

Evaluasi Statistik Hasil Pengujian Resistance Model Kapal

Dian Purnamasari¹, Puhadi²

Diterima : 7 Oktober 2011; Direvisi : 18 Oktober 2011; Disetujui : 25 Oktober 2011

Abstrak

Analisa data eksperimen umumnya menggunakan statistik untuk mengukur perbedaan. Misalnya, untuk melihat apakah ada perbedaan sebelum perlakuan dan setelah perlakuan. Dari analisa *ketidakpastian* pada empat variabel yang merupakan sumber kesalahan percobaan *resistance* model kapal LCT 1000 DWT dimana nilai *ketidakpastian resistance* menunjukkan nilai terbesar dibandingkan dengan variabel lain, evaluasi terhadap elemen bias yang mempengaruhi nilai ketidakpastian *resistance*, yaitu nilai bias yang terbesar adalah bias kalibrasi. Setelah mendapat nilai bias kalibrasi yang baru dilaksanakan yaitu 0,0121 serta perhitungan Mean/ rata-rata dan variansi untuk memastikan adanya perbedaan nilai kalibrasi *resistance dynamometer* terhadap hasil *resistance*, dari penurunan nilai bias kalibrasi tersebut mempengaruhi nilai *ketidakpastian resistance* yang cukup signifikan.

Kata kunci : Nilai ketidakpastian, Bias kalibrasi, Rata, Variansi.

Abstract

Analysis of experimental data commonly used statistics to measure the difference. For example, to see are there differences before treatment and after treatment. From the uncertainty analysis of four variables sources of experimental resistance model ship LCT 1000 DWT, the value of the uncertainty resistance showed the biggest value than other variables, evaluation of bias element affect to value of uncertainty resistance, ie the value of the bias calibration, After obtaining new value bias calibration 0.0121, and calculation mean / average and the variance to ensure the existence of differences value bias calibration resistance dynamometer against the resistance, the decline value bias calibration affect the value of uncertainty resistance significantly.

Keywords : *Uncertainty analysis, Bias calibration, Mean, Varian.*

PENDAHULUAN

Dewasa ini secara luas telah dipahami bahwa konsep ketidakpastian (*uncertainty*) merupakan bagian penting dari hasil suatu analisis kuantitatif. Tanpa pengetahuan tentang ketidakpastian pengukuran maka pernyataan suatu hasil pengujian belum dapat dikatakan lengkap.

Dari asal katanya, kata ketidakpastian mempunyai beberapa arti yaitu “ragu-ragu”, “kekurangpercayaan” dan “derajat ketidakyakinan”. Namun definisi ketidakpastian secara metrologis telah didefinisikan

oleh ISO (atau VIM, *Vocabulaire international de Métrologie*) sebagai berikut :

“non-negative parameter characterizing the dispersion of quantity values being attributed to a measurand, based on the information used” .

Jadi ketidakpastian merupakan suatu parameter non-negative yang menggambarkan sebaran nilai kuantitatif suatu hasil pengujian (*measurand*), berdasarkan informasi yang digunakan.

Namun bahasan tentang konsep ketidakpastian tidaklah utuh tanpa membahas juga tentang konsep *traceability* (ketertelusuran). Menurut ISO istilah

1. UPT BPPH-BPPT, Surabaya

2. FMIPA- ITS, Surabaya

traceability secara metrologis didefinisikan sebagai berikut:

“property of a measurement results whereby the result can be related to a reference through a documented unbroken chain of calibrations each contributing to the measurement uncertainty”. Jadi ketertelusuran merupakan sifat dari pengukuran / pengujian, dimana hasil tersebut dapat dihubungkan ke suatu nilai acuan melalui mata rantai kalibrasi yang tidak terputus yang terdokumentasi, dimana masing-masing mata rantai berkontribusi terhadap ketidakpastian pengukuran / pengujian. Dapat dicermati bahwa definisi ini secara tegas menggambarkan keterkaitan antara ketidakpastian dengan ketertelusuran.

Tujuan penulisan ini adalah untuk mengevaluasi secara statistik hasil pengujian tahanan model kapal LCT 1000 DWT yang telah dihitung nilai ketidakpastian dari beberapa variabel yang mempengaruhi pengujian tahanan tersebut oleh penulis, sehingga pada kesempatan ini dilanjutkan untuk mengevaluasi keterkaitan elemen bias kalibrasi terhadap nilai ketidakpastian resistance.

KAJIAN TEORI

Tahanan/Resistance

Uji tahanan/resistance test adalah untuk mengetahui besarnya tahanan/gaya horizontal yang diukur pada model uji yang bergerak pada beberapa kecepatan yang diinginkan di kolam percobaan yang menggunakan air tawar. Dimana model kapal dihubungkan dengan alat instrumentasi yaitu Resistance Dynamometer (sebagai alat ukur tahanan) digerakkan oleh kereta tarik (Towing Carriage) pada kecepatan yang dikehendaki sepanjang kolam percobaan.

Resistance transducers dikalibrasi menggunakan beban/weight, bias standar (B_{std}) weight berdasarkan toleransi dari individu weight, bias kalibrasi resistance transducers (B_{CRT}) dihitung dengan SEE (Standar Error Estimate) dari beban terhadap volt, bias loadcell misalignment diperkirakan $\pm 0.25^\circ$ yang dapat mempengaruhi pengukuran tahanan, dan bias pada 12 bit AD akurasi terhadap voltage.

Bobot (weight) adalah standar untuk kalibrasi load cell beban dan merupakan sumber kesalahan, yang mana tergantung pada kualitas standar. Bobot memiliki sertifikat kalibrasi yang mengesahkan kalibrasi untuk suatu kelas tertentu. Toleransi bobot

individu untuk digunakan adalah bersertifikat adalah $\pm 0,005\%$. Kesalahan bias yang timbul dari toleransi kalibrasi timbangan, B_{std} dihitung sebagai ketepatan bobot, kali resistensi diukur berdasarkan persamaan:

$$B_{std} = \text{akurasi bobot} \times R_x \quad (1)$$

Dari kalibrasi resistance transducers diperoleh data hubungan antara beban dan volt, dari data tersebut dilakukan perhitungan SEE sehingga diperoleh nilai bias B_{CRT} . Nilai bias ketiga didapat dari misalignment pada loadcell yaitu perbedaan antara kalibrasi dan kondisi percobaan yaitu B_{ML} dengan perhitungan sebagai berikut:

$$B_{ML} = R_x - (\cos 0,25^\circ R_x) \quad (2)$$

Gaya tahanan/resistance didapat dari AD converter yang biasanya mempunyai nilai bias 1 bit pada AD akurasi 12 bit, pada AD converter dengan rentang (-10 volt ke 10 volt), maka nilai bias dapat dihitung:

$$B_{AD} = 1 \times 20 / 2^{12} \quad (3)$$

Kalibrasi

Semua perangkat yang digunakan untuk akuisisi data harus dikalibrasi secara teratur. Untuk kalibrasi, kuantitas yang terukur harus menggunakan kuantitas weight dan pulse yang terkalibrasi atau telah diperiksa dengan alat ukur lain yang telah terkalibrasi. Diagram kalibrasi yang mana kuantitas terukur (nilai output) diplot terhadap unit kalibrasi (unit masukan), mungkin berguna untuk linieritas dari instrument. Kalibrasi umumnya harus sesuai dengan prosedur ITTC 7.6-01-01.

Kalibrasi pada Resistance Dynamometer dan Sinkage dan/trim sensor harus diperiksa segera sebelum pengujian. Kalibrasi Resistance Dynamometer harus menggunakan weight yang terkalibrasi sebagai masukan (input) pada instrument. Kalibrasi sebaiknya mencakup semua rantai pengukuran (amplifier, filter, A/D converter). Jika pada pengecekan menunjukkan bahwa akurasi tidak terpenuhi, maka harus dilakukan kalibrasi ulang atau penggantian instrument dan pemeriksaan ulang. Pemeriksaan harian untuk pulse counter pengukur kecepatan tidak dianjurkan. Sebaliknya pengecekan pada semua peralatan yang dikalibrasi harus dilakukan secara berkala. Dimana g konstanta yang digunakan dalam perhitungan, nilai yang dipilih harus sesuai dengan lokasi tangki.

Distribusi Normal

Distribusi probabilitas normal merupakan salah satu distribusi yang paling penting dalam statistika. Distribusi ini mempunyai nilai yang jumlahnya tidak terbatas dalam skala atau jarak tertentu

Bentuk dari distribusi ini dipengaruhi oleh 2 parameter yaitu :

- Nilai rata-rata
- Standar deviasinya

Populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas objek/subjek yang mempunyai kuantitas dan karakteristik tertentu untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. *Sampel* adalah sebagian dari jumlah karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut.

Mean, atau μ adalah nilai rata – rata dari sekumpulan pengukuran. Ini dapat memberikan pandangan sebagai harapan hasil $E(x)$ dari kejadian x , misalnya jika pengukuran dilakukan berkali – kali, nilai rata – rata akan menjadi hasil yang umum.

Varian dan Standar Deviasi dihubungkan sebagai indikator sebaran data pada suatu populasi atau sampel. Perbedaan antara varian dan standar deviasi pada sampel dan populasi adalah hanya pada ruang lingkupnya saja. Varian dan standar deviasi populasi dinotasikan sebagai σ^2 dan σ , sedangkan varian dan standar deviasi sampel dinotasikan dengan s^2 dan s . Baik deviasi populasi maupun sampel, keduanya menunjukkan seberapa besar penyimpangan dari pengukuran individu terhadap mean populasi ataupun sampel.

Parameter/ Statistik	Populasi	Sampel
Mean/ rata-rata	$\mu = \frac{1}{n} \sum x$	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x$
Varian	$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \mu)^2}{n}$	$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}$
Standar deviasi	$\sigma = \sqrt{\text{varian}}$	$s = \sqrt{\text{varian}}$

Simpangan baku merupakan variasi sebaran data. Semakin kecil nilai sebarannya berarti variasi nilai data makin sama. Jika sebarannya bernilai 0, maka nilai semua datanya adalah sama. Semakin besar nilai sebarannya berarti data semakin bervariasi. Dengan parameter populasi dan statistik dari suatu sampel, maka kita dapat menentukan :

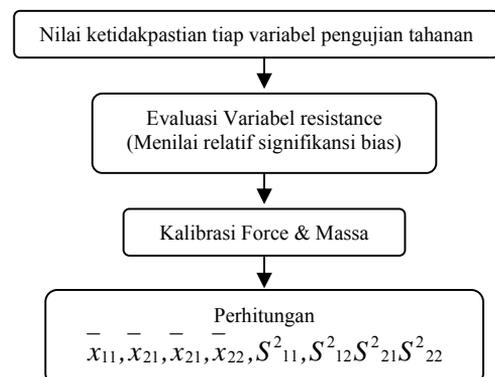
- Validitas dan reliabilitas suatu instrumen/ alat

ukur

- Menentukan besarnya anggota sampel yang diambil dari suatu populasi
- Menguji hipotesis penelitian yang diajukan

METODOLOGI PENELITIAN

Studi pendahuluan untuk mengetahui nilai ketidakpastian pengujian tahanan model kapal LCT 1000 DWT telah dilaksanakan, selanjutnya dilaksanakan evaluasi terhadap elemen bias yang mempengaruhi nilai ketidakpastian resistance, dan nilai bias yang terbesar adalah bias kalibrasi, selanjutnya untuk meminimalkan dampak ketidakpastian pada resistance dilaksanakan kalibrasi ulang terhadap *Resistance Dynamometer* tanggal 22 Nopember 2010 berdasarkan prosedur yang direkomendasikan *ITTC*, selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata dan variansi terhadap nilai bias dan nilai ketidakpastiannya pada kedua kalibrasi tersebut.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari analisa ketidakpastian pada empat variable yang merupakan sumber kesalahan percobaan resistance model kapal LCT 1000 DWT dapat dilihat pada Tabel 1 dimana nilai ketidakpastian resistance menunjukkan nilai terbesar dibandingkan dengan variabel lain yaitu 4,793%.

Tabel 1 Nilai ketidakpastian tiap Variable model kapal LCT 1000 DWT

Term	B _{CT}	U _{CT}
Geometry	0,025 m2	0,612 %

Speed	0,017 m/s	1,27 %
Resistance	0,0588 kg	4,793 %
Temperatur	6.825 kg/m3	0,76 1 %
Koefisien total resistance	5.742E-08	0,11 %

Setelah mendapat nilai bias kalibrasi yang baru dilaksanakan yaitu 0,0121 (tabel 2) maka terdapat perubahan pada nilai bias dan nilai ketidakpastian yaitu perubahan nilai yang semakin kecil, dari penurunan nilai bias kalibrasi tersebut mempengaruhi nilai *ketidakpastian resistance* yang cukup signifikan pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 2 Standard Error Estimate (SEE) and Calibration Resistance Transducer

Output (Volt)	Massa (kg)	Intermediate	Y-(C*X) ²
0,5589	2	3,5785	4,3315E-06
1,116	4	3,5842	5,2234E-06
1,675	6	3,5821	2,3708E-08
2,233	8	3,5826	9,7765E-07
2,791	10	3,5829	4,5433E-06
3,349	12	3,5832	1,0721E-05
3,906	14	3,5842	6,3986E-05
5,025	18	3,5821	2,1337E-07
6,142	22	3,5819	3,0928E-06
7,261	26	3,5808	1,0444E-04
8,377	30	3,5812	6,2952E-05
9,49	34	3,5827	2,5987E-05
8,377	30	3,5812	6,2952E-05
7,261	26	3,5808	1,0444E-04
6,142	22	3,5819	3,0928E-06
5,025	18	3,5821	2,1337E-07
3,906	14	3,5842	6,3986E-05
3,349	12	3,5832	1,0721E-05
2,791	10	3,5829	4,5433E-06
2,233	8	3,5826	9,7765E-07
1,675	6	3,5821	2,3708E-08
1,116	4	3,5842	5,2234E-06
0,5589	2	3,5785	4,3315E-06
Average Clb Factor ©		3,5822	
N = 17, N-2=15			
Sum Y-(C*X) ²			0,0005
SEE = (Sum/N-2) ^{0.5}			0,0060
BCRT=2SEE			0,0121

Tabel 3 Analisa ketidakpastian resistance pada faktor kalibrasi resistance dynamometer 3,587

Vm m/s	Model Total Restce RT (kg)	Bias Limit	Precision Limit	Overall Uncertainty (Uv)	
				(±kg)	(±%)
0.9298	0.8980	0.1364	0.0107	0.136	15.234
0.9955	1.0430	0.1374	0.0129	0.138	13.229
1.0626	1.2271	0.1388	0.0431	0.145	11.847
1.1286	1.3941	0.1404	0.0431	0.146	10.531
1.1941	1.6162	0.1426	0.0241	0.144	8.950
1.2613	1.8280	0.1451	0.0393	0.150	8.223
1.3271	2.1798	0.1497	0.0126	0.150	6.892
.3940	2.6028	0.1561	0.0493	0.163	6.289
1.4598	2.9483	0.1619	0.0452	0.168	5.702
1.4597	2.9415	0.1618	0.0452	0.168	5.711

Tabel 4 Analisa ketidakpastian resistance pada faktor kalibrasi resistance dynamometer 3.581

Vm m/s	Model Total Restce RT (kg)	Bias Limit	Precision Limit	Overall Uncertainty (Uv)	
				(±kg)	(±%)
0.9298	0.8980	0.0304	0.0107	0.032	3.589
0.9955	1.0430	0.0346	0.0129	0.037	3.541
1.0626	1.2271	0.0400	0.0431	0.059	4.793
1.1286	1.3941	0.0450	0.0431	0.062	4.467
1.1941	1.6162	0.0517	0.0241	0.057	3.528
1.2613	1.8280	0.0581	0.0393	0.070	3.828
1.3271	2.1798	0.0688	0.0126	0.070	3.210
1.3940	2.6028	0.0818	0.0493	0.096	3.669
1.4598	2.9483	0.0925	0.0452	0.103	3.489
1.4597	2.9415	0.0922	0.0452	0.103	3.491

Perhitungan Mean/ rata-rata dan varian untuk memastikan adanya perbedaan pemakaian kalibrasi *resistance dynamometer* terhadap hasil *resistance*, dimana $X_1 = bias\ limit$ dan $X_2 = nilai\ ketidakpastian$ pada kalibrasi 1 dan kalibrasi 2 seperti pada Tabel 5 dan tabel 6.

Tabel 5 Hasil bias dan presisi kalibrasi resistance dynamometer (Kalibrasi 1)

U	X_{11}	X_{11}	$(X_{11} - \bar{X}_{11})^2$	$(X_{21} - \bar{X}_{21})^2$
1	0.1364	0.1368	0.000113	0.000207
2	0.1374	0.1380	0.000093	0.000175

3	0.1388	0.1454	0.000067	0.000034
4	0.1404	0.1468	0.000044	0.000019
5	0.1426	0.1447	0.000019	0.000043
6	0.1451	0.1503	0.000004	0.000001
7	0.1497	0.1502	0.000007	0.000001
8	0.1561	0.1637	0.000082	0.000156
9	0.1619	0.1681	0.000222	0.000286
10	0.1618	0.1680	0.000219	0.000282
$n_1=10$				
Rata-rata	0.1470			
Jumlah			0.000871	0.001204
Varian			0.000097	0.000134

Tabel 6. Hasil bias dan presisi kalibrasi resistance dynamometer (Kalibrasi 2)

u	X_{12}	X_{22}	$(X_{12} - \bar{X}_{12})^2$	$(X_{22} - \bar{X}_{22})^2$
1	0.0304	0.0322	0.000846	0.001341
2	0.0346	0.0369	0.000620	0.001018
3	0.0400	0.0588	0.000380	0.000101
4	0.0450	0.0623	0.000211	0.000043
5	0.0517	0.0570	0.000061	0.000140
6	0.0581	0.0702	0.000002	0.000002
7	0.0688	0.0700	0.000087	0.000001
8	0.0818	0.0955	0.000497	0.000710
9	0.0925	0.1029	0.001085	0.001158
10	0.0922	0.1027	0.001071	0.001146
$n_2=10$				
Rata-rata				
0.0595		0.0689	0.004860	0.005660
Varian			0.000540	0.000629

DAFTAR PUSTAKA

- Coleman, H.W. and Steele, W.G., 1999, 'Experimentation and Uncertainty Analysis for Engineers,' 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY.
- Greg Hermanski "Uncertainty In Resistance Experiment Conducted in a Towing Tank" *Asia Pasific Workshop on Marine Hydrodynamic* in Asia Pasific Maritime Congress 90th Annisversary of KSN AJ, Kobe International Conference Center , Japan 21-23 may 2002

ITTC, 2002b, "*Resistance Test*", ITTC Rec-ommended Procedures and Guidelines, Procedure 7.5-02-02-01, Revision 01.

Holtrop,J.,1977, A statistical analysis of performance test result, International Shipbuilding Progress, Vol.24,February,pp.23-28.

Holtrop,J.,1984, A statistical re-analysis of resistance and propulsion data, International Shipbuilding Progress, Vol.31,November,pp.272-276.