



RANCANG BANGUN *DUMMY CANISTER* SISTEM PENDETEKSI TSUNAMI TIPE CBT (*CABLE-BASED TSUNAMETER*) UNTUK KEDALAMAN LAUT 3000 M

Budi Haryanto¹, Ogi Ivano¹, Arief Setyawan¹, Mustasyar Perkasa^{1, 2}

¹Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS), Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN),
Kawasan Puspiptek Gedung 220, Kecamatan Setu, Kota Tangerang Selatan 15314
² Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang,

Email : budi.haryanto@brin.go.id

Masuk : 7 Januari 2022

Direvisi : 19 Februari 2022

Disetujui : 28 Maret 2022

Abstrak: *Canister* pada sistem pendeteksi tsunami tipe CBT (*Cable-Based Tsunameter*) adalah komponen *Ocean Bottom Unit* (OBU) yang merupakan sebuah wadah atau tempat bagi sensor-sensor pengukuran tekanan dan komponen-komponen elektronik lainnya. *Canister* ini akan ditempatkan pada kedalaman 3000 meter sehingga strukturnya harus mampu menahan beban eksternal berupa tekanan hidrostatik air laut sebesar 300 bar (30 MPa). Sebelum membuat *canister* dengan dimensi yang sebenarnya maka perlunya membuat *dummy canister* dengan ukuran yang sama namun panjangnya berbeda sebagai komponen yang akan diuji pada tekanan tertentu. Telah dilakukan perancangan dan manufaktur *dummy canister* set dengan material stainless steel AISI 316 L yang memiliki diameter dalam 200 mm, panjang 200 mm dan tebal 45 mm. Komponen utama *dummy canister* set ini adalah silinder, *flange* dan *cone connector* yang digabung dengan menggunakan beberapa baut dan penambahan *seal o-ring* untuk menahan kebocoran air. *Dummy canister* set diuji pada *pressure chamber* selama 48 jam dengan tekanan sebesar 30 MPa. Hasil pengujian menunjukkan tidak terjadinya kerusakan pada struktur *canister* dan tidak terjadinya kebocoran yang diakibatkan oleh tekanan hidrostatik. Berdasarkan hasil pengujian tersebut maka struktur *canister* dengan desain tersebut dapat diproduksi dan diaplikasikan pada kedalaman laut 3000 m sebagai salah satu komponen penting sistem pendeteksi tsunami berbasis kabel.

Kata kunci : *Dummy canister*, hidrostatik, *pressure chamber*

Abstract : *The canister of the CBT (Cable-Based Tsunameter) type tsunami detection system is a component of the Ocean Bottom Unit (OBU) where sensors and other electronic instruments are stored. This canister will be placed at a depth of 3000 meters, hence the structure must be able to withstand external loads in the form of hydrostatic seawater pressure of 300 bar (30 MPa). Before making manufacturing the full-scale canister, it is necessary to make a dummy canister of the same size but different length. The design and manufacture of dummy canister set with stainless steel material AISI 316 L has an inner diameter of 200 mm, a length of 200 mm and a thickness of 45 mm. The main components of this dummy canister set are the cylinder, flange and cone connector which are joined by using several bolts and the addition of o-ring seal to prevent water leakage. The dummy canister set was tested in a pressure chamber for 48 hours with a pressure of 30 MPa. The test results showed indicated no damage to the canister structure and no leakage caused by hydrostatic pressure. Based on the test results, the canister structure with respect to the dummy canister design can be produced and applied at a sea depth of 3000 m as one of the major components of a cable-based tsunami detection system.*

Keywords : *Dummy canister*, hidrostatik, *pressure chamber*

PENDAHULUAN

Sistem Pendeteksi Tsunami yang dikembangkan oleh BPPT selain tipe Buoy adalah Sistem CBT (*Cable based Tsunameter*) yang dinamakan Ina-CBT. Sistem ini sebenarnya sudah dikembangkan oleh negara-negara lain seperti Jepang dan Amerika Serikat namun belum dikembangkan di Indonesia. Sistem *Indonesian Cable Based Tsunameter* (Ina-CBT) mempunyai konfigurasi berupa *Ocean Bottom Unit* (OBU) yang dihubungkan secara langsung ke stasiun pantai (*shore station*) menggunakan kabel serat optik dasar laut. Di stasiun pantai, data disimpan dan diproses, selanjutnya secara otomatis dikirimkan via satelit komunikasi Inmarsat atau Iridium ke RDS (Read Down Station) atau Control Data Center) di BPPT setiap periode waktu yang telah ditentukan [1]. Ina-CBT merupakan salah satu sistem pendeteksi tsunami yang akan dikaji dan dikembangkan oleh Indonesia melalui tim BPPT dimana sistem ini akan ditempatkan pada area laut dalam yang berpotensi terjadinya gelombang tsunami yang diakibatkan oleh gempa tektonik.

Adapun komponen utama Ina-CBT yang berfungsi untuk mendeteksi tsunami adalah *Ocean Bottom Unit* (OBU) dimana terdapat sensor pengukur tekanan air atau *Bottom Pressure Recorder* (BPR) dan sensor-sensor lainnya seperti akselerometer, seismometer dan thermometer. Sensor-sensor ini ditempatkan pada kedalaman laut tertentu dan berkontak secara langsung dengan air laut yang tersambung dengan kabel sensor pada canister OBU. Canister adalah wadah atau bejana pelindung komponen elektronika yang berfungsi mengolah data-data ukur dari sensor-sensor tersebut menjadi parameter lainnya yang dapat dikirim melalui kabel *fiber optic* menuju *shore station*. Canister ini berfungsi untuk melindungi komponen-komponen elektronik di dalamnya dari tekanan air laut dari kebocoran [2]. Untuk itu maka struktur canister harus dirancang mampu menahan tekanan hidrostatik dan tahan korosi untuk jangka waktu yang lama. Struktur canister umumnya berbentuk silinder yang terbuat dari material yang tahan terhadap kebocoran dan korosi air laut.

Material yang umum digunakan sebagai bahan pembuat canister adalah Stainless steel (SUS) alloy 316 L, Duplex, Berillium copper, Titanium alloy, dan lain-lain [3, 4]. Dalam merancang struktur canister tentu saja harus memperhatikan faktor bentuk, berat dan karakteristik material yang tahan pada temperatur rendah. Material canister sebaiknya mempertimbangkan ketersediaan di dalam negeri dan mampu dipabrikasi oleh industri dalam negeri dan memiliki keunggulan secara teknis dibandingkan dengan canister yang sudah ada.



Gambar 1. Canister CBT 1000 m (BPPT)

Berdasarkan spesifikasi teknis dari tim elektronik sistem CBT, canister yang akan dibuat memiliki ukuran diameter dalam 200 mm, panjang 800 mm dan akan ditempatkan pada kedalaman laut 3000 meter. Tentu saja *canister* yang akan dibuat harus melewati beberapa tahapan optimasi desain sebelum menuju pada tahap proses manufakturnya. Optimasi desain ini akan menghasilkan detail *engineering* desain yang akan menginformasikan berupa jenis material, bentuk dan dimensi detailnya. Setelah tahapan manufaktur canister selesai maka tahap berikutnya adalah melakukan pengujian hidrostatik dalam sebuah chamber bertekanan tinggi sesuai dengan kondisi tekanan air laut pada kedalaman 3000 meter. Hasil pengujian ini

akan memverifikasi desain yang sudah diwujudkan dalam bentuk purwarupa canister. Tentu saja jika terjadi kebocoran atau kerusakan pada struktur *canister* maka akan dilakukan analisis dan perbaikan desain serta manufakturnya sampai tahap lulus uji hidrostatis. Untuk itu maka perlunya dibuat semacam *dummy canister* yang akan diuji pada *pressure chamber* dengan diameter dalam 200 mm namun panjangnya hanya 200 mm.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuktikan bahwa hasil *manufaktur canister* sesuai dengan perhitungan analitis dan optimasi desain canisternya. Pada kegiatan ini struktur canister yang dibuat dalam bentuk dummy dimana dimensi diameter dalamnya sebesar 200 mm dengan panjang 200 mm. Hasil manufaktur berupa dummy canister akan diuji pada tekanan sebesar 300 bar untuk memastikan struktur canister mampu menahan beban eksternal serta tidak terjadinya kebocoran pada celah antara silinder dan cover-nya.

METODOLOGI

Dummy Canister merupakan komponen tiruan yang dibuat seperti canister sebenarnya dengan diameter dalam 200 mm namun panjangnya berbeda dan akan direncanakan dengan panjang 200 mm. Modifikasi ini dilakukan selain untuk efisiensi material dan proses pengerjaan, juga karena komponen dimensi panjang dari canister dinilai tidak terlalu signifikan terhadap kekuatan *dummy canister* terhadap beban *distributed external pressure*. *Dummy canister* akan dibuat untuk kebutuhan pengujian tekanan 300 bar pada *pressure chamber*. Hal ini dilakukan sebagai bahan evaluasi terhadap desain canister yang sudah dirancang dan akan ditempatkan pada kedalaman 3000 m. Perancangan *dummy canister* melalui tahapan pembuatan sketch, penentuan material, perhitungan secara analitis dan verifikasi dengan menggunakan software CAE untuk melihat distribusi tegangan yang terjadi pada seluruh area canister.

Material akan digunakan sebagai bahan pembuat canister tentu saja harus material yang mampu menahan korosi yang disebabkan oleh air laut untuk jangka waktu yang lama. Beberapa material yang digunakan pada komponen-komponen yang ditempatkan di laut diantaranya stainless steel, *super duplex*, titanium dan *berilium copper*. Pada penelitian ini maka digunakan stainless steel AISI 316 L dikarenakan kemampuannya dalam menahan korosi air laut pada kondisi temperature rendah sekitar 1-5°C. Laju korosi yang terjadi pada material dipengaruhi oleh variable waktu yang diberikan pada saat proses pengkorosian, semakin lama waktu yang dipakai maka laju korosi semakin melambat. Hal ini dikarenakan adanya karat atau *rush* yang menghalangi proses korosi [5]. Alasan lain memilih material ini dikarenakan pertimbangan harganya yang ekonomis serta mudah didapatkan di pasaran dalam negeri. *Dummy canister* ini terbagi menjadi tiga komponen utama yaitu:

1. *Silinder canister*

Komponen Ini merupakan wadah berbentuk silinder atau dapat disebut juga dengan rumah/housing tempat komponen elektronik. Silinder ini terbuat dari material yang tahan terhadap tekanan tinggi dan korosi air laut.

2. *Cover atau Flange*

Komponen ini merupakan penutup kedua sisi silinder canister, terbuat dari material yang sama dengan silinder dan digabung dengan menggunakan beberapa buah baut yang terbuat dari material yang sama

3. *Cone connector*

Merupakan komponen yang berfungsi sebagai penambat *wire* kabel dan menahan tekanan air laut dari jalur kabel. Selain itu juga sebagai tempat untuk memasang komponen pembatas *bending* kabel atau *bend limiter*.

Tabel 1. Sifat mekanik material AISI 316L [6]

Massa jenis (ρ)	8027 kg /m ³
Modulus Elastisitas (E)	193 GPa
<i>Poisson ratio</i> (ν)	0,27
<i>Yield strength</i> (σ_y)	170 MPa
<i>Ultimate strength</i> (σ_u)	515 MPa

a. Metode Perhitungan Desain

Perhitungan desain yang digunakan untuk menentukan ketebalan canister adalah dengan menggunakan metode analitis dan numerik. *Dummy Canister* ini dapat disebut juga dengan bejana tekan (*pressure vessel*) yang menerima beban eksternal berupa tekanan air laut untuk melindungi komponen-komponen penting yang ada di dalamnya.

Perhitungan tebal dinding silinder canister menggunakan persamaan sebagai berikut [7]:

$$\sigma_c = \frac{p_o r_o^2}{r_o^2 - r_i^2} - \frac{r_i^2 r_o^2 p_o}{r^2 (r_o^2 - r_i^2)}$$

Dimana :

σ_c = tegangan arah melingkar di dalam silinder (MPa)

p_o = tekanan dari luar silinder (MPa)

r_o = jari-jari luar silinder (mm)

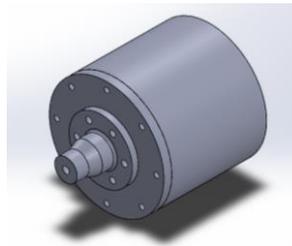
r_i = jari-jari dalam silinder (mm)

r = jari-jari sampai ke titik kajian dalam silinder (mm) ($r_i < r < r_o$)

Tegangan izin material adalah $2/3 * \sigma_y = 113,33$ MPa.

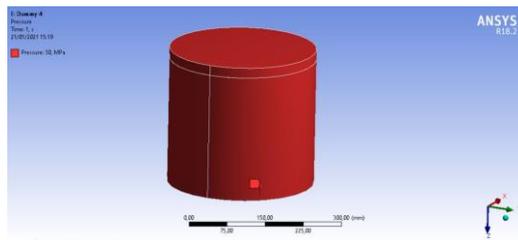
Jari-jari dalam silinder *dummy canister* adalah 100 mm (0,1 m), ketebalan dinding silinder adalah jari-jari luar dikurangi jari-jari dalamnya. sehingga ketebalan silinder yang akan ditempatkan pada kedalaman 3000 m (30 MPa) menurut perhitungan analitis adalah 45 mm.

Hasil perhitungan secara analitis menyatakan bahwa ketebalan minimum silinder adalah 45 mm. Nilai ini merupakan nilai awal untuk melakukan model solid pada software CAD Solidworks seperti terlihat pada Gambar 2. Hasil tersebut akan diverifikasi dengan metode elemen hingga secara komputasi menggunakan software ANSYS.

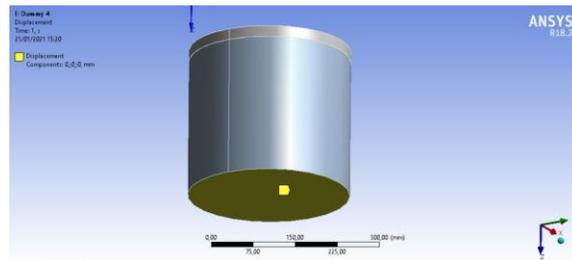


Gambar 2. Model solid *Dummy canister* set

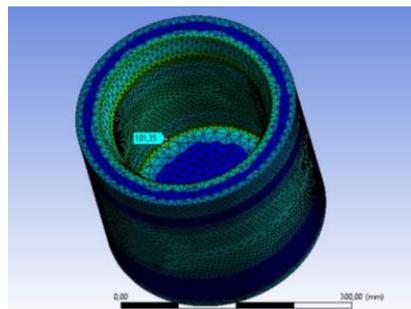
Tahapan selanjutnya adalah melakukan kalkulasi secara komputasi berupa Finite Elemen Analysis menggunakan software ANSYS *static structure* untuk melihat nilai distribusi tegangan dan defleksinya. Beberapa tahapan dalam melakukan analisis ini adalah pemodelan, input jenis material, proses meshing, input lokasi dan jenis kondisi batas dan aplikasi pembebanan berupa tekanan senilai 300 bar (30 MPa). Model pembebanan pada simulasi ini merupakan beban tekanan yang diaplikasikan ke seluruh permukaan luar *dummy canister* seperti terlihat pada Gambar 3, sedangkan kondisi batas berupa *fixed support* terlihat pada Gambar 4. Setelah melakukan penghitungan metode elemen hingga pada disain canister ketebalan 45 mm, hasil simulasinya menunjukkan nilai tegangan maksimum (*Von mises*) pada silinder canister sebesar 101,35 MPa seperti terlihat pada Gambar 5 dan defleksi maksimum sebesar 0,15 mm seperti terlihat pada Gambar 6.



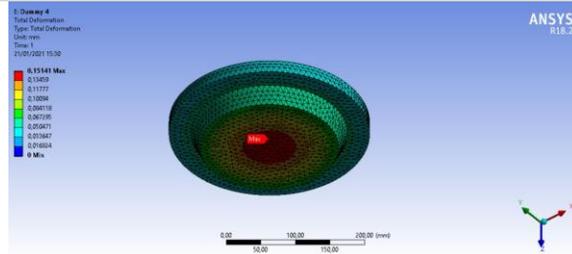
Gambar 3. Input pembebanan tekanan/pressure



Gambar 4. Lokasi constraint fixed support

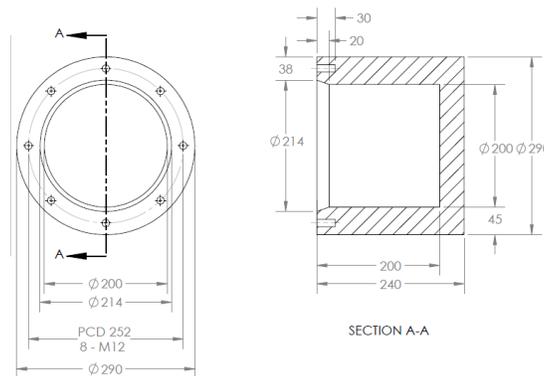


Gambar 5. Tegangan pada dummy canister



Gambar 6. Deformasi total pada cone connector

Dari hasil di atas, dapat diperoleh nilai safety factor dari model tersebut adalah sebesar 1,67. Tegangan hasil simulasi tersebut masih lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai allowable stress material AISI 316L (113,33 MPa) sehingga dapat disimpulkan bahwa model *Dummy Canister* CBT di atas mampu menahan beban tekanan atau pressure sebesar 300 bar. Penutup silinder canister menggunakan tutup (*cover/flange*) berbentuk pelat dengan material yang sama dan disambung menggunakan beberapa baut. Untuk menutup celah antara silinder dan cover maka digunakan o-ring seal yang terbuat dari material high-resistance polyurethane sejumlah dua unit sebagai komponen yang berfungsi menahan tekanan eksternal air laut.



Gambar 7. Gambar teknis *Dummy canister*

Untuk melakukan verifikasi terhadap desain dummy canister yang telah dibuat, maka tahap berikutnya adalah melakukan manufaktur pada workshop yang telah berpengalaman pada pembuatan komponen-komponen yang beroperasi pada tekanan tinggi berdasarkan gambar teknis yang telah dibuat sebagaimana terlihat pada Gambar 7. Pembuatan silinder dan cover dibuat dari material berbentuk pipa dan pelat dengan proses permesinan bubut, milling, boring dan lainnya. Sementara cone connector dibuat dari material hasil pengecoran stainless steel yang kemudian dibentuk dengan proses permesinan. Pada ujung cone connector yang bersentuhan langsung dengan kabel, dibuatkan rubber cone berbentuk kerucut yang mampu menahan tekanan sebesar 300 bar. Perancangan dan pembuatan rubber cone dilakukan oleh Pusat Teknologi Material (PTM) BPPT dengan terlebih dahulu melakukan kajian komposisi material, pembuatan specimen dan pengujian tekan. Sebelum komponen-komponen canister disusun, terlebih dahulu dipasang indicator kebocoran berupa pemasangan kertas tisu pada area yang berpotensi terjadinya kebocoran seperti terlihat pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Pemasangan kertas tisu pada silinder canister

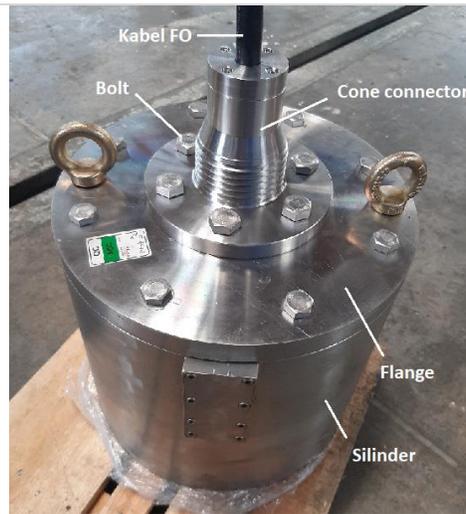


Gambar 9. Pemasangan kertas tisu pada cone connector

Komponen berupa silinder, flange, cone connector kemudian dirakit dan disambung dengan baut ukuran M12 dengan torsi pengencangan sesuai standar yaitu 99,4 N.m menggunakan torsi meter yang sudah terkalibrasi. Selanjutnya canister set diuji pada tekanan 300 bar dalam sebuah pressure chamber yang berada di B2TKS BPPT selama 48 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Susunan *canister set* yang akan diuji terdiri dari silinder, flange, cone connector dan kabel fiber optic yang digabung menggunakan baut M12 sejumlah 14 buah seperti terlihat pada Gambar 10. Ujung kabel fiber optic ditutup dengan resin untuk menghindari adanya kebocoran air melewati kabel. Pemeriksaan secara visual dilakukan terhadap semua sambungan antar komponennya. Canister set selanjutnya dimasukkan ke dalam pressure chamber yang sudah terisi air sebagaimana terlihat pada Gambar 11 kemudian ditutup rapat.



Gambar 10. Gambar susunan dummy canister set

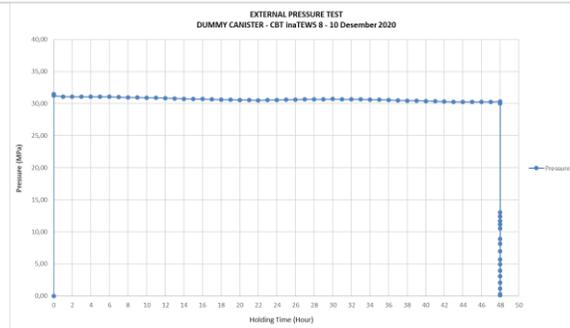


Gambar 11. Proses input dummy canister ke dalam pressure chamber

Mekanisme pemberian tekanan pada pressure chamber dilakukan dengan pemompaan sampai tercapainya tekanan 300 bar. Selama proses pemompaan, tekanan dalam chamber dipantau dengan pressure gage dan data logger yang tersambung dengan pressure transducer seperti terlihat pada Gambar 12. Setelah tekanan mencapai 300 bar (30 MPa), proses pemompaan dihentikan dan ditahan dalam waktu sekitar 48 jam. Pengukuran tekanan dilakukan secara periodik setiap 1 jam seperti terlihat pada Gambar 13.



Gambar 12. Instrumen data logger Ketika tekanan mencapai 24,70 MPa.



Gambar 13. Grafik tekanan hidrostatik terhadap waktu selama pengujian

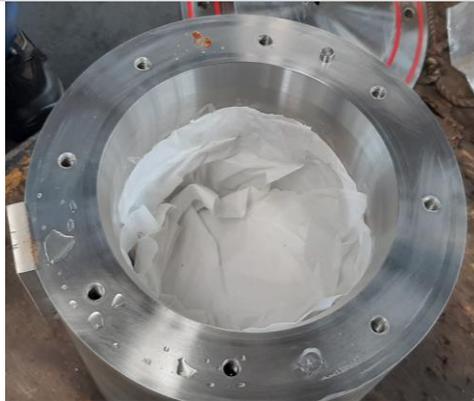
Setelah *dummy canister* diuji pada tekanan 300 bar selama 48 jam, dan dikeringkan secara alami di luar chamber Selama 1 hari, semua baut yang terpasang pada cone connector dan cover dummy dilepas dan diperiksa area di dalam canister-nya. Hasil pengamatan didapatkan fakta bahwa telah terjadi kebocoran yang cukup besar pada celah flange dan silinder dummy canister dan pad penutup resin ujung kabel seperti terlihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Kebocoran pasca pengujian

Setelah melakukan pengamatan pada area terjadinya kebocoran, maka dapat disimpulkan bahwa hal ini terjadi karena adanya celah antara flange dengan silinder *dummy canister*. Celah ini diakibatkan karena proses permesinan yang kurang baik sehingga akan dilakukan perbaikan pada area ini. Terjadinya kebocoran pada area resin penutup kabel dikarenakan kurang kuatnya resin dalam menahan beban tekanan tinggi. Untuk itu solusi berikutnya adalah mengganti kabel tersebut dengan *dummy solid* material teflon yang memiliki diameter yang sama dengan kabel tersebut.

Setelah proses perbaikan *dummy canister* selesai, tahap berikutnya adalah melakukan pengujian ulang dengan parameter uji yang sama dengan sebelumnya yaitu tekanan 300 bar selama 48 jam. Hasil pengujian ulang menunjukkan bahwa tidak terjadinya kebocoran pada *dummy canister* seperti terlihat pada Gambar 15 dan 16. Kondisi batang teflon yang merupakan pengganti kabel tertekan sehingga berbentuk spiral di dalam cone connector. Pada area ini juga tidak terjadi kebocoran sehingga terbukti bahwa rubber mampu menahan beban tekanan sebesar 300 bar.



Gambar 15. Kondisi silinder canister pasca pengujian ulang



Gambar 16. Kondisi cone connector dan batang teflon pasca pengujian ulang

KESIMPULAN

Dari hasil kegiatan rancang bangun dan pengujian hidrostatik dummy canister ini maka dapat disimpulkan bahwa struktur canister dengan ketebalan silinder 45 mm material stainless steel AISI 316 L mampu menahan tekanan hidrostatik sebesar 300 bar. Proses pemeriksaan canister hasil manufaktur harus dilaksanakan secara teliti untuk menjamin mutu produk canisternya sehingga dapat menutup segala kemungkinan terjadinya kebocoran. Selain itu juga penggunaan material o-ring seal, dimensi dan bentuknya harus melewati pertimbangan teknis yang matang agar mampu menahan infiltrasi air yang akan masuk ke dalam canister. Rubber cone hasil pengembangan PTM yang merupakan komponen penahan air dari celah kabel fiber optic, juga dapat direkomendasikan untuk digunakan pada canister karena kemampuannya dalam menahan tekanan tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan di PTRRB (Pusat Teknologi Reduksi Resiko Bencana) dan PTE (Pusat Teknologi Elektronika) atas diskusi dan rekomendasinya serta tak lupa kami ucapkan terima kasih juga kepada rekan-rekan di PTM (Pusat Teknologi Material) yang telah melakukan perancangan dan pembuatan rubber cone yang digunakan pada dummy canister ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mulyo Harris Pradono, Metode Kaji Cepat Pada Desain Struktur Canister Ina-CBT. Jurnal Sains dan Teknologi Mitigasi Bencana, Vol. 15, No. 2, Desember 2020.
- [2] BPPT. *Detail Engineering Design (DED) Indonesia Cable Based Tsunameter (INA CBT)*. 2020.
- [3] Chukwugozie Ikeagu. *Materials for Subsea Applications*. Subsea 7 p. 9-10. Agustus 2020.
- [4] Shinichiro Harasawa, Makoto Sumitani, Kenji Ohta. *Reliability Technology for Submarine Repeaters*. Fujitsu Sci. Tech. J., 44, 2, p.148-155. April 2008.
- [5] Arga Jeremia Sinaga , Sutan L.M.H Simanjuntak , Charles S.P Manurung, Analisa Laju Korosi dan Kekerasan Pada Stainless Steel 316 L Dalam Larutan 10 % NaCl Dengan Variasi Waktu Perendaman, SJoME Vol. I No. 2, Maret 2020.
- [6] ASME Section VIII, Boiler and Pressure Vessel Code. 2019.
- [7] ASTM *International*. 2020. ASTM A240/A240M - 20a Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications.