

PEMBUATAN BAHAN DIELEKTRIKA EKSPONENSIAL ANTENA DWITUNGGAL UNIDIREKSIONAL 100 MHz KE ATAS DENGAN $V_{SWR} \leq 1,5$ UNTUK MENINGKATKAN KINERJA KOMUNIKASI DATA

Laurentius Aditya HW, Soetamso¹⁾, Mamat Rokhmat²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Telkom

²⁾Program Studi Teknik Fisika, Institut Teknologi Telkom

Jl. Telekomunikasi No.1, Bandung

E-mail : mrm@ittelkom.ac.id

Abstrak

Penggunaan bahan dielektrik sangat berperan untuk meningkatkan kinerja antenna dalam upaya untuk menunjang komunikasi data. Bahan dielektrik yang dipakai untuk kegunaan ini biasanya tidak datar diisi satu bahan saja, tetapi merupakan kombinasi dari beberapa bahan dielektrik. Beberapa penelitian telah berhasil dikembangkan bahan dielektrika dan paduan lainnya untuk penyekat konduktor dalam pengembangan antenna Dwitunggal dan antenna Bhinneka Tunggal Ika, yaitu antenna baru berpita lebar. Khusus untuk antenna Dwitunggal Ultra lebar telah pernah dikembangkan bahan dielektrika eksponensial-diskrit. Untuk kesempatan kali ini akan dibuat dielektrika yang mempunyai impedansi intrinsik gradual dan mempunyai impedansi yang berubah secara eksponensial.

Keywords : antena dwitunggal, unidireksional, komunikasi data

1. PENDAHULUAN

Antena didefinisikan sebagai penyepad an intrinsik ruang propagasi dengan impedansi karakteristik saluran transmisi [Soetamso, 2002]. Yang dimaksud bahan dielektrik eksponensial adalah mempunyai permitivitas gradual, permeabilitas linier, dan mempunyai impedansi intrinsik yang eksponensial. Berdasarkan pengertian di atas maka dalam penelitian ini akan dicoba membuat sebuah bahan dielektrik eksponensial untuk antenna dwitunggal unidireksional 300 MHz ke atas dengan $V_{SWR} \leq 1,5$ dan berterminal SMA (50 Ω) male. Bahan dielektrik yang akan dibuat nantinya akan digunakan sebagai penyekat konduktor dalam pengembangan antenna dwitunggal dan antenna Bhinneka Tunggal Ika, yang berpita frekuensi ultra lebar.

Latar belakang dalam penelitian ini Pembuatan Bahan Dielektrika Eksponensial adalah Belum tersedianya bahan dielektrika eksponensial gradual. Bahan dielektrika merupakan bahan penyekat yang berfungsi sebagai penyepad an intrinsik, Ruang propagasi dengan impedansi karakteristik saluran transmisi.

Adapun perumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana merancang bangun Bahan Dielektrika Eksponensial? dan bagaimana mengukur parameter-parameter dan menganalisa hasil pengukuran bahan dielektrika eksponensial yang dibuat? Penelitian ini bertujuan untuk membuat bahan dielektrika eksponensial yang diharapkan dapat dipakai sebagai saluran transmisi untuk meningkatkan kinerja komunikasi data.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Studi pustaka pertama yang diambil dari proyek akhir yang berjudul "Rancang Bangun Antena Dwitunggal Dua Strip Eksponensial Pada Frekuensi Terendah 900 MHz 150 ohm Berterminal SMA" yang dibuat oleh Elva Apulina Sitepu, penggunaan bahan dielektrik untuk saluran eksponensial digunakan sebagai penyekat didalam antenna strip dwitunggal berfrekuensi 900 MHz yang berfungsi sebagai penyepad an (matching) antara impedansi intrinsik ruang propagasi dengan impedansi karakteristik saluran transmisi secara eksponensial. Pada proyek akhir ini membutuhkan panjang saluran sepanjang 30 cm dan memiliki kualitas yang cukup baik karena hasil output prototipe sesuai dengan spesifikasi awal (V_{SWR} spesifikasi $\leq 1,5$ dan pada prototipe didapatkan V_{SWR} sebesar 1,4 lalu gain spesifikasi yang diinginkan sebesar $\geq 2,14$ dBi pada frekuensi terendahnya dan pada prototipe didapatkan gain sebesar 8,662 dBi pada frekuensi terendahnya). Namun kendala pada pembuatan prototipe ini terletak pada tidak sesuainya besar impedansi input antenna sebenarnya dengan spesifikasi yang diinginkan (impedansi antenna prototipe = $\{50.48-j17.03\}$ ohm sedangkan impedansi antenna spesifikasi = 50 ohm). Ini disebabkan karena adanya pemilihan bahan dielektrik yang kurang sesuai. Selain itu juga terjadi penyimpangan nilai er pada panjang antara 21-30 cm (penyimpangan itu berupa nilai er yang kurang dari satu, padahal nilai teoritis er paling minimum adalah satu).

Sedangkan pada studi pustaka kedua yang diambil dari proyek akhir yang berjudul "Rancang Bangun Antena Tricula Strip Tunggal Unidireksional Eksponensial Frekuensi Minimum 800 MHz, $Z_T=50$ ohm SMA, Transformator Ferit" yang dibuat oleh Putri Kusumah Perdani, penggunaan bahan dielektrik untuk saluran eksponensial digunakan sebagai penyekat didalam antenna Tricula Strip berfrekuensi 800 MHz yang berfungsi

sebagai penyepadan (matching) antara impedansi intrinsik ruang propagasi dengan impedansi karakteristik saluran transmisi secara eksponensial. Pada proyek akhir ini membutuhkan panjang saluran sepanjang 20 cm, memiliki 18 buah bahan dielektrik dan memiliki kualitas yang cukup baik karena hasil output prototipe sesuai dengan spesifikasi awal (VSWR spesifikasi $\leq 1,5$ dan pada prototipe didapatkan VSWR $\leq 1,5$ lalu gain spesifikasi yang diinginkan sebesar ≥ 7 dBi pada frekuensi terendahnya dan pada prototipe didapatkan gain sebesar 7,808 dBi pada frekuensi terendahnya). Namun kendala pada pembuatan prototipe ini terletak pada tidak sesuainya besar impedansi input antenna sebenarnya dengan spesifikasi yang diinginkan (impedansi antenna prototipe = $\{51,84 - j20,38\}$ ohm sedangkan impedansi antenna spesifikasi = 50 ohm).

Berdasarkan perbandingan kedua studi pustaka diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi frekuensi kerja antenna yang akan kita buat maka variasi struktur bahan dielektrik yang diperlukan semakin banyak. Sedangkan dari segi kualitas maka semakin tinggi frekuensi kerja antenna yang diinginkan maka akan semakin tinggi tingkat kesulitan untuk mencapai hasil yang diinginkan. Dan salah satu tingkat kesulitan itu adalah terletak pada pemilihan bahan dielektrik eksponensialnya.

Dielektrik adalah suatu bahan isolator yang biasanya berfungsi sebagai penyekat. Dielektrik biasa digunakan untuk meningkatkan kapasitansi. Berikut ini adalah contoh nilai konstanta dielektrik dari beberapa bahan dielektrik

Karet	$k = 7$
Mika	$k = 5,4$
Nylon	$k = 4$
Kertas	$k = 3,5$
Plastik	$k = 2,56$
Styrofoam	$k = 1,03$
Udara	$k = 1$

Tabel 1. Konstanta Bahan Dielektrik

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dipakai adalah sebagai berikut. Langkah pertama adalah studi literatur dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan., langkah kedua adalah mengambil hipotesis perancangan untuk mengatasi kesulitan yang didapat dari hasil penelitian sebelumnya, yaitu dengan merancang suatu bahan dielektrik eksponensial. Langkah ketiga adalah mencari model-model dalam merancang bahan dielektrik eksponensial, dan langkah keempat merancang dan menguji karakteristik bahan tersebut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Bahan Dielektrika Eksponensial

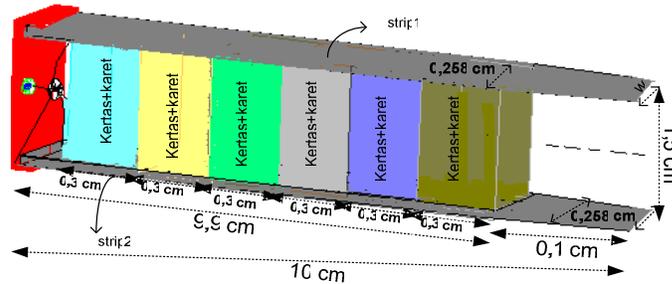
Bahan dielektrika eksponensial yang dibuat dengan menggunakan teknik pencampuran dengan metode pendekatan rangkaian kapasitor yang dirangkai secara seri. Adapun langkah-langkah dalam teknik pencampuran dengan metode pendekatan adalah sebagai berikut:

- (i). Melakukan analisa terhadap bahan yang akan digunakan sebagai bahan dielektrika untuk antenna dwitunggal unidireksional 300 MHz keatas dengan VSWR $\leq 1,5$ dan berterminal sma (50 Ω) male. Dan ternyata setelah dilakukan analisa didapat bahwa ϵ_r maksimum yang dibutuhkan adalah 5,974 dan ϵ_r minimum yang dibutuhkan adalah mendekati 1
- (ii). Melakukan pemilihan bahan dimana kriteria minimal yang harus dipenuhi sedemikian rupa sehingga agar mendapatkan ϵ_r yang diharapkan adalah
 - a. Pilihlah bahan dimana efek zat perekat (lem) dapat diminimalisir. Karena dalam perhitungan pemodelan rangkaian kapasitor seri hanya menggunakan dua bahan saja. Sehingga bahan ketiga (lem) harus diabaikan. Supaya efek zat perekat (lem) dapat diminimalisir maka masukkan nilai ϵ_r campuran dan panjang/ketebalan dari ϵ_r campuran sehingga didapat panjang/ketebalan dari zat perekat (lem) sangat kecil
 - b. Untuk mempermudah pemilihan bahan ϵ_r campurannya maka gunakan persamaan dibawah ini

$$\epsilon_{rt} \rightarrow \frac{\epsilon_{r1} + \epsilon_{r2}}{2}$$

dengan ϵ_{r1} = permeabilitas bahan pertama, ϵ_{r2} = permeabilitas bahan kedua, ϵ_{rt} = permeabilitas bahan total/campuran

- (iii). Melakukan substitusi ke persamaan rangkaian kapasitor yang telah disusun seri. Pencampuran dilakukan dengan menggunakan pemodelan rangkaian kapasitor yang disusun secara seri. Karena sebuah bahan dielektrik pasti mempunyai nilai kapasitansi tertentu. Sehingga bahan tersebut dapat didekati dengan sebuah kapasitor yang disusun seri. Rangkaian seri digunakan karena bahan yang akan dicampur nantinya juga disusun secara horizontal (seri).
- (iv). Untuk menyesuaikan nilai ϵ_r yang telah dicampur maka dapat dilakukan penyesuaian perbandingan panjang/ketebalan dari bahan yang telah dicampur tadi



Pengukuran Bahan Dielektrik

Bahan dielektrika yang diuji adalah bahan dielektrika yang dibuat supaya saluran transmisi yang disipkan bahan tersebut akan bersifat eksponensial. Bahan dielektrika ini berfungsi sebagai penyepadan antara impedansi saluran transmisi (antena) dengan impedansi ruang propagasi (udara). Seperti telah kita ketahui bersama bahwa impedansi karakteristik ruang propagasi (udara) adalah sebesar 120π ohm atau sekitar 377 ohm, sedangkan impedansi input saluran transmisi (antena) yang dirancang adalah 150 ohm. Sehingga pada akhirnya nanti akan dibuat dan disusun bahan dielektrik secara eksponensial dari 377 ohm ke 150 ohm.

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan pada tiap-tiap bahan campuran dielektrika, maka hasil impedansi untuk setiap jarak tertentu mendekati dari impedansi perancangan. Hasil itu dapat kita lihat pada tabel lampiran A. Namun pada kenyataannya nilai tersebut tidak sama persis dengan hasil perancangan. Hal ini dikarenakan kemungkinan karena ketika bahan tersebut diukur pada Network Analyzer, nilai impedansi dari bahan yang diukur tersebut berubah-ubah. Sehingga penulis mencatat nilai impedansi dari nilai yang sering muncul di Network Analyzer. Namun baik saat pengukuran maupun perancangan, impedansi campuran tersebut bersifat eksponensial.

Begitu juga dengan pengukuran pada permitivitas relatif bahan tersebut. Berdasarkan pada pengukuran yang telah dilakukan pada tiap-tiap bahan campuran dielektrika, maka hasil permitivitas relatif untuk setiap jarak tertentu mendekati dari permitivitas relatif perancangan. Hasil itu dapat kita lihat pada tabel lampiran A. Hal ini dikarenakan kemungkinan karena ketika bahan tersebut diukur pada Network Analyzer, nilai permitivitas relatif dari bahan yang diukur tersebut berubah-ubah. Sehingga penulis mencatat nilai permitivitas dari nilai yang sering muncul di Network Analyzer. Namun baik saat pengukuran maupun perancangan, permitivitas relatif campuran tersebut bersifat gradual. Ketidakakuratan hasil pengukuran pada impedansi dan permitivitas relatif tersebut kemungkinan disebabkan karena konstruksi bahan dielektrik yang kurang tepat dengan perancangan.

Pengukuran VSWR dan Bandwidth Antena

Sesuai dengan spesifikasi awal yang telah ditentukan, diinginkan perolehan $VSWR \leq 1,5$. Pada kenyataannya, masih ada VSWR dengan nilai-nilai lebih dari 1,5 pada frekuensi-frekuensi tertentu, seperti pada range frekuensi 700 MHz - 1000 MHz dan range frekuensi 2200 MHz - 2900 MHz. Jadi pada range frekuensi 700 MHz - 1000 MHz dan range frekuensi 2200 MHz - 2900 MHz, antena ini tidak bekerja secara optimal.

Sesuai dengan tujuan awal bahwa antena dwitunggal ini harapannya memiliki bandwidth yang

lebar/wideband. Syarat dari wideband itu sendiri adalah bahwa $\frac{BW}{fc} \geq 20\%$. Dimana $BW = fH - fL$.

Sehingga $\frac{fH - fL}{fc} \geq 20\%$. Dan berdasarkan persamaan tersebut maka bandwidth minimum antena pada

frekuensi tengah 1650 MHz adalah $BW = 0,2 \cdot fc$. Atau sama dengan 330 MHz. Dan berdasarkan range frekuensi pada SWR dibawah 1,5 didapatkan range frekuensi 1114,98 MHz - 2143,95 MHz. Maka bandwidthnya adalah sebesar $2143,95 - 1114,98 = 1028,97$ MHz. Dan bandwidth ini sudah lebih dari bandwidth minimum untuk daerah wideband, yaitu 330 MHz.

Pengukuran Impedansi Antena

Impedansi antena diukur pada titik catuan antena. Adapun hasil pengukuran impedansi antena di beberapa frekuensi yang tercakup dalam daerah kerja antena ditampilkan pada grafik yang dapat dilihat pada Lampiran A. Hasil yang diperoleh kurang sesuai dengan spesifikasi awal yaitu sebesar 50Ω . Adapun beberapa penyebabnya dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Nilai ϵ_r bahan dielektrika terukur kurang tepat dengan ϵ_r bahan dielektrika sesuai perhitungan
- Pengkalibrasian alat yang kurang sempurna juga sangat mempengaruhi hasil pengukuran impedansi.
- Jumlah perbandingan kumparan pada toroida yang kurang sesuai dengan perhitungan, dan juga akibat lilitannya yang kurang rapi

Kondisi idealnya adalah didapatkan impedansi antena yang sepadan dengan impedansi saluran yaitu impedansi bersifat resistif murni sebesar 50Ω sehingga didapatkan kondisi tanpa cacat pantulan dan terjadi transfer daya maksimum. Secara lebih jelas, untuk mengetahui hasil pengukuran VSWR terhadap Frekuensi serta Impedansi terhadap frekuensi dapat dilihat gambar Grafik Hubungan SWR dan Impedansi terhadap Frekuensi pada Lampiran A.

Pengukuran Gain Antena

Besarnya *gain* dapat dihitung dengan menggunakan $G_{AUT(dBi)} = P_{AUT(dBm)} - P_{REF(dBm)} + 2.14$ dBi, dengan $G_{AUT(dBm)} = \text{gain AUT}$, $P_{AUT(dBm)} = \text{level daya terima AUT}$, $P_{REF(dBm)} = \text{level daya terima antena referensi (sleeve dipole } \lambda/2)$.

Pengukuran Gain dilakukan pada range frekuensi 300 MHz – 3000 MHz. Adapun hasil pengukuran *gain* dapat dilihat dari tabel pada lampiran A. Dari data pengukuran level daya terima, untuk SWR kurang dari 1,5 pada range frekuensi 1114,98 MHz – 2143,95 MHz didapat perolehan *gain*:

Dalam perancangan atau spesifikasi, diharapkan antena memiliki penguatan atau *gain* ≥ 2.14 dBi atau lebih sedangkan dalam pengukuran ini untuk semua frekuensi yang diuji, semuanya memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Adapun *gain* yang terbesar adalah 7.91 dBi pada frekuensi 1800 MHz yaitu mendekati frekuensi tengah spesifikasi. Dan pada Frekuensi 600 MHz dengan *gain* yaitu 5,49 (frekuensi dengan VSWR minimum=1.18).

Pengukuran Pola Radiasi

Pada Antena Dwitunggal dua strip terbentuk pola pancar yang mendekati unidireksional pada bidang azimuth dan elevasi yang sesuai dengan spesifikasi perancangan, walaupun masih terdapat beberapa *side lobe*. Hal itu dapat dilihat pada gambar di Lampiran A. Ciri khusus antena dengan pola pancar unidireksional adalah mempunyai pola radiasi yang terarah. Hasil pengukuran yang masih mengandung beberapa *side lobe*, terjadi akibat pengaruh dari banyaknya pantulan dari benda di sekelilingnya, walaupun pengukuran sudah dilakukan di daerah terbuka. Perubahan suhu udara juga turut mempengaruhi perilaku gelombang yang terpancar, akibatnya pada sisi penerima terjadi variasi medan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan pembuatan bahan dielektrika dan rancang bangun antena Dwitunggal dua strip Eksponensial pada frekuensi terendah 300 MHz 50Ω berterminal SMA maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

- Bahan dielektrika yang dibuat, mendekati hasil perancangan semula bersifat eksponensial, gradual
- Pola radiasi antena Unidireksional
- SWR yang didapat telah sesuai dengan syarat antena berpita lebar/wideband. Dan telah sesuai dengan spesifikasi (≤ 1.5)
- Gain yang didapat untuk setiap frekuensi lebih dari 2,14. Dimana gain terbesar adalah 7.91 pada frekuensi 1800 MHz. Dan gain pada SWR minimum (1.188) pada frekuensi 600 MHz adalah 5.49
- Nilai impedansi terminal antena adalah $49.03-j17.12 \Omega$ atau $(51.93 \angle -19.25) \Omega$ pada frekuensi 1700 MHz

6. DAFTAR PUSTAKA

- Balannis, C.A., "Antenna Theory : Analysis and Design", John Wiley and Sons., 1982
- Krauss, J.D., Marhefka, Ronald J "Antennas for All Applications". Mc-Graw Hill International 3rd edition, 2002
- Perdani, Putri Kusumah. "Rancang Bangun Antena Tricula Strip Tunggal Unidireksional Eksponensial Frekuensi Minimum 800 MHz, $Z_T=50 \text{ ohm SMA}$, Transformator Ferit". Institut Teknologi Bandung. Bandung. 2008
- Pozar, David M. "Microwave Engineering". John Wiley & Sons 3rd edition, 2004.
- Sitepu, Elva Apulina. "Rancang Bangun Antena Dwitunggal Dua Strip Eksponensial Pada Frekuensi Terendah 900 MHz $150 \text{ ohm Berterminal SMA}$ ". Institut Teknologi Bandung. Bandung. 2008
- Soetamso, Drs., "Diktat Kuliah Sistem Antena", STT Telkom. Bandung. 2004

LAMPIRAN



Hasil Pengukuran VSWR dan Bandwidth

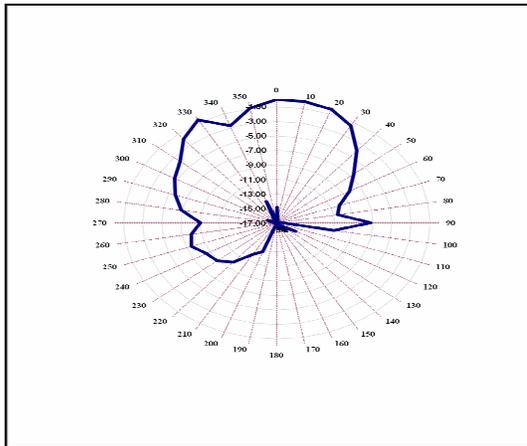


Hasil Pengukuran Impedansi

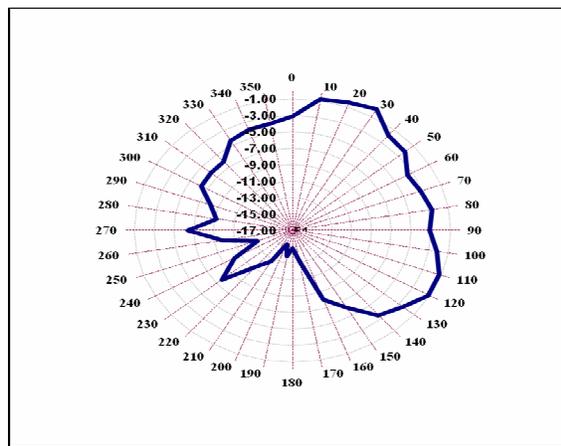
Hasil Pengukuran Pola radiasi antenna

Sudut	Level terima (-dBm)	Level terima (-dBm)	Level terima (dBm)	Level terima (dBm)	Rata-Rata
0	37.17	40	-37.17	-40.00	-38.36
10	38	38.83	-38.00	-38.83	-38.40
20	39.17	38.33	-39.17	-38.33	-38.73
30	39.83	40	-39.83	-40.00	-39.91
40	42.17	42.53	-42.17	-42.53	-42.35
50	44.83	44.87	-44.83	-44.87	-44.85
60	46.17	47	-46.17	-47.00	-46.57
70	48.15	48.67	-48.15	-48.67	-48.40
80	48.83	49	-48.83	-49.00	-48.91
90	46.33	45	-46.33	-45.00	-45.61
100	49	49.67	-49.00	-49.67	-49.32
110	56	56.83	-56.00	-56.83	-56.40
120	53.17	53	-53.17	-53.00	-53.08
130	54	55	-54.00	-55.00	-54.47
140	55	53	-55.00	-53.00	-53.89
150	54	55	-54.00	-55.00	-54.47
160	59	58	-59.00	-58.00	-58.47
170	55	54	-55.00	-54.00	-54.47
180	58	57	-58.00	-57.00	-57.47
190	55.7	54.8	-55.70	-54.80	-55.23
200	51.8	50.5	-51.80	-50.50	-51.10
210	50.9	49.8	-50.90	-49.80	-50.32
220	48.8	47.9	-48.80	-47.90	-48.33
230	49	46	-49.00	-46.00	-47.25
240	47.67	46.17	-47.67	-46.17	-46.86
250	46.4	45.4	-46.40	-45.40	-45.87
260	46.67	46	-46.67	-46.00	-46.32
270	47.17	47.63	-47.17	-47.63	-47.39

280	45.8	44.7	-45.80	-44.70	-45.22
290	44	44.13	-44.00	-44.13	-44.06
300	43.17	43	-43.17	-43.00	-43.08
310	42.6	41.8	-42.60	-41.80	-42.18
320	40.7	39.8	-40.70	-39.80	-40.23
330	39.13	38.8	-39.13	-38.80	-38.96
340	40	42.6	-40.00	-42.60	-41.11
350	39.5	39.13	-39.50	-39.13	-39.31



Hasil Pola radiasi arah Azimuth



Hasil Pola radiasi arah Elevasi