

Studi Awal Fabrikasi dan Karakterisasi *Directional Coupler* Konfigurasi 4×4 Berbahan Serat Optik Plastik *Step Index Multimode* Tipe FD-620-10 Menggunakan Metode *Heating and Pressing*

Elis Nuraini dan Gontjang Prajitno

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: gontjang@physics.its.ac.id

Abstrak—Fabrikasi *directional coupler singlemode* maupun *multimode* berbentuk pandu gelombang slab masih sangat sulit dilakukan dan membutuhkan peralatan yang rumit. Untuk mengatasi kendala tersebut telah dilakukan fabrikasi *directional coupler* dengan metode *Fused Biconical Tapered (FBT)*, yaitu dengan menggabungkan sejumlah serat optik pada panjang kopling tertentu sehingga menjadi *directional coupler* dengan N-port (Sekartedjo dkk, 2007). Metode yang digunakan cukup sederhana yaitu dengan membagi daya (*power divider*) pada *directional coupler*. Akan tetapi, pada metode *Fused Biconical Tapered (FBT)* masih ditemui beberapa kendala yaitu, adanya daya yang bocor melalui celah-celah benang pada saat penggandengan serat optik, sehingga daya yang dihasilkan tidak terbagi secara merata. Oleh karena itu, dalam penelitian ini *directional coupler* difabrikasi menggunakan bahan serat optik plastik (POF) *step index multimode* tipe FD-620-10 dengan metode *Heating and Pressing*. Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 4x4 dari serat optik mode jamak dengan pendekatan metode *heating and pressing* dengan panjang kupasan 35 mm pada suhu 120°C dengan lama pemanasan cetakan *pressing* selama 30 menit. Hasil karakterisasi *directional coupler*, diperoleh nilai *Coupling Ratio (CR)* yang mendekati 0,25 yaitu berkisar antara 0,22-0,27. Sedangkan nilai *excess loss* pada port A1, B1, C1, dan D1 berturut-turut sebesar -4, -5.03, -5.91, dan -5.38.

Kata Kunci—*Directional Coupler, Fused Biconical Tapered, Heating and Pressing, Step Index Multimode.*

I. PENDAHULUAN

SERAT optik merupakan media transmisi atau pandu gelombang cahaya berbentuk silinder yang dikembangkan di akhir tahun 1960-an dalam sistem komunikasi yang semakin lama membutuhkan bandwidth yang besar dengan laju transmisi yang tinggi [1]. Pada umumnya, serat optik terdiri dari tiga bagian yaitu inti (*core*), kulit (*cladding*), dan jaket (*coating*). Berdasarkan struktur dan sifat transmisinya, serat optik dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu serat optik moda tunggal (*singlemode*) dan serat optik moda jamak (*multimode*) [2]. Berdasarkan penjalaran gelombang yang melalui inti, serat optik terbagi menjadi dua macam, yaitu serat optik *step index* dan serat optik *graded index*.

Pada dasarnya cahaya disebarkan melalui *core* dengan cara pemantulan dalam total [3].

Dalam perkembangannya, serat optik tidak hanya berfungsi untuk mentransmisikan informasi tetapi juga berkembang menjadi piranti optik dengan fungsi yang lebih luas. Piranti optik tersebut dapat berbentuk *coupler* dengan berbagai macam variasinya. *Coupler* merupakan piranti optik pasif yang berfungsi sebagai penggabung dua atau lebih panjang gelombang atau sinyal menjadi dua atau lebih. *Directional coupler* termasuk *coupler* yang paling dikembangkan. Terdapat beberapa metode pembuatan *directional coupler* berbahan serat optik plastik, di antaranya metode *fused biconical tapered (FBT)*, yaitu dengan menggabungkan sejumlah serat optik pada panjang kopling tertentu sehingga menjadi *directional coupler* dengan N-port [4]. Akan tetapi, pada metode *Fused Biconical Tapered (FBT)* masih ditemui beberapa kendala yaitu, adanya daya yang bocor melalui celah-celah benang pada saat penggandengan serat optik, sehingga daya yang dihasilkan tidak terbagi secara merata. Oleh karena itu, dalam penelitian ini *directional coupler* difabrikasi menggunakan bahan serat optik plastik (POF) *step index multimode* tipe FD-620-10 dengan metode *Heating and Pressing*[5].

Salah satu peralatan yang merupakan sistem moda terkopel adalah *Directional Coupler*. Divais optik tersebut tersusun atas dua pandu gelombang yang saling berdekatan dalam orde panjang gelombang optik. Divais ini dapat mendistribusikan daya optik ke dua port atau lebih, atau sebaliknya menggumpulkan daya optik ke port tunggal. *Directional coupler* dapat bersifat aktif maupun pasif. Secara sederhana divais *coupler* dapat dibuat dari serat optik *multimode* yaitu dengan cara memadukan atau menggabungkan dua buah serat optik *multimode* dengan panjang interaksi tertentu. Proses pemindahan daya optik di dalam *directional coupler* liner dapat dijelaskan dengan teori moda terkopel dengan didasarkan pada interaksi medan-medan *evanescent* dari masing-masing pandu gelombang. Sedangkan panjang koplingnya ditentukan dari kuat kopling, yaitu kuantitas saling tumpang tindih (*overlapping*) antara medan di pandu gelombang satu dengan medan *evanescent* dari pandu gelombang kedua. Secara kualitatif penjelasan teori moda terkopel ini telah sesuai dengan fakta

ekperimen, namun secara kuantitatif, untuk *directional coupler* yang lebar gapnya relative kecil, panjang kopling dan porsi daya yang dipindahkan masih jauh dari akurat[6].

Parameter-parameter pokok *directional coupler* antara lain:

Coupling ratio (CR), yaitu proporsi daya masukan pada masing-masing keluaran [7].

$$CR = \frac{P_{A2}}{(P_{A2} + P_{B2} + P_{C2})} \quad (1)$$

Excess loss (L_e), yaitu rugi daya total [7].

$$L_e = 10 \log \left(\frac{\sum P_i}{P_{A1}} \right) \text{ dB} = 10 \log \left(\frac{P_{A2} + P_{B2} + P_{C2}}{P_{A1}} \right) \text{ dB} \quad (2)$$

II. METODOLOGI

A. Tahap Fabrikasi

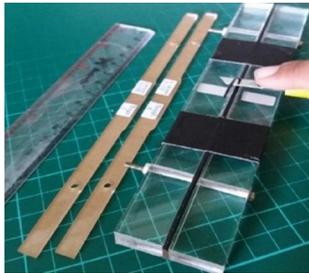
Prosedur fabrikasi *directional coupler* mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

1) Pemotongan serat optik

Serat optik dipotong menggunakan alat pemotong sepanjang 20 cm sebanyak empat buah. Untuk memudahkan identifikasi, ketiga serat optik diberi label A, B, C, dan D.

2) Pengupasan coating dan cladding

Dengan bantuan alat pengupas, serat optik yang akan dikupas ditempatkan di tengah-tengah bagian alat tersebut pada keadaan lurus dan sejajar, kemudian ditempelkan selotip pada kedua ujung agar tidak geser. Selanjutnya serat optik dikupas dengan panjang kupasan 35 mm menggunakan *cutter*.



Gambar 2. Proses Pengupasan Coating

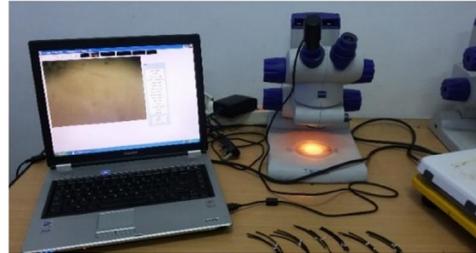
Kemudian, serat optik diletakkan pada sebuah cawan yang terisi acetone. Bagian serat optik yang terendam acetone haruslah bagian yang sudah dipotong dan dikupas. Proses perendaman dilakukan kurang lebih selama 15 menit, hingga bagian *cladding* terkelupas. Hal ini dilakukan agar seluruh serat optik yang dipoles mempunyai permukaan yang rata dan ketebalan yang sama. Hasil dari kupasan dan pemolesan tidak dapat dilihat dengan jelas oleh mata manusia, sehingga perlu dilakukan pengamatan khusus dengan menggunakan perbesaran tertentu sehingga diperoleh hasil yang lebih jelas mengenai permukaan kupasan dan pemolesan yang telah dilakukan.



Gambar 3. Proses Pemolesan

3) Uji kerataan

Serat optik yang telah dikupas dan dipoles diuji kerataannya untuk mengetahui hasil dari pengupasan dan pemolesan yang telah dilakukan. Uji kerataan dilakukan dengan cara melihat bagian kupasan serat optik pada setiap *port* dan seluruh variasi panjang kupasan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Stereo Microscope #3 – Carl Zeiss Stemi DV4*.



Gambar 4. Proses Uji Kerataan

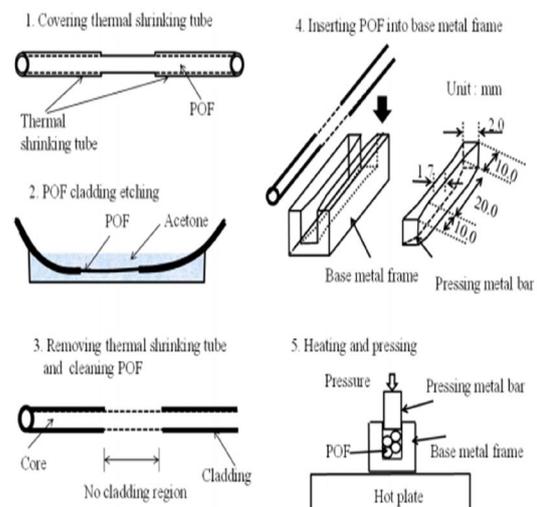
Agar dapat diketahui bagian yang belum terkupas secara sempurna, maka dilakukan penyinaran pada serat optik menggunakan laser. Pada Gambar 5, bagian yang masih terlihat gelap menandakan bahwa sinar laser belum terhambur keluar. Oleh sebab itu, pada bagian tersebut dilakukan pemolesan ulang.



Gambar 5. Panjang Kupasan 45 mm Port A

4) Tahap Penggandengan

Tahap ini merupakan tahapan terakhir pembuatan *directional coupler*. Penggandengan dilakukan dengan cara menggandeng keempat serat optik pada bagian yang telah dipoles dengan metode *heating and pressing*.

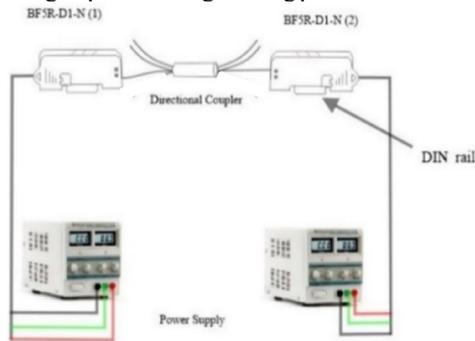


Gambar 6. Tahap Penggandengan *Directional Coupler*

B. Tahap Karakterisasi

Karakterisasi *directional coupler* hasil fabrikasi menggunakan BF5R-D1-N. Karakterisasi ini bertujuan untuk memperoleh nilai *coupling ratio (CR)* dan *excess*

loss (Le). Sensor ini merupakan sensor khusus untuk menganalisis daya keluaran yang diterima oleh serat optik. Pengukuran dilakukan sebanyak 20 kali pengulangan pada masing-masing *port*.



Gambar 7. Set Up Alat pada Proses Karakterisasi *Directional Coupler*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

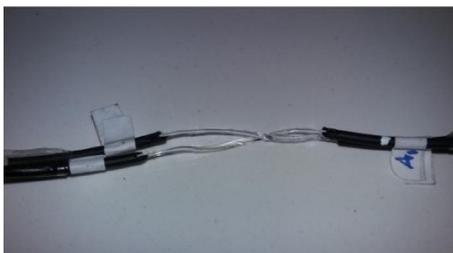
A. Hasil Fabrikasi

Metode *heating and pressing* sangat dipengaruhi oleh suhu dan lama pemanasan cetakan *pressing*. Sebelum dilakukan *pressing* cetakan *pressing* terlebih dahulu dipanaskan dengan menggunakan *hotplate*. Pada waktu dilakukan pemanasan cetakan *pressing* pada suhu 120°C dan lama pemanasan kurang lebih 15 menit. Setelah itu serat optik dimasukkan ke dalam cetakan *pressing*, kemudian ditekan dengan menggunakan logam penekan selama 5 menit. Hasilnya, fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 2x2 tidak berhasil dilakukan, dua buah serat optik tidak tergan-deng, yang ditunjukkan pada gambar 4.2



Gambar 8. Fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 2x2 pada suhu 120°C dan lama pemanasan 15 menit

Selanjutnya, dengan suhu dan lama pemanasan cetakan *pressing* yang sama yaitu pada suhu pada suhu 120°C dan lama pemanasan kurang lebih 15 menit. Dilakukan fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 2x2, akan tetapi dua buah serat optik dike-pang, diharapkan bisa tergan-deng pada saat dilakukan proses penggan-dengan. Akan tetapi, fabrikasi yang dilakukan juga tidak berhasil. Dua buah serat optik tidak tergan-deng, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.9.



Gambar 9. Fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 2x2 pada suhu 120°C dan lama pemanasan 15 menit dengan serat optik dike-pang

Apabila dilakukan pemanasan cetakan *pressing* pada suhu 150°C dan lama pemanasan kurang lebih 15 menit. Kemudian serat optik dimasukkan ke dalam cetakan *pressing* dan ditekan dengan menggunakan logam penekan selama 5 menit. Maka hasilnya, serat optik dapat tergan-deng, akan tetapi serat optik tersebut melengkung dan menyusut, seperti pada gambar 10



Gambar 10. Fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 2x2 pada suhu 150°C dan lama pemanasan 15 menit dengan serat optik dike-pang



Gambar 11. Fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 4x4 pada suhu 130°C dan lama pemanasan 15 menit

Pada gambar 11 dilakukan fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 4x4 pada suhu 130°C dengan lama pemanasan cetakan *pressing* selama 15 menit. Hasil fabrikasi tersebut menghasilkan *directional coupler* yang semula konfigurasi 4x4 menjadi *directional coupler* 2x2 dan nyala tiap *port* saat disinari dengan laser dioda sangat redup bahkan ada salah satu *port* yang tidak menyala sama sekali yang ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 12. Nyala tiap *port* redup saat disinari laser dioda

Fabrikasi *directional coupler* terus dilakukan hingga diperoleh fabrikasi yang diinginkan, yaitu *directional coupler* dapat tergan-deng dan nilai intensitas pada tiap *port* diharapkan tinggi. Oleh karena itu dilakukan fabrikasi pada suhu 120°C dengan lama pemanasan cetakan *pressing* 60 menit dan kestabilan suhu pada cetakan *pressing* dijaga. Hasilnya, serat optik tergan-deng,

akan tetapi intensitas cahayanya kecil walaupun sudah dapat membagi daya saat disinari laser dioda, yang ditunjukkan pada gambar 4.7. Karena *directional coupler* yang sudah terganggu sebagian terkikis seperti pada gambar 4.11. Selain itu hasil fabrikasi yang lain dengan perlakuan yang sama menghasilkan *directional coupler* yang meleleh dan putus menjadi dua bagian yang terlihat pada gambar 4.12.



Gambar 13. *Directional coupler* terganggu dan terkikis



Gambar 14. *Directional coupler* meleleh dan putus

Dari sekian banyak fabrikasi yang telah dilakukan, didapatkanlah fabrikasi *directional coupler* sesuai dengan yang diharapkan pada penelitian ini. Fabrikasi dilakukan pada suhu 120^oc dengan lama pemanasan cetakan *pressing* selama 30 menit dan kestabilan suhu dijaga. Hasilnya, serat optik terganggu yang ditunjukkan pada gambar 13. Nyala tiap *port* saat disinari laser dioda sangat terang seperti pada gambar 14. Serta nilai intensitas cahaya pada tiap-tiap *port* tinggi yang diukur dengan menggunakan sensor BF5R. Oleh karena itu, dapat dilakukan karakterisasi *directional coupler*.



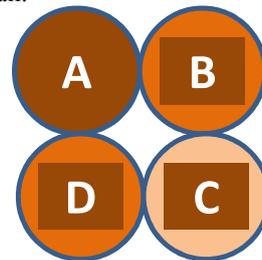
Gambar 15. Fabrikasi *directional coupler* yang berhasil dilakukan



Gambar 16. Nyala tiap *port* terang saat disinari laser diode

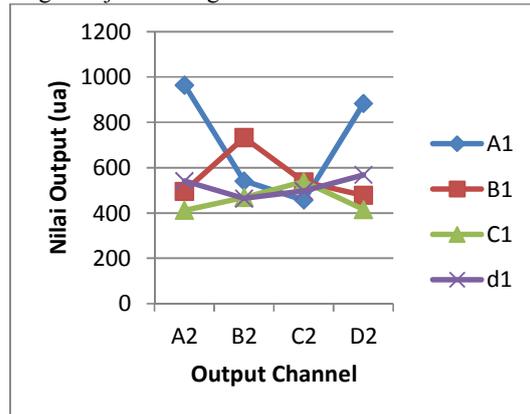
B. Hasil Karakterisasi

Pada proses karakterisasi menggunakan BF5R-D1-N ini, digunakan BF5R-D1-N (1) sebagai *input* dan BF5R-D1-N (2) sebagai *output*. Sinyal input dari BF5R-D1-N diberikan pada port A1, B1, C1, dan D1 secara bergantian, sementara sinyal *output* pada port A2, B2, C2, dan D2 dikarakterisasi oleh BF5R-D1-N (2). Selama proses karakterisasi *display* sensor BF5R-D1-N (2) menampilkan nilai intensitas cahaya yang diterima pada *output* tiap *port*, data nilai intensitas cahaya tersebut disajikan pada lampiran A dengan pengambilan data sebanyak 20 kali.



Gambar 16. Susunan *port* pada *directional coupler*

Dari hasil karakterisasi *directional coupler* susunan persegi disajikan sebagai berikut :



Gambar 17. Grafik nilai intensitas cahaya pada tiap *output port*

Berdasarkan persamaan (2.27), (2.28) dan (2.29) dapat diketahui nilai parameter *directional coupler* yaitu *coupling ratio* (CR), *excess loss* (Le), *insertion loss* (Lins). Dengan demikian dilakukan perhitungan yang hasilnya ditampilkan pada tabel 4.3 sebagai berikut

Tabel 1.

Karakterisasi *directional coupler* dengan panjang kupasan 35 mm

Input Channel	CR	Lins	Le
A1	0.34	-8.7	-4
	0.19	-11.21	
	0.16	-11.94	
	0.31	-9.08	

B1	0.22	-11.58	-5.03
	0.33	-9.89	
	0.24	-11.24	
	0.21	-11.75	
C1	0.22	-12.4	-5.91
	0.26	-11.83	
	0.29	-11.23	
	0.23	-12.36	
D1	0.26	-11.21	-5.38
	0.22	-11.88	
	0.24	-11.57	
	0.27	-11	

C. Pembahasan

Dari hasil karakterisasi, intensitas cahaya yang melewati setiap port memiliki nilai yang berbeda. Hal ini dikarenakan beberapa faktor yaitu susunan persegi *directional coupler*. Intensitas cahaya dari serat optik *input* yang melewati tepi serat optik akan menjalar atau pindah ke serat optik di samping dan dibawahnya sehingga intensitas antara ketiganya tidak jauh berbeda namun, untuk serat optik yang terletak diagonal dengan serat optik *input* hanya menerima intensitas dari serat optik yang menerima intensitas cahaya dari serat optik *input*. Sedangkan intensitas cahaya dari serat optik *input* hanya sedikit saja yang sampai pada serat optik yang terletak diagonal dengannya. Terbukti dari data yang didapat pada gambar 4.16 bahwa nilai intensitas output dari serat optik yang terletak diagonal dari serat optik *input* selalu memiliki nilai intensitas cahaya paling kecil.

Faktor lainnya yaitu ketebalan serat optik, yang sangat berpengaruh pada *directional coupler* susunan persegi. Karena semua sisi serat optik dikupas dan hanya tersisa bagian *core*. Selain itu, ada faktor panas. Pada waktu melakukan pengganggangan serat optik sedikit mengalami pelengkungan dan penyusutan, sehingga saat dilakukan *pressing* ada bagian *core* yang sedikit tidak rata.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa telah dilakukan fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 4x4 dari serat optik mode jamak dengan pendekatan metode *heating and pressing* dengan panjang kupasan 35 mm pada suhu 120⁰c dengan lama pemanasan cetakan *pressing* selama 30 menit. Serta, telah dilakukan karakterisasi *directional coupler*, sehingga diperoleh nilai *coupling ratio* (CR) yang mendekati 0,25 yaitu berkisar antara 0,22-0,27. Sedangkan nilai excess loss pada port A1, B1, C1, dan D1 berturut-turut sebesar -4, -5.03, -5.91, dan -5.38.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan finansial melalui Beasiswa Bidikmisi tahun 2012-2017.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Samian, dkk. 2008. "Fabrikasi *Directional Coupler* Serat Optik *Multimode*". Jurnal Fisika dan Aplikasinya, Vol. 4 No. 2 Surabaya.
- [2] Keiser, Gerd. 1991. *Optical Fiber Communications 2nd Edition*. New York: McGraw-Hill.
- [3] Leno dan Frank. 1993. *Introduction to Optics 2nd Edition*. United States America: Prentice-Hall.
- [4] Sekartedjo, dkk. 2007. *Study of Switching Characteristics in Directional Coupler*. International Symposium of Modern Optics and Its Applications (ISMOA), Department of Physics ITB August 6-10 2007, Bandung.
- [5] Kim, Kwang Taek, dkk.2013. *Fabrication and Characterization of N×N Plastic Optical Fiber Star Coupler based on Fused Combining*. Korean Journal of Optics and Photonics, Vol.24 No.1 Daegu, Korea.
- [6] Rubiyanto, A., Rohedi, A.Y., 2003, *Optika Terpadu*, Buku ajar Jurusan Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [7] Crisp, J. 2001. *Introduction to Fiber Optics 2nd Edition*. Oxford: Jordan Hill.