

# Piezoelectric Impact Sensor untuk Pengukuran Water Impact pada Pengujian Model Bangunan Kelautan di Laboratorium Hidrodinamika BPPT

Taufiq Arif Setyanto<sup>1</sup>, Hari Subagja<sup>1</sup>, Chandra PZM.<sup>1</sup> dan Nurhadi<sup>1</sup>

## Abstrak

Salah satu hasil perancangan sensor berbasis piezoelectric material untuk pengukuran beban impact telah berhasil dilakukan. Contoh penggunaan/ penerapan sensor ini adalah untuk mengetahui respon benturan/impact pada proses mating pengujian model bangunan kelautan (lepas pantai) pada kolam uji. Untuk mengetahui karakteristik sensor pada kondisi penggunaan pada kolam uji, sebelum pengujian telah dilakukan proses kalibrasi terlebih dahulu. Sebagai acuan alat ukur digunakan seperangkat alat ukur berupa load cell untuk pengukuran. Sedangkan untuk mengukur beban impact sebenarnya digunakan seperangkat komputer dengan software bantu dan interface yang berfungsi untuk pembacaan signal keluaran baik dari load cell maupun dari impact sensor.

**Kata kunci :** impact sensor, piezoelectric material, beban impact

## Abstract

*The impact sensor for impact load measurement was developed. The sensor was intended to measure the impact response of the offshore structure model on mating process in hydrodynamic test basin. The calibration of the impact sensor was carried out to examine the characteristic of the sensor. To know how big the load force was applied to the sensor, a load cell was used as a reference. A set of the computer with the supported software was used to read the output of the sensor and the load cell respectively.*

**Keywords :** impact sensor, piezoelectric material, impact load

## PENDAHULUAN

Beban *impact* yang ditimbulkan pada proses tumbukan antara dua media merupakan salah satu fenomena yang menjadikan factor/bahan pertimbangan dalam suatu desain/perencanaan struktur, diantaranya dalam bidang desain kendaraan atau peluncuran/bangunan kelautan. Dengan mengetahui salah satu respon dari tumbukan tersebut, berbagai hal yang berhubungan dengan parameter desain segera bisa ditentukan.

Laboratorium Hidrodinamika, UPT-BPPH BPPT sebagai salah satu institusi penelitian bidang kelautan, salah satu kegiatannya adalah menguji proses *launching* bangunan lepas pantai, yang dalam salah satu tahapannya melakukan pengukuran beban *impact* antara bagian struktur yang saling bertumbukan. Untuk maksud tersebut dibutuhkan sensor mekanis

yang diharapkan bisa mengukur beban tumbukan. Sensor mekanis berbasis *strain gauge* sebagai *sensing element* saat ini merupakan sensor mekanis yang paling populer untuk digunakan pengukuran beban impact yang relatif besar. Akan tetapi pada beberapa kasus pengujian, seperti halnya pengujian model bangunan lepas pantai, sensor mekanis dengan menggunakan *strain gauge* mengalami beberapa kendala baik dari segi dimensi, berat maupun sifat fleksibilitasnya.

Untuk maksud tersebut maka dirancang sensor lain berbasis material *piezoelectric*. Material piezoelectric adalah suatu material yang akan menimbulkan *electric charge* jika material tersebut mengalami perubahan deformasi baik akibat tertarik atau tertekan yang diakibatkan oleh beban tarik, beban tekan atau *bending*. Salah satu material *piezoelectric* yang dipakai untuk sensor ini adalah PVDF

---

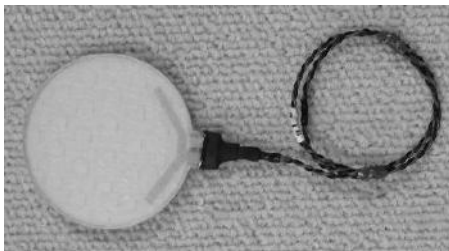
1 UPT BPPH - BPPT, Surabaya

(Polyvinylidene fluoride) yang telah ditemukan oleh Kawai. Berdasarkan sifat-sifat material tersebut maka sensor mekanis untuk pengukuran beban *impact* pada proses pengujian bangunan kelautan dapat didisain. Penulis juga telah mengembangkan sensor berbasis *piezoelectric material* untuk pengukuran beban dinamis (Taufiq, 2005), dan juga pengembangan lebih jauh untuk *impact sensor* secara umum (Fujimoto, 2007).

Untuk menentukan karakteristik sensor tersebut, maka perlu dilakukan proses kalibrasi dengan menggunakan seperangkat komputer dengan dibantu *software* LABVIEW untuk pembacaan signal keluarannya. Sedangkan beban yang diukur dibandingkan juga dengan sensor mekanis lainnya, *load cell* sebagai referensi alat ukur.

### DESAIN SENSOR

Desain sensor ini dimaksudkan untuk mengukur beban benturan/ tumbukan antara bagian bagian struktur atas suatu bangunan lepas pantai dengan struktur bawahnya dengan berbagai kondisi pengujian. *Sensing element* dari sensor ini terbuat dari material *piezoelectric* - PVDF (*polivinilydene fluoride*) film dirakit bersama material lainnya yaitu sejenis karet dan metal. PVDF film sebagai *sensing element* dibentuk melingkar sesuai dengan dimensi permukaan struktur yang diukur. Untuk mengirimkan signal listrik dari gaya yang terukur dari permukaan film ke peralatan ukur, maka dibuat terminal yang berasal dari metal tape dengan lem *conductor* yang disambung dengan kabel dengan proses *solder*. Gambar sensor selengkapnya ditunjukkan pada Gbr. 1.



Gbr 1. Impact sensor

### PENGUKURAN KELUARAN SENSOR

Signal keluaran dari sensor *impact* ini diukur/dibaca oleh seperangkat komputer. Gbr. 2 menunjukkan rangkaian elektronik dari *impact sensor* tersebut.  $C_1$

adalah nilai kapasitans dari PVDF film (*impact sensor*),  $C_2$  adalah nilai kapasitans dari rangkaian elektronik sedangkan  $R_0$  adalah *internal resistance* dari peralatan ukur/ peralatan baca.

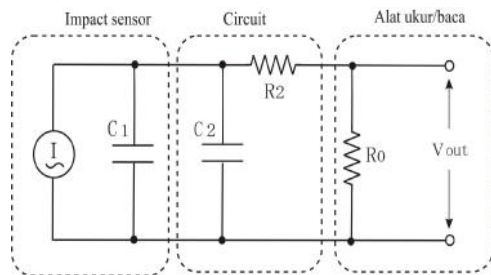
Jika suatu beban luar ( $P \cdot \sin \omega t$ ) diterapkan pada *impact sensor*, voltase keluaran  $V_{out}$  yang diukur/dibaca oleh alat ukur dan sudut fasa  $\phi$  keluarannya bisa dirumuskan sebagai berikut :

$$|V_{out}| = \frac{\xi R_0 x(kP)}{\sqrt{1 + (\xi R_0 (C_2 + C_1))^2}} \quad (1)$$

$$w = \tan^{-1} \{1 / R_0 \xi (C_1 + C_2)\} \quad (2)$$

dimana  $k$  adalah koefisien.

Dikarenakan pemakaian material PVDF film sangat sedikit (sangat kecil luasannya) maka nilai kapasitance  $C_1$  sangat kecil (hanya beberapa nF). Oleh karena itu dengan penambahan kapasitor yang nilainya relatif besar sekitar  $4 \mu F$  maka keluaran sensor *impact* tersebut akan sebanding dengan beban luar yang terjadi.

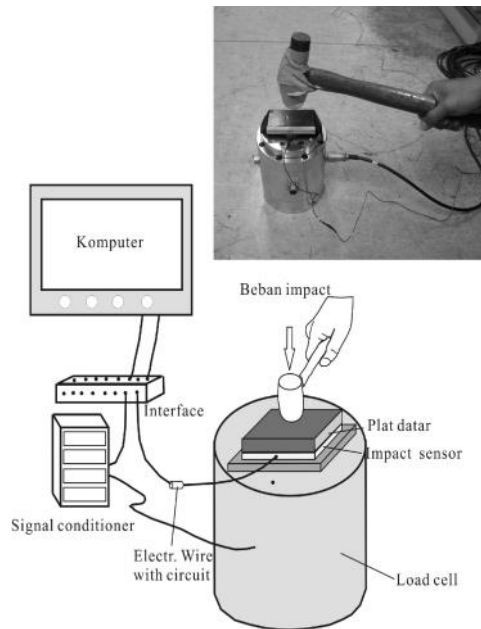


Gbr.2 Rangkaian listrik pada pemakaian *impact sensor*

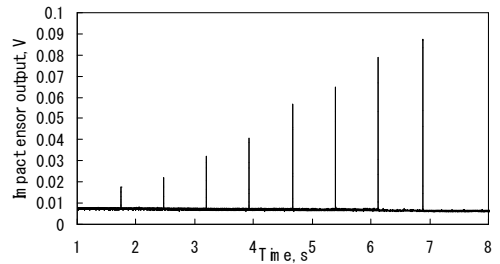
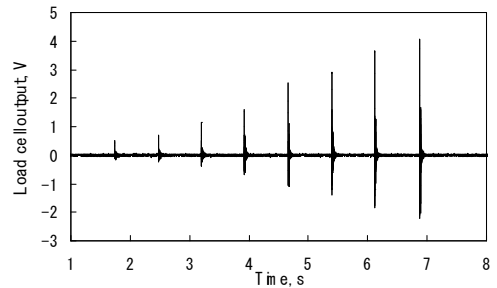
### KALIBRASI SENSOR

Pengujian karakteristik *impact sensor* seperti misalnya sensitifitas, linearitas terhadap beban rencana juga kemampuan berulang signal keluarannya, dilakukan melalui pengujian kalibrasi. Hal ini dilakukan dengan cara memberikan beban *impact* terhadap sensor dengan variasi beban yang beragam.

Gbr. 3 menunjukkan pengaturan kalibrasi *impact sensor*. Untuk mengetahui besar beban *impact* yang diberikan terhadap sensor, diperlukan alat ukur beban lainnya sebagai referensi beban. Hal ini digunakan *load cell*. *Impact sensor* diletakkan di atas *load cell* dan dilekatkan secara kuat. Untuk membuat permukaan bawah dan atas sensor menjadi benar benar datar, maka kedua permukaan atas dan bawah dipasang plat datar.



Gbr. 3 Set-up kalibrasi



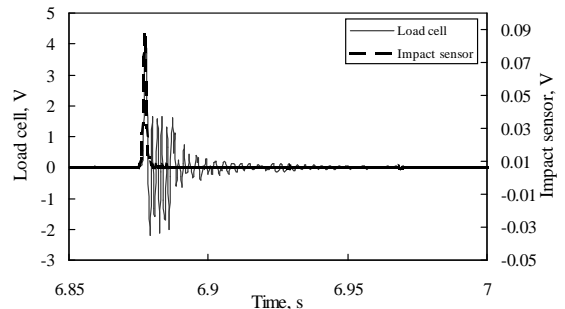
Gbr. 4 Signal keluaran dari load cell (atas) dan impact sensor (bawah) terhadap beban impact

### KARAKTERISTIK IMPACT SENSOR

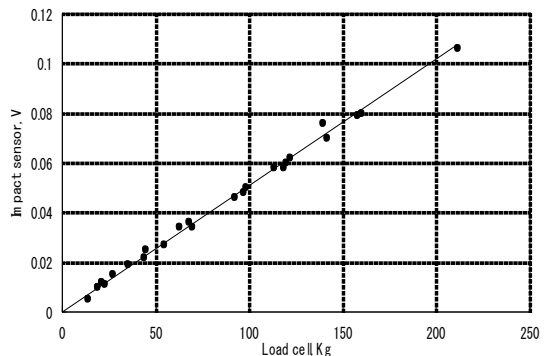
Untuk mengetahui salah satu karakteristik dari impact sensor ini, disamping dilakukan kalibrasi untuk mengetahui hubungan gaya luar dengan keluaran sensor, dilakukan juga pengecekan/pembandingan signal keluaran antara load cell sebagai alat ukur referensi dengan impact sensor tersebut. Gambar 4 menunjukkan signal keluaran load cell dan sensor yang diambil dengan cara pemberian beban impact yang semakin membesar. Pada gambar tersebut terlihat dengan semakin besar beban impact yang diberikan dengan cara memberikan pukulan di atas sensor yang diletakkan pada load cell, maka semakin besar pula keluaran signal baik signal load cell maupun signal dari sensor.

Gbr. 5 menunjukkan salah satu keluaran dari satu pukulan yang diambil dari rangkaian keluaran signal keluaran dari Gbr. 4. Dari gambar tersebut secara jelas ditunjukkan bahwa ada kesamaan dan kesebandingan antara keluaran dari *impact sensor* dengan load cell.

Karakteristik lainnya adalah linearitas antara besar beban impact yang diberikan dengan keluaran sensor. Gbr. 6 menunjukkan hubungan antara besarnya keluaran sensor *impact* dengan besar beban *impact* yang diberikan. Dari gambar tersebut terlihat bahwa keluaran sensor impact terlihat linear sampai beban luar yang diberikan sekitar 200 Kg.

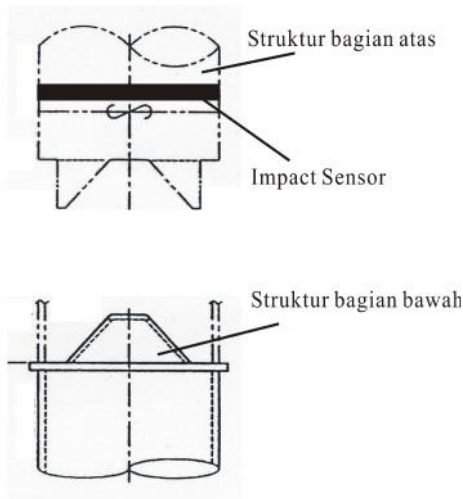


Gbr. 5 Contoh salah satu signal keluaran dari load cell dan impact sensor



Gbr. 6 Hubungan antara keluaran *impact sensor* dan load cell

## PENGGUNAAN IMPACT SENSOR PADA PENGUJIAN MODEL BANGUNAN LEPAS PANTAI



Gbr. 7 *Impact sensor* terpasang pada model uji

Pada Gbr. 7 menunjukkan bagian kecil dari struktur atas dan struktur bagian bawah model bangunan lepas pantai yang sedang diuji di Laboratorium Hidrodinamika UPT- BPPH BPPT Surabaya. Salah satu tujuan pengujian tersebut adalah untuk mengetahui respon *impact* bagian atas dan bawah pada saat *launching*. Untuk maksud tersebut maka *impact sensor* di pasang pada salah satu bagian (bagian atas) kaki struktur tersebut, sehingga diharapkan segala beban yang terjadi akibat tumbukan/ benturan saat bagian bagian atas diletakan pada bagian bawah struktur berupa *impact* dengan berbagai variasi frekuensi beban *impact* dan juga beban tekan dinamis yang mendekati statis juga bisa di rekam dengan baik.

### KESIMPULAN

Tulisan ini menguraikan tentang penggunaan *impact sensor* yang dikususkan untuk mengukur beban-beban *impact* suatu bagian bangunan lepas pantai pada saat pengujian di kolam uji, Laboratorium Hidrodinamika UPT-BPPH BPPT Surabaya. Dari hasil kalibrasi dan uji coba diketahui bahwa desain sensor *impact* layak digunakan sebagai alat ukur untuk pengujian tersebut.

Hal lain yang dapat menjamin bisa digunakannya sensor tersebut untuk pengujian bangunan lepas pantai adalah :

1. Besar beban *impact* rencana yaitu sekitar 250 Kg bisa dipenuhi oleh desain sensor PVDF.
2. Adanya kesamaan dan kesebandingan antara keluaran *impact sensor* dan load cell yang dipakai sebagai referensi alat ukur.
3. Dimensi sensor dengan diameter 20 cm sesuai dengan kebutuhan pengujian di kolam uji.

### DAFTAR PUSTAKA

- Fujimoto, Y., Taufiq A. Setyanto (2007), Sheet type *impact force sensor* by the use of piezoelectric film, *Journal of The Japan Society of Mechanical Engineers (JSME)*, Vol.07, No.725 (C).
- Kawai, H. The Piezoelectricity of poly (vinylidene fluoride), *Journal of Applied. Physics.* Vol. 8, Japan, pp 975-976.
- Taufiq Arif Setyanto, et al. (2005), Piezoelectric pad sensor for dynamic load measurement, *Bulletin of the Graduate School of Engineering, Hiroshima University- Japan*, Vol. 54, No. 1.