

Fabrikasi Dan Karakterisasi *Directional Coupler* Sebagai Devais Pembagi Daya

Supadi*

Jurusan Fisika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111 dan
Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Airlangga, Kampus C Mulyosari, Surabaya

Yono Hadi Pramono dan Gatut Yudoyono

Jurusan Fisika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Intisari

Telah difabrikasi *directional coupler* yang berfungsi sebagai pembagi daya (*power divider*) dengan pendekatan metode *Fused Biconical Tapered* (FBT) dengan memanfaatkan serat optik step-index multimode tipe FD-320-05, buatan *Autonics*, Korea. Struktur ini mempunyai dimensi diameter teras (core) 200 μm , tebal selubung (*cladding*) 150 μm dan lebar gap antar teras serat optik sebesar 100 μm . Indeks bias teras dan selubung masing-masing sebesar 1,49, dan 1,41. Hasil perhitungan karakterisasi *directional coupler* diperoleh nilai *coupling ratio* (CR) sebesar 0,31 pada panjang interaksi kopling antar serat optik 25 mm. Hasil ini sesuai dengan standarisasi karakteristik *directional coupler* hasil fabrikasi industri, dengan demikian devais ini dapat digunakan sebagai komponen pembagi daya (*power divider*). Hasil ekstrapolasi data melalui grafik menunjukkan bahwa devais ini dapat ditingkatkan fungsinya sebagai pemecah berkas (*splitter*) dengan panjang interaksi kopling sekitar 27 mm.

KATA KUNCI: *directional coupler*, pembagi daya (*power divider*), *splitter*, serat optik *step-index multimode*

I. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan dan perubahan teknologi informasi dan komunikasi telah memainkan peranan vital dalam perekonomian global, sehingga mempengaruhi gaya hidup manusia. Ketersediaan perangkat-perangkat komunikasi, seperti telepon, cel-phone, fax dan internet, sangat memudahkan urusan manusia mengirimkan informasi dalam format suara, data, gambar, maupun film dalam *real-time*. Namun disadari atau tidak bahwa teknologi yang telah menyatu dengan aktivitas dan gaya hidup manusia sekarang ini adalah tidak lepas dari jerih payah perjalanan penelitian para fisikawan sebelumnya [1].

Tuntutan tingginya laju pengiriman data dalam komunikasi akan terkendala apabila digunakan saluran transmisi kabel tembaga. Sebagai contoh, jaringan telepon yang menggunakan kabel tembaga hanya mampu digunakan untuk transmisi data dengan laju pengiriman 1200 kilobit/sekon, karena lebar pita jaringan telepon terbatas antara 300 Hz sampai dengan 3.400 atau sekitar 3,1 kHz [2].

Perkembangan teknologi komunikasi membe-rikan tantangan bagi peningkatan kapasitas dan kecepatan sistem komunikasi serta proses pengelolaannya. Kendala keterbatasan lebar pita untuk sistem transmisi data dewasa ini tidak lagi menjadi masalah, karena telah diproduksi komponen pandu gelombang optis yang berupa serat optis yang mampu men-transmisikan data dengan laju 10 gigabit/sekon. Setelah

ditemukan-nya serat optik sebagai media transmisi gelombang optik, maka teknik komunikasi pun semakin berkembang. Sistem Komunikasi Serat Optis (SKSO) telah mengalami kemajuan yang pesat seiring dengan kemajuan bidang optoelektronika.

Transmisi sinyal melalui serat optis memiliki keunggulan bila dibandingkan dengan sistem transmisi gelombang listrik maupun gelombang mikro, antara lain ukurannya sangat kecil dan ringan sehingga mudah dalam penanganan dan instalasinya. Isyarat gelombang optik yang digunakan sebagai gelombang pembawa (*carrier wave*) tidak mudah terpengaruh oleh derau listrik maupun medan magnetis. Selain itu lebar pita atau kapasitas transmisi yang besar sehingga dapat men-transmisikan informasi dalam jumlah yang besar dan cepat [3].

Jalur transmisi data menggunakan serat optik yang memiliki lebar pita sangat besar tidak akan ada artinya jika tidak diikuti penemuan - penemuan divais optik yang memadai. Salah satu divais optik yang dikembangkan saat ini adalah *directional coupler* yang dapat berfungsi sebagai komponen *optical switching*, *multiplexing*, *demultiplexing*, pemecah berkas (*splitter*) dan pembagi daya atau *power divider* [4].

Kajian teoritis dan eksperimen tentang pengembangan dan perancangan *directional coupler* yang berfungsi sebagai devais *multiplexing* telah banyak digali oleh peneliti-peneliti terdahulu diantaranya adalah perancangan dan pembuatan coupler dengan menggunakan substrat LiNbO₃, gelas dan semikonduktor [5], kemudian dilanjutkan secara eksperimen dengan menggunakan metode *annealed proton exchange* (APE) pada substrat LiNbO₃ [6]. Selanjutnya pengembangan dan penelitian *directional coupler* sebagai devais *switching* optik dengan berdasar pada *crystal photonic* [7].

*E-MAIL: die.tal@yahoo.com

Penelitian, pengembangan dan fabrikasi *directional coupler* pada paparan di atas tentu saja membutuhkan peralatan laboratorium pendukung fabrikasi maupun peralatan karakterisasi devais *coupler* yang memadai serta membutuhkan investasi sangat besar. Hal ini menjadi kendala serius bagi pengembangan dan fabrikasi *directional coupler* atau devais optik lain, karena adanya keterbatasan peralatan yang memadai di laboratorium riset di Indonesia, khususnya sarana dan prasarana laboratorium di Perguruan Tinggi Indonesia. Berdasarkan fakta inilah, maka pada penelitian ini penulis memandang perlu mencari alternatif lain yang lebih sederhana untuk merealisasikan *directional coupler* berbasis pada pendekatan metode *Fused Biconical Tapered* (FBT) dengan memanfaatkan serat optik multimode step - indeks tipe FD-320-05, buatan Autonics, Korea.

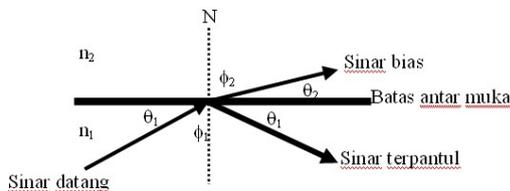
II. LANDASAN TEORI

Serat optik merupakan media transmisi gelombang optik yang cukup handal dalam dunia komunikasi, karena serat optik memiliki lebar pita (*bandwidth*) yang sangat lebar, sehingga sangat cocok sebagai media penyaluran informasi berkapasitas besar. Proses pemanduan cahaya sebagai gelombang pembawa informasi di dalam serat optik didasarkan pada hukum Snellius tentang pemantulan dan pembiasan [8].

A. Pantulan Internal Total

Perambatan cahaya di dalam serat optik terkait dengan indeks bias medium dielektrik. Berkas cahaya merambat lebih lambat di dalam medium optik yang rapat daripada di dalam medium yang kurang rapat [3]. Bila sinar datang pada antar muka antara dua dielektrik yang berindeks bias berbeda, misal kaca- udara, maka terjadi pembiasan seperti pada Gambar 1.

Sinar yang datang pada antar muka, merambat pada dielektrik dengan indeks bias n_1 pada sudut ϕ_1 terhadap normal pada permukaan antar muka. Bila medium dielektrik sisi lain dari antar muka mempunyai indeks bias n_2 dengan nilai lebih rendah daripada n_1 maka sinar akan dibiaskan dengan sudut 2 yang lebih besar daripada 1. Hubungan antara sudut datang 1 dan sudut bias 2 terhadap indeks bias dielektrik dinyatakan oleh hukum Snell



Gambar 1: Refleksi dan refraksi berkas cahaya pada bidang batas dua medium

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \tag{1}$$

persamaan di atas ekuivalent dengan persamaan

$$n_1 \cos \theta_1 = n_2 \cos \theta_2 \tag{2}$$

Bila $n_1 > n_2$, maka sudut bias selalu lebih besar dari pada sudut datang. Bila sudut bias 90° maka sudut datang harus lebih kecil daripada 90° . Hal ini adalah kasus batas pembiasan dan sudut datang disebut sudut kritis ϕ_c [9]. Dengan demikian Pers.(1) dapat direduksi menjadi

$$\phi_c = \sin^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \tag{3}$$

Bila sudut datang lebih besar daripada sudut kritis maka berkas cahaya dipantulkan kembali ke medium dielektrik asal, hal ini disebut dengan pantulan internal total.

B. Sudut Penerimaan dan Tingkap Numerik

Transmisi cahaya ke dalam serat optik terlihat pada Gambar 2. yang menunjukkan suatu sinar meridional dengan sudut kritis ϕ_c pada antar muka core - cladding di dalam serat.

Dengan menggunakan hukum Snell, maka diperoleh relasi berikut.

$$n_o \sin \theta_a = n_1 \sin \theta \tag{4}$$

karena $\theta = \frac{\pi}{2} - \theta_c$, maka Pers.(4) menjadi

$$n_o \sin \theta_a = n_1 \sin \theta_c \tag{5}$$

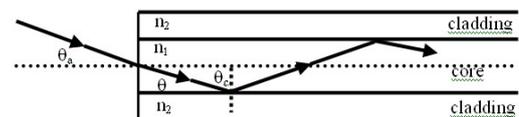
dengan menggunakan relasi trigonometri $\sin^2 \theta_c + \cos^2 \theta_c = 1$, maka Pers.(5) dapat dinyatakan dalam bentuk

$$n_o \sin \theta_a = n_1 \sqrt{1 - \sin^2 \theta_c} \tag{6}$$

substitusi Pers.(3) ke dalam Pers.(6) diperoleh

$$n_o \sin \theta_a = n_1 \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}} \tag{7}$$

$$n_o \sin \theta_a = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$



Gambar 2: Sudut penerimaan θ_a pada saat mentransmisikan cahaya ke serat optik

Hubungan antara sudut penerimaan dan indeks bias ketiga media (core, cladding, udara) dinyatakan dengan tingkap numerik / *Numerical Aperture* [10].

$$NA = n_o \sin \theta_a = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (8)$$

C. Persamaan Gelombang

Suatu hubungan yang melukiskan gejala gelombang dari medan elektromagnetik dapat diperoleh dari persamaan Maxwell, yaitu

$$\nabla^2 \vec{E} = \mu \epsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad (9)$$

dan

$$\nabla^2 \vec{H} = \mu \epsilon \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} \quad (10)$$

selanjutnya Pers.(9) dan Pers.(10) disebut persamaan gelombang [11].

Bahan penyusun pandu gelombang optik umumnya berupa bahan dielektrik yang bersifat nonmagnetik, sehingga permeabilitasnya sama dengan permeabilitas ruang hampa, yaitu $\mu = \mu_o$. Dengan memanfaatkan hubungan permitivitas listrik $\epsilon = \epsilon_o n^2$, maka Pers.(9) dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut.

$$\nabla^2 \vec{E} = \mu_o \epsilon_o n^2 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad (11)$$

karena kecepatan rambat cahaya dalam bahan dinyatakan sebagai $v = \frac{c}{n}$, dengan $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_o \epsilon_o}}$, maka persamaan di atas diperoleh

$$\nabla^2 \vec{E} = \frac{n^2}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad (12)$$

Mengingat medan listrik dan polarisasi listrik terinduksinya beresilasi dengan frekuensi sudut ω , maka dapat dinyatakan dengan $e^{-i\omega t}$, maka Pers.(12) dapat dinyatakan

$$\begin{aligned} \nabla^2 \vec{E} &= -n^2 \left(\frac{\omega}{c}\right)^2 \vec{E} \\ \nabla^2 \vec{E} + n^2 k_o^2 \vec{E} &= 0 \end{aligned} \quad (13)$$

dengan $k_o = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda}$ merupakan bilangan gelombang. Selanjutnya Pers.(14) disebut dengan *Persamaan Helmholtz* yang menyatakan perambatan gelombang elektromagnetik [12].

Penyelesaian Pers.(14) dapat diselesaikan dengan menyatakan operator ∇^2 dalam koordinat silinder. Jika gelombang

elektromagnetik merambat dengan arah sumbu z, maka akan menghasilkan gelombang harmonik, yaitu :

$$\vec{E} = \vec{E}_o(r, \phi) e^{j(\omega t - \beta z)} \quad (14)$$

$$\vec{B} = \vec{B}_o(r, \phi) e^{j(\omega t - \beta z)} \quad (15)$$

dengan β adalah tetapan propagasi efektif sepanjang arah sumbu z yang ditentukan dengan menggunakan syarat batas medan elektromagnetik pada perbatasan *core - cladding* serat optik [10].

Dalam koordinat silinder, ekspresi persamaan Helmholtz dinyatakan dalam bentuk

$$\frac{\partial^2 E_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial E_z}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 E_z}{\partial \phi^2} + q^2 E_z = 0 \quad (16)$$

$$\frac{\partial^2 H_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial H_z}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 H_z}{\partial \phi^2} + q^2 H_z = 0 \quad (17)$$

dengan $q^2 = \omega^2 \epsilon \mu - \beta^2 = k^2 - \beta^2$. Pers.(17) dapat diselesaikan dengan menggunakan metode separasi variable dengan mengasumsikan penyelesaian umum untuk E_z , yaitu

$$E_z = AF_1(r)F_2(\phi)F_3(z)F_4(t) \quad (18)$$

Seperti telah diasumsikan di atas, gelombang bergantung pada t dan z, maka dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan

$$F_3(z)F_4(t) = e^{j(\omega t - \beta z)} \quad (19)$$

merupakan gelombang sinusoidal terhadap waktu dan merambat dalam arah z.

Oleh karena pandu gelombang simetri lingkaran, maka masing - masing komponen medan tidak berubah ketika koordinat ϕ berubah sebesar 2ϕ , maka kita mengasumsikan suatu fungsi periodik dalam bentuk

$$F_2(\phi) = e^{j(\nu \phi)} \quad (20)$$

Dengan ν konstanta bilangan bulat yang dapat bernilai positif atau negatif, karena medan harus periodik dalam ϕ dengan periode sebesar 2ϕ . Substitusi Pers.(20) ke Pers.(18), maka persamaan gelombang untuk E_z adalah

$$\frac{\partial^2 F_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial F_1}{\partial r} + \left(q^2 - \frac{\nu^2}{r^2}\right) F_1 = 0 \quad (21)$$

Pers.(21) disebut dengan persamaan differential *Fungsi Bessel* [10].

D. Persamaan Moda Terkoppel

Pola medan listrik dan atau pola medan magnet dari beragam moda-moda normal yang terpandu dalam suatu pandu

gelombang optik sangat bergantung pada struktur pandu gelombang berikut syarat batasnya. Oleh karena antar moda - moda normal saling orthogonal, maka setiap moda gelombang merambat saling bebas tanpa kopling dan mentransfer daya optik dengan tidak dipengaruhi oleh perambatan gelombang yang lain. Serat optik sepanjang z bersifat nonuniform, oleh karena itu moda-moda merambat secara saling bebas pada fiber *unperturbed*. Meskipun demikian, medan di posisi z pada fiber *perturbed* dapat dideskripsikan oleh superposisi medan secara lengkap dari gabungan dan moda - moda radiasi fiber *unperturbed*. Distribusi medan sepanjang serat optik dapat dijelaskan dengan menggunakan persamaan teori moda terkopel (*couple mode equations*) yang dapat menentukan amplitudo setiap moda [13]. Jika serat optik *unperturbed* mempunyai profil indeks bias $\bar{n}(x,y,z)$ dan serat optik *perturbed* sepanjang sumbu-z *nonuniform* memiliki indeks bias $n(x,y,z)$ dan keduanya merupakan pemandu "weakly", dan dengan asumsi $\bar{n} \cong n \cong n_{cl}$ di setiap titik. Oleh karena itu efek polarisasi dapat diabaikan, selanjutnya dengan menyelesaikan persamaan gelombang skalar untuk medan listrik terpolarisasi - x dinyatakan dalam persamaan

$$E_x(x, y, z) = \sum_{j=1}^M \{b_j(z) + b_{-j}\} \psi_j(x, y) \quad (22)$$

dengan $b_j(z)$ dan $b_{-j}(z)$ berturut-turut adalah amplitudo dan fase yang tergantung pada medan propagasi skalar *forward* - *backward* dan M adalah jumlah medan propagasi *forward*. Penyelesaian persamaan gelombang skalar $\psi_j(x, y)$ adalah

$$\{\nabla_t^2 + k^2 \bar{n}^2(x, y) - \beta_j^2\} \psi_j = 0 \quad (23)$$

Konstanta propagasi skalar β_j , dapat diperoleh dari persamaan nilai diri. Persamaan moda terkopel dipenuhi oleh medan amplitudo yang dapat diturunkan secara langsung dari persamaan gelombang skalar untuk serat optik *perturbed*, sehingga diperoleh persamaan

$$\frac{db_j}{dz} - i\beta_j b_j = i \sum_{l=1}^M D_{jl} \{b_l + b_{-l}\} \quad (24)$$

untuk moda propagasi *forward* ke-j, dan

$$\frac{db_{-j}}{dz} + i\beta_j b_{-j} = -i \sum_{l=1}^M D_{jl} \{b_l + b_{-l}\} \quad (25)$$

untuk moda propagasi *backward* ke-j.

Dengan D_{-jl} adalah koefisien kopling bergantung pada - z yang didefinisikan sebagai batas pemandu lemah (*weak guidance limit*).

E. Directional Coupler

Coupler adalah komponen optik yang dapat berfungsi sebagai pemecah berkas cahaya (*splitter*), *optical switching*, devais WDM dan pembagi daya (*power divider*). Secara sederhana devais coupler dapat buat dari serat optik multimode

yaitu dengan cara memadukan atau menggabungkan dua buah serat optik *multimode* dengan panjang interaksi tertentu dengan teknik FBT (*Fused Biconical Taper*).

Parameter-parameter pokok dalam devais coupler optik dapat dijelaskan sebagai berikut. Dari gambar di atas tampak bahwa berkas cahaya masuk melalui port-1 atau port-2 akan menghasilkan keluaran pada port 3 dan port 4. Daya optik P1 yang disalurkan melalui port 1 mengalami penyebaran dan distribusi moda-moda terpandu menyesuaikan struktur pandu. Ketika moda terpandu mencapai daerah *tapered*, moda terpandu mengalami pengurangan tingkat numerik efektif. Akibatnya, sebagian moda-moda orde tinggi tidak terpandu dalam inti (*core*) tetapi terhambur mencapai *cladding* dengan distribusi secara spatial dan bergabung secara uniform [9]. Hal ini terjadi karena daya dari salur masukan coupler serat optik akan terdistribusi di antara saluran keluaran akibat rugi sisipan (*insertion loss*), L_{ins} , yang dinyatakan sebagai

$$L_{ins} = -10 \log \frac{P_j}{P_i} \quad (26)$$

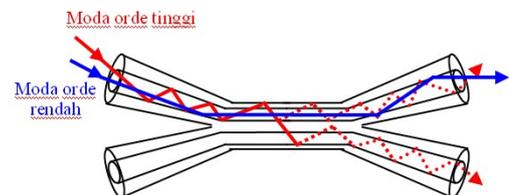
dengan P_i adalah daya masukan dalam salur ke-i dan P_j adalah daya yang mengalir melalui salur keluaran ke-j. Dalam hal ini, maka P_j akan selalu lebih kecil dari P_i yang disebabkan oleh dua hal. Pertama disebabkan oleh pemisahan input daya (*splitting*) menjadi 2 keluaran melalui port-3 dan port-4, dan kedua disebabkan loss daya pada devais itu sendiri [14]. Rugi daya total disebut dengan *excess loss* (L_e) atau dengan istilah lain *output ratio* yang dinyatakan dengan persamaan

$$L_e = -10 \log \left(\frac{\sum P_j}{P_i} \right) \quad (27)$$

Direktivitas (*directivity*) dari coupler optik diukur antar port-port masukan, sebagai contoh dalam coupler pada Gambar 3., jika daya disalurkan melalui port-1 adalah P_i dan daya yang tersalur pada port-2 adalah R_k , maka *directivity* dinyatakan dengan persamaan

$$D = -10 \log \frac{R_k}{P_i} \quad (28)$$

dengan R_k adalah daya terukur pada port-2 [9].



Gambar 3: Mekanisme perambatan berkas cahaya dalam coupler multimode

TABEL I: Data hasil karakterisasi *directional coupler*

Daya Laser He-Ne	Panjang interaksi coupling (mm)	Input(Volt)		Output(Volt)	
		Port-1	Direct	Port-3	port-4
10 mW	7	9,26	0,0020	9,08	0,112
	10	9,26	0,00245	7,18	1,61
	13	9,26	0,0030	5,40	2,70
	16	9,26	0,00243	5,20	2,60
	19	9,26	0,0040	5,35	1,52
	22	9,26	0,0035	5,45	1,95
	25	9,26	0,0020	4,57	2,05

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu hasil fabrikasi coupler struktur simetri 2 x 2 dengan memanfaatkan serat optik *multimode* terlihat pada Gambar 4.

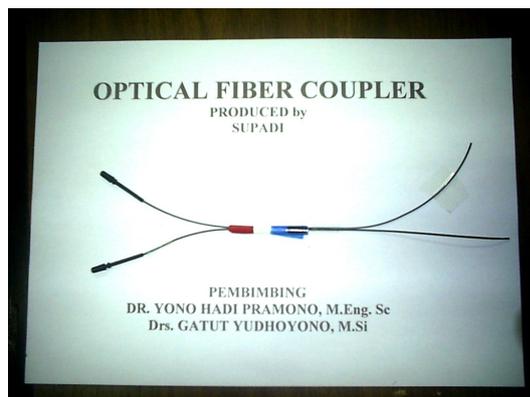
Hasil karakterisasi *directional coupler* struktur simetri 2x2 dengan menyalurkan berkas laser He-Ne, Uniphase Laser Klasse 2 DIN 58126 : 10 mW, dengan panjang gelombang sebesar 632,8 nm melalui port-1 dan keluarannya ditangkap *beam receiver* dan pengukurannya menggunakan multimeter digital melalui port-3 dan port-4 serta port-2 (*directivity*) diperoleh data rata - rata sebagai berikut.

Untuk mempermudah perhitungan data hasil fabrikasi, maka dilakukan konversi keluaran keluaran laser He - Ne sebagai berikut. Intensitas keluaran laser He-Ne yang ditangkap *beam receiver* dan diukur dengan multimeter digital diperoleh keluaran laser sebesar 9,45 V, maka kalibrasi keluarannya adalah

$$1V = \frac{1}{9,45} \times 10mW = 1,06mW$$

Dengan menggunakan relasi konversi di atas, maka data hasil pengukuran pada Tabel 1 dapat dinyatakan sebagai berikut.

Dari Tabel 2 dan menggunakan Per.(26), Pers.(27) dan Pers.(28), maka parameter - parameter fundamental dalam coupler struktur simetri 2x2 hasil fabrikasi meliputi *split ra-*



Gambar 4: Hasil fabrikasi *Directional Coupler Multimode Fiber* struktur simetri 2x2

TABEL II: Konversi data hasil karakterisasi *directional coupler*

Panjang interaksi coupling(mm)	Input(mW)		Output(mW)	
	Port-1	Direct	Port-3	port-4
7	9,8156	0,00212	9,6248	0,11872
10	9,8156	0,002597	7,61	1,71
13	9,8156	0,00318	5,724	2,862
16	9,8156	0,002576	5,512	2,756
19	9,8156	0,00424	5,671	1,6112
22	9,8156	0,00371	5,777	2,067
25	9,8156	0,00212	4,8442	2,173

TABEL III: Karakteristik *Directional Coupler* hasil fabrikasi

Panjang interaksi coupling(mm)	Coupling Ratio/CR	Insertion Loss (dB)	Excess Loss (dB)	Directivity(dB)
7	0,012	19,17	0,03	-36,67
10	0,183	7,59	0,22	-35,77
13	0,330	5,35	0,58	-34,90
16	0,330	5,52	0,74	-35,81
19	0,220	7,85	1,30	-33,65
22	0,264	6,77	0,97	-34,23
25	0,310	6,55	1,46	-36,67

tio (coupling ratio), insertion loss, excess loss dan directivity, maka diperoleh hasil seperti yang tercantum pada Tabel 3.

Standart Parameter-parameter fundamental *directional coupler* hasil fabrikasi internasional seperti tercantum pada Tabel 4.

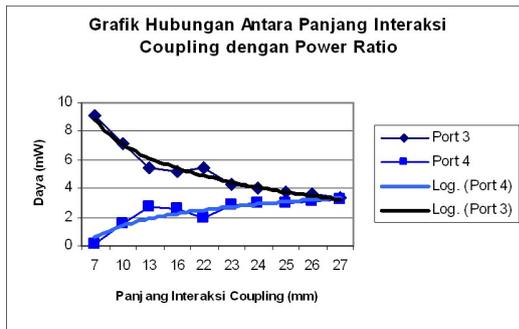
Dari Tabel 3 dan Tabel 4, maka *directional coupler* hasil fabrikasi dengan panjang interaksi kopling 7 mm tidak memenuhi kriteria standarisasi *directional coupler multimode* hasil fabrikasi internasional, hal ini disebabkan nilai *coupling ratio* (CR) lebih kecil, meskipun parameter- parameter lain pada devais ini memenuhi kriteria. Nilai *coupling ratio* (CR) diperoleh dari saluran keluaran, yaitu port-3 dan port-4 dengan menggunakan persamaan

$$CR = \frac{P_4}{P_3 + P_4} = \frac{0,11872}{9,6248 + 0,11872} = 0,012$$

Dengan demikian *directional coupler* serat optik multi-

TABEL IV: Karakteristik coupler standart hasil fabrikasi internasional untuk serat optik (R.Hoss,1993)[15]

Design class	CR (%)	Toleransi CR (±1%)	Excess loss(dB)	Direct. (-dB)
2 x 2 single mode	0.5	2.0 – 15%	0,07-1.0	-40 - -55
	0.25	atau	0,07-1.0	-40 - -55
	0.1	0,03 dB/nm	0,07-1.0	-40 - -55
2 x 2 multimode	0.5	5 – 10%	< 1	-35 - -40
	0.25	5 – 10%	1 - 2	-35 - -40
	0.1	5 – 10%	1 - 2	-35 - -40
	0.0625	5 – 10%	1 - 2	-35 - -40



Gambar 5: Hasil ekstrapolasi panjang interaksi kopling terhadap daya keluaran

mode jenis step indeks dengan panjang interaksi kopling kurang dari 7 mm jika digunakan sebagai komponen pembagi daya (*power divider*) belum optimal, meskipun tiga parameter lain memenuhi standart *directional coupler* hasil fabrikasi industri internasional. *Directional coupler* hasil fabrikasi dengan panjang interaksi kopling 10 mm, 13 mm, 16 mm, 19 mm, 22 mm dan 25 mm memiliki nilai CR yang memenuhi standart *multimode fiber coupler* industri, dengan demikian devais ini dapat digunakan sebagai devais pembagi daya. Hasil *coupling* (CR) mencapai nilai optimal untuk panjang interaksi kopling sekitar 27 mm, hal ini dapat dilihat dari hasil ekstrap-

olasi seperti yang tertuang dalam grafik pada Gambar 5.

Dari grafik Gambar 5 terlihat keluaran maksimal *directional coupler* dengan panjang interaksi coupling 27 mm paling optimal, disini devais coupler dapat ditingkatkan fungsinya sebagai komponen pemecah berkas (*splitter*).

IV. SIMPULAN

Fabrikasi *directional coupler* dengan menggunakan pendekatan metode berbasis pada metode FBT, lebar gap antar dua serat optik sebesar 100 m dengan panjang interaksi coupling bervariasi, yaitu 7 mm, 10 mm, 13 mm, 16 mm, 19 mm, 22 mm dan 23 mm dan hasil perhitungan parameter-parameter fundamental devais *directional coupler* yang selanjutnya dibandingkan dengan standart fabrikasi internasional, maka dapat disimpulkan sebagai berikut. *Directional coupler* hasil fabrikasi dengan panjang interaksi kopling (L_c) lebih dari 7 mm memenuhi standarisasi parameter karakteristik coupler hasil fabrikasi dengan nilai *coupling ratio* terbesar terjadi panjang interaksi coupling 27 mm. Hasil karakteristik *directional coupler* hasil fabrikasi, maka piranti ini sangat baik bila diaplikasikan sebagai komponen pembagi daya (*power divider*), sedangkan untuk panjang interaksi kopling 27 mm, fungsi devais ini diperkirakan dapat ditingkatkan fungsinya sebagai pemecah berkas (*splitter*).

-
- [1] Suryadi, *Kuantum Optik Dalam Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, Seminar Nasional Pasca Sarjana ITS V . 2 Augst . Surabaya. B10.1-5, (2005)
- [2] D.C.Green, *Komunikasi Data*, Terjemahan oleh Isa Santoso, Penerbit Andi, Yogyakarta, (1995).
- [3] S.T.Widodo, *Optoelektronika*, Penerbit Andi, Yogyakarta, (1995).
- [4] G.Farrel, *Optical Communications Systems Optical Fibre Couplers and Switches*, Dublin Institute of Technology ,(2002)
- [5] AY.Rohedi, *Perancangan Directional-Coupler untuk Aplikasi WDM struktur 4x4*, Thesis S-2. Universitas Indonesia Jakarta, (1997).
- [6] H.P.Uranus,dkk., *Pengukuran Power Ratio dari Devais Fotonik Berkeluaran Banyak melalui Pengolahan Citra Medan Dekat*, Seminar nasional Optoelektronika, Jakarta, (1997).
- [7] F.Cuesta,*Optics Express*, Vol. 12. No. 1., (2004)
- [8] E.Hund, *Microwave Communications*, McGraw-Hill International Edition,(1989).
- [9] F.Allard,*Fiber Optics Handbook*, Mc Graw-Hill Publishing Company, (1990).
- [10] G.Keiser, *Optical Fiber Communication*, McGraw-Hill, New York, (1984).
- [11] J.Vanderlinde,*Classical Electromagnetic Theory*, John Wiley and Sons, Inc, (1993).
- [12] D.L.Lee,*Electromagnetic Principle of Integrated Optics*, John Wiley and Sons, Inc, (1986) .
- [13] A.W.Sneyder,*Optical Waveguide Theory*, Printed in Great Britain by J.W. Arrowsmith Ltd, Bristol, (1983).
- [14] J. Wilson, *Optoelectronics*, Prentice Hall, Europ, (1998)
- [15] R.J.Hoss, *Optoelectronics*, Prentice Hall Inc., New Jersey, (1993).