

PERANCANGAN DAN REALISASI MULTIPLEXER RF DENGAN METODE HYBRID-COUPLED

Teguh Yulianto¹, Heroe Wijanto², Budi Prasetya³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

Abstrak

Dalam proyek akhir ini telah dirancang dan direalisasikan sebuah multiplexer dengan metode hybrid-coupled yang digunakan untuk menggabungkan kanal frekuensi downlink DCS 1800 dan WCDMA pada frekuensi 1805 MHz-1880 MHz dan 2110 MHz-2170 MHz. Insertion loss yang ingin dicapai $\leq 0,5$ dB, return loss yang ingin dicapai $\geq 25,046$ dB, dan besarnya SWR yang ingin dicapai $\leq 1,12$. Sementara itu untuk menghindari interferensi antar kanal diinginkan isolasi port ≥ 65 dB. Multiplexer hybrid - coupled memiliki ciri tiap kanal terdiri dari 2 BPF dan 2 hybrid 900 identik. Bagian BPF direalisasikan dengan menggunakan metode squared open loop resonator dan bagian hybrid 900 direalisasikan dengan bentuk branch line hybrid coupler. Pada multiplexer ini dilakukan modifikasi agar mampu melewatkan frekuensi kerja downlink DCS 1800 dan WCDMA dengan bantuan software Ansoft HFSS V.10. Multiplexer direalisasikan dengan menggunakan saluran mikrostrip, dimana data hasil pengukuran akan menjadi bahan analisis perbandingan selanjutnya.

Bagian BPF dan Hybrid 900 yang telah dibuat sesuai dengan perancangan dan simulasi, namun tidak pada perealisasi multiplexer hybrid coupled. Hasil pengujian didapatkan pada kanal DCS 1800 mampu melewatkan frekuensi 1790 MHz-1870 MHz, atau dengan kata lain bandwidth frekuensi kerja DCS 1800 yang dipenuhi adalah 65 MHz. Parameter lainnya pada kanal DCS 1800 diperoleh insertion loss sebesar 15,515 dB, return loss sebesar 30,365 dB, redaman pada stopband sebesar 58,398 dB, SWR sebesar 1,0626, dan isolasi port sebesar 22,75 dB. Sementara itu pada kanal WCDMA mampu melewatkan frekuensi 2105 MHz-2175 MHz, atau seluruh frekuensi kerja WCDMA mampu dilewatkan oleh multiplexer ini. Parameter lainnya pada kanal WCDMA diperoleh insertion loss sebesar 12,965 dB, return loss sebesar 31,664 dB, redaman pada stopband sebesar 42,837 dB, SWR sebesar 1,0537, dan isolasi port sebesar 18,519 dB.

Kata Kunci : Multiplexer hybrid coupled, DCS 1800, WCDMA, BPF, Hybrid 900

Telkom
University

Abstract

In this final project, a multiplexer with hybrid-coupled method that used to combine downlink frequency of DCS 1800 and WCDMA at 1805 MHz-1880 MHz and 2110 MHz-2170 MHz have been designed and realized. The insertion loss to be achieved is $\leq 0,5$ dB, the return loss to be achieved is $\geq 25,046$ dB, and the amount of SWR to be achieved is $\leq 1,12$. Meanwhile, to avoid the interference between the channel, isolation to be achieved is ≥ 65 dB. Multiplexer hybrid - coupled has the characteristic of each channel consists of two BPF and two identical 90 hybrid. The BPF was realized by using squared open loop resonator and 90 hybrid section is realized with branch line hybrid coupler. The multiplexer was modified in order to be able pass the operating frequency DCS 1800 and WCDMA with help of Ansoft HFSS V.10 software. The multiplexer was realized by using microstrip circuit, where the data of measurements for would be material comparative with further analysis.

BPF and hybrid section that have been made according with the design and simulation, but no realization of hybrid coupled multiplexer. The test result obtained on channel DCS 1800 is capable to pass the frequency 1790 MHz - 1870 MHz, or in the other words operating frequency bandwidth of DCS 1800 is 65 MHz. The other parameter obtained in centre frequency of DCS 1800 channel is 15.515 dB insertion loss, 30.365 dB return loss, 58.398 dB stop band loss, SWR of 1.0626, and 22.75 dB isolation port. Meanwhile, the WCDMA channel is capable to pass 2105 MHz - 2175 MHz, or all the working frequency can be passed within multiplexer. The other parameter obtained in centre frequency of WCDMA channel is 12.965 dB insertion loss, 31.664 dB return loss, 42.837 dB stop band attenuation, SWR of 1.0537, and 18.519 dB isolation port.

Keywords : Multiplexer hybrid coupled, DCS 1800, WCDMA, BPF, hybrid 900

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pada umumnya sistem transmisi yang ada di dalam jaringan telekomunikasi memiliki kapasitas *bandwidth* yang melebihi kapasitas yang dibutuhkan oleh satu *user*. Dengan demikian sangat dimungkinkan untuk menggunakan *bandwidth* yang ada seefisien mungkin oleh lebih dari satu *user*. Teknik menggabungkan beberapa sinyal untuk dikirimkan secara bersamaan pada satu kanal transmisi disebut *multiplexing*. Perangkat yang digunakan untuk melakukan proses *multiplexing* disebut multiplexer.

Menara *Base Transceiver Station* (BTS) yang digunakan untuk meletakkan antena memiliki kapasitas beban maksimum sekitar 15 ton (tergantung tinggi menara) yang dapat ditanggung olehnya, termasuk beban menara tersebut. Oleh karena itu dalam perancangannya perlu diperhatikan banyaknya antena dan panjang kabel yang memberikan beban kepada menara. Dengan kondisi tersebut, penyedia jasa telekomunikasi di Indonesia mengambil kebijakan menggunakan satu antena berpita lebar (*wide band*) untuk mentransmisikan beberapa sinyal dengan teknologi dan frekuensi yang berbeda, sebagai contoh sinyal *Digital Cellular System* (DCS) 1800 dan *Wideband Code Division Multiple Access* (WCDMA).

Dalam aplikasinya, penggunaan antena berpita lebar harus didukung oleh multiplexer yang mampu menggabungkan frekuensi DCS 1800 dan WCDMA agar dapat ditransmisikan dalam satu saluran transmisi yang sama menuju antena tersebut. Karakteristik modulasi dan sinyal yang berbeda mengharuskan multiplexer memiliki spesifikasi yang sesuai sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya gangguan dan penurunan kualitas sinyal. Proses penggabungan kedua kanal tersebut dilakukan setelah setiap sub frekuensi *downlink* DCS 1800 dan sub frekuensi *downlink* WCDMA digabungkan oleh multiplexer atau *Combining and Distribution Unit* (CDU) yang ada pada masing-masing sistem, sehingga dapat ditransmisikan dalam frekuensi *downlink* DCS 1800 dan WCDMA. Pemanfaatan antena berpita lebar yang didukung oleh multiplexer memberikan efisiensi perangkat yang lebih tinggi dan penekanan biaya dalam perancangan sistem komunikasi seluler.

Berdasarkan hal-hal di atas, penulis telah merealisasikan multiplexer yang dapat digunakan untuk menggabungkan kanal frekuensi *downlink* DCS 1800 (1805 MHz – 1880 MHz) dan WCDMA (2110 MHz – 2170 MHz). Perancangan dan perealisasiannya dilakukan

BAB I Pendahuluan

dengan metode *hybrid-coupled* yang memanfaatkan saluran transmisi mikrostrip. Proyek akhir ini diharapkan dapat memberikan kontribusi untuk pengembangan teknologi di masa depan dan dunia pendidikan pada umumnya.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang multiplexer RF dengan metode *hybrid-coupled* untuk melewatkan frekuensi *downlink* DCS 1800 (1805 MHz-1880 MHz) dan WCDMA (2110 MHz-2170 MHz)?
2. Bagaimana merealisasikan multiplexer *hybrid-coupled* yang sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya gangguan dan penurunan kualitas sinyal?
3. Bagaimana simulasi *branch line hybrid coupler* dan *band pass filter* (BPF) yang dirancang menggunakan Ansoft HFSS V.10 dan perbandingannya dengan pengukuran secara langsung?
4. Bagaimana unjuk kerja multiplexer *hybrid-coupled* yang telah direalisasikan berdasarkan perbandingan spesifikasi hasil realisasi dengan spesifikasi awal yang diinginkan?

1.3. Tujuan

1. Merancang multiplexer RF dengan metode *hybrid-coupled* untuk melewatkan frekuensi *downlink* DCS 1800 (1805 MHz-1880 MHz) dan WCDMA (2110 MHz-2170 MHz).
2. Merealisasikan hasil rancangan yang telah disimulasikan dan menekan terjadinya kesalahan semaksimal mungkin dalam proses perealisasiannya.
3. Melakukan pengukuran *branch line hybrid coupler* dan BPF hasil realisasi dan menganalisisnya dengan membandingkan hasil yang diperoleh antara simulasi dan pengukuran langsung prototipe yang telah dibuat.
4. Melakukan pengukuran multiplexer *hybrid coupled* dan menganalisisnya dengan membandingkan spesifikasi hasil realisasi dengan spesifikasi awal yang diinginkan.

1.4. Batasan Masalah

1. Multiplexer dirancang untuk melewatkan kanal pada frekuensi *downlink* DCS 1800 (1805 MHz – 1880 MHz) dan WCDMA (2110 MHz – 2170 MHz).
2. Bagian *hybrid 90⁰* direalisasikan dengan *branch line coupler* yang dimodifikasi berdasarkan jurnal internasional oleh M. Muraguchi, T. Yukitake, dan Y. Naito agar menghasilkan kopling yang konstan dengan *bandwidth* yang lebar.

BAB I Pendahuluan

3. Bagian *band pass filter* (BPF–DCS 1800 dan BPF–WCDMA) direalisasikan dengan metode *microstrip squared open loop resonators*.
4. Tidak membahas teknologi DCS 1800 dan WCDMA secara lengkap.

1.5. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan pada proyek akhir ini adalah eksperimen, yaitu metodologi yang bersifat prediktif dengan melakukan pengukuran objek secara cermat. Hasil eksperimen dilaporkan dalam bentuk laporan proyek akhir.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada proyek akhir ini terdiri dari 5 bab, yaitu:

- **Bab I Pendahuluan**

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang pembuatan proyek akhir, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir perancangan dan realisasi multiplexer *hybrid-coupled*.

- **Bab II Dasar Teori**

Bab ini membahas tentang konsep dasar *microstrip squared open loop resonators* dan *branch line hybrid coupler* secara umum dan yang berkaitan dengan perancangan multiplexer *hybrid-coupled*.

- **Bab III Perancangan dan Realisasi Alat**

Bab ini berisi tentang perancangan dan realisasi multiplexer *hybrid coupled* yang terdiri dari BPF–DCS 1800, BPF–WCDMA, dan *branch line hybrid coupler*.

- **Bab IV Pengukuran dan Analisis Hasil Pengukuran**

Bab ini berisi tentang pengukuran multiplexer *hybrid coupled* dan analisisnya yang meliputi pengukuran BPF – DCS 1800 dan BPF – WCDMA dengan parameter *insertion loss*, *return loss*, respon fasa, *voltage standing wave ratio* (VSWR), dan impedansi. Pengukuran *branch line hybrid coupler* dengan parameter *return loss*, *insertion loss*, kopling, *output*, *directivity*, isolasi, dan beda respon fasa, serta pengukuran multiplexer *hybrid - coupled* dengan parameter *insertion loss*, *return loss*, VSWR, impedansi, dan isolasi.

- **BAB V Kesimpulan dan Saran**

Bab ini membahas kesimpulan-kesimpulan dan saran yang dapat ditarik dari keseluruhan proyek akhir ini dan kemungkinan pengembangan topik yang berkaitan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil yang diperoleh baik hasil simulasi maupun hasil pengukuran jika dibandingkan dengan tinjauan teori maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Perancangan BPF dengan metode *squared open loop resonator* dan *branch line hybrid coupler* dapat diimplementasikan pada multiplexer *hybrid coupled* untuk melewatkan frekuensi *downlink* DCS 1800 dan WCDMA.
2. BPF-DCS 1800 (1) yang direalisasikan memiliki spesifikasi yang mendekati spesifikasi awal, yaitu pada frekuensi tengah 1,82 GHz memiliki *bandwidth* 80 MHz, *insertion loss* = 3,0785 dB, *return loss* = 17,912 dB, redaman pada *stop band* = 25 dB, respon fasa cukup linier, dan SWR = 1,2914.
3. BPF-DCS 1800 (2) yang direalisasikan memiliki spesifikasi yang mendekati spesifikasi awal, yaitu pada frekuensi tengah 1,84 GHz memiliki *bandwidth* 78 MHz, *insertion loss* = 4,9808dB, *return loss* = 22,75 dB, redaman pada *stop band* = 40 dB, respon fasa cukup linier, dan SWR = 1,1572.
4. BPF-WCDMA (1) yang direalisasikan memiliki spesifikasi yang mendekati spesifikasi awal, yaitu pada frekuensi tengah 2,13 GHz memiliki *bandwidth* 120 MHz, *insertion loss* = 3,9834dB, *return loss* = 25,213 dB, redaman pada *stop band* = 25 dB, respon fasa cukup linier, dan SWR = 1,1161.
5. BPF-WCDMA (2) yang direalisasikan memiliki spesifikasi yang mendekati spesifikasi awal, yaitu pada frekuensi tengah 2,13 GHz memiliki *bandwidth* 86 MHz, *insertion loss* = 2,571 dB, *return loss* = 18 dB, redaman pada *stop band* = 21,044 dB, respon fasa cukup linier, dan SWR = 1,2881.
6. Keempat *Branch line hybrid coupler* yang direalisasikan memiliki spesifikasi yang mendekati spesifikasi awal. *Insertion loss* terbesar yang diperoleh = 1,4796 dB, *return loss* terkecil = 22,549 dB, SWR terbesar pada frekuensi tengah = 1,162, daya keluaran port koping dengan *gain* terbesar = -3,9471 dB, daya keluaran port *output* dengan *gain* terbesar = -6,4256 dB, isolasi port terkecil = 20,57 dB, dan simpangan terjauh beda respon fasa terbesar antara kedua output 41,192°.

BAB V Penutup

7. Sangat sulit merealisasikan filter dan hybrid yang identik secara spesifikasi meskipun perancangan dilakukan dengan metode yang sama. Hal ini disebabkan karena beberapa faktor yang tidak dapat dihindari pada saat perealisasiian dan pengukuran, antara lain proses pabrikasi yang tidak identik dan kondisi lingkungan pengukuran yang dipengaruhi gelombang elektromagnetik dari luar.
8. *Multiplexer hybrid coupled* yang direalisasikan bisa melewatkan sinyal DCS 1800 pada frekuensi kerja 1790 MHz – 1870 MHz, dengan *insertion loss* = 15,515 dB, *return loss* pada frekuensi tengah = 30,365 dB, redaman pada *stop band* = 58,398 dB, SWR pada frekuensi tengah = 1,0626, dan isolasi port = 22,75 dB.
9. *Multiplexer hybrid coupled* yang direalisasikan bisa melewatkan sinyal WCDMA pada frekuensi kerja 2105 MHz – 2175 MHz, dengan *insertion loss* = 12,965 dB, *return loss* pada frekuensi tengah = 31,664 dB, redaman pada *stop band* = 42,837 dB, SWR pada frekuensi tengah = 1,0537, dan isolasi port = 18,519 dB.
10. *Insertion loss* yang sangat besar pada *multiplexer hybrid-coupled* diakibatkan redaman bahan PCB (redaman konduktor, dielektrik, dan radiasi) yang besar dan teknik penggabungan filter dan hybrid dilakukan dengan penyolderan saja sehingga memberikan pergeseran impedansi dan redaman tambahan yang sangat besar.
11. Secara umum *multiplexer* yang direalisasikan belum memiliki spesifikasi yang mendekati spesifikasi awal. *Insertion loss* yang sangat besar pada daerah *passband* membuat *multiplexer* ini tidak cukup baik untuk diimplementasikan karena akan merusak sinyal yang akan ditransmisikan.

5.2. Saran

Dalam perancangan *multiplexer* terdapat penyimpanan terhadap karakteristik yang diinginkan, sehingga untuk mendapatkan performansi yang lebih baik ada beberapa hal yang bisa dijadikan saran, yaitu:

1. Penggabungan bagian filter dan hybrid sebaiknya dilakukan dalam satu PCB utuh sehingga meminimalisasi redaman dan pergeseran impedansi.
2. Dapat dicoba pembuatan *Impedance Matching Circuit* (IMC) untuk menyesuaikan impedansi antara filter dan hybrid.

BAB V Penutup

3. Sebagai perbandingan, BPF dapat dirancang dengan metode yang berbeda seperti *trisection* dan *cascade trisection (CT)*, *hairpin-line*, dan *cascade quadruplet (CQ)*. Sedangkan hybrid dapat dirancang dengan *multiple section* ukuran tereduksi untuk memperkecil dimensinya.
4. Untuk menghubungkan hybrid antar kanal sebaiknya menggunakan kabel koaksial sependek mungkin dan memiliki redaman yang kecil.
5. Sebagai perbandingan, dapat dirancang multiplexer dengan metode yang berbeda untuk mengetahui performansi yang lebih baik pada frekuensi kerja yang sama.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cameron, Richard J and Ming Yu. 2007. *Design of Manifold-Coupled Multiplexer*. Cambridge : IEEE Microwave magazine.
- [2] Chang, Kai. 2000. *RF and Microwave Wireless System*. New York : John Wiley & Sons, Inc
- [3] Collin, Robert E. 1996. *Foundation for Microwave Engineering, 2nd Edition*. Mc Graw-Hill, Inc.
- [4] Hong, Jia-Seng and M. J. Lancaster. 1997. *Coupling for Squared Open Loop resonators Filter*. IEEE Transactions on Microwave Theory and techniques Vol. 44 No. 12 December 1996.
- [5] Hong, Jia-Seng and M. J. Lancaster. 2001. *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- [6] Muraguchi, M , T. Yuki take, and Y. Naito. 1983. “*Optimum design of 3-dB branch-line couplers using microstrip lines*”. Cambridge : IEEE Microwave magazine.
- [7] Pozar, David M. 1998. *Microwave Engineering- Second Edition*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- [8] RFS. *Diplexer/Triplexer*. www.rfsworld.com. Diakses pada tanggal 15 Agustus 2010.
- [9] Stiles, Jim. 2006. *The Directional Coupler*. The University of Kansas : Department of EECS.
- [10] TACONIC. *Advanced PCB Materials Product Selection Guide*. www.taconic-add.com. Diakses pada tanggal 22 Februari 2010.