

# Aplikasi *Double Coupler* Serat Optik *Multimode* sebagai Sensor Kemolaran Larutan NaCl

Retno Fatma Megawati dan Gatut Yudoyono  
Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
*e-mail*: gyudoyono@physics.its.ac.id

**Abstrak**—Sensor kemolaran larutan NaCl telah dibuat dari *directional double coupler* serat optik *multimode*. BF5R-D1-N digunakan sebagai sumber cahaya yang berasal dari LED merah dengan panjang gelombang 660 nm dan phototransistor sebagai detektor. Variasi kemolaran larutan NaCl (0-5 M) dan variasi jenis kupasan diberikan dalam penelitian ini. Prinsip kerja dari sensor ini adalah mendeteksi rugi daya pada setiap adanya perlakuan. Hasilnya adalah rugi daya yang terdeteksi berbanding lurus dengan molaritas dan panjang kupasan. Probe sensor dengan kupasan pada daerah jacket dan cladding lebih sensitif dibandingkan dengan probe sensor dengan kupasan hanya pada daerah jacket.

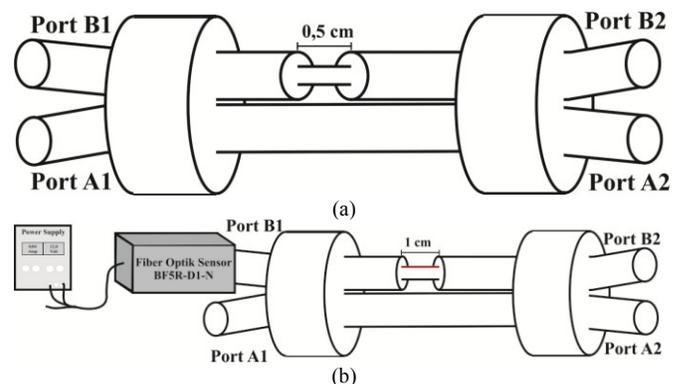
**Kata Kunci**—Serat Optik, *Directional Double Coupler*, Kemolaran Larutan NaCl.

## I. PENDAHULUAN

Serat optik memiliki banyak keunggulan dalam sistem kecepatan transmisi dan akuisisi data yang tinggi. Dalam perkembangannya serat optik juga dapat diaplikasikan sebagai sensor. Pemanfaatan serat optik sebagai sensor digunakan pada proses kontrol industri, meteorologi, dan monitoring arus. Selain itu juga banyak ditemukan sensor serat optik sebagai sensor tekanan berat benda, temperatur, *strain* maupun vibrasi sebagai sensor pergeseran dengan memanfaatkan daerah kerja sensor[1]. Sensor serat optik bekerja dengan memanfaatkan faktor rugi daya dari transmisi cahaya melalui metode *microbending*, *macrobending*, dan penggantian *cladding* dengan bahan yang sensitif sebagai *headsensor*[2].

Berdasarkan penelitian sebelumnya, telah difabrikasi sensor getaran berbasis modulasi intensitas [3] dan sensor pergeseran mikro [4] dengan memanfaatkan *directional coupler* dari bahan serat optik *step-index multimode*. *Directional coupler* saat ini telah banyak dikembangkan sehingga serat optik yang awalnya hanya memiliki satu coupler saja, saat ini dapat difabrikasi menjadi lebih dari dua coupler atau lebih. *Double coupler* atau serat optik yang memiliki dua coupler sekaligus telah difabrikasi dalam penelitian sebelumnya [5].

*Double coupler* memiliki daerah yang dapat dimanfaatkan sebagai sensor, yakni daerah diantara dua lengan *coupler* dan setiap port keluarannya. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan memanfaatkan dan menguji *double coupler* serat optik sebagai sensor kemolaran.



Gambar 1. (a) Desain probe sensor DC jenis pertama dengan panjang daerah sensing 0,5 cm; (b) Desain probe sensor DC jenis kedua dengan panjang daerah sensing 1 cm

## II. METODOLOGI

### A. *Double Coupler*

Penelitian ini menggunakan dua *Double Coupler* (DC) hasil fabrikasi[5]. Dua jenis probe sensor tersebut berasal dari DC yang berbeda. Oleh karena itu DC yang akan digunakan terlebih dahulu di karakterisasi untuk mengetahui perbandingan daya keluaran yang dihasilkan dari setiap port. DC yang dapat digunakan memiliki nilai karakterisasi yang sama atau memiliki perbedaan daya keluarannya kecil. Dari hasil karakterisasi tersebut dapat digunakan untuk menentukan port sebagai input dan output.

Penggunaan dua *double coupler* ini akan di manfaatkan sebagai dua probe sensor dengan perbedaan perlakuan (Gambar 1). Untuk probe sensor jenis pertama (probe 1) adalah probe sensor dengan daerah kupasan pada jacket diantara dua lengan *coupler*. Pengupasan jacket divariasikan mulari dari 0,5 cm; 1; 2; dan 2,5 cm. Jacket dikupas dengan menggunakan pemotong serat optik dan *cutter*. *Cutter* digunakan untuk mempermudah pengupasan jacket, karena letak daerah kupasan berada diantara dua *directional coupler*. Setelah jacket terkelupas untuk variasi panjang kupasan 0,5 cm daerah sensing tersebut dipoles dengan alkohol 70% yang selanjutnya dapat dilakukan pengujian sebagai sensor kemolaran. Pada probe jenis pertama, setiap selesai pengupasan dan pemolesan pada setiap variasi panjang daerah

sensing langsung dilakukan pengujian sebagai sensor kemolaran

Untuk probe sensor jenis kedua (probe 2) adalah probe sensor dengan daerah kupasan pada jaket dan cladding diantara dua lengan *coupler* sepanjang 1 cm. Proses pengupasan jaket dilakukan dengan menggunakan pemotong serat optik dan *cutter*. Sedangkan pengupasan *cladding* pada daerah sensing dengan menggosokkan kertas gosok secara perlahan sampai *cladding* terkelupas. Indikasi *cladding* terkelupas dapat diketahui saat terjadi kebocoran pada daerah sensing saat dilewati sumber cahaya yang dapat dilihat mata atau *visible* (Gambar 1b).

Pembuatan larutan NaCl dengan konsentrasi tertentu untuk pengujian sensor kemolaran dibuat dengan metode pelarutan. NaCl akan dilarutkan ke dalam 150 ml *aquades*. Pada penelitian ini akan digunakan variasi kemolaran yakni 0M, 1M, 2M, 3M, 4M, dan 5M. Untuk mendapatkan 1 Molar larutan NaCl dalam 150 ml *aquades* dibutuhkan 8,766 gr NaCl. NaCl ditimbang dengan menggunakan neraca digital yang memiliki ketelitian 0,001gr. Selanjutnya NaCl yang sudah larut dipindahkan ke gelas uji.

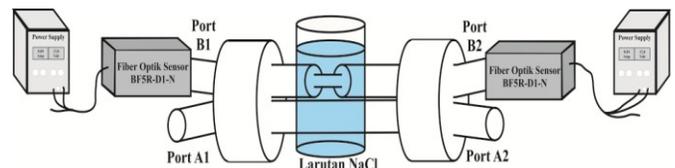
Pada pengujian sensor kemolaran ini dilakukan setelah melalui proses pembuatan probe sensor dan pembuatan larutan NaCl. Set up untuk pengujian sensor ditunjukkan pada Gambar 2. Pengujian sensor akan dilakukan dengan menggunakan BF5R-D1-N. BF5R-D1-N memiliki 2 lubang sensing, yang letaknya segaris. Lubang pertama digunakan sebagai detektor dan lubang kedua sebagai sumber cahaya. Gelas uji berasal dari gelas ukur 250 ml yang kemudian dilubangi pada dua sisi yang sejajar. Lubang berada pada titik 100 ml gelas ukur. Serat optik dilewatkan pada lubang tersebut sehingga probe sensing berada di *center* dari gelas uji. Selanjutnya ditiap lubang di rekati dengan lem perekat sehingga dapat menyumbat larutan agar tidak terjadi kebocoran saat diberikan larutan. Pada penelitian ini akan digunakan port B1 sebagai *input* dan port B2 sebagai *output*. Dalam penelitian ini digunakan dua BF5R-D1-N dengan jenis dan tipe yang sama. Setiap port *input* dan *output* dihubungkan dengan BF5R-D1-N. Selanjutnya larutan NaCl dituangkan ke dalam gelas uji, dengan probe sensing yang sudah ter-*setting* sebelumnya. Proses pengambilan data dilakukan dengan mencatat nilai daya keluaran terhadap perubahan konsentrasi NaCl untuk setiap jenis probe sensing.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

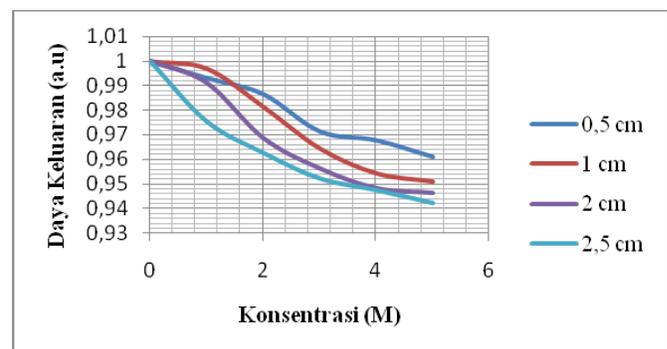
Dari hasil fabrikasi akan didapatkan hubungan antara daya keluaran dengan konsentrasi larutan. Pengujian *double coupler* sebagai sensor kemolaran telah dilakukan dengan menggunakan dua jenis probe sensor. Kedua jenis probe sensor tersebut menggunakan prinsip rugi daya. Rugi daya ini timbul akibat adanya perlakuan. Selain itu masih banyak faktor yang mempengaruhi rugi daya dalam serat optik. Pada Gambar 3 dapat dilihat hubungan daya keluaran dengan konsentrasi untuk setiap daerah kupasan jaket. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi larutan NaCl semakin kecil daya keluaran yang terdeteksi untuk semua variasi

panjang daerah kupasan jaket. Hal ini menunjukkan keanehan, dimana serat optik tersebut hanya dikupas pada daerah jaketnya. Dalam serat optik yang berfungsi penting dalam transmisi data adalah *core* dan *cladding* sedangkan fungsi jaket untuk melindungi *core* dan *cladding* dari pengaruh eksternal. Ditinjau dari *core* dan *cladding*-nya, jika *core* dan *cladding* tidak memiliki cacat maka transmisi data akan berjalan dengan baik, sehingga tidak ada faktor rugi daya pada *core* dan *cladding*. Transmisi data atau sinar pada serat optik terjadi karena adanya pemantulan

dalam sempurna pada *core* serat optik. Pemantulan dalam sempurna ini terjadi jika sinar datang lebih besar dari sudut kritis. Sudut kritis merupakan sudut saat sinar bias  $90^\circ$ . Pemantulan dalam sempurna ini dapat terjadi pada cahaya



Gambar 2. Set Up penelitian



Gambar 3. Grafik Hubungan Daya Keluaran (au) dengan Konsentrasi Larutan NaCl untuk probe 1

yang merambat dari medium rapat menuju medium yang lebih renggang. Jika ditinjau dari faktor eksternalnya, agar tidak terjadi rugi daya maka keadaan disekitar probe sensor haruslah sama. Namun pada penelitian ini digunakan variasi kemolaran dari kemolaran rendah hingga kemolaran tinggi, itu berarti terjadi perbedaan kondisi lingkungan atau jaket yang digunakan. Pada prinsipnya variasi kemolaran ini digunakan sebagai pengganti jaket yang terkelupas. Semakin besar kemolaran semakin besar pula zat terlarut (NaCl) didalam pelarutnya (*aquades*). Dimana massa berbanding lurus dengan massa jenis. Sehingga semakin besar zat terlarut semakin besar pula massa jenis larutan tersebut. Jika dalam sebuah bejana yang berisi cairan diam, didalamnya terdapat sebuah benda yang memiliki ketinggian, maka akan terjadi tekanan dari segala arah menuju benda tersebut. Selain itu udara akan memberikan tekanan kedalam bejana. Begitu juga pada gelas uji pada percobaan ini, terdapat probe sensing ditengah-tengah larutan NaCl. Probe sensing tersebut akan mendapatkan tekanan dari zat terlarut dan udara, dimana tekanan pada semua titik disekitar probe sensing adalah sama. Sehingga

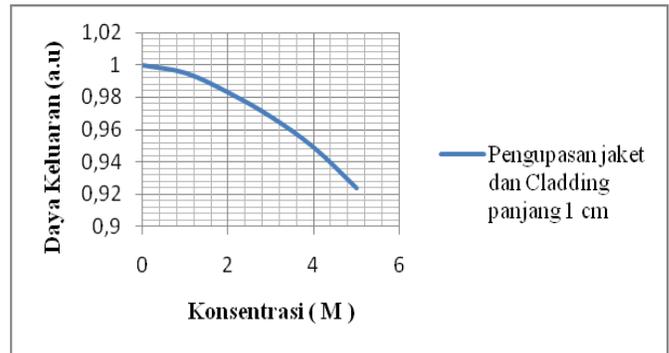
dapat diketahui semakin besar zat terlarut, maka semakin besar pula massa jenis larutan dan mengakibatkan tekanan pada larutan semakin besar. Hal inilah yang mengakibatkan rugi daya pada probe sensing.

Untuk selanjutnya probe sensor 2 tersebut direndam dalam larutan NaCl dan diukur daya keluarannya. Didapatkan hubungan daya keluaran dengan konsentrasi larutan dengan panjang kupasan jaket dan *cladding* sepanjang 1 cm seperti pada Gambar 4. Daya keluaran yang semakin menurun saat penambahan konsentrasi larutan dengan tingkat kemolaran tinggi ini diakibatkan adanya perubahan indeks bias *cladding*.

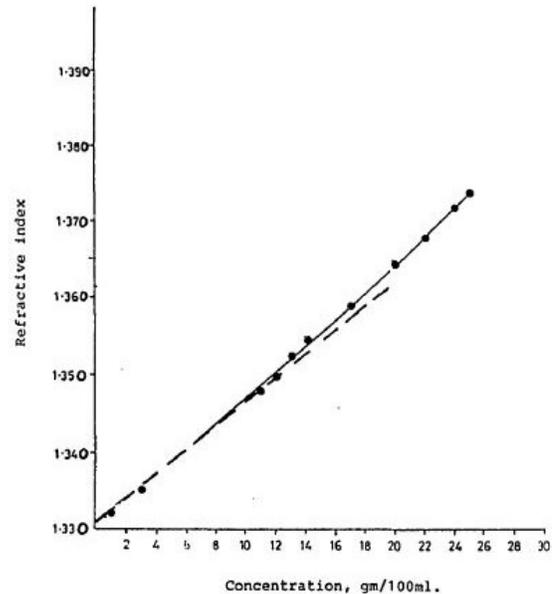
Larutan NaCl memiliki indeks bias yang lebih kecil dari indeks bias *cladding* yang sebenarnya, yaitu sekitar 1,3. Nilai indeks bias larutan NaCl ini didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan metode deviasi minimum pada prisma kaca sama sisi yang berrongga Gambar 5[6]. *Core* dan *cladding* memiliki nilai indeks bias 1,49 dan 1,41. Pada penelitian ini larutan NaCl berfungsi sebagai pengganti *cladding* dan jaket, sehingga nilai indeks bias *cladding* pada probe sensor 2 ini lebih kecil dari indeks bias *cladding* yang sebenarnya. Semakin besar konsentrasi larutan yang diberikan maka semakin besar pula indeks bias larutan tersebut. Hal ini terjadi karena indeks bias berbanding lurus dengan kerapatan medium. Perubahan indeks bias ini akan mempengaruhi sudut kritis sehingga dapat mempengaruhi rugi daya pada serat optik. Semakin kecil selisih indeks bias diantara dua medium (*core* dan larutan NaCl) maka semakin besar sudut kritis yang dibentuk, sehingga semakin kecil pula sinar yang dapat terpantulkan kedalam *core*. Jika sinar datang dari medium rapat menuju medium renggang dengan sudut datang kecil atau kurang dari sudut kritis maka sinar bias akan menjauhi garis normal seperti dan mengakibatkan rugi daya pada serat optik.

Selain itu juga rugi daya dapat diakibatkan karena adanya gelombang yang menembus bidang batas antara *core* dan larutan NaCl atau adanya gelombang *evanescent*. Gelombang *evanescent* ini juga merupakan pengaruh dari perbedaan indeks bias. Semakin besar perbedaan indeks bias antara *core* dan larutan maka semakin dalam penetrasi yang terjadi sehingga rugi daya dalam serat optik semakin besar. Gelombang yang menembus bidang batas akan mengalami absorpsi yang sebanding dengan bertambahnya konsentrasi larutan NaCl. Gelombang tersebut juga akan mengalami difraksi dan dispersi. Hal ini terjadi karena permukaan probe sensing yang kasar akibat gosokan oleh kertas gosok. Peristiwa itu dapat dilihat langsung oleh mata, yakni saat *double coupler*(DC) dilewatkan sumber cahaya merah maka pada daerah sensing akan terlihat kemerahan. Adanya peristiwa absorpsi, difraksi dan dispersi pada DC tersebut mengakibatkan daya keluaran yang terdeteksi pada detektor semakin kecil.

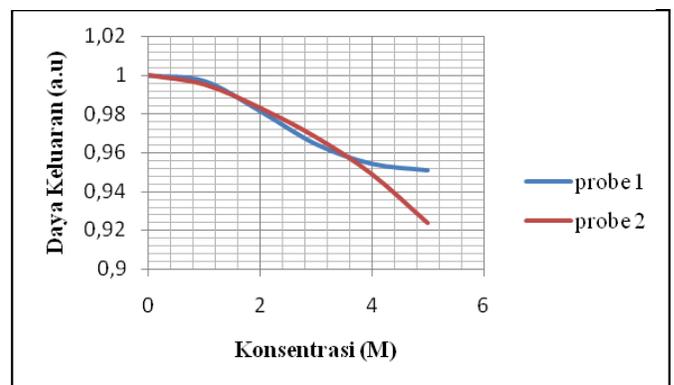
Probe sensing 1 dan probe sensing 2 memiliki karakteristik yang sama saat dilakukan pengujian sebagai sensor kemolaran. Semakin besar konsentrasi larutan NaCl yang diberikan semakin besar pula rugi daya yang di deteksi detektor (Gambar 6). Probe sensor 2 (jenis kupasan jaket dan *cladding*) lebih



Gambar 4. Grafik Hubungan Daya Keluaran (au) dengan Konsentrasi Larutan NaCl untuk probe 2



Gambar 5. Hubungan indeks bias dengan konsentrasi sodium chloride[6]



Gambar 6. Grafik Hubungan Daya Keluaran (au) dengan Konsentrasi Larutan NaCl untuk probe 1 dan probe 2

sensitif dibandingkan dengan probe sensor 1 (jenis kupasan jaket), hal ini ditunjukkan jelas pada pengujian kemolaran terbesar atau saat konsentrasi larutan NaCl 5 Molar. Pada saat itu probe sensor 2 memiliki daya keluaran yang lebih rendah dibandingkan probe sensor 1. DC yang difungsikan sebagai sensor kemolaran ini sangat berpengaruh dengan kondisi lingkungan, semakin besar perlakuan dan variasi yang diberikan maka semakin besar pula faktor penyebab rugi daya

pada sensor ini.

#### IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Setelah dilakukan penelitian *double coupler* sebagai sensor kemolaran, dapat diambil kesimpulan bahwa rugi daya yang terdeteksi berbanding lurus dengan konsentrasi larutan dan panjang kupasan. Probe sensor dengan daerah kupasan pada jaket dan *cladding* lebih sensitif dibandingkan dengan probe sensor dengan daerah kupasan pada jaket.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. J. Hoss and E. A. Lacy, *Fiber Optics*. New Jersey: Prentice-hall Inc (1993).
- [2] F. T. S. Yu and S. Yin, *Fiber Optic Sensors*. New York: Marcel Dekker Inc (2002).
- [3] E. Hariyanto, *Aplikasi Directional Coupler Serat Optik Mode Jamak Sebagai Sensor Getaran Berbasis Modulasi Intensitas*. Thesis, Fisika-FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (2011).
- [4] Samian, "Fabrikasi Directional Coupler Serat Optik," *JFA*, vol. 4, no. 2, pp. 080203-1 – 080203-5 (2008).
- [5] L. P. Rahayu, *Fabrikasi dan Karakterisasi Directional Coupler dan Double Coupler pada Bahan Serat Optik Plastik Step Index Multimode Tipe FD-620-10*. Tugas Akhir, Fisika-FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (2013).
- [6] W. M. bin M. Yunus, "Refractive index of solutions at high concentrations," *Appl. Opt.*, vol. 27, no. 16, pp. 3341-3343, Aug (1988).