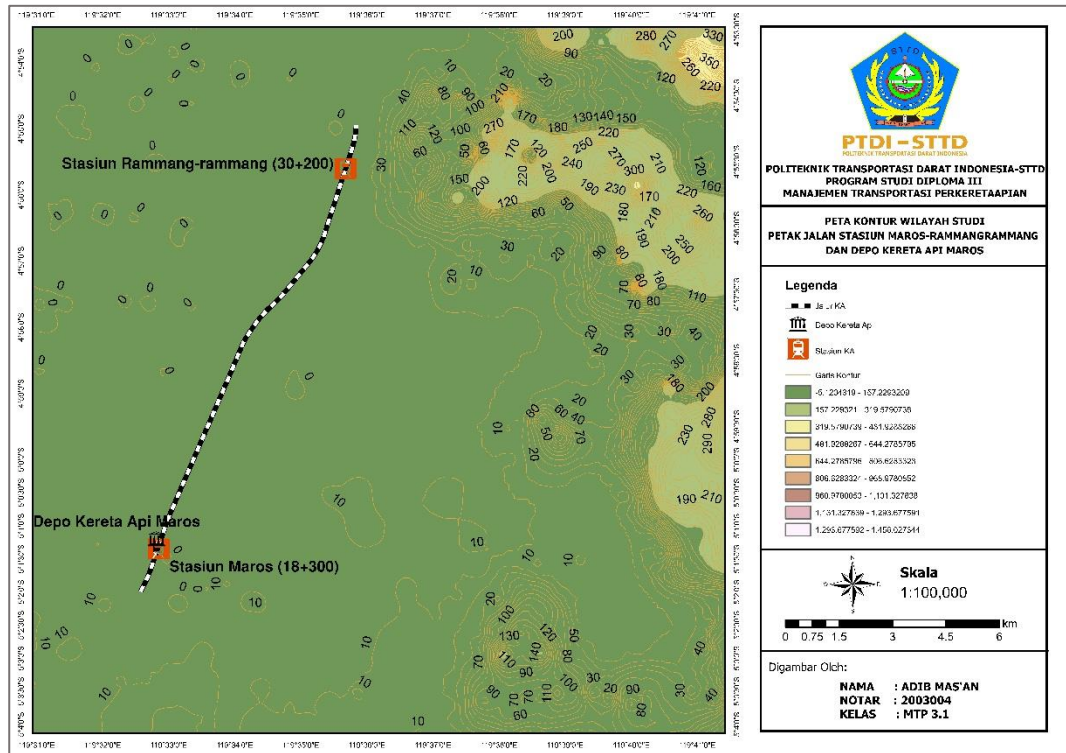
Propagasi sinyal pada radio VHF dapat dipengaruhi oleh penghalang sinyal seperti bangunan, pegunungan, perbukitan dan pepohonan. Semakin banyak penghalang sinyal maka akan menyebabkan nilai redaman semakin meningkat. Analisis terhadap kondisi topografi wilayah ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat pegunungan atau perbukitan yang memiliki pengaruh sangat besar pada garis sinyal yang menyebabkan diperoleh *blank spot* pada pengujian sebelumnya. Secara visual dapat dilihat pada gambar V.8 di bawah ini.



Sumber: Google Earth, 2023

Gambar V. 9 Tampak 3D Topografi Wilayah

Dapat dilihat pada gambar V. 9 secara visual melalui *google earth* tidak terdapat perbukitan/pegunungan atau topografi wilayah yang menghalangi propagasi *Line of Sight (LoS)*/garis sinyal radio.



Gambar V. 10 Peta Kontur Wilayah

Dari hasil pembuatan peta kontur bumi yang dapat dilihat pada gambar V. 10 secara lebih rinci juga tidak ditemukan ketinggian kontur yang dapat menghalangi propagasi sinyal radio VHF.

D. Analisis Propagasi *Coverage Area Sinyal Radio Base Station*

1. Model Propagasi Okumura Hatta

Berikut perhitungan nilai lintasan redaman (*pathloss*) menggunakan model propagasi Okumura Hatta.

Contoh Perhitungan:

Dengan Parameter

$$f = 396,25 \text{ Mhz}$$

$$hr = 1,5 \text{ meter}$$

$$hb = 38 \text{ meter}$$

$$d = 0,2 - 12 \text{ km}$$

$$Ptx = 36,02 \text{ Mhz}$$

$$Gtx = 9 \text{ dBi}$$

$$Grx = 0 \text{ dBi}$$

$$Gktx = 1 \text{ dBi}$$

$$Gkrx = 0 \text{ dBi}$$

$$\begin{aligned}
a(hr) &= (1,1 \log f - 0,7) hr - (1,5 \log f - 0,8) \\
&= (1,1 \log (396,25) - 0,7) 1,5 - (1,5 \log (396,25) - 0,8) \\
&= 3,2366493041225 - 3,0969539128387 \\
&= 0,1396953912838
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L_p &= 46,3 + 33,9 \log f - 13,82 \log(hb) - a(hr) + (44,9 - 6,55 \log hb) \log d \\
&= 46,3 + 33,9 \log (396,25) - 13,82 \log(38) - 0,1396953912838 \\
&\quad + (44,9 - 6,55 \log 38) \log (1) \\
&= 112,39885373362 + (44,9 - 6,55 \log 38) \log (1) \\
&= 112,39885373362 \text{ dB} \quad (d = 1)
\end{aligned}$$

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

$$Prx = 36,02 + 9 - 0 - Lp - 1 - 0$$

$$Prx = 44,02 - Lp$$

$$Prx = 44,02 - 112,39885373362$$

$$= -68,37885373362 \text{ dBm} \quad (d = 1)$$

Tabel V. 1 Rekapitulasi Nilai Redaman dan Daya Terima Propagasi
Okumura Hatta

NO.	TITIK KM	JARAK BTS/RBS KE PERANGKAT	REDAMAN (dB)	DAYA TERIMA (dBm)	KETERANGAN KONDISI
1	30 ⁺²⁰⁰	0,2 km	88,25	-44,28	Sangat Baik
2	29 ⁺²⁰⁰	1 km	112,40	-68,38	Sangat Baik
3	28 ⁺²⁰⁰	2 km	122,80	-78,78	Baik
4	27 ⁺²⁰⁰	3 km	128,88	-84,86	Baik
5	26 ⁺²⁰⁰	4 km	133,20	-89,18	Sedang
6	25 ⁺²⁰⁰	5 km	136,55	-92,53	Sedang
7	24 ⁺²⁰⁰	6 km	139,29	-95,27	Sedang
8	23 ⁺²⁰⁰	7 km	141,60	-97,58	Buruk
9	22 ⁺²⁰⁰	8 km	143,60	-99,58	Buruk
10	21 ⁺²⁰⁰	9 km	145,37	-101,35	Buruk
11	20 ⁺²⁰⁰	10 km	146,95	-102,93	Buruk
12	19 ⁺²⁰⁰	11 km	148,38	-104,36	Buruk
13	18 ⁺²⁰⁰	12 km	149,69	-105,67	Sangat Buruk

Hasil perhitungan menggunakan model propagasi Okumura Hatta dapat dilihat pada table V.1 rentang daya terima sinyal paling tinggi -44,28 dBm dan paling rendah -105,67 dBm.

2. Model Propagasi Walfisch Ikegami

Berikut perhitungan nilai lintasan redaman (*pathloss*) menggunakan model propagasi Walfisch Ikegami.

Contoh Perhitungan:

Dengan Parameter

$f = 396,25 \text{ Mhz}$	$P_{tx} = 36,02 \text{ Mhz}$
$h_r = 1,5 \text{ m}$	$G_{tx} = 9 \text{ dBi}$
$h_b = 38 \text{ m}$	$G_{rx} = 0 \text{ dBi}$
$d = 0,2 - 12 \text{ km}$	$G_{ktx} = 1 \text{ dBi}$
	$G_{krx} = 0 \text{ dBi}$

$K_a = 54$	$L_{ori} = 2,39$
$L_{bsh} = -522$	$b = 4000 \text{ m}$
$K_d = 18$	$w = 9 \text{ meter}$
$K_f = -0,7$	

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

(d=1)

$$L_{rts} = -0,13$$

$$L_{msd} = -502,24$$

$$L_{rts} + L_{msd} \leq 0$$

$$L_p = L_0$$

$$\begin{aligned} L_p &= 32,44 + 20 \log f + 20 \log d \\ &= 32,44 + 20 \log (396,25) + 20 \log d \\ &= 84,399385504516 \quad (d = 1) \end{aligned}$$

$$P_{rx} = P_{tx} + G_{tx} - G_{rx} - L_p - G_{ktx} - G_{krx}$$

$$\begin{aligned} P_{rx} &= 44,02 - L_p \\ &= 44,02 - 84,399385504516 \quad (d = 1) \\ &= -40,379385504516 \end{aligned}$$

Tabel V. 2 Rekapitulasi Nilai Redaman dan Daya Terima Propagasi
Walfisch Ikegami

NO.	TITIK KM	JARAK BTS/RBS KE PERANGKAT	REDAMAN (dB)	DAYA TERIMA (dBm)	KONDISI
1	30 ⁺²⁰⁰	0,2 km	70,42	-26,40	Sangat Baik
2	29 ⁺²⁰⁰	1 km	84,40	-40,38	Sangat Baik
3	28 ⁺²⁰⁰	2 km	90,42	-46,40	Sangat Baik
4	27 ⁺²⁰⁰	3 km	93,94	-49,92	Sangat Baik
5	26 ⁺²⁰⁰	4 km	96,44	-52,42	Sangat Baik
6	25 ⁺²⁰⁰	5 km	98,38	-54,36	Sangat Baik
7	24 ⁺²⁰⁰	6 km	99,96	-55,94	Sangat Baik
8	23 ⁺²⁰⁰	7 km	101,30	-57,28	Sangat Baik
9	22 ⁺²⁰⁰	8 km	102,46	-58,44	Sangat Baik
10	21 ⁺²⁰⁰	9 km	103,48	-59,46	Sangat Baik
11	20 ⁺²⁰⁰	10 km	104,40	-60,38	Sangat Baik
12	19 ⁺²⁰⁰	11 km	105,23	-61,21	Sangat Baik
12	18 ⁺²⁰⁰	12 km	105,98	-61,96	Sangat Baik

Hasil perhitungan menggunakan model propagasi Walfisch Ikegami dapat dilihat pada table V.1 rentang daya terima sinyal sangat bagus dengan perumusan redaman sinyal di udara terbuka didapatkan daya terima paling tinggi -26,40 dBm dan paling rendah -61,96 dBm.

3. Tes Propagasi *Coverage Area* Sinyal Secara Langsung

Tes propagasi *coverage area* sinyal secara langsung dilakukan menggunakan perangkat HT TP 9300 melalui menu *site measure* pada perangkat HT untuk mendeteksi kekuatan daya terima dari *radio base station* yang dapat dijangkau. Selain itu juga dilakukan tes komunikasi menggunakan dua perangkat. Diperoleh data sebagai berikut:

Tabel V. 3 Rekapitulasi Tes Daya Terima HT TP 9300 dan Tes Komunikasi

NO.	TITIK KM	JARAK BTS/RBS KE PERANGKAT	DAYA TERIMA (dBm)	KONDISI	TES KOMUNIKASI
1	30 ⁺²⁰⁰	0,2 km	-39	Sangat Baik	Baik
2	29 ⁺²⁰⁰	1 km	-37	Sangat Baik	Baik
3	28 ⁺²⁰⁰	2 km	-45	Sangat Baik	Baik
4	27 ⁺²⁰⁰	3 km	-52	Sangat Baik	Baik
5	26 ⁺²⁰⁰	4 km	-52	Sangat Baik	Baik
6	25 ⁺²⁰⁰	5 km	-62	Sangat Baik	Baik
7	24 ⁺²⁰⁰	6 km	-69	Sangat Baik	Baik
8	23 ⁺²⁰⁰	7 km	-71	Sangat Baik	Baik
9	22 ⁺²⁰⁰	8 km	-68	Sangat Baik	Baik
10	21 ⁺²⁰⁰	9 km	-76	Baik	Baik
11	20 ⁺²⁰⁰	10 km	-76	Baik	Baik
12	19 ⁺²⁰⁰	11 km	-71	Sangat Baik	Baik
13	18 ⁺²⁰⁰	12 km	-85	Baik	Baik
14	Depo	12,5 km	-88 s.d.-108	Sedang hingga Sangat Buruk	Terputus

Hasil tes coverage area secara langsung menggunakan perangkat radio HT TP 9300 dan tes komunikasi dapat dilihat pada table V.3 rentang daya terima sinyal termasuk dalam kondisi sangat baik. Hanya pada Depo Kereta Api Maros yang termasuk kondisi tidak baik dan dengan tes komunikasi secara langsung didapat suara komunikasi terputus atau tidak tersampaikan.

E. Solusi Permasalahan

1. Depo Kereta Api Maros

Solusi permasalahan *blank spot* (area tidak tercover komunikasi) pada Depo Kereta Api Maros yaitu pemasangan perangkat *repeater* untuk menerima sinyal dari *radio base station* dan meneruskan ke dalam area depo. Spesifikasi perangkat *repeater* dan antena dapat disesuaikan dengan sistem radio digital *trunking* DMR Tier 3 Tait series 9300 yaitu TB9300. Ketinggian pemasangan antena di atas Gedung depo diperlukan beberapa simulasi untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Contoh pemasangan repeater dalam Gedung dapat dilihat pada gambar V. berikut.



Gambar V. 11 Pemasangan *Repeater Indoor* Gedung

Perangkat repeater terdiri dari:

- a. Antena
- b. Kabel antena
- c. Duplexer
- d. Repeater
- e. Penangkal petir dan arrester
- f. Router

2. *Radio Base Station*

Dapat dikatakan penyebab terjadinya *blank spot* pada pengujian sebelumnya pada wilayah studi yaitu kondisi *radio base station* yang mem-*backup* wilayah studi yang terletak di sebelah Stasiun Rammang-rammang. Upaya penanganan untuk *blank spot* pada jalur lintas mulai KM 24⁺⁴⁰⁰ hingga Stasiun Maros KM 18⁺³⁰⁰ yang sebelumnya terjadi saat pengujian Bulan Februari 2023 yaitu pemeriksaan secara berkala *radio base station* sesuai PM 31 Tahun 2011 tentang Standar Dan Tata Cara Pemeriksaan Prasarana Perkeretaapian dan perawatan tahunan yang dapat diambil contoh dari Buku Pedoman Perawatan Sintelis PT Kereta Api Indonesia (Persero).

Komponen pemeriksaan berkala menurut Buku Pedoman Perawatan Sintelis PT Kereta Api Indonesia (Persero) Tahun 2011 *radio base station* meliputi:

- | | |
|----------------------------------|------------------------|
| a. Antena | f. Daya Tx |
| b. Kabel Antena | g. Frekuensi Rx dan Tx |
| c. Perangkat <i>Base Station</i> | h. Saluran Transmisi |
| d. Tegangan input dan output | i. Sistem proteksi |
| e. Konektor (keseluruhan) | |