

RANCANG BANGUN SISTEM CERDAS *COLLISION-SENSOR* BERBASIS *POLYMER OPTICAL FIBERS (POF)* UNTUK DETEKSI TABRAKAN PADA KENDARAAN

Isa Albanna

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS)
Jl. Arief Rahman Hakim No 100, Surabaya 60117 Indonesia, E-mail: isa.albanna@yahoo.com

ABSTRAK

Pada penelitian dilakukan rancang bangun sistem cerdas *collision-sensor* berbasis *Polymer Fiber Optic (POF)* untuk mendeteksi tabrakan pada kendaraan yaitu jenis mobil. Tujuan dari penelitian adalah untuk membuat rancangan sensor berbasis POF sebagai deteksi tabrakan sehingga sensor tersebut mampu mengaktifkan sistem *air-bag* pada sebuah sistem keselamatan kendaraan. Tabrakan merupakan bentuk kecelakaan disebabkan adanya tumbukan yang bersifat gaya-impulsif. Deskripsi rancangan sistem cerdas terdiri dari sensor tabrakan-POF dengan morfologi benkokan (*bending*) dan unit mikrokontroler ATMEGA8535 sebagai pengolah data. Pengujian dilakukan dengan metode pembebanan untuk menghasilkan benkokan pada POF dan perekaman digital *real-time* respons impulsif sensor. Pembengkokan POF digunakan untuk melihat pola atenuasi intensitas cahaya yang ditransmisikan. Pembebanan dilakukan dengan menggunakan beban bermassa 1 kg sampai dengan 5 kg dan diperoleh hasil pengukuran berupa perubahan linier tegangan antara 1 volt sampai dengan 4,5 volt. Hasil respons sensor terhadap gaya impulsif adalah 0,19 Volt/sekond. Dasar sistem cerdas dalam pengambilan keputusan adanya deteksi tabrakan diperoleh dari besar gaya yang menumbuk dan respons impuls. Diharapkan dari penelitian ini diperoleh sistem sensor cerdas untuk mendeteksi tabrakan sehingga mampu meningkatkan sistem keselamatan pengguna kendaraan.

Kata kunci : sistem cerdas, POF, kendaraan, tabrakan, sensor, gaya

ABSTRACT

In research done design of intelligent systems collision-sensor based on Polymer Fiber Optic sensors (POF) for detecting a vehicle crash on the type of car. The aim of the research is to create a design based sensors POF as crash detection so that the sensor is able to activate the air-bag system on a vehicle safety system. Collision is a form of accidents that are caused by impact-impulsive force. Description intelligent system design consists of a collision sensor-POF with bending treatment and a microcontroller unit ATMEGA8535 as a data processor. Testing of done with the loading method to produce a bend on POF and real-time digital recording impulsive response sensor. Bending POF used to see the pattern of the transmitted light intensity attenuation. Of loading done by using a mass load of 1 kg to 5 kg and measuring the results was obtained in the form of a linear change of voltage between 1 volt to 4.5 volt. he results of the sensor response to the impulsive force is 0.19 volts/second. Basic intelligent systems in their decision making crash detection was obtained from a large force crashing and impulse response. It is expected from this research is obtained intelligent sensor system for detect crash so as to improve user safety system of the vehicle.

Key words: intelligent systems, POF, vehicles, crash, sensors, force

PENDAHULUAN

Kendaraan dapat didefinisikan sebagai konstruksi media untuk pemindah – transportasi-barang atau manusia (Buzeman, dkk., 1998). Perkembangan transportasi dan pengguna kendaraan menyebabkan perlu dilakukan perhatian terkait dengan proses manufaktur. Pada perancangan desain kendaraan perlu diperhatikan beberapa parameter penting diantaranya adalah proteksi keselamatan bagi pengguna dan standart ergonomi untuk keselamatan pengguna kendaraan lainnya (Brolin, dkk.). Sistem proteksi keselamatan pada desain kendaraan dapat dibagi menjadi dua yaitu sistem aktif berbasis

elektronik-cerdas untuk menghindari adanya tabrakan (Armingol, dkk., 2007, Ku, dkk., 2013, Taghvaeeyan dan Rajamani, 2014) dan sistem pasif untuk memproteksi pengguna kendaraan ketika terjadi tabrakan (Deb, dkk., 2004, Butler, dkk., 1993). Realisasi sistem pasif proteksi keselamatan pada umumnya berupa desain konstruksi rangka (Deb, dkk., 2004) dan kantong udara untuk mengurangi resiko cedera. Inovasi terkait kantong udara banyak dikembangkan dalam penelitian untuk mendapatkan optimalisasi kerja dan efisiensi (Mon, 2007, Pai, dkk., 1998). Integrasi sensor tabrakan berbasis mekanik dan berbasis logam-resistif telah dikembangkan

untuk mengaktifkan kantong udara saat terjadi kecelakaan (Pai, dkk., 1998).

Kelemahan sensor berbasis mekanik adalah faktor korosi material dan morfologi yang cukup besar. Pada sensor tabrakan berbasis logam resistif pada umumnya terintegrasi dengan medan elektromagnet disekitar kendaraan. Sebagai solusi terkait permasalahan yang ada, maka dalam penelitian ini dilakukan rancang bangun sistem cerdas *collision-sensor* berbasis *Polymer Optical Fiber* (POF) sebagai deteksi tabrakan. Tujuan dari penelitian adalah membuat sensor cerdas dan mampu diintegrasikan dengan sistem proteksi keselamatan berupa kantong udara. Secara sederhana prinsip kerja sensor cerdas tersebut adalah ketika terjadi tabrakan pada salah satu sisi kendaraan, maka sensor tersebut akan mengolah sinyal listrik dan akan diambil keputusan untuk pengaktifan kantong udara. Diharapkan luaran penelitian ini dapat menjadi rujukan teknik dan diperoleh model sensor yang efektif untuk sistem proteksi keselamatan penggunaan kendaraan saat terjadi kecelakaan.

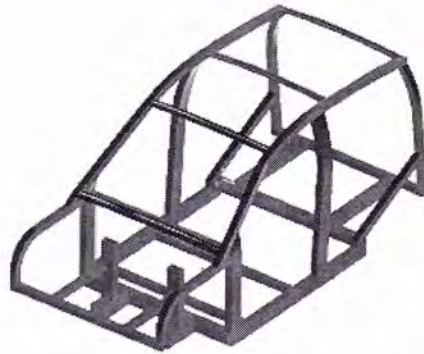
URAIAN PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan empat tahap pengerjaan yaitu pengumpulan literatur sebagai referensi, pemodelan elektronika, perancangan sistem dan pengujian.

Tahap Pendekatan Teoritis

Tahap pertama dilakukan peninjauan dasar sensor berbasis POF dan sistem proteksi keselamatan menggunakan kantong udara. Pada dunia komunikasi POF merupakan bentuk media transmisi data dengan metode pemanduan cahaya (Ziemann, dkk., 2008). Cahaya dipandu melewati inti (*core*). Pemanduan terjadi akibat adanya refraksi kontinyu akibat perbedaan indeks bias antara *core* dan *cladding* (Ziemann, dkk., 2008). Pada aplikasi sensor berbasis fiber optik, parameter fisis yang bisa diambil diantaranya adalah intensitas, pola citra dan spektrum gelombang (Chambers, dkk., 2007, Chen, dkk., 2012, LeBlanc dan Measures, 1992).

Inovasi penggunaan fiber optik sebagai sensor dapat ditemukan pada penelitian yang dilakukan oleh Riberio yaitu perancangan sensor tabrakan (*impact*) dengan arah planar menggunakan jenis *Fiber Bragg Grating* (FGB) (Heasley, dkk., 1997).



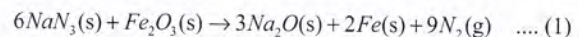
Gambar 1. Desain rangka kendaran untuk sistem proteksi saat terjadi kecelakaan (Deb, dkk., 2004).

Inovasi juga dilakukan oleh Fei Luo (Luo, dkk., 1999) dalam penelitian terkait perancangan sensor fiber optik untuk deteksi perubahan struktur dengan metode *mikro-bending*.

Sistem proteksi keselamatan kendaraan dapat berupa sebuah rangka mekanik. Penyusunan rangka mekanik dapat didesain dengan melihat aspek model distribusi gaya saat terjadi kecelakaan (Deb, dkk., 2004).

Bentuk lain sistem proteksi keselamatan adalah kantong udara. Kantong udara adalah sebuah sistem yang terdiri dari bagian sensor pengaktif, pemercik (*inflator*), kantong udara dan material Sodium Azida (Butler, dkk., 1993).

Pada saat terjadi kecelakaan, sensor benturan akan aktif dan terjadi pemercikan pada inflator yang menyebabkan reaksi kimia untuk menghasilkan gas Nitrogen (N_2). Dengan reaksi seperti pada persamaan (1), yaitu reaksi endoterm pembentukan gas Nitrogen pada kantong udara (Ebbing dan Gammon, 2009).

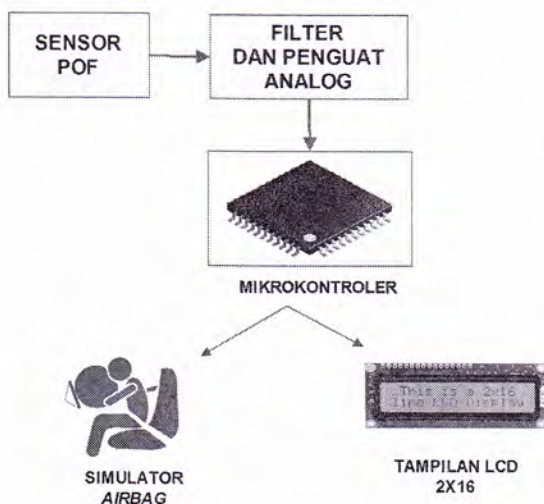


Gambar 2. Sistem proteksi berupa rangka-dasar dan kantong udara. (©Astra-Toyota)

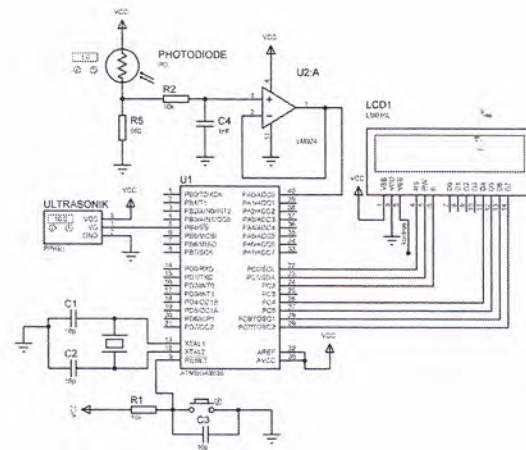
Tahap Pengerjaan Rangkaian Elektronik

Pada tahap ini dilakukan pengerjaan rangkaian elektronik sebagai unit pengolah data dari luaran sensor POF hingga dilakukan pengambilan keputusan berupa kondisi bahaya dan luaran simulator *airbag*. Rangkaian tersusun dari beberapa blok diantaranya adalah sistem sensor penerima intensitas cahaya, filter sinyal analog, penguat oprasional, mikrokontroler dan aktuator. Rangkaian penerima intensitas cahaya pada POF digunakan sensor *phototransistor Tipe BPT1331*. Pengolah sensor tersebut digunakan rangkaian penguat oprasional untuk proses penguatan sinyal dan filter analog. Hasil luaran sinyal analog dihubungkan pada piranti *Analog-Digital Converter (ADC)* yang *embbded* dalam mikrokontrol AVR ATMEGA8535. Skema perancangan ditunjukkan dalam Gambar 3, yaitu integrasi sistem cerdas untuk pengolah sensor tabrakan berbasis fiber optik.

Diperlukan filter analog yaitu filter tapis rendah untuk menyaring derau berfrekuensi tinggi. Sebagai konverter analog menjadi digital digunakan ADC-10 bit yang merupakan fitur pada mikrokontrol ATMEGA8535. Terdapat dua macam piranti luaran rangkaian elektronik, yaitu simulator *air bag* dan tampilan *alphanumeric-LCD 2x16*. Simulator prototipe *air bag* dirancang menggunakan blok elektronik untuk proses perekaman data menggunakan antar muka komputer. Data dikirim menuju komputer untuk melihat waktu respons sistem saat terjadi tumbukan hingga *air bag* dinyatakan mengembang. Proses pengiriman data melalui secara komunikasi serial.



Gambar 3. Integrasi sistem cerdas pengolah sensor tabrakan berbasis POF.



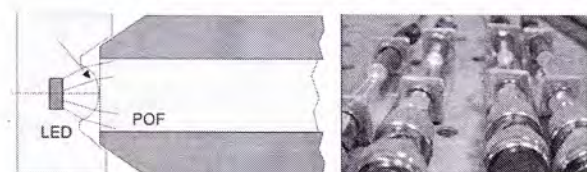
Gambar 4. Rangkaian ATMEGA8535 sebagai pengolah data sentral dan sistem cerdas pengambil keputusan.

Bentuk rangkaian elektronika dalam simulasi ditunjukkan seperti pada Gambar 4, yaitu rangkaian minimum sistem ATMEGA8535 pengolah sinyal masukan dan luaran.

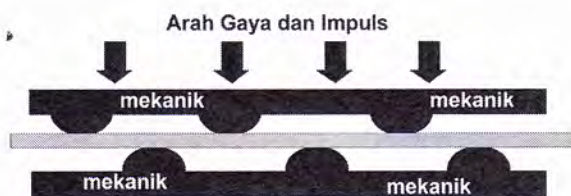
Tahap Perancangan Collision-Sensor

Pada tahap perancangan dilakukan perancangan sensor POF untuk mendeteksi adanya tabrakan dari beberapa sisi kendaraan. Tipe POF yang digunakan pada penelitian adalah **FDP-320-10** dari produk **Autonics**. Susunan sensor terdiri dari unit LED-merah ($\lambda=650nm$) pemancar cahaya, POF dan unit *receiver* menggunakan *phototransistor*. Pada Gambar 5, merupakan ilustrasi instalasi unit pemancar LED-merah sebagai sumber cahaya yang nantinya ditransmisikan dalam POF. Cahaya terpandu akan ditangkap menggunakan *phototransistor*.

Untuk meningkatkan sensitivitas sensor POF dalam mendeteksi adanya gaya yang dihasilkan saat tabrakan dilakukan pelekukan kecil (*micro-bending*). Rancangan sensor dengan pelekukan juga dilakukan oleh N.K. Pandey (Pandey dan Yadav, 2006) dalam penelitian terkait sistem *embbded* sensor fiber optik tipe PCS 600 sebagai sensor patahan. Pada penelitian ini proses pelekukan dilakukan dengan mengapit



Gambar 5. Instalasi sumber cahaya pada POF



Gambar 6. Perlakuan *micro-bending* POF untuk memperbesar sensitivitas sensor.

POF dengan bidang bergelombang ditunjukkan seperti pada Gambar 6, yaitu ilustrasi mekanik sensor POF. Ketika dilakukan pemberian gaya (F), maka terjadi pelekukan kecil yang menyebabkan adanya penurunan intensitas cahaya terpandu dalam POF.

Tahap Pengujian

Pada tahap ini dilakukan empat pengujian yaitu pengujian pembebanan sensor POF untuk melihat sensitivitas, pengujian respon sensor terhadap gaya yang bersifat impulsif dan sistem cerdas embedded untuk pengambilan pernyataan pengembangan *air bag*.

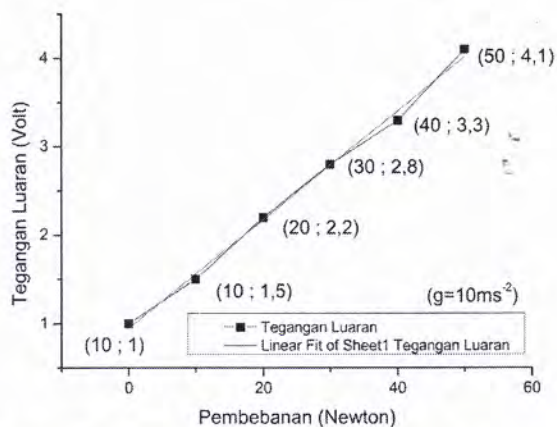
HASIL DAN PEMBAHASAN

Melalui proses tahap pengujian didapatkan sesrangkaian data yang akan dijelaskan dalam masing-masing tipe pengujian sebagai berikut :

Pengujian Pembebanan sensor POF

Pengujian pembebanan dilakukan untuk melihat sensitifitas sensor dalam menanggapi perubahan fisis berupa gaya dari luar. Proses pengujian dilakukan dengan memberikan variasi beban pada sistem sensor POF. Variasi pembebanan dilakukan dari kondisi tanpa beban hingga maksimum adalah 5 kg dengan interval perubahan adalah 1 kg. Dengan mengasumsi percepatan grafitasi bumi adalah 10 ms^{-2} , sehingga diperoleh parameter gaya dalam satuan Newton (N). Pada Gambar 7, merupakan bentuk grafik hasil pengujian pembebanan dengan pola linier. Model linier yang dihasilkan oleh grafik nantinya akan digunakan sebagai fungsi transfer pembacaan sensor yang telah dirancang.

$$y(x) = 0.0614x + 0.9476 \quad \dots (2)$$



Gambar 7. Grafik fungsi transfer sensor POF

Fungsi transfer merupakan bentuk pengubahan nilai pembacaan gaya (F) menjadi domain tegangan. Sehingga unit pengolah data akan secara langsung melakukan konversi ketika terdapat perubahan tegangan yang masuk pada ADC. Dalam mikrokontroler ATMEGA8535 ADC yang digunakan adalah 10-bit sehingga mampu mencacah dengan ketelitian sekitar 0,0048 volt pada *span* pembacaan sensor adalah 5 volt. Data perubahan tegangan disimpan oleh mikrokontroler untuk mengetahui adanya gaya luar yang menekan objek sensor. Terjadi lineritas dengan gradien naik, sehingga terdapat korelasi kenaikan antara sinyal tegangan analog luaran sensor dan besar gaya.

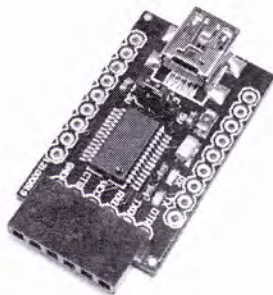
Pengujian respons sensor POF

Indikasi adanya tabrakan adalah gaya yang bersifat besar dan impulsif. Sehingga pada sistem cerdas dilakukan pengujian respons sensor dalam menanggapi gaya impuls. Gaya impuls diberikan dengan metode penjatuhan bebas vertikal beban berupa bola pejal logam ber-massa 1 kg pada sensor POF untuk dilihat karakteristik respons perubahan nilai. Pengujian jatuhan bebas sederhana mengacu pada konsep kesetaraan energi mekanik. Dengan mengabaikan gesekan udara, maka diperoleh persamaan kecepatan bola saat mengenai sensor seperti dirumuskan pada persamaan (3), yaitu persamaan kinematika (Young, dkk., 2011). Ketinggian benda saat dilepas adalah 2 meter.

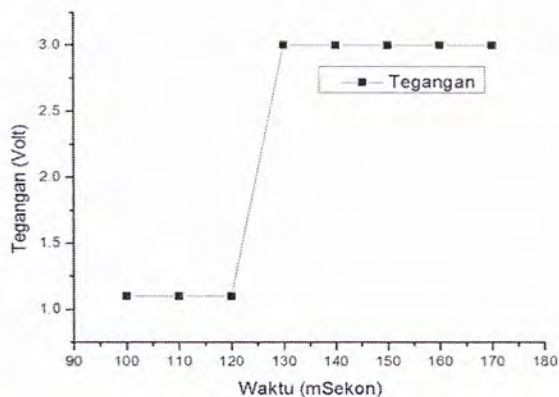
$$V_{akhir} = \sqrt{2gh} \quad \dots (3)$$

Pengukuran respons transien sensor terhadap gaya yang bersifat impuls dilakukan dengan antar muka komputer. Hal ini untuk mendapatkan keakuratan pengukuran waktu respons. Perangkat *real-time* menggunakan perangkat antar-muka komputer berbasis USB to serial communication **FTDI Basic Breakout FT232RL- DFRobot UK**. Modul Rangkaian antar-muka tunjukkan seperti pada Gambar 8, yaitu konfigurasi modul FT232RL konvertr komunikasi serial-USB (2010). Pemilihan modul FTDI karena mampu melakukan pengiriman data sebesar 3Mb/s.

Hasil pengukuran adalah data perubahan tegangan dan waktu respons sensor. Pengujian ditujukan untuk mengetahui seberapa cepat respons sensor dalam menanggapi perubahan. Respons sensor dapat diketahui dengan melihat grafik kemiringan ketika terjadi perubahan tegangan. Perumusan gradien dapat digunakan sebagai bentuk matematis untuk parameter respons sensor dalam dimensi nilai per-waktu. Pada persamaan (4) merupakan bentuk gradien untuk perhitungan respons sensor. Dari



Gambar 8. Rangkaian modul FTDI Basic Breakout FT232RL.



Gambar 9. Grafik respons sensor POF sebagai sensor tabrakan.

persamaan tersebut diketahui respons sensor adalah 0,19 Volt/mSekon.

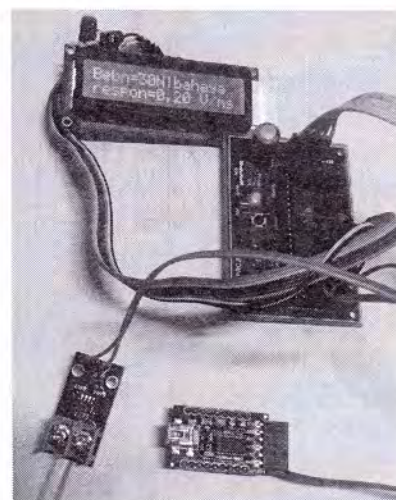
$$\text{Respon sensor} = \frac{\Delta \text{tegangan}}{\Delta \text{waktu}} \dots (4)$$

Pengujian Sistem Embedded

Hasil pengujian sistem embedded yang tersusun dari mikrokontroler adalah suatu hasil keputusan berupa perintah untuk membuka *air bag* atau sebuah keputusan aman. Parameter keputusan diperoleh dari data besar gaya dan pola impuls dari masing-masing sisi kendaraan yang diletakkan sensor. Parameter indikator adanya tabrakan adalah ketika besar gaya yang menumbuk sensor besar diatas 50N dan besar impuls diatas 0,15 mV/mSekon. Kedua parameter tersebut menjadi set-point untuk pengambilan keputusan. Dan data perekaman dari masing-masing sisi prototipe kendaraan digunakan untuk acuan pengembangan *air bag* pada masing-masing sisi. Pada Gambar 10 adalah bentuk instalasi sistem pada pengujian skala laboratorium.

KESIMPULAN

Dari serangkaian penelitian terkait topik perancangan sistem cerdas *collision-sensor* berbasis POF dapat ditarik kesimpulan diantaranya adalah Adanya struktur *micro-bending* sensor POF menyebabkan adanya perubahan tegangan yang dibaca oleh sistem.



Gambar 10. Rangkaian mikrokontroler ATMEGA8535 sebagai unit pengolahan data dan putusan.

Indikator terjadinya tabrakan adalah saat terjadi gaya lebih besar dari 50 N dan respon impulsif lebih dari 0,19 Volt/mSekon.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium *Computer-Engineering* Jurusan Sistem Komputer-ITATS, LPPM-ITATS dan Laboratorium Akustik-Instrumentasi Jurusan Fisika-FMIPA ITS yang telah memberikan fasilitas untuk penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- TECHNOLOGY | keamanan mobil terbaik Indonesia* [Online]. Available: <http://www.toyota.astra.co.id/technology/safety/>
<http://www.toyota.astra.co.id/technology/safety/#global-outstanding-assessment>.
2010. Future Technology Devices International Ltd. FT232R USB UART IC. *In*: CHIP, F. (ed.). Future Technology Devices International Ltd.
- ARMINGOL, J. M., DE LA ESCALERA, A., HILARIO, C., COLLADO, J. M., CARRASCO, J. P., FLORES, M. J., PASTOR, J. M. & RODRÍGUEZ, F. J. 2007. IVVI: Intelligent vehicle based on visual information. *Robotics and Autonomous Systems*, 55, 904–916.
- Brolin, K., Stockman, I., Andersson, M., Bohman, K., Gras, L.-L. & Jakobsson, L. Safety of children in cars: A review of biomechanical aspects and human body models. *IATSS Research*.
- Butler, P. B., Kang, J. & Krier, H. 1993. Modeling and numerical simulation of the internal thermochemistry of automotive airbag inflators. *Progress in Energy and Combustion Science*, 19, 365–382.
- Buzeman, D. G., Viano, D. C. & Lövsund, P. 1998. Car occupant safety in frontal crashes: a parameter study of vehicle mass, impact speed, and inherent vehicle protection. *Accident Analysis & Prevention*, 30, 713–722.
- Chambers, A. R., Mowlem, M. C. & Dokos, L. 2007. Evaluating impact damage in CFRP using fibre optic sensors. *Composites Science and Technology*, 67, 1235–1242.
- Chen, Z., Teo, J. T., NG, S. H. & Yang, X. Plastic optical fiber microbend sensor used as breathing sensor. 2012 IEEE Sensors, 2012/10//2012. 1–4.
- Deb, A., Mahendrakumar, M. S., Chavan, C., Karve, J., Blankenburg, D. & Storen, S. 2004. Design of an aluminium-based vehicle platform for front impact safety. *International Journal of Impact Engineering*, 30, 1055–1079.
- Ebbing, D. & Gammon, S. D. 2009. *General Chemistry, Enhanced 9th Edition*, Brooks Cole.
- Heasley, K. A., Dubaniewicz, T. H. & Dimartino, M. D. 1997. Development of a fiber optic stress sensor. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 34, 66.e1–66.e13.
- KU, C.-C., Young, C.-P. & LIN, C.-H. Vision Assisted Active Safety System for Vehicles on the Highway. 2013 Ninth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, 2013/10//2013. 489–492.
- Leblanc, M. & Measures, R. M. 1992. Impact damage assessment in composite materials with embedded fibre-optic sensors. *Composites Engineering*, 2, 573–596.
- Luo, F., Liu, J., MA, N. & Morse, T. F. 1999. A fiber optic microbend sensor for distributed sensing application in the structural strain monitoring. *Sensors and Actuators A: Physical*, 75, 41–44.
- Mon, Y.-J. 2007. Airbag controller designed by adaptive-network-based fuzzy inference system (ANFIS). *Fuzzy Sets and Systems*, 158, 2706–2714.
- Pai, N. G., Tetzlaff, S. A. & Hess, D. P. 1998. Dynamic Analysis Of A Mechanical Airbag System Sensor. *Journal of Sound and Vibration*, 217, 283–296.
- Pandey, N. K. & Yadav, B. C. 2006. Embedded fibre optic microbend sensor for measurement of high pressure and crack detection. *Sensors and Actuators A: Physical*, 128, 33–36.
- Taghvaeeyan, S. & Rajamani, R. 2014. Two-Dimensional Sensor System for Automotive Crash Prediction. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 15, 178–190.
- Young, H. D., Freedman, R. A. & Ford, A. L. 2011. *University Physics with Modern Physics*, Addison-Wesley.
- Ziemann, O., Krauser, J., Zamzow, P. E. & Daum, W. 2008. *POF Handbook*, Springer Berlin Heidelberg.