

# Pengembangan Alat Ukur Berbasis *Loadcell* Untuk Pengujian Tahanan Model Kendaraan Tempur Amphibi

Teddy S. Setiahardja<sup>1</sup>

## Abstrak

Pengujian tahanan kapal yang biasa dilakukan di laboratorium hidrodinamika pada umumnya menggunakan dinamometer pengukur tahanan yang sudah terintegrasi dalam sistem peralatan di kolam uji (*Towing Tank*). Terkait dengan pengujian tahanan model yang khusus seperti model kendaraan tempur amphibi, dilakukan perancangan dan pengembangan alat ukur tahanan model berbasis *loadcell* untuk memenuhi situasi dan kondisi model tersebut. Validasi dan verifikasi alat ukur tahanan dilakukan dengan langsung melakukan pengujian terhadap model fisik kendaraan tempur amphibi yang mempunyai skala 1:3, data hasil pengukuran dibandingkan dengan data yang diperoleh dari simulasi atau perhitungan secara numerik. Adanya perbedaan data hasil pengujian model fisik sebesar 1,71% dengan data perhitungan numerik menunjukkan bahwa alat uji tahanan yang dikembangkan dapat diandalkan dan digunakan untuk pengujian-pengujian tahanan model berikutnya.

**Kata kunci :** pengujian tahanan kapal, alat ukur tahanan, *loadcell*, perhitungan numeric

## Abstract

*Ship resistance testing is usually done in hydrodynamics laboratories typically use the measuring resistance dynamometer is already integrated in the system in the swimming test equipment (Towing Tank). Associated with resistance testing specific models such as models of amphibious combat vehicles, the design and development of measurement-based model prisoner loadcell to meet the situation and condition of the model. Validation and verification of measuring instruments is done by direct resistance testing on physical models of amphibious combat vehicles that have a 1:3 scale, measurement data compared with data obtained from simulation or numerical computation. The difference of data of physical model test results of 1.71% with numerical data shows that prisoners who developed test equipment is reliable and used for the tests next model prisoner.*

**Keywords :** *Ship Resistance testing, Measuring Resistance, loadcell, numeric Calculation*

## PENDAHULUAN

Pengujian tahanan model dilaksanakan untuk mendapatkan data tahanan lambung model pada setiap kecepatan. Tahanan model dan kecepatannya diukur secara simultan.

Tahanan adalah komponen gaya yang melawan gerakan maju dari model. Tahanan ditentukan dengan mengukur gaya tarik terhadap model. Model ditarik pada kondisi berat displasmen yang sesuai.

Adanya pengujian terhadap model-model yang khusus, misal adanya alat transportasi khusus serta keharusan untuk menguji model ukuran kecil,

penggunaan alat ukur standar tidak dapat dilakukan.

Untuk itu perancangan dan pengembangan sebuah alat ukur tahanan model yang sesuai dengan situasi dan kondisi model tersebut harus dilakukan.

Laboratorium Hidrodinamika UPT-BPPH, BPPT, menghadapi hal semacam ini dalam melaksanakan pekerjaan pengujian model kendaraan tempur amphibi roda rantai yang didesain PT. Pindad atas prakarsa Dislitbang TNI-AL.

Dengan berbasis pada penerapan *loadcell* yang biasa digunakan secara luas untuk mengukur beban atau gaya, maka dikembangkanlah sebuah alat uji tahanan yang dapat diterapkan pada model-model

---

<sup>1</sup> UPT BPPH - BPPT, Surabaya

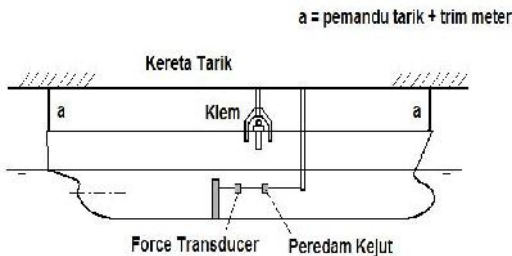
berukuran kecil dengan kapasitas beban atau gaya yang sesuai.

## TEORI DAN METODA PERANCANGAN

### Teori

Teori yang digunakan dalam mengembangkan alat uji tahanan ini adalah bahwasanya air yang menyelubungi bagian lambung model yang terbenam ke dalam air akan memberikan tahanan seiring kecepatan laju dari model. Besarnya tahanan ini dipengaruhi oleh bentuk lambung dan kecepatan bergerak maju dari model, sehingga yang paling berperan adalah gaya gesek antara permukaan lambung model dengan air.

Prinsip alat ukur tahanan yang dikembangkan ini adalah bagaimana suatu alat dapat mengukur gaya tahanan dari air saat model bergerak maju pada setiap kecepatan yang ditentukan. Gambar 1. menunjukkan skema konfigurasi pengujian tahanan sebuah model kapal.



Gambar 1. Konfigurasi pengujian tahanan di kolam uji.

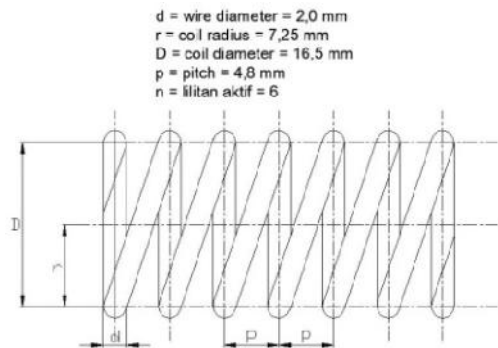
Berdasarkan gambar 1 tersebut dikembangkan sebuah alat ukur tahanan yang mengintegrasikan *force transducer* dan peredam kejut (*shock absorber*) menjadi satu kesatuan sistem yang utuh. Pada kegiatan pengembangan alat ukur ini, *force transducer* atau sensor pengukur gaya diwakili sebuah *loadcell* tipe tarik-tekan dengan kapasitas yang sesuai atau mampu ukur pada maksimum gaya yang akan ditimbulkan pada saat pengujian. *Shock absorber* yang berfungsi meredam timbulnya beban kejutan bertujuan tidak hanya melindungi *loadcell* tetapi juga untuk mendapatkan pengukuran gaya yang stabil.

*Shock absorber* ini diwujudkan oleh keberadaan *compression spring* atau pegas tekan yang ditempatkan di bagian depan dari *loadcell*. Pegas tekan ini dirancang ada dua buah menjepit batang penarik model uji.

### Metoda Perancangan

Metoda perancangan dalam kegiatan pengembangan alat uji adalah dengan melakukan langkah-langkah berikut. Pertama, menentukan jenis dan kapasitas *loadcell* yang akan digunakan. Kapasitas *loadcell* ini dapat ditentukan dengan terlebih dahulu menghitung berdasarkan data-data utama model uji, seperti ukuran utama serta gambar model uji, dan dihitung menggunakan formula atau rumus pendekatan (empiris) perhitungan gaya tahanan kapal. Kedua, menentukan ukuran pegas tekan yang sesuai dengan kapasitas *loadcell* dan situasi ruangan dimana alat ukur ini akan ditempatkan pada model uji.

Acuan gaya yang digunakan untuk merancang pegas tekan cukup 10% dari kapasitas maksimum *loadcell* yang digunakan yaitu sebesar 500 N dari *loadcell* tarik-tekan dengan kapasitas 5000 N. *Loadcell* yang digunakan adalah *loadcell* yang ada dan mudah diperoleh di pasaran. Dengan menerapkan rumus persamaan pegas  $F = k \cdot x$  dapat dirancang ukuran pegas seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pegas tarik untuk alat ukur tahanan model.

Langkah ketiga, adalah merancang konstruksi *loadcell* dan pegas tekan yang akan menghubungkan batang penarik dengan model uji. Dirancang juga batang penarik yang sesuai dengan kondisi kereta tarik di kolam uji. Gambar 3. menunjukkan gambar konstruksi alat ukur tahanan model. Gambar 4. memperlihatkan alat uji tahanan model dengan *loadcell* terpasang.

Dengan menambahkan batang penghubung melalui sebuah *universal joint* ke titik tangkap pada model uji, maka lengkaplah konstruksi alat uji tahanan model ini.

Langkah selanjutnya, adalah melakukan pengujian

tahanan model kendaraan tempur amphibi di kolam uji tarik (*Towing Tank*) sekaligus sebagai proses validasi dan verifikasi kehandalan alat uji tahanan model ini.

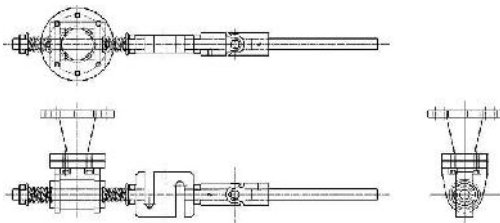
### VALIDASI DAN VERIFIKASI

Untuk memperoleh keyakinan penggunaan alat ukur tahanan model maka dilakukan validasi dan verifikasi melalui pengujian tahanan langsung terhadap model kendaraan tempur amphibi roda rantai yang sudah tersedia seperti ditunjukkan Gambar 5., serta membandingkan hasil pengujian tahanan dengan hasil perhitungan secara numerik.

Model yang diuji mempunyai data utama dan spesifikasi seperti tercantum pada Tabel 1.

### Pembuatan Model

Untuk memperoleh besar tahanan kendaraan tempur amphibi roda rantai melalui metode uji model fisik, digunakan model Tank Amphibi BTR 50 dengan skala 1:3. Pemilihan skala model didasarkan pada kondisi kolam dan kemampuan peralatan. Material yang digunakan untuk membuat konstruksi ini adalah kayu. Model dibuat berdasarkan data yang diberikan oleh PT. PINDAD yakni gambar Bodyplan dan Data Ukuran Utama.



Gambar 3. Gambar konstruksi alat ukur tahanan model.

Sebelum dilakukan pengujian terlebih dahulu dilakukan distribusi berat baik secara memanjang maupun melintang sedemikian rupa sehingga diperoleh sarat air (*draft*) dan berat displamen yang disyaratkan tercapai dengan menempatkan beberapa pemberat diatas model.

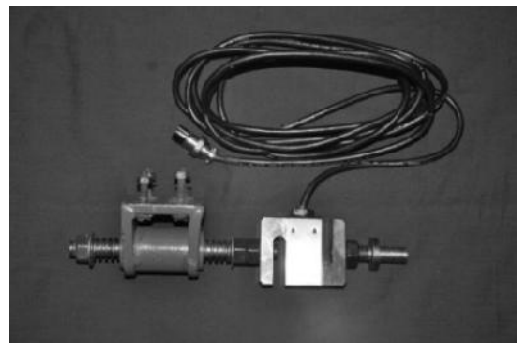
Tabel 1. Data utama kendaraan tempur amphibi roda rantai tipe BTR 50

Awak + Penumpang	2 + 20	orang
Dimensi (P x L x T)	6895 x 2995 x 1550	mm
Berat tempur	17,84	ton
Ground clearance	0.34	m
Mesin	6-cylinder diesel, 240 HP	
Range	240	km
Kapasitas tangki Bahan Bakar	400	liter
Kecepatan di darat	45	km/jam
Kecepatan di air	10	Km/jam
Daya Tanjak	38%	
Kemiringan	18%	
Loncat Parit	2.8	m
Rintangang Tegak	1.1	m
Tipe roda	Rantai	

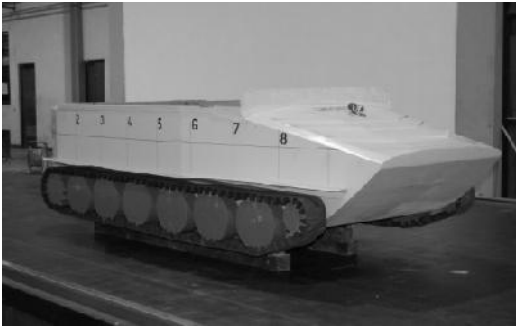
### Hasil perhitungan dengan metoda numerik

Prediksi tahanan (*resistance*) adalah prediksi untuk mengetahui besarnya gaya *longitudinal* yang bekerja pada suatu benda yang bergerak di air pada kecepatan tertentu. Untuk bergerak di air suatu benda memerlukan tenaga untuk melawan gaya tersebut. Perhitungan *resistance* diperlukan untuk mengetahui besarnya tenaga yang diperlukan tank amphibi untuk bergerak di air pada kecepatan yang direncanakan, serta mengetahui kecepatan yang bisa dicapai dengan menggunakan tenaga mesin yang tersedia.

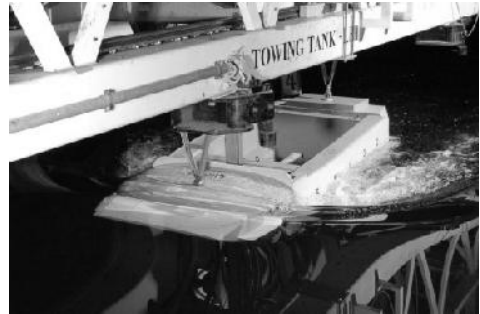
Prediksi gaya *resistance* dilakukan dengan menggunakan metode Campton. Metode tersebut dilakukan berdasarkan data statistik untuk beberapa parameter hidrostatik untuk lambung kapal. Hasil prediksi *resistance* ditampilkan dalam gambar 7. Tabulasi perhitungan *resistance* ditampilkan pada Tabel 2. Pada kecepatan 10 km/jam, tahanan yang dialami Tank Amphibi adalah sebesar 11,7 kN.



Gambar 4. Konstruksi alat uji tahanan dengan *loadcell* terpasang.



Gambar 5. Model kendaraan tempur amfibi roda rantai.



Gambar 6. Pengujian model pada kecepatan 9 km/jam.

### Hasil uji tahanan dengan metoda uji model fisik

Hasil perhitungan tahanan yang dilakukan melalui metode uji model fisik dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 8. Pengukuran tahanan dilakukan mulai dari kecepatan 3 km/jam sampai dengan 12 km/jam. Pengujian terhadap model ini dilakukan pada kondisi sarat air *even keel* dan kondisi tanpa adanya tabir gelombang (*shielder*). Dari hasil pengujian terjadi fenomena dimana pada kecepatan 10 km/jam kapal akan cenderung menyusup kebawah, sehingga tidak bisa dilakukan pengukuran tahanan secara akurat. Sedangkan pada kecepatan 9 km/jam besar tahanan yang terukur adalah 7,48 kN (kondisi *even keel*).

Tabel 2. Data hasil perhitungan numerik.

PROTOTYPE		PROTOTYPE	
Vs km/jam	Tahanan kN	Vs km/jam	Tahanan kN
3	0,55	7,5	4,26
3,3	0,67	7,8	4,82
3,6	0,79	8,1	5,42
3,9	0,92	8,4	6,08
4,2	1,06	8,7	6,79
4,5	1,22	9	7,61
4,8	1,39	9,3	8,53
5,1	1,57	9,6	9,51
5,4	1,77	9,9	10,57
5,7	1,97	10,2	11,70
6	2,23	10,5	12,76
6,3	2,57	10,8	13,85
6,6	2,93	11,1	15,00
6,9	3,33	11,4	16,20
7,2	3,76	11,7	17,48
		12	19,61

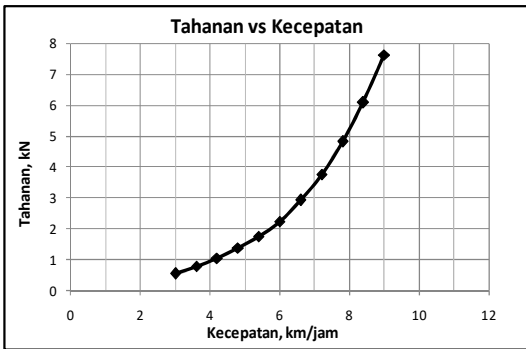
### KESIMPULAN

Dari hasil pengujian tahanan model kendaraan tempur amfibi roda rantai BTR 50 menggunakan alat uji yang dikembangkan khusus, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

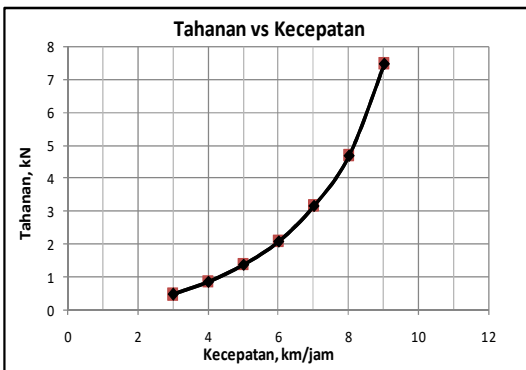
- Hasil perhitungan tahanan dengan simulasi numerik, menggunakan metode Campton pada kecepatan dinas 10 km/jam, kendaraan tempur amfibi roda rantai mempunyai nilai tahanan sebesar 11,7 kN.
- Hasil pengujian tahanan model fisik di kolam uji tarik (*Towing Tank*) menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan hasil perhitungan numerik dimana tahanan yang diperoleh dari hasil uji model fisik adalah sebesar 7,48 kN sedangkan hasil perhitungan numerik sebesar 7,61 kN.
- Dengan melihat hasil uji model fisik dan hasil perhitungan numerik yang menunjukkan perbedaan 1,71% memberikan keyakinan bahwa alat ukur yang telah dikembangkan untuk pengujian tahanan model kendaraan tempur amfibi roda rantai ini seterusnya dapat digunakan dalam setiap pengujian tahanan model di kolam uji tarik (*Towing Tank*).

Tabel 3. Data hasil uji tahanan.

MODEL		PROTOTYPE	
Vm m/det	Tahanan kg	Vs km/jam	Tahanan kN
0,481	1,745	3	0,474
0,642	3,226	4	0,876
0,802	5,135	5	1,394
0,962	7,682	6	2,085
1,123	11,632	7	3,158
1,283	17,321	8	4,703
1,443	27,550	9	7,480
1,604	tidak dilakukan	10	tidak ada hasil
1,764	tidak dilakukan	11	tidak ada hasil
1,925	tidak dilakukan	12	tidak ada hasil



Gambar 7. Kurva tahanan vs kecepatan hasil perhitungan numerik dengan metoda Campton.



Gambar 8. Kurva tahanan vs kecepatan hasil uji model fisik.

**DAFTAR PUSTAKA**

Doebelin, E.O., (1990), "Measurement Systems, Application and Design", 4<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore.

Jensen, C.H., Helsel, J.D., (1992), "Engineering Drawing and Design", 4<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill Publishing Company, Singapore.

Johnson, C.D., (1993), "Process Control Instrumentation Technology", Prentice-Hall International, Inc., New Jersey.

Lewis, E.V., Ed., (1988), "Principles of Naval Architecture", Second Revision, Vol. I – Stability and Strength, the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME), Jersey City, New Jersey.

--- (2003), "Maxsurf Manual", Ver. 11, Naval Architects Program, Formation Design Systems Pty. Ltd., Asutralia.

--- (1994), "Revised Activity for Instruments Calibration", 1<sup>st</sup> Rev., Indonesian Hydrodynamic Laboratory (IHL), Surabaya.