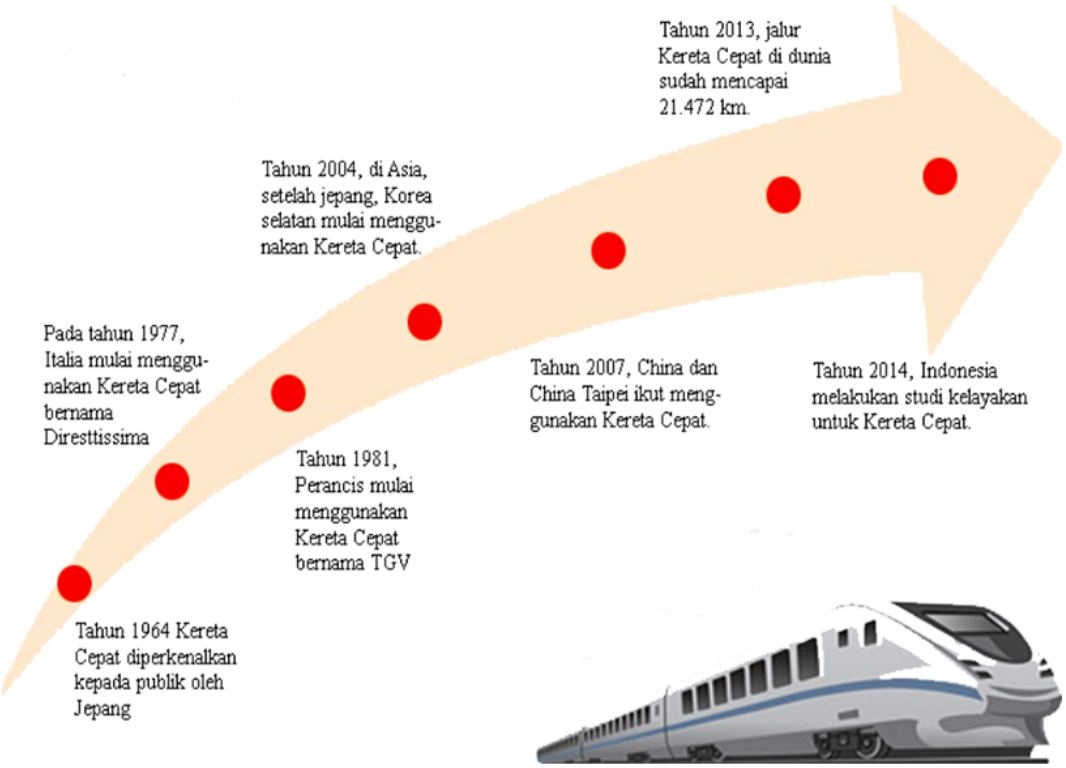
BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kereta cepat adalah jenis tranportasi kereta yang beroperasi dengan kecepatan jauh lebih tinggi daripada kecepatan kereta tradisional. Kereta cepat mulai diperkenalkan kepada publik pada tahun 1964 dan pada tahun 1981-2009 merupakan masa booming dari penerapan kereta cepat seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.1 merupakan perkembangan penggunaan kereta cepat di dunia [1]. Sedangkan pada komunikasi kereta cepat, Antena menjadi elemen penting dalam komunikasi nirkabel yang terjadi antara perangkat lintas dengan kereta cepat atau sebaliknya. Antena kereta cepat yang baik adalah antena sederhana sehingga tidak mengganggu pergerakan kereta. Antena kereta cepat yang banyak digunakan merupakan jenis planar. Antena planar dipilih karena mempunyai desain yang sederhana dan dapat dioptimalkan sesuai kebutuhan. Antena dipasang secara tegak di atas kereta dan diberi pelindung (*outline*) [2].



Gambar 1.1 Sejarah perkembangan kereta cepat di dunia.

Teknologi dalam sistem komunikasi kereta terbagi menjadi tiga yaitu: *Global System for Mobile Communication-Railway* (GSM-R), Terrestrial Trunked Radio (TETRA), dan *Long Term Evolution-Railway* (LTE-R). GSM-R adalah teknologi yang paling populer dalam sistem komunikasi kereta akan tetapi GSM-R diperkirakan akan berhenti digunakan pada tahun 2030 berdasarkan apa yang telah dikemukakan oleh GSM-R *Industry Group* [3] dan akan digantikan dengan teknologi *Future Railway for Mobile Communication System* (FRMCS). Spektrum frekuensi yang dialokasikan pada teknologi FRMCS akan menggantikan spektrum yang dimiliki oleh GSM-R sebelumnya dengan sedikit penambahan *bandwidth* dan FRMCS juga dirancang untuk lebih fleksibel terhadap interoperabilitas [4].

Kereta Cepat belum mempunyai standar tunggal yang berlaku untuk seluruh dunia. Jalur kereta baru dapat mencapai kecepatan lebih dari 250 kilometer per jam dan jalur kereta lama berkecepatan lebih dari 200 kilometer per jam. Dalam pergerakan yang tinggi tersebut dapat menyebabkan kerusakan sinyal dikarenakan perubahan frekuensi akibat perubahan posisi atau pergerakan, kejadian ini disebut sebagai efek Doppler [5]. Efek Doppler yang besar dapat menyebabkan *error-floor* pada bit yang diterima. *Error-floor* adalah error yang tidak turun meskipun *noise* semakin kecil.

Efek Doppler semakin besar saat kecepatan dan frekuensi operasi makin tinggi sehingga teknik *Doppler Spread Compensator* (DSC) memegang peranan penting dalam teknologi Kereta Cepat. Teknik DSC sudah pernah diteliti di Jepang dalam penggunaan antena televisi di mobil [6]. Teknik DSC ini memanfaatkan antena susunan untuk mengurangi efek Doppler yang terjadi, sehingga *Bit Error Rate* (BER) yang didapatkan cukup baik. Kanal yang digunakan adalah permodelan kanal FRMCS di Indonesia yang sudah di teliti sebelumnya [7].

Tugas Akhir ini merancang antena mikrostrip *rectangular* yang beroperasi pada frekuensi 873 MHz - 880 MHz (*Uplink*) dan 918 MHz - 925 MHz (*Downlink*). Antena yang sudah dirancang disusun secara linier sebanyak 4 buah. Pensusunan secara linier berguna untuk DSC agar sinyal yang diterima dalam keadaan cepat menjadi seolah-olah diam. Antena yang dipasang secara linier tersebut akan mempengaruhi satu sama lain, kejadian ini yang dinamakan *Mutual Coupling*. *Mutual Coupling* yang baik untuk antena array adalah $\leq$-20 dB. Kemudian melakukan simulasi untuk Doppler *Spread Compensator* pada sistem Kereta Cepat dan akan melakukan validasi performansi dengan menghitung *Bit Error Rate* (BER) terhadap *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan terhadap *Normalized Doppler Spread*. Hasil dari Tugas Akhir ini berupa antena yang dapat bekerja pada teknologi FRMCS dan membantu

penerimaan sinyal oleh DSC dan evaluasi performansi DSC pada kanal FRMCS Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

FRMCS adalah teknologi baru untuk sistem komunikasi kereta yang akan menggantikan sistem komunikasi GSM-R tahun 2030. Keandalan komunikasi menjadi penting untuk keselamatan transportasi menggunakan kereta, sehingga teknologi komunikasi dalam FRMCS perlu dikembangkan di Indonesia menggunakan *channel model* kereta indonesia. Pergerakan yang cepat menyebabkan terjadinya *error-floor* yang berbahaya untuk keselamatan komunikasi kereta cepat dikarenakan ketidakmampuan *receiver* mengestimasi *channel state information* dengan sangat cepat.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tugas Akhir ini menyelesaikan permasalahan efek Doppler dengan melakukan dua hal yaitu: (i) antena array yang dirancang untuk teknologi FRMCS Indonesia dan membantu penerimaan sinyal oleh DSC dan (ii) mendesain DSC untuk menjadikan sinyal yang diterima oleh kereta cepat menjadi sinyal yang seolah-olah diam.

Tugas Akhir ini merancang antena array mikrostrip yang dapat bekerja pada teknologi FRMCS. Tugas Akhir ini juga menguji dan merealisasikan hasil rancangan dengan melihat parameter-parameter antena. Tugas Akhir ini juga melakukan analisis performansi *Doppler Spread Compensator* pada sistem kereta cepat dengan menghitung BER terhadap SNR dan terhadap *Normalized Doppler Spread*.

Manfaat penelitian ini adalah menghasilkan suatu rancangan antena untuk teknologi FRMCS Indonesia yang sesuai dengan spesifikasi spektrum di Indonesia dan mampu mengatasi efek Doppler dengan menggunakan DSC. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk masyarakat, industri, dan pemerintah Indonesia dalam memberikan layanan kereta cepat Indonesia di masa yang akan datang.

1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup masalah yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Ukuran FFT pada OFDM dibatasi 64 bit, ukuran ini bisa diperpanjang sesuai keperluan.

2. *Channel model* yang digunakan adalah *channel model* 5G.

3. Kecepatan kereta dibatasi sampai maksimal 300 km/jam.

1.5 Tahapan Penelitian

Tugas Akhir ini dibagi menjadi 4 *work packages* (WP) yaitu:

1. WP1: Studi Literatur
   Tahap ini melakukan analisis, investigasi, dan identifikasi masalah yang berkaitan dengan antena dan sistem kereta cepat. Literatur yang menjadi rujukan adalah buku referensi, standar 3GPP, serta paper dan jurnal dari berbagai publikasi nasional dan internasional.

2. WP2: Perancangan Antena
   Tahap ini melakukan perancangan antena mikrostrip rectangular array patch 1x4. Perancangan dilakukan dengan software CST *Suite Student Edition*. Parameter yang sudah diset kemudian di analisis pada tahap studi literatur menjadi pertimbangan untuk kinerja antena pada sistem kereta cepat. Parameter yang akan di analisis yaitu: *Gain*, Pola radiasi, Polarisasi, dan VSWR.

3. WP3: Simulasi *Doppler Spread Compensator*
   Tahap ini melakukan simulasi *Doppler Spread Compensator* pada sistem kereta cepat. Tahap ini melakukan validasi performansi dengan menghitung *Bit Error Rate* (BER) terhadap *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan terhadap *normalized Doppler Spread* pada sistem kereta cepat dengan *compensator* dan tanpa *compensator*. Selain itu, kanal yang dirancang khusus untuk kereta cepat Jakarta-Bandung [8].

4. WP4: Analisis dan Penarikan Kesimpulan
   Tahap ini melakukan analisis untuk parameter antena yang sudah berhasil dirancang dan performansi sistem kereta cepat dengan *Doppler Spread Compensator*. Kesimpulan pada Tugas Akhir ini diharapkan dapat menjadi bentuk kontribusi untuk pengembangan sistem kereta cepat khususnya di Indonesia.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk selanjutnya, sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- BAB II: KONSEP DASAR
  Bab ini berisi penjelasan tentang Teknologi Kereta Cepat, Efek Doppler, DSC, dan teori-teori mengenai antena.

- BAB III: MODEL SISTEM, PERANCANGAN ANTENA, DAN USULAN DSC
  Bab ini berisi tentang model sistem yang digunakan pada Tugas Akhir ini seperti diagram alir dan skenario-skenario penelitian.

- BAB IV: ANALISIS PERANCANGAN ANTENA DAN PERFORMANSI DSC PADA SISTEM KERETA CEPAT
  Bab ini melakukan analisis hasil simulasi antena array dengan *software* perancang antena dan analisis performansi DSC pada sistem kereta cepat.

- BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN
  Bab ini berisi tentang rangkuman secara keseluruhan dan saran dari penelitian sistem kereta cepat.