

Aplikasi *Fiber coupler* Sebagai Sensor Konsentrasi Larutan Rhodamin B dalam Air

SAMIAN, A. H. ZAIDAN

Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga Surabaya
E-mail: samian@fst.unair.ac.id

ABSTRAK: Deteksi zat pewarna Rhodamin B dalam air yang berbahaya jika berada dalam makanan atau minuman, dapat dilakukan menggunakan *fiber coupler* sebagai sensor. Mekanisme kerja sensor adalah mendeteksi perubahan daya optis cahaya akibat seraban larutan Rhodamin B dalam air terhadap cahaya hijau yang digunakan sebagai sumber. Teknik refleksi digunakan dengan menempatkan larutan Rhodamin B diantara *probe* sensor dan cermin cekung. *Probe* sensor merupakan salah satu kanal keluaran *fiber coupler* yang berfungsi sebagai pemancar sekaligus penerima cahaya pantulan dari cermin cekung. Dengan prinsip seraban dan teknik refleksi tersebut, sensor yang dibangun mampu mendeteksi hingga konsentrasi 8 ppm dan resolusi 0,04 ppm sehingga mempunyai prospek yang bagus sebagai sensor Rhodamin B dalam pelarut air.

Kata Kunci: Rhodamin B, *fiber coupler*, cermin cekung, seraban, teknik refleksi.

PENDAHULUAN

Rhodamin B adalah zat pewarna yang banyak digunakan di tekstil, plastik, dan kertas. Rhodamin B berbentuk kristal dengan warna hijau atau ungu kemerahan. Bahan pewarna Rhodamin B sangat berbahaya jika digunakan sebagai pewarna pada makanan atau minuman. Dalam Permenkes RI Nomor 239 Tahun 1985 juga telah ditetapkan zat-zat pewarna berbahaya yang tidak boleh digunakan dalam bahan pangan, Rhodamin B termasuk didalamnya. Pada kenyataannya, Rhodamin B telah disalahgunakan sebagai pewarna jajanan/makanan atau minuman (Utami dkk., 2009, Yamlean, 2011, dan Silalahi, 2011) maupun kosmetik (Mamoto, 2013) yang beredar di masyarakat.

Untuk mendeteksi kadar Rhodamin dalam makanan atau minuman, perangkat yang biasa digunakan antara lain spektrofotometri UV-VIS dan kertas kromatografi. Metode kimia yang telah digunakan antara lain sensor berbentuk stik dengan reagen antimoni (Suhar, 2011), Tes Kit dari Pereaksi *Tetrakloroaurat* (Setyawati, 2011), *Voltammetry* (Susilo, 2011) serta masih banyak metode kimia lain. Penggunaan metode kimia tersebut hasilnya masih bersifat semikuantitatif.

Fiber coupler merupakan perangkat optik yang salah satunya berfungsi sebagai pembagi daya optik. *Fiber coupler* dibuat dari serat optik berbahan silika (*singlemode*) atau plastik (*multimode*). Dalam perkembangannya, *fiber coupler* dari bahan serat optik *multimode* dapat diaplikasikan sebagai sensor pergeseran dengan target cermin datar (Samian *at al.*, 2009) dan cermin cekung (Sefria dkk, 2013); temperatur (Samian dkk, 2010 dan 2012); ketinggian air (Samian dkk, 2011), bensin (Samian *at al.*, 2014), dan bahan bakar minyak (Samian dkk, 2014). Sebagai sensor kimia, *fiber coupler* telah diaplikasikan untuk mendeteksi kadar ion kadmium dalam air (Alan dkk., 2013); kadar glukosa dalam air berbasis sensor pergeseran dengan target cermin datar (Fina dkk., 2013) dan cermin cekung (Hilyati dkk., 2015).

Aplikasi *fiber coupler* sebagai sensor pergeseran dengan target cermin cekung menghasilkan keluaran sensor berupa tegangan keluaran detektor sebagai fungsi pergeseran. Tegangan maksimum terjadi pada posisi *probe* sensor berada disekitar radius kelengkungan cermin cekung. Dipihak lain, larutan Rhodamin B dalam air mempunyai sifat menyerab cahaya hijau. Dalam artikel ini, akan dipaparkan aplikasi *fiber coupler* untuk mendeteksi konsentrasi Rhodamin

B yang terlarut dalam air. Penempatan sampel (larutan Rhodamin B) diantara *probe* sensor dan cermin cekung serta prinsip seraban larutan Rhodamin B terhadap cahaya hijau menjadikan sensor yang dibangun mempunyai akurasi yang tinggi.

Desain dan Prinsip Kerja Sensor

Desain sensor konsentrasi Rhodamin B menggunakan menggunakan *fiber coupler* dapat dilihat pada Gambar 1. Prinsip kerja sensor berbasis pada modulasi intensitas dengan teknik refleksi dengan cermin cekung sebagai reflektor. Modulasi intensitas terjadi karena fenomena seraban larutan Rhodamin B terhadap cahaya hijau yang melintasinya. Mekanisme deteksi yang terjadi adalah cahaya keluaran dari *probe* sensor (salah satu kanal keluaran *fiber coupler*) yaitu P_e melewati sampel (larutan Rhodamin B) menuju cermin cekung. Posisi *probe* sensor berada pada jarak radius cermin cekung (d). Cahaya balik pantulan dari cermin cekung (P_b) akan mengumpul dan masuk kembali ke *probe* sensor. Dengan demikian panjang lintasan optis cahaya yang melewati sampel nilainya sebesar $2d$. Cahaya balik yang masuk ke *probe* sensor separuhnya dikopel dan diteruskan ke detektor optis dan terbaca dalam bentuk tegangan keluaran detektor.

Perubahan daya optis cahaya balik yang masuk ke kembali *probe* sensor terjadi semata-mata karena perubahan konsentrasi larutan Rhodamin B. Perubahan daya optis cahaya terjadi karena dua hal, yang pertama adalah seraban sampel terhadap cahaya yang melewatinya, yang kedua adalah pembiasan cahaya oleh sampel karena perubahan konsentrasi yang dapat mengubah nilai indeks bias sampel. Pengaruh seraban oleh sampel dapat ditelaah dari Hukum Beer Lambert melalui persamaan berikut :

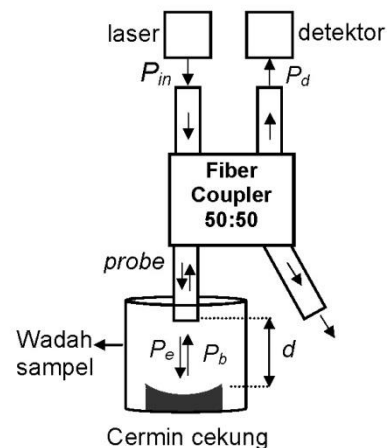
$$P = P_0 \exp(-2dec) \quad (1)$$

dengan ketentuan, e , c , $2d$, P , dan P_0 masing masing adalah koefisien absorpsi sampel, konsentrasi sampel, panjang lintasan optis cahaya yang melewati sampel, daya optis cahaya sebelum dan

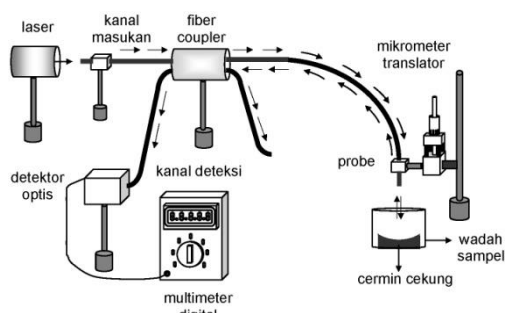
setelah melewati sampel. Dengan demikian mekanisme deteksi konsentrasi Rhodamin B dalam air dilakukan melalui perubahan tegangan keluaran detektor.

EKSPERIMEN

Perangkat yang digunakan dalam eksperimen antara lain Laser hijau (532 nm dan 20 mW), laser He-Ne (632,8 nm dan 10 mW) sebagai sumber, PDA 100A sebagai detektor optik dengan multimeter digital (Fluke) untuk membaca tegangan keluarannya. *Fiber coupler* yang digunakan berjenis multimode berstruktur 2x2 dari bahan plastik (diameter dan panjang masing-masing 1 mm dan 1m, kopling rasio 50/50, *insertion loss* 3.7 – 5.6 dB, dan *excess loss* 1,6 dB). Cermin cekung dengan panjang fokus 4,5 mm dan diameter cermin 9 mm (*protected aluminum*) digunakan sebagai reflektor dan diletakkan di dasar wadah sampel (berbentuk kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm). Mikrometer translator digunakan untuk menggeser *probe* sensor. Perangkat yang digunakan disusun seperti pada Gambar 2. Perangkat pendukung yang digunakan adalah spektrofometri UV-vis dan refraktometer Abbe masing-masing untuk mengetahui spektrum seraban dan mengukur indeks bias larutan Rhodamin B.



Gambar 1. Desain sensor konsentrasi Rhodamin B menggunakan menggunakan *fiber coupler*.



Gambar 2. Set up eksperimen sensor konsentrasi Rhodamin B dalam air.

Prosedur eksperimen yang pertama adalah mengkarakterisasi pergeseran *probe* sensor terhadap cermin cekung. Langkah tersebut dilakukan dengan menempatkan sensor hampir berhimpit dengan cermin cekung (posisi awal *probe* tidak menyentuh permukaan cermin cekung karena dikhawatirkan merusak lapisan aluminium cermin), kemudian *probe* digeser menjauhi cermin cekung dengan mencatat tegangan keluaran detektor setiap *probe* bergeser 100 μm . Sumber cahaya yang digunakan adalah laser hijau. Pencatatan dilakukan sampai pergeseran tidak menghasilkan perubahan tegangan keluaran detektor yang signifikan. Tujuan prosedur pertama tersebut adalah untuk menentukan posisi *probe* yang menghasilkan tegangan puncak keluaran.

Prosedur yang kedua adalah eksperimen untuk mendeteksi konsentrasi larutan Rhodamin B dalam air menggunakan laser hijau dan laser He-Ne (merah). prosedur tersebut dilakukan dengan menempatkan *probe* pada posisi yang menghasilkan tegangan puncak (hasil dari prosedur pertama). Selanjutnya, dengan menggunakan laser hijau, wadah sampel diisi larutan Rhodamin B dalam air sampai tingginya melampaui posisi *probe* dan mencatat tegangan keluaran detektor. Konsentrasi larutan Rhodamin B yang diuji mulai dari 0 ppm sampai 30 ppm dengan interval konsentrasi sebesar 2 ppm. Pengulangan pengukuran dilakukan sebanyak lima kali. Larutan Rhodamin B dengan konsentrasi 0 ppm adalah air (akuades). Selanjutnya, langkah yang sama

dilakukan dengan menggunakan laser merah.

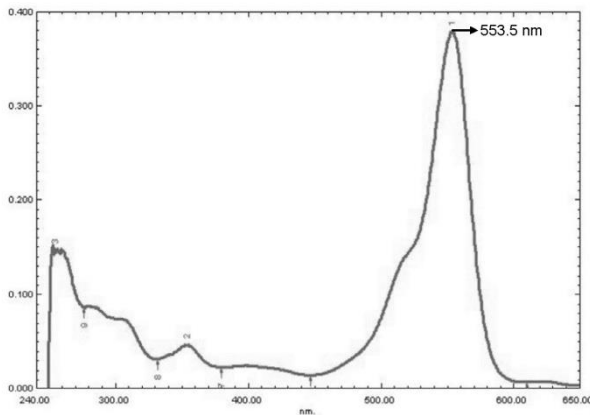
Prosedur yang ketiga adalah menguji stabilitas sensor dan pengukuran indeks bias larutan Rhodamin B untuk setiap konsentrasi yang diuji menggunakan refraktor meter Abbe. Uji stabilitas sensor dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran detektor saat mendeteksi konsentrasi Rhodamin B dengan konsentrasi terkecil, medium dan terbesar setiap 30 s dan selama 900 s.

HASIL DAN PEMBAHASAN

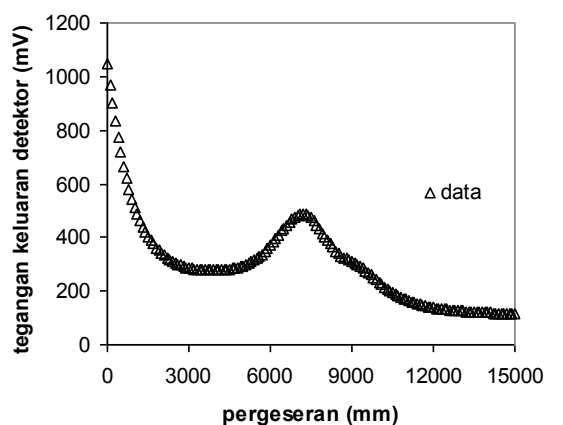
Hasil uji spektrum seraban larutan Rhodamin B dalam air dengan konsentrasi 1 ppm diperlihatkan pada Gambar 3. Puncak seraban terjadi pada panjang gelombang 553,4 nm. Dalam gambar 3, panjang gelombang 532 (laser hijau) yang merupakan panjang gelombang laser yang digunakan, juga diserab oleh larutan Rhodamin B. Sementara itu, laser merah dengan panjang gelombang 632,8 nm tidak diserab. Dengan demikian penggunaan laser hijau pada eksperimen sudah tepat jika prinsip kerja sensor berdasarkan seraban. Dipihak lain, penggunaan laser merah dalam eksperimen dimaksudkan untuk menguji pengaruh perubahan indeks bias akibat perubahan konsentrasi larutan Rhodamin B terhadap kinerja sensor.

Karakterisasi pergeseran *probe* sensor terhadap cermin cekung menghasilkan data perubahan tegangan keluaran detektor terhadap pergeseran. Data tersebut diperlihatkan melalui grafik pada Gambar 4. Dari grafik tersebut terdapat tegangan puncak yang bernilai 490 mV pada posisi *probe* sebesar 7,2 mm. Tegangan puncak terjadi karena berkas cahaya pantulan dari cermin cekung (jika datangnya menyebar) akan berkumpul pada titik yang merupakan radius kelengkungan cermin. Karena bentuk berkas keluaran dari *probe* berbentuk Gaussian dan posisi awal pergeseran (posisi 0 μm) tidak berada pada dasar kelengkungan cermin, maka posisi mengumpulnya berkas tidak berada tepat di radius cermin cekung yang digunakan yang bernilai 9 mm. Posisi *probe* 7,2 mm yang menghasilkan tegangan puncak

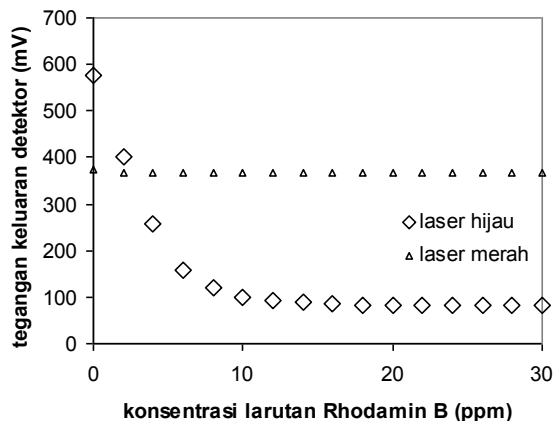
digunakan sebagai acuan untuk menempatkan *probe* secara permanen pada saat eksperimen deteksi konsentrasi Rhodamin B.



Gambar 3. Spektrum seraban larutan Rhodamine B pada konsentrasi 1 ppm.



Gambar 4. Grafik hasil karakterisasi pergeseran *probe* sensor terhadap cermin cekung.



Gambar 5. Data hasil deteksi konsentrasi Rhodamin B dalam air menggunakan laser hijau dan merah.

Data hasil deteksi konsentrasi larutan Rhodamin B dalam air menggunakan laser hijau dan laser merah diperlihatkan pada Gambar 5. Dari grafik pada Gambar 5, terlihat bahwa perubahan konsentrasi larutan Rhodamin B relatif tidak menghasilkan perubahan tegangan keluaran. Tegangan keluaran detektor yang dihasilkan bernilai konstan sebesar 368 mV (kecuali konsentrasi 0 ppm sebesar 375 mV). Perubahan konsentrasi Rhodamin B dari 2 ppm sampai 30 ppm tidak mengubah nilai indeks bias larutan Rhodamin B. Hasil tersebut sesuai dengan pengukuran nilai indeks bias larutan Rhodamin B menggunakan refraktometer Abbe yaitu sebesar 1,338 untuk konsentrasi 2 ppm – 30 ppm. Sementara itu, konsentrasi 0 ppm (akuades) nilai indeks biasnya sebesar 1,333.

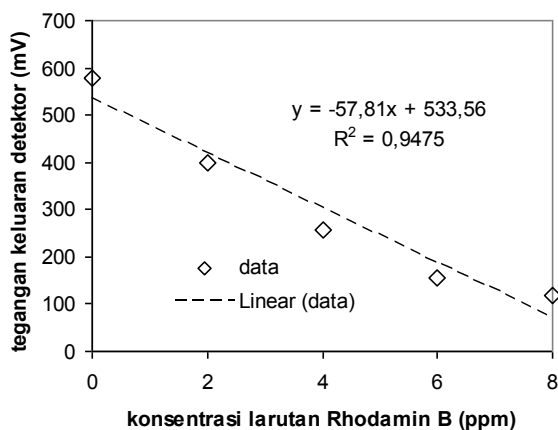
Hasil deteksi konsentrasi larutan Rhodamin B dalam air menggunakan laser hijau memperlihatkan nilai tegangan keluaran detektor menurun secara eksponensial seiring bertambahnya nilai konsentrasi. Untuk konsentrasi lebih dari 16 ppm, tegangan keluaran detektor tidak berubah secara signifikan. Hal tersebut dapat dipahami dari lintasan optik yang ditempuh cahaya cukup besar yaitu $2 \times 7,2$ mm ($2d$ dalam persamaan (1)). Nilai 2 merupakan perjalanan cahaya bolak-balik dari *probe* – cermin cekung – *probe*. Nilai tegangan keluaran detektor yang terbaca pada konsentrasi lebih besar dari 16 ppm merupakan nilai tegangan *of-set* dari perangkat yang digunakan. Untuk konsentrasi lebih besar dari 16 ppm, sesungguhnya tidak ada cahaya yang masuk ke *probe* sensor karena sudah diserab semua oleh larutan Rhodamin B. Dengan demikian jangkauan yang dihasilkan sensor bernilai 0 ppm – 16 ppm.

Daerah kerja sensor merupakan daerah linier dari grafik pada Gambar 5. Daerah linier dari grafik Gambar 5 beserta hasil uji linieritas dapat dilihat pada Gambar 6. Daerah linier yang dihasilkan mempunyai rentang 0 ppm – 8 ppm dengan tingkat linieritas lebih besar dari 97 %. Dari uji linieritas, juga dihasilkan persamaan linier seperti yang tertera pada Gambar 6. *Slope* grafik linier merupakan nilai sensitivitas sensor. Dari

hasil uji linieritas dihasilkan nilai sensitivitas sensor sebesar 57,8 mV/ppm

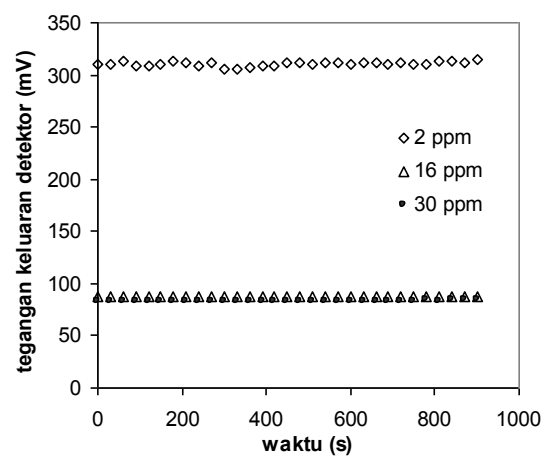
Uji stabilitas sensor menghasilkan data seperti yang diperlihatkan pada Gambar 7. Seperti dijelaskan sebelumnya, untuk konsentrasi lebih besar dari 16 ppm, tegangan keluaran detektor yang terbaca merupakan nilai *of-set* dari perangkat yang digunakan. Oleh karena itu hasil uji pada konsentrasi 16 dan 30 ppm, tegangan keluaran detektor bernilai hampir konstan. Standard deviasi (ΔV) yang dihasilkan pada konsentrasi tersebut nilainya sangat kecil yaitu 0,1 mV. Sementara itu, untuk konsentrasi 2 ppm nilai standard deviasi yang dihasilkan sebesar 2,1 mV. Nilai standard deviasi yang dihasilkan dapat digunakan untuk menentukan nilai resolusi sensor yaitu perbandingan antara nilai standard deviasi terhadap nilai sensitivitas sensor. Karena rentang daerah linier sensor sebesar 0 ppm – 8 ppm, maka nilai standar deviasi yang digunakan sebesar 2,1 mV. Pembagian nilai tersebut dengan nilai sensitivitas sensor sebesar 57,8 mV/ppm, dihasilkan nilai resolusi sebesar 0,04 ppm.

yang sangat baik. Walaupun jangkauan deteksi hanya sampai 16 ppm, resolusi yang dihasilkan sensor sangat tinggi yaitu 0,04 ppm. Karena sifat Rhodamin B yang beracun jika berada dalam makanan atau minuman, maka deteksi keberadaan Rhodamin harus dapat dilakukan dengan konsentrasi sekecil mungkin. Hasil eksperimen ini dapat menjadi masukan bagi pengembangan perangkat pendeteksi atau perangkat ukur konsentrasi Rhodamin yang mudah pengoperasiannya, mudah dan sederhana analisisnya, dapat dilakukan dalam waktu yang cepat, dan biaya yang tidak terlalu mahal.



Gambar 6. Grafik linier hubungan antara tegangan keluaran detektor terhadap konsentrasi Rhodamin B dalam air.

Dari parameter-parameter yang dihasilkan oleh sensor, secara keseluruhan, karakteristik sensor diperlihatkan melalui Tabel 1. Dari karakteristik tersebut, terlihat bahwa sensor konsentrasi Rhodamin B dalam air menggunakan *fiber coupler* yang berhasil dibangun memperlihatkan kinerja sensor



Gambar 7. Grafik hasil uji stabilitas sensor.

Tabel 1. Karakteristik sensor konsentrasi Rhodamin B dalam air menggunakan *fiber coupler* dan cermin cekung sebagai reflektor.

Parameter	Nilai
Jangkauan (ppm)	0 - 16
Rentang daerah linier (ppm)	0 - 8
Sensitivitas (mV/ppm)	57,8
Resolusi	0,04

KESIMPULAN

Berbasis pada modulasi intensitas dan menggunakan teknik refleksi dengan cermin cekung sebagai reflektor, *fiber coupler* dapat diaplikasikan sebagai sensor konsentrasi Rhodamin B dalam air. Dengan kemampuan mendeteksi hingga konsentrasi 8 ppm dan resolusi 0,04 ppm, sensor yang dibangun mempunyai prospek untuk digunakan sebagai pendeteksi

keberadaan Rhodamin B yang bersifat racun jika berada dalam makanan atau minuman.

DAFTAR RUJUKAN

- Alan Andriawan, Pujiyanto, Samian, 2013, *Pengembangan Spektrofotometri Menggunakan Fiber Coupler Untuk Mendeteksi Kadar Ion Kadmium Dalam Air*, Jurnal Fisika dan Terapannya, Vol. 1, No. 2, hal.1-8.
- Fina Nurul Aini, Samian, Moh. Yasin, 2013, Deteksi Kadar Glukosa dalam Air Destilasi Berbasis Sensor Pergeseran Menggunakan Fiber Coupler, Jurnal Fisika dan Terapannya, Vol. 1, No. 1, hal. 1 – 7.
- Hilyati N, Samian, Moh. Yasin, 2015, Deteksi Konsentrasi Kadar Glukosa Dalam Air Destilasi Berbasis Sensor Pergeseran Serat Optik Menggunakan Cermin Cekung Sebagai Target, Jurnal Fisika dan Terapannya, Vol. 3, No. 1, hal. 14 – 19.
- Mamoto, L.V, Citraningtyas, F.G. 2013. Analisis Rhodamin B pada Lipstik yang Beredar di Pasar Kota Manado. Jurnal Ilmiah Farmasi, 2(2).
- Samian, Yono Hadi Pramono, Ali Yunus Rohedi, Febdian Rusydi, A.H. Zaidan, 2009, *Theoretical and Experimental Study of Fiber-Optic Displacement Sensor Using Multimode Fiber Coupler*, Journal of Optoelectronics and Biomedical Materials, Vol. 1, Issue 3, p. 303 – 308.
- Samian dan Gatut Yudoyono, 2010, *Aplikasi Multimode Fiber Coupler sebagai Sensor Temperatur*, Jurnal Fisika dan Aplikasinya, Vol. 6, No.1, hal. 100104-1 - 100104-4.
- Samian dan Supadi, 2011, *Sensor Ketinggian Air Menggunakan Multimode Fiber Coupler*, Fisika dan Aplikasinya, Vol. 9, No.1, hal. 100104-7 - 100104-11.
- Samian, Supadi, Pujiyanto, 2012, Deteksi Temperatur Berbasis Sensor Pergeseran Serat Optik Menggunakan Logam Sebagai Probe, Jurnal Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Vol. 15 No. 1, hal. 7 – 10.
- Samian, G.Y.Y. Yhosep, A.H. Zaidan, Herlik Wibowo, 2014, *Gasoline level sensor based on displacement sensor using fiber coupler*, Measurement 58, 342–348.
- Samian dan Supadi, 2014, Aplikasi Fiber Coupler Sebagai Sensor Ketinggian Bahan Bakar Minyak, 2014, FOTON, Vol. 18, No, 1, hal. 19 – 22.
- Sefria Anggarani, Samian, AdriSupardi, 2013, Studi Teori dan Eksperimen Sensor Pergeseran Menggunakan Fiber Coupler Dengan Target Cermin Cekung, Jurnal Fisika dan Terapannya, Vol. 1, No. 1, hal. 48 – 57.
- Setyawati, R.D. 2011. Pembuatan Tes Kit dari Pereaksi *Tetrakloroaurat [AuCl₄]* untuk Deteksi Rhodamin B dalam Minuman secara *Spot Test*. Skripsi S-1 Kimia. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Silalahi, J., Rahman, F. 2011. Analisis Rhodamin B pada Jajanan Anak Sekolah Dasar di Kabupaten Labuhan Batu Selatan, Sumatera Utara. J Indon Med Assoc, 61(7).
- Suhar, 2011. Sensor Kimia Bentuk Stik Menggunakan Reagen *Antimoni (V)* Untuk Mendeteksi Rhodamin B dalam Sampel Makanan. Skripsi S-1 Kimia. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Susilo, N.R. 2011. Analisis Rhodamin B secara *Voltammetry Lucutan Adsorbitive* dengan Elektroda Kerja *Glassy*. Skripsi S-1 Kimia. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Utami, W., Suhendi, A. 2009. Analisis Rhodamin B Dalam Jajanan Pasar dengan Metode Kromatografi Lapis Tipis. Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi, 10(2): 149.
- Yamlean, P.V.Y. 2011. Identifikasi dan Penetapan Kadar Rhodamin B pada Jajanan Kue Berwarna Merah Muda yang Beredar di Kota Manado. Jurnal Ilmiah Sains, 11(2).