ANALISA DAN SIMULASI TRAFFIC MONITORING KENDARAAN BERMOTOR MENGGUNAKAN BISTATIC RADAR (ANALYSIS AND SIMULATION OF VEHICLES TRAFFIC MONITORING USING BISTATIC RADAR)

R Nurmansyah Yarnaka[1], Heroe Wijanto[2], Pamungkas Daud[3]

[1]Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Seiring dengan tingkat mobilisasi masyarakat yang semakin tinggi, transportasi merupakan kebutuhan primer untuk mengatasi jarak dan waktu yang sangat berharga. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut para produsen kendaraan bermotor pun meningkatkan jumlah produksinya. Seiring dengan peningkatan daya beli masyarakat dan banyaknya kemudahan untuk kredit kendaraan bermotor tanpa didukung dengan penambahan sarana transportasi yang memadai, maka volume kendaran bermotor tiap hari semakin meningkat. Volume kendaran bermotor yang tinggi ini menyebabkan angka kemacetan semakin meningkat. Solusi yang dapat ditawarkan adalah dengan memperlebar jalan atau dengan pengoptimalisasian jalan. Untuk memperlebar jalan dibutuhkan dana yang tidak sedikit jumlahnya, sedangkan optimalisasi akan lebih efisien daripada memperlebar jalan. Optimalisasi ini akan memerlukan suatu alat yang dapat memonitor volume trafik terutama pada jalan-jalan yang volume trafiknya padat dan tidak dapat diprediksi. Salah satu cara untuk memonitor volume trafik kendaraan bermotor tersebut adalah dengan menggunakan bistatic radar. Bistatic radar adalah sistem radar yang memisahkan penempatan transmitter dan receiver di lokasi yang berbeda. Sistem radar pasif ini bekerja berdasarkan radiasi gelombang yang dipancarkan oleh transmitter secara kontinyu, sinyal tersebut dipantulkan oleh objek dan diterima di receiver. Sinyal pantulan yang diterima di receiver adalah sinyal yang telah berubah frekuensi, amplitudo, dan fasanya akibat pengaruh dari kecepatan dan arah pergerakan dari objek relatif terhadap transmitter, dan posisi dari objek relatif terhadap transmitter dan receiver. Informasi perubahan frekuensi, amplitudo, dan fasa ini digunakan untuk memperkiraan jenis, kecepatan, dan arah pergerakan dari objek.

Berdasarkan hasil analisa dapat disimpulkan bahwa sinyal yang diterima oleh receiver memiliki karakteristik amplitudo, frekuensi, dan beda fasa tersendiri. Karakteristik tersebut sangat dipengaruhi oleh setiap perubahan keadaan kanal pada selang waktu tertentu, dimana keadaan kanal ini dipengaruhi oleh jenis dan mobilisasi setiap objek. Keakurasian sistem ini dalam menerima sinyal pantul dari titik yang dimodelkan adalah 33,33%, dengan requirement ketidakstbilan osilator maksimummum adalah 80 Hz.

Kata Kunci : *

Abstract
Along with the raising of people mobilization level, at present time, transportation is become one of primary needs to overcome distance and valuable time. In this situation, the producers of vehicles are gaining their products to fulfill the needs. And along with the easiness of having credit, cause more people are able to have their own vehicles. As a result, the volume of vehicles are raising day by day. But unfortunately the increase of vehicles volume are not supported by proper infrastructure increase. Thus the traffic jam problem are become worse day by day.
The solution to overcome the situation are with road extension or road optimazing. Road extens ion requires much funds, while road optimazing requires less efficient funds than road extens ion. But road optimizing needs a tool that could monitor the traffic volume of road. One of the tools which can be used for volume traffic monitoring is bistatic radar. Bistatic radar is radar system that separates the location of the transmitter and the receiver at different places. This passive radar system operates with electromagnetic wave radiation, which is transmitted continually by the transmitter; then those transmitted signals are reflected by objects and received by the receiver. Those reflected signals, which are received by the receiver, are signals that have changed in frequency, amplitude and phase as a result of objects radial velocity and motion direction relative to the transmitter, and position of the objects relative to transmitter and receiver as well. In the end, those alterations information is used for estimating the type, velocity, and motion direction of objects.
According to the result of simulation analysis, it can be concluded that each received signals which are received by the receiver have their own characteristic in frequency, amplitude, and phase due to the condition of the channel where the condition of the channel are depend on the type and motion of each objects. The accuracy of the modeled system in receiving the reflected signals is 33.33%, while the maximum oscillator instability requirement is 80 Hz

Keywords : *

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan tingkat mobilisasi masyarakat yang semakin tinggi, transportasi merupakan kebutuhan primer untuk mengatasi jarak dan waktu yang sangat berharga. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut para produsen kendaraan bermotor pun meningkatkan jumlah produksinya. Seiring dengan peningkatan daya beli masyarakat dan banyaknya kemudahan untuk kredit kendaraan bermotor tanpa didukung dengan penambahan sarana transportasi yang memadai, maka volume kendaran bermotor tiap hari semakin meningkat.

Volume kendaran bermotor yang tinggi menyebabkan angka kemacetan semakin meningkat, dan terkadang kemacetan tak hanya terjadi pada jalan-jalan protokol saja, tetapi pindah ke jalan-jalan alternatif. Hal ini disebabkan oleh salahnya perkiraan dari para pengemudi. Misalnya pengemudi A memperkirakan bahwa jalan X pada jam 16.00 biasanya macet, sehingga pengemudi A tersebut memutuskan untuk mengambil jalan alternatif Y yang biasanya lancar walaupun harus sedikit jauh. Ternyata di lain pihak, orang lain pun memiliki pemikiran seperti pengemudi A. Sehingga kemacetan pun beralih ke jalan alternatif Y. Jika demikian maka tujuan utama dari transportasi untuk menghemat waktu tidak tercapai. Terutama untuk perusahaan-perusahaan jasa yang bergerak dalam bidang transportasi dimana efisiensi waktu dan bahan bakar menjadi suatu hal yang harus diperhatikan.

Solusi yang dapat ditawarkan adalah dengan memperlebar jalan atau dengan pengoptimalisasian jalan. Untuk memperlebar jalan dibutuhkan dana yang tidak sedikit jumlahnya, sedangkan optimalisasi akan lebih efisien daripada memperlebar jalan. Optimalisasi ini akan memerlukan suatu alat yang dapat memonitor volume trafik terutama pada jalan-jalan yang volume trafiknya padat dan tidak dapat diprediksi. Hasil dari pemonitoran tersebut pada akhirnya diinformasikan kepada para pengemudi. Sehingga pengambilan keputusan untuk memilih jalan yang dilalui tidak hanya didasarkan pada perkiraan saja, tetapi benar-benar dari data akurat yang diperoleh sesuai dengan keadaan sebenarnya, dan pada akhirnya volume kepadatan kendaraan bermotor pun tidak hanya terpusat pada suatu jalan saja.

Seiring dengan berkembangnya industri seluler, maka pertumbuhan pengguna seluler pun semakin bertambah. Dengan bertambahnya pengguna, tak dapat dihindarkan bahwa sarana penunjang komunikasi seluler pun harus diperbanyak. Banyaknya sarana komunikasi seluler ini dapat digunakan untuk keperluan *traffic monitoring*. Sehingga biaya implementasi *bistatic radar* akan jauh lebih murah dibanding dengan biaya perlebaran jalan.

Akhir – akhir ini di Universitas Roke Manor Inggris sedang diadakan penelitian tentang kemungkinan pengimplementasian sistem *multistatic radar* pada sistem seluler, dimana sistem *multistatic radar* yang memiliki lebih dari 1 *transmitter* dan *receiver* adalah pengembangan dari sistem *bistatic radar* yang memiliki 1 transmitter dan receiver yang terpisah pada 2 lokasi yang berlainan. Sistem radar yang diimplementasikan pada sistem seluler ini disebut CELLDAR, singkatan dari *celluler radar*.

1.2 Perumusan Masalah

Secara garis besar hal-hal yang akan di diteliti lebih lanjut dalam tugas akhir ini adalah:

1. Mekanisme pengiriman dan penerimaan sinyal.
2. Pensimulasian sistem

1.3 Pembatasan Masalah

Karena luasnya permasalahan yang dapat dibahas, maka perlu pembatasan masalah sehingga pemecahannya menjadi lebih sederhana. Batasan masalah pada tugas akhir ini meliputi :

- Tujuan akhir dari simulasi adalah untuk menentukan lokasi jalan yang dipantau macet atau tidak macet. Tetapi karena pada simulasi disini kecepatan dan arah pergerakan objek telah ditentukan diawal, maka penelitian lebih dititikberatkan pada bagaimana kanal merubah sinyal kirim pada keadaan tertentu dan selang waktu tertentu.
- Titik pemantauan pada simulasi adalah pada satu lokasi.
- Sistem seluler digital pada penelitian ini adalah sistem seluler digital sederhana yang hanya terdiri dari blok – blok yang fundamental, dan sistem diasumsikan ideal.

- Analisa performansi sistem yang dianalisa hanya keakuratan sistem dalam menerima sinyal pantul dari objek-objek yang dimodelkan dan respon kanal jika osilator tidak stabil.

1.4 Tujuan

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah:

- Memahami prinsip dasar sistem *bistatic radar*.
- Meneliti kemungkinan penerapan sistem *bistatic radar* pada sistem seluler digital, dan mencari desain skema yang paling baik untuk diimplementasikan pada sistem seluler digital.

1.5 Metodologi Pemecahan Masalah

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah :

a. Studi Literatur
   - Pencarian dan pengumpulan literatur-literatur dan kajian-kajian yang berkaitan dengan masalah-masalah yang ada pada Tugas Akhir ini.
   - Pengumpulan data-data dan spesifikasi sistem yang diperlukan.

b. Tahap Analisis

   Pada tahap ini dilakukan analisis parameter-parameter sistem untuk berbagai kondisi yang disimulasikan.

c. Tahap Perancangan Simulasi

   Pada tahap ini dilakukan transformasi dari teori yang sudah ada ke bentuk persamaan matematis untuk dimodelkan dalam simulasi. Simulasi disini bertujuan untuk memverifikasi analisa.

d. Tahap Penyelesaian Akhir

   Pada tahap ini dilakukan verifikasi terhadap analisa – analisa yang telah dilakukan sebelumnya, untuk menguji tingkat keberhasilan dari teknik-teknik yang dilakukan

e. Penarikan Kesimpulan

   Mengambil kesimpulan akhir tentang perancangan dan hasil simulasi sistem tersebut.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri atas 5 bab yang isinya sebagai berikut :

- **Bab I Pendahuluan**

  Berisi latar belakang, pembatasan masalah, perumusan masalah, tujuan penulisan, kegunaan penulisan, metodologi penelitian yang digunakan, sistematika penulisan, dan rencana jadwal kegiatan.

- **Bab II Landasan Teori**

  Berisi penjelasan singkat tentang teori dasar *bistatic radar*, *radar cross section*, dan efek doppler.

- **Bab III Desain Skema *Traffic Monitoring* Menggunakan *Bistatic Radar***

  Pada bab ini akan dibahas secara lebih dalam mengenai desain dan skema pensimulasian sistem..

- **Bab IV Analisa Hasil Simulasi**

  Berisi tentang analisa hasil yang diperoleh dari simulasi.

- **Bab V Kesimpulan dan Saran**

  Berisi tentang kesimpulan dan saran-saran yang diperlukan bagi pengembangan lebih lanjut guna mencapai hasil yang lebih maksimal.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dapat disimpulkan bahwa:

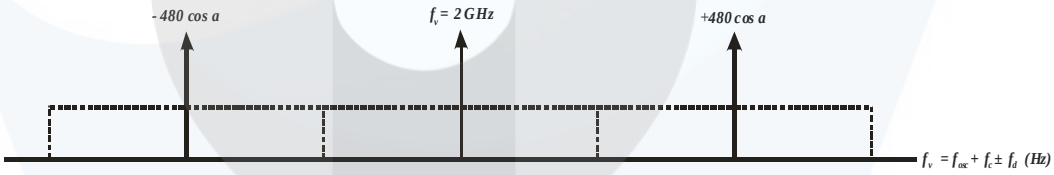
- Sinyal yang diterima oleh *receiver* memiliki karakteristik amplitudo, frekuensi, dan beda fasa tersendiri. Karakteristik tersebut sangat dipengaruhi oleh setiap perubahan keadaan kanal pada selang waktu tertentu, dimana keadaan kanal ini dipengaruhi oleh jenis dan mobilisasi setiap objek.
- Kendala implementasi:

1. *Band pass filter*.

   Pada simulasi ini diasumsikan bahwa *band pass filter* memiliki respon ideal, sehingga *band pass filter* dapat membedakan perubahan frekuensi akibat efek doppler yang kecil yaitu sebesar 160 Hz, dimana hal ini dapat dicapai dengan *band pass filter* yang memiliki *bandwidth* 160 Hz. Pergeseran frekuensi doppler yang kecil diakibatkan kecepatan objek yang relatif rendah dan frekuensi operasi yang rendah jika dibandingkan dengan sistem radar konvensional yang ada. Hal yang paling mungkin dilakukan untuk mendapatkan frekuensi doppler yang besar adalah dengan menaikan frekuensi operasi. Tetapi dengan menaikan frekuensi operasi akan mengakibatkan perbedaan fasa yang besar, dimana perbedaan fasa yang besar akan menyebabkan interpetasi data menjadi salah. Selain itu hal ini juga berbenturan dengan regulasi untuk sistem seluler. Untuk mengatasi masalah implementasi *band pass filter* tersebut hal yang dapat dilakukan yaitu pertama dengan mengurangi sensitifitas sistem penerima dalam pengestimasian kecepatan objek dan yang kedua dengan pengolahan sinyal digital.

   Pengurangan sensitifitas sistem penerima dalam pengestimasian kecepatan objek dapat menurunkan *requirement band pass filter*. Pada Tugas Akhir ini sensitifitas sistem penerima adalah sebesar 12 m/s, sehingga menyebabkan *band pass filter* harus bisa membedakan sinyal dengan perbedaan frekuensi sebesar 160 Hz. Sedangkan jika mengingat tujuan awal dari Tugas Akhir ini yaitu untuk menentukan apakah jalan yang diobservasi macet atau tidaknya, maka

sebenarnya *requirement band pass filter* sistem penerima dapat diturunkan. Hal pertama yang harus dilakukan adalah pengasumsian macet atau tidaknya jalan yang diobservasi. Pengasumsian ini adalah menentukan pada kecepatan berapa kecepatan objek yang bergerak digolongkan macet atau tidaknya. Misal diasumsikan bahwa jika terdeteksi objek yang bergerak dengan kecepatan dibawah 12 m/s maka keadaan jalan adalah macet, dan jika terdeteksi objek yang bergerak dengan kecepatan diatas 12 m/s maka keadaan jalan adalah lancar. Maka hanya 3 *band pass filter* yang diperlukan yaitu *band pass filter* dengan frekuensi tengah 2 GHz dan *bandwidth* 480 Hz, *band pass filter* dengan frekuensi tengah 2 GHz + 480 Hz dan *bandwidth* 480 Hz, dan *band pass filter* dengan frekuensi tengah 2 GHz - 480 Hz dan *bandwidth* 480 Hz. Hal kedua yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah implementasi *band pass filter* yaitu dengan pengolahan sinyal digital. Seperti telah diketahui bahwa pada pengolahan sinyal digital pendekatan filter digital dapat dirancang dengan orde yang jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan filter analog. Sehingga memungkinkan untuk mengimplementasikan *band pass filter* dengan respon seperti pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Respon *band pass filter* dengan sensitivitas 36 m/s

2. Ketidakstabilan osilator.

   Seperti telah dibahas pada Bab IV bagian 4.3.2 bahwa perubahan frekuensi kerja juga dapat diakibatkan oleh tidak stabilnya osilator lokal dimana hal ini dapat menyebabkan salahnya perkiraan. Pada simulasi Tugas Akhir ini toleransi ketidakstabilan osilator maksimum sebesar 80 Hz. Tetapi jika sensitifitas penerima dikurangi, maka toleransi ketidakstabilan osilator akan lebih besar, yaitu 240 Hz seperti telihat pada gambar 5.1.

3. Tingkat akurasi perkiraan yang rendah.

   Tingkat akurasi yang rendah disebakan oleh kecilnya sudut pantul, kecilnya sudut pantul ini diakibatkan tinggi antena *transmitter* dan *receiver* yang kecil

jika dibandingkan dengan jarak antara *transmitter* dan *receiver*. Semakin kecil sudut pantul maka titik observasi semakin kurang akurat mengingat tinggi objek maksimum pada simulasi ini adalah 0,2197 m, sehingga jika ada 2 objek atau lebih yang memiliki perbedaan tinggi lebih dari 0,2197 m maka objek yang lebih rendah tidak dapat terdeteksi karena sinyal pantul tidak sampai ke *receiver*. Sinyal pantul yang sampai di *receiver* hanya sinyal pantul dari objek yang tertinggi, hal ini menyebabkan keakuratan sistem pada simulasi ini adalah = 33,33%. Untuk mendapatkan keakuratan observasi yang lebih tinggi dapat dilakukan dengan menaikan tinggi antena atau dengan mendekatkan jarak antara *transmitter* dan *receiver*. Hal yang paling mungkin adalah dengan mendekatkan jarak antara *transmitter* dan *receiver*, mengingat di kota – kota besar dimana masalah kemacetan menjadi masalah yang cukup menggangu kenyamanan dalam berkendaraan memiliki jarak antara *transmitter* dan *receiver* yang relatif kecil. Tetapi besarnya sudut pantul dapat mengakibatkan efek doppler yang kecil menjadi semakin kecil. Karena efek doppler juga sangat dipengaruhi oleh sudut pantul arah azimuth dan elevasi yang dibentuk terhadap *receiver*. Selain itu masalah yang timbul kemudian jika jarak antara *transmitter* dan *receiver* yang relatif kecil adalah masalah beda fasa sinyal terima dan masalah pengaturan daya. Semakin kecil jarak antara *transmitter* dan *receiver* dapat menyebabkan perbedaan fasa sinyal terima semakin besar, hal ini dapat menyebabkan salahnya interpertasi bit informasi yang dikirimkan. Dan hal lain yang timbul kemudian jika jarak *transmitter* dan *receiver* diperkecil adalah masalah pengaturan daya dan *noise temperature* antena, karena untuk mendapatkan luas observasi yang cukup dengan jarak antara *transmitter* dan *receiver* yang relatif kecil maka *beamwidth* antena *transmitter* haruslah besar dan sudut elevasi antena haruslah kecil. Besarnya *beamwidth* menyebabkan kecilnya *gain* antena, dan kecilnya sudut elevasi antena menyebabkan *noise ground* yang besar. Sedangkan daya yang dibutuhuhkan dalam *traffic monitoring* haruslah besar sehingga daya yang dipantulkan oleh objek cukup untuk keperluan penganalisaan dan penentuan *treshold*. Penentuan *treshold* ini penting untuk menentukan apakah sinyal yang diterima berasal dari pantulan dari objek atau bukan, dalam penelitian ini penentuan treshold tidak dianalisa. Besarnya daya *transmit* dalam sistem seluler

dapat menyebabkan interferensi pada kanal lainnya, sehingga yang paling memungkinkan adalah dengan memperbesar *gain amplifier*. Tetapi *gain amplifier* yang terlalu besar dapat menyebabkan interferensi intermodulasi. Selain itu hal yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah keakuratan dapat diatasi dengan *multistatic radar*, yaitu sistem radar yang memiliki lebih dari 1 *transmitter* dan *receiver*.

Selain itu pada kenyataannya di lapangan objek yang diobservasi dalam hal ini mobil, truk, dan motor, memiliki bentuk yang tidak kotak sempurna. Dengan demikian sinyal yang terpantul oleh objek yang lebih rendah belum tentu terhalangi oleh objek yang lebih tinggi dan hamburan sinyal menghambur ke segala arah, tergantung dari bentuk geometri. Untuk keperluan inilah kemudian sistem *multistatic radar* ini digunakan.

5.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan skema efek doppler *multistatic radar* dengan pengolahan sinyal digital. Pemodelan objek yang disimulasikan lebih mendekati *real* dengan bentuk objek yang bervariasi, pemodelan kanal dimodelkan kontinyu, dan sistem yang dimodelkan memiliki respon yang tidak ideal, karena ketidakidealan sistem ini akan sangat mempengaruhi karakteristik sinyal terima, serta lamanya pemantauan dalam simulasi selama selang waktu tertentu, sehingga dapat terlihat perubahan sinyal terima dari waktu ke waktu. Dengan demikian sangat diperlukan algoritma pemodelan dan penganalisaan sinyal terima yang lebih rumit. Hal yang diteliti lebih lanjut adalah sensitifitas daya terima minimum sistem penerima yang dapat mempengaruhi perancangan *band pass filter*, dan kemungkinan *band pass filter* dengan *bandwidth* yang kecil tersebut untuk merusak informasi yang dibawa oleh *carrier* yang memiliki daya yang kecil. Analisa yang dilakukan sampai tahap penghitungan *link budget*, *carrier to noise*, BER (bit error rate), eror kuantisasi, dan pada kondisi cuaca sedang hujan, karena pada kondisi cuaca hujan akan merubah konduktivitas dan permitivitas objek.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Barker, C.J. and Griffiths, H.D. (2004). *Bistatic and Multistatic Radar Sensors for Homeland Security.* London: University College London.

[2] Barton, D.K. and Leonov, S.A. (eds). (1998). *Radar Technology Encyclopedia*. Massachuset: Artech House, Inc.

[3] Couch, L.W. (1997). *Digital and Analog Communication Systems.* New Jersey: Prentice Hall, Inc.

[4] Curry, G.R. (2005). *Radar System Performance Modeling*. Massachuset: Artech House, Inc.

[5] Firmansyah. (2005). *Analisis Efek Pantulan Akibat Propagasi di Atas Air Pada Link LMDS*. Bandung: Sekolah Tinggi Teknologi Telkom Bandung.

[6] Freeman, R.L. (1987). *Radio System Design for Telecommunications (1-100 GHz).* Toronto: John Wiley & Sons, Inc.

[7] Glover, I.A. and Grant, P.M. (1998). *Digital Communications*. Harlow: Prentice Hall Europe.

[8] Knott, E.F., Shaeffer J.F. and Tuley, M.T. (1993). *Radar Cross Section*. (2nd ed.). Massachuset: Artech House, Inc.

[9] Lynn, P. (1987). *Radar Systems.* Hong Kong: McMillan Education.

[10] Mahafza, B.R. (2005). *Radar System Analysis and Design Using MATLAB.* (2nd ed.). Florida: Chapman & Hall/CRC.

[11] Maunsell, F. (2005). *Final Report: Cell Phone Radar Investigation for The DFT*. London: Roke Manor Research.

[12] Nitzberg, R. (1992). *Adaptive Signal Processing for Radar*. Massachuset: Artech House, Inc.

[13] Proakis, J.G. (2001). *Digital Communications*. (4th ed.). New York: Irwin / McGraw Hill.

[14] Proakis, J.G. and Salehi, M. (2002). *Communication Systems Engineering*. (2nd ed.). New Jersey: Prentice Hall, Inc.

[15] Roden, M.S. (1991). *Analog & Digital Communication System*. (3rd ed.). New Jersey: Prentice Hall, Inc.

[16] Sklar, B. (1990). *Digital Communications: Fundamentals and Applications*. New Jersey: Prentice Hall International.

[17] Skolnik, M.I. (1981). *Introduction to Radar Systems.* London: McGraw Hill.

[18] Venugopal, A. (2004). *Celldar Seminar Report*. Kochi: Cochin University of Science and Technology.

[19] Wiesbeck, W. (2005). *Radar System Engineering*. Karlshure: University of Karlshure.