

Rancang Bangun *Directional Coupler* Konfigurasi 3x3 *Planar Step Index Multimode* *Fiber Optic* sebagai Sensor Kemolaran dan pH

Aloysius Niko, Gontjang Prajitno

Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

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

Abstrak—Seiring dengan semakin berkembangnya teknologi, diperlukan penelitian mendalam serta memiliki keakurasian tinggi, dengan efektif dan efisien agar mendapatkan hasil yang maksimal, dan salah satunya adalah dalam mendeteksi kemolaran serta pH dari suatu larutan. Dalam penelitian ini telah dilakukan rancang bangun *directional coupler* (DC) konfigurasi 3x3 planar *step index multimode fiber optic* tipe FD-620-10 dengan panjang kupasan 60 mm, menggunakan pendekatan metode *Fused Biconical Tapered* (FBT) sebagai sensor kemolaran dan pH. Larutan uji yang digunakan adalah Larutan NaCl, Larutan Asam Sitrat dan Larutan Glukosa, dengan masing – masing variasi kemolaran 0 M (aquades), 1 M, 2 M, 3 M, 4 M, dan 5 M, untuk penelitian sebagai sensor kemolaran, lalu larutan HCl 0.1 s.d 0.00625 N dan NaOH 0.1 s.d 0.00625 N untuk penelitian sebagai sensor pH. Dengan menggunakan BF5R-D1-N sebagai sensor cahaya, *Directional Coupler* 3x3 dikarakterisasi untuk mengetahui daya keluaran dari serat optik dengan perubahan konsentrasi larutan dan perubahan pH. Dari hasil karakterisasi, didapatkan hasil berupa hubungan konsentrasi larutan dan pH dengan daya pada *output*, yaitu semakin tinggi molaritas dan semakin asam dan basa suatu larutan maka semakin rendah daya intensitas cahaya keluar dari serat optik. Dengan adanya DC 3x3 sebagai sensor ini, mampu mengkarakterisasi larutan dengan tiga buah variasi jenis larutan sekaligus, sehingga meningkatkan efisiensi *Directional Coupler* sebagai sensor pH dan kemolaran.

Kata Kunci—daya, intensitas cahaya, *directional coupler* 3x3, molaritas, pH, sensor.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan sistem komunikasi serat optik dan salah satu diantaranya adalah *fiber coupler*. Di samping sebagai divais optik, *coupler* khususnya *directional coupler* yang umumnya berupa jenis serat optik *singlemode* maupun *multimode* juga dapat dimanfaatkan sebagai sensor pergeseran mikro dengan basis modulasi intensitas [1]. Prinsip kerja dari serat optik sebagai sensor ini berbasis pada modulasi panjang gelombang, modulasi intensitas, dan modulasi fase cahaya sebagai isyarat [2]. Keunggulan utama serat optik sebagai sensor adalah tidak memerlukan adanya kontak langsung dengan objek pengukuran, tidak menggunakan arus listrik, serta akurasi pengukuran yang tinggi, dan tidak terpengaruh oleh medan listrik maupun medan magnet [3].

Sementara itu, *directional coupler* (DC) serat optik diperlukan untuk sensor dan perangkat interferometri serat optik masih cukup sulit diperoleh dipasaran. Untuk

mengatasi kendala tersebut telah dilakukan fabrikasi *directional coupler* dari bahan serat optik multimode dengan diameter serat 0.5 mm menggunakan metode *fused biconical tapered* (FBT) dengan metode konvensional [4].

Pemilihan serat optik dengan diameter *core* yang cukup besar karena jenis serat optik ini dapat digunakan sebagai sensor pergeseran yang berbasis pada modulasi intensitas, seperti pada penelitian yang telah dilakukan oleh Mubasiroh (2013), dengan cara memanfaatkan *directional coupler* dan *double coupler* sebagai sensor pergeseran berdimensi mikro [5]. Selain digunakan sebagai sensor pergeseran, *directional coupler* dan *double coupler* juga mampu dimanfaatkan sebagai sensor kemolaran, dalam hal ini contohnya adalah larutan NaCl [6] dan serat optik untuk sensor pH [7].

Berdasar penelitian Megawati (2013), *double coupler* dari *directional coupler* telah berhasil mendeteksi molaritas NaCl terhadap daya keluaran, dengan menggunakan *probe sensing* sebesar 1 cm sebagai acuan. Kemudian, Kholilah (2011) juga berhasil menemukan hubungan daya keluaran dengan variasi pH.

Berdasarkan penelitian Yaqin (2015), telah didapatkan bahwa *directional coupler* 3x3 planar dengan panjang kupasan ≥ 60 mm mampu menjadi sensor dan *power divider* yang baik dan mampu digunakan sebagai sensor. *Directional Coupler* (DC) 3x3 ini difabrikasi dengan menggunakan metode planar dan dikarakterisasi dengan menggunakan BF5R-D1-N dan didapatkan nilai karakteristik yang layak sebagai divais pembagi daya [8]. *Directional Coupler* 3x3 sendiri telah cukup banyak diteliti baik dalam segi fabrikasi hingga pemanfaatannya sebagai sensor pada suatu interferometri [9]. Untuk mengembangkan penelitian tersebut, maka dilakukan uji sensor *directional coupler* 3x3 sebagai sensor kemolaran serta pH. Penelitian di bidang ini belum ada di literatur di Indonesia, sehingga dapat menjadi referensi riset yang lebih mendalam.

Pada penelitian ini, akan digunakan *directional coupler* 3x3 difabrikasi menggunakan bahan serat optik plastik (POF) *step index multimode* tipe FD-620-10 dengan metode *Fused Biconical Tapered* (FBT) pada panjang kupasan yaitu 60 mm. Larutan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades, larutan NaCl dengan variasi konsentrasi, 1 M - 5 M, , lalu Larutan Gula 1 M - 5 M, dan Larutan asam sitrat dengan konsentrasi 1 M - 5 M. Kemudian, larutan HCl 0.1 -

0.00625 N dan NaOH 0.1 - 0.00625 N untuk sensor pH. Sensor ini diharapkan mampu menjadi sensor kandungan material dalam air di masa mendatang.

Untuk menghasilkan karakteristik *directional coupler* 3x3 yang baik, dibutuhkan parameter sebagai berikut [10]:

1. Coupling Ratio

Coupling ratio merupakan perbandingan antara daya *input* terhadap masing-masing daya *output*. Pada *directional coupler* 3x3, persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut

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

2. Excess Loss

Excess Loss merupakan rugi daya total dari suatu *directional coupler*, di mana nilai ini dinyatakan dengan persamaan

$$L_e = -10 \log \left(\frac{\sum P_i}{P_{B1}} \right) dB \quad (2)$$

Di dalam penelitian ini, diteliti nilai daya keluaran terhadap perubahan konsentrasi larutan dan pH. Perubahan konsentrasi larutan berdampak pada perubahan indeks bias dari suatu larutan, semakin besar konsentrasi larutan, semakin besar pula indeks bias [11]. Di sisi lain, perubahan pH juga turut dipengaruhi oleh konsentrasi larutan [12].

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tahap Preparasi Directional Coupler (DC) 3x3

Dalam proses penelitian ini, dibagi menjadi tiga bagian, yaitu tahap persiapan serat optik, tahap fabrikasi *directional coupler* 3x3, dan tahap karakterisasi *directional coupler* 3x3. Tahap persiapan merupakan tahap pengupasan ketiga buah serat optik untuk mendapatkan bagian *core* dari serat optik. Serat optik yang menjadi sisi kiri dan kanan *directional coupler* 3x3, dikupas dengan ketebalan 1 mm hingga mencapai bagian inti. Untuk serat optik yang menjadi bagian tengah, dikupas sisi kirinya sebesar 0,75 mm dan 1,5 mm. Pengupasan dengan ketebalan ini dilakukan oleh karena diameter serat optik sebesar 2 mm.

Tahap fabrikasi ini merupakan tahap penggabungan ketiga serat optik menjadi *directional coupler* 3x3. Sebelum digabungkan, terlebih dahulu dilakukan pemolesan pada *core* masing – masing serat optik agar menghasilkan permukaan yang merata, dan meminimalisir *gap* diantara bagian yang bergabung. Proses penggabungan dilakukan dengan metode konvensional, diikat dengan benang jahit, diberi lem epoxy, dan ditutup kembali dengan *sel tape* untuk menghasilkan penggabungan yang lebih merekat.

Tahap karakterisasi adalah proses pengkarakterisasi *directional coupler* 3x3 ditinjau dari sisi *Coupling Ratio* (CR) dan *Excess Loss* (Le), dengan menggunakan sensor BF5R-D1-N. Sensor ini merupakan sensor khusus untuk menganalisis daya keluaran yang diterima dari serat optik. Pada karakterisasi ini digunakan dua buah BF5RD1-N, yang pertama sebagai sumber cahaya dan yang kedua sebagai fotodetektor. Karakterisasi ini

digunakan untuk mengetahui apakah *directional coupler* yang dibuat telah sesuai untuk bekerja sebagai sensor.

Sebelum pengukuran *directional coupler*, dilakukan pula pengujian jumlah daya *input* yang melalui serat optik sebelum adanya pengupasan, untuk mendapatkan perbandingan dengan daya keluaran yang lebih akurat.

B. Tahap Persiapan Larutan Uji

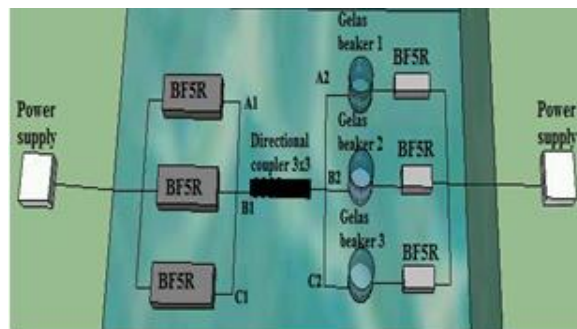
Pembuatan larutan uji ini terdiri dari lima jenis, yaitu NaCl, Glukosa, HCl, NaOH, dan Asam Sitrat. Pada penelitian ini, digunakan variasi kemolaran yaitu 1 M, 2 M hingga 5 M untuk Larutan NaCl, larutan glukosa, dan larutan asam sitrat sebagai uji kemolaran. Untuk uji pH, larutan yang digunakan adalah HCl dan NaOH dengan variasi konsentrasi 0.1 N, 0.05 N, 0.025 N, 0.0125 N, dan 0.00625 N. Larutan ini kemudian dimasukkan ke dalam ketiga buah gelas uji. Pembuatan variasi larutan dilakukan dengan metode pengenceran untuk mendapatkan konsentrasi yang lebih rendah. Pengukuran dengan pH meter pada larutan HCl dan NaOH dilakukan untuk mengetahui nilai pH dari tiap variasi konsentrasinya.

C. Tahap Pengukuran Daya Keluaran terhadap Kemolaran dan pH

Setelah dilakukan pembuatan *Directional Coupler* (DC) 3x3 dan Larutan uji dengan variasi larutan, dilakukan proses pengujian sensor kemolaran serta pH ini. Proses ini sama dengan saat tahap karakterisasi DC 3x3, yaitu menggunakan dua buah BF5R-D1-N, sebagai sumber cahaya dan juga detektor cahaya.

Gelas uji menggunakan gelas beker ukuran 250 mL yang dilubangi pada dua sisi sejajar. Lubang berada pada titik 100 mL gelas ukur. Serat optik dimasukkan melalui lubang tersebut. Sebelumnya, dibuat pula *probe sensing* pada DC 3x3 yang berada di posisi tengah dari gelas dengan panjang 1 cm. Panjang *probe sensing* sebesar 1 cm ini berdasarkan penelitian (Megawati, 2013), yaitu di mana pada penelitian *double coupler* sebagai sensor kemolaran, pada panjang *probe sensing* sebesar 1 cm, mampu mendeteksi rugi daya dengan baik karena memiliki sensitivitas yang tinggi. Kemudian, pada lubang diberikan lem perekat pula agar tidak ada larutan yang bocor. Larutan uji dimasukkan ke dalam gelas hingga batas 250 mL. Lalu, dilihat nilai *output* pada BF5R-D1-N. Dari hasil karakterisasi yang dilakukan, digunakan *port* B1 (*input*), dan *output* nya adalah *port* A2, C2 dan B2 sebagai *port* utama pengujian. Hal ini dikarenakan dalam proses karakterisasi, pada port B1 memiliki *coupling ratio* (CR) yang paling sensitif. Hasil perhitungan CR ini dapat dilihat pada bab selanjutnya. Nilai CR ini merupakan parameter utama untuk menunjukkan bahwa DC 3x3 mampu bekerja sebagai pembagi daya yang baik untuk ketiga *port* keluaran, untuk menjadi sensor 3x3.

Berikut adalah skema kerja penelitian ini



Gambar 1 Skema Kerja Penelitian

Dari gambar 1 di atas, terlihat bahwa ketiga *port* pada DC 3x3 diberi label A, B, dan C. A dan C merupakan bagian sisi kiri dan kanan DC (*directional coupler*), dan B merupakan bagian tengah. *Port* masukan merupakan bagian dengan label 1, dan berada di sisi kiri DC. Bagian ini pula dihubungkan dengan BF5R-D1-N sebagai sumber cahaya. Di sisi keluaran, serat optik dihubungkan masing – masing dengan gelas beaker sebagai wadah uji. Setelah melalui wadah uji ini, kemudian serat optik juga dihubungkan dengan BF5R-D1-N sebagai fotodetektor. Di dalam gelas beaker ini, dimasukkan ketiga jenis larutan, yaitu larutan NaCl pada *port* A2, larutan Asam Sitrat pada *port* B2, larutan Glukosa pada *port* C2, masing – masing juga divariasikan molaritasnya dari 1 – 5 M. Untuk pengujian pH larutan, larutan HCl pada *port* A2, *aquades*, pada *port* B2, larutan NaOH pada *port* C2, masing – masing juga divariasikan molaritasnya dari 0.1 N – 0.00625 N.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Hasil Karakterisasi DC 3x3

Salah satu syarat untuk menjadi sensor, DC 3x3 harus memiliki *coupling ratio* (CR) yang kurang lebih terbagi rata untuk tiga buah keluaran (± 0.3 per *port* luaran). Karakterisasi dilakukan dengan memasang BF5R-D1-N di salah satu ujung *input* dan *output*. Dari hasil karakterisasi tersebut, didapatkan data *ouput* dengan menggunakan *port* A1, *port* B1, dan *port* C1 sebagai *input*.

Tabel 1. Hasil Karakterisasi DC 3x3

Port Input	Port Output	Daya Output (au)
B1	A2	444.35
	B2	454.95
	C2	445
A1	A2	456.65
	B2	434.3
	C2	425.95
C1	A2	403.65
	B2	424.95
	C2	440.5

Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai CR dan Le pada DC 3x3

Port Input	Port Output	CR	Le (dB)
B1	A2	0.33	4.12
	B2	0.34	
	C2	0.33	
A1	A2	0.35	4.21
	B2	0.33	
	C2	0.32	

C1	A2	0.32	4.37
	B2	0.33	
	C2	0.35	

Kemudian, dilakukan perhitungan parameter DC 3x3 untuk mendapatkan nilai *Coupling Ratio* (CR) dan *Excess Loss* (Le) dari tiap DC 3x3 dengan merujuk pada (1) dan (2). Dari hasil karakterisasi parameter DC 3x3 tersebut didapatkan nilai seperti pada tabel 2 di atas.

Dari hasil tabel 2 di atas, dipilihlah *port input* dan *output* yang menunjukkan nilai CR mendekati 0.3 dan memiliki nilai selisih yang kecil dari pengukuran. Dari hal ini dapat dilihat bahwa pada *port B1* menunjukkan nilai yang demikian. Pada *port A2* menghasilkan nilai CR 0.33, pada *port B2* menghasilkan nilai CR 0.34, dan pada *port C2* menghasilkan nilai CR sebesar 0.33. Kemudian, dari parameter lain, yaitu Le, nilai yang ditunjukkan juga baik, karena salah satu syarat *directional coupler* adalah memiliki nilai < 4.5 dB. Nilai Le ini merupakan rugi daya total yang terjadi di dalam *coupler*. Daya cahaya yang tidak keluar di *port* namun terserap dan terhambur di dalam *coupler* inilah yang menyebabkan tidak seluruhnya cahaya keluar di *port* luaran. Oleh karena itu *port B1* menjadi *input* dan *port A2*, *B2*, dan *C2*, digunakan sebagai sensor, karena memenuhi syarat *directional coupler* untuk mampu membagi daya sebesar $\pm 30 : 30 : 30$.

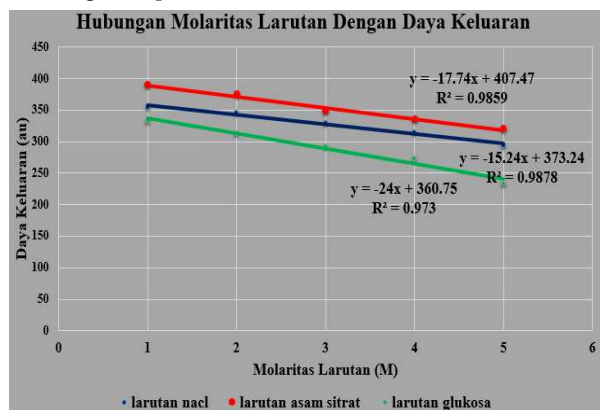
Dalam *Directional Coupler* 3x3 ini, setiap kabel telah dikupas hingga tersisa bagian *core*. Ketiga bagian inti ini digabung satu sama lain sehingga tidak menyisakan *gap*. Saat *port B1* diberi *input* cahaya, maka terjadi pantulan dalam total di dalam serat, sehingga cahaya bisa terpandu menuju *output*. Dalam proses pemanduan inilah terjadi kebocoran atau rugi daya dari serat optik, pada saat bertemu cabang *core* dari *port A1* dan *C1*. Moda orde tinggi mengakibatkan gelombang cahaya ini mampu berpindah ke *port* tersebut menuju serat optik lainnya, sedangkan moda orde rendah tetap terpandu pada *port B1*. Moda orde tinggi yang terkopel ini merupakan kebocoran gelombang cahaya yang terpandu di dalam serat optik. Oleh karena menggunakan prinsip pembagi daya / pemecah berkas, maka ada daya yang hilang selama proses perpindahan berkas, baik berupa panas ataupun yang keluar dari jalur perpindahan. Akibatnya, intensitas cahaya lebih tinggi pada *port* masukan, yaitu B1.

B. Analisa Hasil Pengaruh Daya Keluaran terhadap Kemolaran Larutan

Seperti pada karakterisasi DC 3x3, proses pengukuran rugi daya ini dilakukan dengan langkah yang sama, yaitu dengan menggunakan BF5R-D1-N sebagai *input* serta *output* daya keluaran (au). Daya ini merupakan daya pancaran cahaya laser merah yang merambat dalam moda di DC 3x3. Pada penelitian ini, prinsip yang digunakan adalah rugi daya, di mana ini terjadi karena pemberian perlakuan berupa variasi konsentrasi, pH, dan jenis larutan. Larutan dengan konsentrasi tertentu ini berperan sebagai pengganti *cladding* pada bagian *probe sensing* DC 3x3.

Karakterisasi dilakukan dengan memasang BF5R-D1-N di salah satu ujung *input* dan *output*. Proses karakterisasi ini dilakukan secara bergantian untuk tiap

port nya. Dari hasil karakterisasi tersebut, didapatkan data sebagai berikut pada tabel 4.3 untuk dengan menggunakan port B1 sebagai input dan port A2, B2, dan C2 sebagai output.



Gambar 2. Hubungan Molaritas Larutan dengan Daya Keluaran

Dari hasil grafik yang terlihat pada gambar 2 di atas, memperlihatkan hubungan antara molaritas dengan daya keluaran yang terjadi. Dari hasil tersebut, terlihat bahwa semakin dengan pemberian banyak molaritas larutan, daya *output* yang terlihat semakin kecil, hal ini ditunjukkan dengan *slope* grafik yang menurun. Hal ini sesuai dengan teori bahwa *semakin tinggi molaritas*, mengakibatkan *rugi daya yang semakin besar*, akibat dari penggantian larutan sebagai *cladding*, sehingga daya keluar semakin mengecil. Dengan bertambahnya molaritas, maka larutan yang ada akan memiliki tingkat kerapatan medium tinggi dan indeks bias yang tinggi, menyebabkan sinar datang menjauhi garis normal, sehingga menyebabkan pantulan dalam total yang terjadi tidak sempurna. Akibatnya, banyak daya yang *loss* atau hilang selama perambatan. Dari grafik pula terlihat, *slope* pada larutan glukosa memiliki nilai yang lebih tajam, dan memiliki daya keluaran yang lebih sedikit dibandingkan dengan asam sitrat maupun NaCl.

Hal ini dapat terjadi karena adanya perubahan indeks bias. Besarnya molaritas dan jenis larutan, berpengaruh pada perubahan indeks bias *cladding* pada serat optik. Pada dasarnya, nilai indeks bias untuk serat optik jenis plastic ini adalah 1.49 (bahan terbuat dari pmma) untuk *core* dan 1.41 untuk *cladding* (bahan terbuat dari perfluoropolymer). Larutan NaCl, kurang lebih memiliki nilai indeks bias yang lebih besar dari *cladding* sebenarnya, yaitu sekitar 1.43. Dibandingkan dengan NaCl, larutan gula mengalami penurunan daya yang lebih besar. Ini artinya larutan gula memiliki indeks bias yang lebih mendekati nilai indeks bias *core*. Glukosa memiliki indeks bias gula adalah sekitar 1.47 [13]. Dengan indeks bias sebesar ini hanya berjarak 0.2 dari nilai indeks bias *core*. Akibatnya, pantulan sinar datang yang melewati larutan terpantul lebih jauh dari garis normal. Untuk larutan asam sitrat sendiri memiliki indeks bias 1.42, hal ini ditunjukkan dengan nilai *output* yang lebih baik dibandingkan kedua larutan lainnya. Namun, dari grafik, *slope* pada asam sitrat lebih rendah dibandingkan dengan larutan NaCl, meskipun pada hasil pengukuran sebaliknya. Dengan demikian, dibutuhkan penelitian yang lebih akurat lagi.

C. Analisa Hasil Pengaruh Daya Keluaran terhadap pH Larutan

Penelitian kedua adalah hubungan daya keluaran terhadap pH asam dan basa. Larutan HCL 0.1 N dengan pH 1.3 merupakan larutan asam dan larutan NaOH 0.1 N dengan pH 12.8 sebagai larutan basa. Dalam penelitian pH larutan ini, digunakan larutan dengan konsentrasi normalitas, yaitu konsentrasi larutan yang memperhitungkan jumlah berat ion H^+ di dalamnya. Arti 0.1 N dapat dikatakan bahwa jumlah berat ion H^+ di dalam larutan tersebut adalah 0.1 gram per 100 mL. Berikut adalah hasil data yang didapatkan berupa daya keluaran, pH, dan konsentrasi. Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter *digital*.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Daya Keluaran dan pH

Larutan	Konsentrasi (N)	pH	Daya Output (au)
HCl	0,10000	1,3	370,15
	0,05000	2,6	383,45
	0,02500	3,8	392,45
	0,01250	5,4	405,75
	0,00625	6,4	406,50
NaOH	0,10000	12,8	353,20
	0,05000	11,7	372,60
	0,02500	9,7	391,35
	0,01250	8,4	400,05
	0,00625	7,7	400,05
Aquades	0	7	414,05

Dari hasil tabel 3 di atas, terlihat bahwa nilai pH berbanding terbalik dengan nilai *output*. Semakin tinggi derajat keasaman pH pada larutan HCl 0,1 N, nilai daya keluaran lebih rendah dibandingkan dengan pada HCl 0,00625 N. Kemudian, pada NaOH juga demikian, semakin tinggi derajat kebasaan pH, semakin rendah pula daya yang keluar. Daya keluaran tertinggi terletak pada pH 7 yang dimiliki aquades.

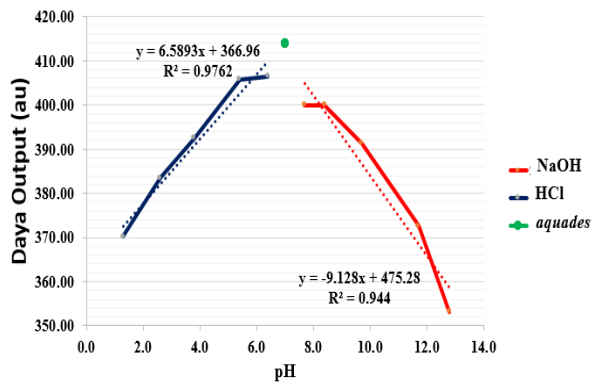
Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh absorpsi cahaya. Pada HCl dengan derajat keasaman lebih tinggi, lebih banyak memiliki elektron bebas. Demikian halnya dengan NaOH, semakin basa banyak memiliki elektron bebas pula. Elektron bebas ini mampu bergerak acak (ikatannya lemah). Gerak elektron bebas ini mampu menyerap energi foton dari perambatan sinar pada serat.

Pengaruh adanya ion – ion di dalam larutan berperan dalam penyerapan energi foton. Dengan adanya elektron bebas dari ion – ion pada larutan yang menyerap foton, ikut berinteraksi dan bereaksi dengan *probe sensing* dari serat optik, sehingga mengalami perubahan indeks bias [14]. Penyerapan inilah yang mempengaruhi perubahan indeks bias pada *core*, dan berdampak pada proses pemantulan sinar di dalamnya, sehingga daya yang terbentuk semakin rendah saat larutan menjadi semakin basa dan asam. Semakin basa dan asam suatu larutan, semakin banyak ion yang melekat pada *probe sensing* serat optik, sehingga meningkatkan nilai indeks bias pada *cladding* (larutan berperan sebagai *cladding*). Dengan demikian, semakin besar indeks bias *cladding*, maka selisih indeks bias dengan *core* semakin kecil, hal ini lah yang menyebabkan pengurangan daya keluaran, akibat sedikitnya daya yang terpandu di dalam *core* serat optik.

Indeks bias HCl sendiri pada umumnya berkisar 1.30 dan NaOH berkisar 1.35.

Dari tabel 3 di atas, dibuatlah grafik hubungan daya keluaran dengan larutan asam dan larutan basa.

Grafik Hubungan Antara pH dengan daya output



Gambar 3. Grafik Hubungan pH dengan Daya Output

Dari gambar 3 di atas, dapat dilihat bahwa grafik memiliki *slope* dan tingkat akurasi yang cukup baik. Artinya, DC 3x3 ini mampu mendeteksi perubahan pH daerah asam, yaitu antara 0-7. Terlihat bahwa adanya penambahan daya dengan bekurangnya pH keasaman pada larutan HCl. Semakin rendah nilai pH larutan HCl, maka pH akan semakin mendekati nilai pH aquades (pH=7), dan daya yang keluar juga mendekati daya keluaran pada pH aquades. Dengan demikian, bisa dikatakan sensitif untuk bekerja sebagai sensor pH asam.

Demikian pula halnya dengan NaOH. Terlihat apabila derajat kebasaaan lebih tinggi, semakin rendah pula daya keluaran yang terlihat. Dari gambar 3 terlihat bahwa ada kecenderungan *slope* yang menurun dengan semakin tinggi nya tingkat kebasaaan larutan. Semakin basa dan pH mendekati pH 14., daya output yang keluar cenderung lebih rendah. Dari *slope* dan keakurasian sudah cukup baik, sehingga DC 3x3 ini telah bekerja dengan baik untuk menjadi sensor kebasaaan.

Dari gambar 3 pula, terlihat bahwa nilai *slope* pada larutan NaOH lebih besar dibandingkan dengan HCl, hal ini dibuktikan dengan daya yang terlihat, pada NaOH cenderung memiliki daya yang lebih rendah dibandingkan dengan HCl. Dari kedua gambar pula, terlihat kecenderungan untuk memiliki daya output tertinggi pada konsentrasi pH netral atau bernilai 7 (mendekati aquades), di mana pada pH netral tidak terdapat ion – ion tambahan. Artinya, meskipun DC 3x3 belum bisa mengklasifikasikan larutan bersifat asam ataukah basa, namun telah mampu membuktikan untuk sensitif terhadap perubahan pH, baik saat di asam ataupun basa.

Selain karena perubahan indeks bias dan tekanan dalam larutan, juga terdapat faktor lain terjadinya rugi daya, yakni gelombang *evanescent*. Gelombang ini menembus bidang batas antara *core* dan larutan uji, yang merupakan pengaruh dari indeks bias sendiri. Semakin besar, perbedaan indeks bias *core* dan larutan, maka semakin dalam pula perambatan sinar, sehingga rugi daya yang terjadi semakin besar pula. Gelombang ini mengalami absorpsi yang sebanding dengan tingkat konsentrasi atau kerapatan medium larutan.

Dari hasil penelitian, terlihat bahwa *directional coupler* 3x3 hasil fabrikasi ini mampu membagi daya hampir merata untuk tiap *port* keluaran, sehingga dapat

dijadikan sensor. Dari hasil uji sebagai sensor kemolaran dan pH, terlihat bahwa semakin tinggi molaritas akan menyebabkan rugi daya yang semakin besar dan DC 3x3 ini terbukti sensitif terhadap perubahan pH, sehingga dapat dikembangkan menjadi sensor pH yang lebih baik di masa mendatang.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa hubungan konsentrasi larutan dan pH dengan daya pada output, yaitu semakin tinggi molaritas dan semakin asam dan basa suatu larutan maka semakin rendah daya intensitas cahaya keluar dari serat optik. Dengan adanya DC 3x3 sebagai sensor ini, mampu mengkarakterisasi larutan dengan tiga buah variasi jenis larutan sekaligus, sehingga dapat meningkatkan efisiensi *Directional Coupler* sebagai sensor pH dan kemolaran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Samian, Y. H. (2008). Directional Coupler Sebagai Sensor Pergeseran Mikro. *Procceding SNAF 2008*. pp.1-2
- [2] Pramono, Y. H. (2008). Aplikasi Directional Coupler sebagai Sensor Pergeseran. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, pp. 1-2
- [3] Iga, K. S. (1982). *Introduction to Optical Fiber Communication*. USA: John Willey & Sons, Inc. pp. 7-10
- [4] Supadi, P. Y. (2006). Fabrikasi dan Karakterisasi Directional Coupler sebagai Devais Pembagi Daya (Power Divider) 2. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 060106–1–060106–6. pp. 1-6
- [5] Mubasiroh, A. dan Yudoyono G. (2013). .Aplikasi Directional Coupler Dan Double Coupler Sebagai Sensor Pergeseran Berdimensi Mikro. *J. Sains Dan Seni ITS*. vol. 2, no. 2, pp. B42–B45
- [6] Megawati, R. F. dan Yudoyono G. (2013). Aplikasi Double Coupler Serat Optik Multimode sebagai Sensor Kemolaran Larutan NaCl. *J. Sains Dan Seni ITS*, vol. 2, no. 2, pp. B46–B49.
- [7] Kholilah, R. A. (2011). Studi Awal Fiber Optik sebagai Sensor pH. *J. Sains Dan Seni ITS*, vol. 2, no. 2, pp. B36–B39.
- [8] Yaqin, M. A. dan Prajitno G. (2015). Fabrikasi dan Karakterisasi Directional Coupler Konfigurasi 3x3 Planar Berbahan Serat Optik Plastik Step-Index Moda Jamak Tipe FD-620-10. *J. Sains Dan Seni ITS*, vol. 4, no. 2, pp. B38–B43, 2015
- [9] Sun L, Ye P.1989."General-Analysis of [3x3] Optical-Fiber Directional Couplers".*Microwave and Optical Technology Letters*, Vol.2, pp. 52-54.
- [10] Crisp, J., dan Elliott, B. 2005, *Introduction to Fiber Optics*, Jordan Hill, Oxford.
- [11] Yunus, W. M. (1989). Refractive index of solutions at high concentrations. *OSA pp. 1-4*
- [12] McMurry, J. (2006). *Fundamentals of Organic Chemistry*. Texas : Cengage Learning pp 44-46
- [13] Frederiksen. (2005). Manual for Sugar solution Prism. A/S.S pp 1-4.
- [14] Ben-David. (2005). *Use of attenuated total reflection infrared spectroscopy for analysis of partitioning of solutes between thin films and solution*. *Anal. Chem*, pp. 77