

ISBN : 979-15621-0-5

# PROSIDING

## **SEMINAR NASIONAL** TEKNOLOGI PRODUKSI KAPAL KECIL



13 Desember 2006

Kampus Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Diselenggarakan Oleh:

Jurusan Teknik Perkapalan

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS)

Dengan

Program Hibah Kompetisi A2, KPMPT Dirjen Dikti

Departemen Pendidikan Nasional



## DAFTAR ISI

### A. Kata Pengantar

### B. Pemakalah Utama

No	Judul	halaman
1.	Teknologi Produksi Kapal Kecil ( <i>Ir. Ajatiman</i> )	PU 1-PU11
2.	Teknologi Kapal-Kapal Kecil: Persoalan Design Dan Propulsi Dan Pengembangan Bidang Keahlian ( <i>Dr. I K A P Utama, B.Eng, MSc, PhD, C.Eng, FRINA</i> )	PU 12-PU 17
3.	Analisa Kekuatan Kayu Laminasi pada Konstruksi Kapal Kayu ( <i>Ir. H Soewefy, M Eng; Ir. Budi Santoso, M.T Agus Budiono, ST</i> )	PU 18-PU 30

### C. Pemakalah Pendamping

No	Judul	halaman
1.	Kajian Kinerja Seakeeping Kapal Yacht 28 m di Perariran Bergelombang Melalui Penggunaan Model di Tangki Uji ( <i>Arifin, Abd Ghofur</i> )	1-5
2.	Penggunaan Bahan Bakar Minyak (Campuran Solar – Minyak Tanah-Pelumas) untuk Motor Kapal Perikanan Tangkap dan Budidaya ( <i>Ali Muntaha</i> )	6-9
3.	Pengembangan Teknologi Produksi Remote Control (R/C) Boat Model High Speed di Indonesia ( <i>Ali Munazid, Bagiyo Suwasono</i> )	10-14
4.	Penggunaan Adjie Propeller untuk Peningkatan Efisiensi Kapal Kecil ( <i>Edi jadmiko, Surjo Widodo Adjie</i> )	15-22
5.	Beberapa Faktor yang perlu diperhatikan dalam Pengembangan Kapal Ikan Kelas 30 GT Daerah Pantai Selatan Jawa Timur ( <i>Baharuddin Ali</i> )	23-27
6.	Pengaruh Gas Pelindung Carbon Dioksida terhadap Hasil Pengelasan GMAW pada Pelat SS 41 ( <i>Soewefy, Handoko</i> )	28-39
7.	Laminasi Fibre Glass (FRP) untuk Pemanfaatan Material Sisa dalam Pembuatan Perahu ( <i>Irfan Eko Sandjaya</i> )	40-44

8. Penggunaan Material Fibre Glass (FRP) untuk Pembuatan Perahu  
(*Irfan Eko Sandjaja, Totok Triputrastyo Murwatono*) 45-50
9. Optimalization Maneuverability of the Multi Barge in the Mahakam River as Main Transportation  
(*Luhut TP Sinaga*) 51-65
10. Kajian Teknik Implementasi “ Solar Sel “ Pada Kapal-Kapal Ikan Di Maluku  
(*Marthen E.H. Lamaloang, Surjo W. Adji*) 66-71
11. Peningkatan Pemahaman Mahasiswa Dengan Penyelarasan Teori Dan Praktek Pada Pembuatan Kapal Kayu Tradisional  
(*Minto Basuki, Untung Iman Samudra*) 72-79
12. Studi Estimasi Berat Konstruksi Kapal  
(*Sugiarto, Ali Azhar*) 80-91
13. Analisa Karakteristik Parameter Daya, Gross Tonage, Displacement dan Kecepatan Didalam Penentuan Kebutuhan Daya Kapal Ikan Purse-Sainer  
(*Suwatno, Suryo W. Adji*) 92-96
14. Kajian Sistem Penggerak Kapal Kayu Phinisi  
(*Totok Triputrastyo Murwatono, Hardi Zen, Irfan Sanjdaja*) 97-101
15. Probabilitas Kekuatan Sambungan Konstruksi Pantek Dan Konstruksi Overlapping Pada Kapal Kayu Tradisional  
(*Petrus Kelake Raya, Soeweify, Fitriyah, Surahman Adi*) 102-109

# STUDI ESTIMASI BERAT KONSTRUKSI KAPAL

Sugiarto, Ali Azhar

Jurusan Teknik Perkapalan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

## ABSTRAK

Metode perhitungan berat konstruksi kapal dapat dilakukan dengan beberapa macam pendekatan yang berbeda. Studi literatur pada beberapa hasil penelitian semuanya menunjukkan hasil dengan perbedaan yang cukup signifikan sehingga upaya untuk mendapatkan pendekatan yang memberikan hasil lebih baik perlu terus dilanjutkan.

Penulisan makalah ini bermaksud untuk mengembangkan persamaan perhitungan berat konstruksi berdasarkan fungsi luas bagian-bagian konstruksi yang menyusun kapal; yaitu geladak, lambung, alas, sekat, dan bangunan atas kapal yang dinyatakan kedalam fungsi ukuran utama kapal. Dengan mengasumsikan berat konstruksi adalah sama dengan fungsi luas, maka persamaan berat konstruksi hasil regresi yang diperoleh adalah  $W_{st} = 10^{(1.881 \log L - 1.112 \log Cb - 0.637)}$ .

Persamaan berat konstruksi regresi dan beberapa persamaan berat konstruksi lain kemudian diaplikasikan untuk menghitung berat konstruksi sejumlah kapal dan hasilnya dibandingkan dengan data berat konstruksi sebenarnya (Wst). Selisih rata-rata antara berat konstruksi kapal sebenarnya dengan berat yang dihitung dengan persamaan regresi memberikan hasil sebesar rata-rata 14.66 %, selisih ini secara umum lebih baik daripada rata-rata selisih dengan persamaan yang lain.

Kata kunci: berat konstruksi, fungsi luas, persamaan regresi

## ABSTRACT

Calculating ship's construction weight can be done with some various different approaches. The literature studies in several previous research shows some differences result significantly hence the effort to obtain a better approach with a better result must be sustained.

The objective of this study is to develop an equation for calculating the weight of ship construction based on square function of construction parts configuring a ship - include deck, hull, bottom, bulkhead, and superstructure - where each is stated into the function of principal dimensions. By assuming that construction weight is equal to square function of a ship, the regression construction weight formula obtained is  $W_{st} = 10^{(1.881 \log L - 1.112 \log Cb - 0.637)}$ .

The regression equation and other equations are applied then to calculate construction weight of several ships and each result is compared to the real ship's construction weight (Wst). The average difference between the real ship's construction weight and the weight calculated by the regression equation gives the average result 14.66 %, this difference is generally better than the result of other equations.

Keywords : construction weight, square function, regression equation

## PENDAHULUAN

Dalam proses perencanaan kapal, perhitungan berat konstruksi merupakan salah satu faktor utama yang memegang peranan penting karena terkait dengan ukuran utama kapal dan perkiraan biaya konstruksi. Pada umumnya metode-metode yang dipakai untuk memperkirakan berat konstruksi diambil dari rumus pendekatan, kurva, serta pengalaman-pengalaman. Dapat disebutkan disini beberapa metode yang masih sering dipakai antara lain Murray (1964 -1965), Sato (1967), Miller (1968), Schneekluth (1972), Det Norske Veritas (1972), Watson

& Gilfillan (1977), Herald Poehls (1982), Kerlen (1985), Harvald & Jensen (1992) dan lain lain.

Masing-masing menggunakan metode yang berbeda dalam menentukan persamaan untuk menghitung berat konstruksi. Akan tetapi dalam perkembangan metode perencanaan kapal, seiring dengan kemajuan teknologi konstruksi, cenderung mengurangi total berat konstruksi sehingga berat konstruksi semakin ringan.

Beberapa metode untuk menghitung berat konstruksi memberikan hasil yang beragam dengan perbedaan yang cukup besar, sehingga upaya untuk mendapatkan

metode pendekatan yang diharapkan mampu memberikan hasil yang lebih baik perlu dilanjutkan.

Permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana menyatakan berat konstruksi kapal kedalam bentuk persamaan konstruksi hasil regresi?
2. Bagaimana mengaplikasikan persamaan tersebut untuk menghitung berat konstruksi sejumlah kapal
3. Bagaimana membandingkannya dengan hasil dari beberapa metode perhitungan berat konstruksi yang lain.

Tujuan dari penulisan makalah ini adalah untuk mengembangkan persamaan perhitungan berat konstruksi kapal. Manfaat yang dapat diberikan dari penulisan makalah ini adalah sebagai berikut:

1. Membantu untuk perkiraan biaya pembelian material baja
2. Membantu dalam perkiraan biaya produksi per jam, untuk kapal baja

## METODOLOGI PENELITIAN

### Identifikasi Variabel

Variabel-variabel yang diperlukan untuk analisis dalam penelitian ini, yaitu:

1. Variabel **log Wst** yang menyatakan Berat Konstruksi Kapal sebagai variable dependent atau variable terikat
2. Variabel Independent atau variabel bebas yang terdiri dari:
  - **log L** : menyatakan panjang kapal
  - **logCb** : menyatakan koefisien blok kapal
  - **log(B+BH+H)**: menyatakan lebar+ tinggi kapal

### Jenis dan Sumber Data

Jenis dan sumber data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

1. Data Primer, diperoleh dari Galangan Kapal yaitu PT PAL , PT Dok & Perkapalan Surabaya.
2. Data Sekunder, diperoleh dari Buku Register Kapal

### Prosedur Pengumpulan Data

1. Survey Pendahuluan  
Survey ini ditekankan pada pencarian atau pengumpulan masalah yang akan dibahas serta alternatif pemecahannya.
2. Pengumpulan Data

Semua data yang diperlukan untuk analisis diambil dengan teknik dokumentasi (menggunakan dokumen sebagai sumber) yang kemudian diseleksi dan tabulasikan sesuai dengan masalah yang dirumuskan.

### Prosedur Penentuan Sampel

Sampel penelitian ini ditentukan dengan metode *purposive sampling* (pengambilan sampel bertujuan), dengan kriteria :

1. Sampel Kapal memiliki Data Ukuran Utama (Panjang, Lebar, Tinggi, Tinggi Sarat, dan Koefisien Blok).
2. Sampel Kapal memiliki Data Berat Konstruksi dan atau Data-data pendukung lainnya seperti Data Displasemen, DWT, Berat Mesin, Berat Outfitting, dan lain-lain.

### Teknik Pengujian

Untuk mengetahui kebenaran hipotesis estimasi berat konstruksi kapal sebagai fungsi luas konstruksi, dilakukan analisis dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Membuat Persamaan Berat Konstruksi Hasil Regresi
  - a) Membuat pendekatan dalam bentuk fungsi matematis terhadap ukuran utama yang mempengaruhi luas bagian-bagian konstruksi yang menyusun kapal.
  - b) Menyederhanakan persamaan bagian-bagian konstruksi - fungsi yang sama digabung menjadi satu – kemudian mengasumsikan bahwa fungsi luas bagian-bagian konstruksi tersebut adalah sama dengan berat konstruksi kapal.
  - c) Merubah persamaan tersebut kedalam persamaan berbentuk logaritma.
  - d) Melakukan Analisa Regresi Linier Berganda dengan menggunakan perangkat SPSS
2. Melakukan uji Multikoloniaritas untuk memastikan tidak ada korelasi yang cukup serius antara variabel independen.
3. Melakukan Uji koefisien determinasi ( $R^2$ ) berdasarkan koefisien korelasi untuk melihat tingkat penyimpangan data dari garis regresi (makin tinggi  $R^2$  square,

variabel bebas makin kuat menjelaskan berat konstruksi)

4. Menentukan Koefisien Regresi yang diperoleh dari kolom unstandardized coefficients pada output SPSS

5. Melakukan uji statistik

Melakukan uji statistik untuk mengetahui apakah ada hubungan yang signifikan antara variabel terikat yaitu berat konstruksi kapal; dengan variabel bebas yang terdiri dari panjang, lebar dan koefisien blok kapal, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a) Merumuskan hipotesis, dalam uji ini menggunakan hipotesis null sebagai berikut :

$H_0$  (Hipotesis nol) : Koefisien regresi tidak signifikan atau tidak ada hubungan antara variabel bebas ( $Log W_{st}$ ) dengan variabel tak bebas ( $Log L$ ,  $Log Cb$ ,  $Log (B+BH+H)$ )

Hipotesis alternatif ( $H_1$ ) : Koefisien regresi signifikan atau ada hubungan antara variabel terikat ( $Log W_{st}$ ) dengan variabel bebas ( $Log L$ ,  $Log Cb$ ,  $Log (B+BH+H)$ )

- b) Mengukur tingkat signifikansi dari uji hipotesis ini yaitu 5%

- c) Membandingkan  $t_{hitung}$  dengan  $t_{tabel}$

- Jika  $t_{hitung} < t_{tabel}$  dan  $t_{hitung} > -t_{tabel}$ , maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak, dengan kata lain tidak ada hubungan antara variabel terikat ( $Log W_{st}$ ) dengan variabel bebas ( $Log L$ ,  $Log Cb$ ,  $Log (B+BH+H)$ )

- Jika  $t_{hitung} > t_{tabel}$  dan  $t_{hitung} < -t_{tabel}$ , berarti  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima, dengan kata lain ada hubungan antara variabel terikat ( $Log W_{st}$ ) dengan variabel bebas

( $Log L$ ,  $Log Cb$ ,  $Log (B+BH+H)$ )

Apabila terdapat koefisien regresi tidak signifikan maka berarti bahwa panjang

kapal, lebar kapal, koefisien blok dan lebar+tinggi kapal tidak mempengaruhi berat konstruksi kapal begitu pun sebaliknya yaitu apabila koefisien regresi signifikan maka berarti bahwa panjang kapal, lebar kapal, koefisien blok dan lebar+tinggi kapal mempengaruhi berat konstruksi kapal.

6. Menghitung berat konstruksi masing-masing sampel kapal dengan persamaan konstruksi hasil regresi ( $W_{st}$  regresi) dan beberapa persamaan yang lain (Perhitungan Berat Konstruksi Kapal Metode Watson-Gilfilan, Harvald-Jensen, Kerlen & Murray)
7. Membandingkan hasil perhitungan masing-masing persamaan berat ( $W_{st}$  regresi dan beberapa persamaan lain) dengan berat konstruksi kapal sebenarnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penyelesaian persamaan regresi dengan SPSS

Dalam analisa regresi akan dikembangkan sebuah estimating equation (persamaan regresi) yaitu suatu formula matematika yang mencari nilai variabel dependent dan variabel independent yang diketahui. Pada persamaan (2.16) diketahui bahwa variabel dependen adalah  $log W_{st}$ , sedangkan variabel independennya adalah  $log L$ ,  $log Cb$  dan  $Log(B+BH+H)$ . Untuk mempermudah penyelesaian persamaan regresi maka digunakan software aplikasi statistik SPSS.

Tabel 1 Variabel yang diperlukan untuk membuat persamaan  $W_{st}$  Regresi

No	Nama Kapal	Jenis Kapal	log $W_{st}$	log L	log Cb	log (B+BH+H)
1	Kunti T	C	3.089	1.929	-0.102	2.121
2	Dos Oriented	C	3.138	1.952	-0.119	2.384
3	Asian Asphalt	C	3.093	1.952	-0.108	2.141
4	Andika Perdana	C	3.247	1.953	-0.131	2.441
5	Andika Tarunaga	R	3.335	1.954	-0.119	2.423
6	Meratus Express	C	3.172	1.960	-0.097	2.218
7	Andika Wijaya	C	3.254	1.962	-0.114	2.423
8	Manado C.J.N	C	3.240	1.964	-0.097	2.185
9	Loksemauwe C.J.N III	C	3.240	1.964	-0.097	2.185
10	Pontianak	C	3.240	1.964	-0.097	2.185
11	Catur Samudra	C	3.242	1.964	-0.086	2.290
12	Martapura River	C	3.121	1.967	-0.102	2.253
13	Makassar	C	3.254	1.968	-0.097	2.185
14	Mega Pacific	C	3.093	1.978	-0.097	2.197
15	Pemuda	C	3.205	1.978	-0.097	2.195
16	Baltic Team	C	3.198	1.992	-0.143	2.202
17	Hasnama	C	3.129	1.993	-0.092	2.173
18	Hulu Mas	C	3.117	1.994	-0.092	2.286
19	Golden Pearl	C	3.121	1.996	-0.102	2.272
20	Mandiri 7	C	3.129	2.000	-0.097	2.211
21	Pelopor	C	3.143	2.008	-0.125	2.201
22	Makmur Sejati	C	3.369	2.009	-0.092	2.448
23	Jatipura	C	3.232	2.014	-0.149	2.242
24	Musi River	C	3.166	2.024	-0.102	2.253
25	Layar Sentosa	C	3.451	2.025	-0.137	2.533
26	Colombo	C	3.294	2.041	-0.125	2.254
27	Eka Lestari	C	3.338	2.061	-0.108	2.395
28	Garda Satria	C	3.409	2.064	-0.097	2.365
29	Buddy Rachmadi	C	3.348	2.065	-0.108	2.389
30	Gold Spring	C	3.387	2.072	-0.125	2.315
31	Peruvian Peever	C	3.609	2.114	-0.252	2.461
32	Lestari Utama	C	3.484	2.114	-0.102	2.390
33	Del Monte Horison	R	3.602	2.114	-0.238	2.505
34	Ida	B	3.521	2.146	-0.097	2.496
35	Kowhai	R	3.517	2.134	-0.200	2.353
36	African Reefer	R	3.665	2.136	-0.199	2.605
37	Arctic Ocean	R	3.632	2.146	-0.253	2.513
38	Cargo 3	C	3.503	2.150	-0.086	2.511
39	Horn Bay	M	3.734	2.151	-0.239	2.552
40	Roman Star	C	3.644	2.153	-0.237	2.522
41	Del Monte Pride	R	3.696	2.169	-0.217	2.526
42	Del Monte Consumer	R	3.763	2.169	-0.194	2.527

**Output Penyelesaian dari aplikasi SPSS**

Dengan memasukkan variabel dependen dan variabel-variabel independen maka output dari aplikasi SPSS adalah sebagai berikut:

**Output Regresi Tahap Pertama**

Output Bagian Pertama dan Kedua:

Tabel 2 Output Statistik Deskriptif untuk Regresi Tahap Pertama

Descriptive Statistics			
	Mean	Std. Deviation	N
log Wst	3.33724	.202999	42
log L	2.03483	.076324	42
log Cb	-.13257	.052190	42
log (B+BH+H)	2.34110	.139025	42

Tabel 3 Output Korelasi untuk Regresi Tahap Pertama

Correlations					
	log Wst	log L	log Cb	log (B+BH+H)	
Pearson Correlation	log Wst	1.000	.903	-.770	.857
	log L	.903	1.000	-.685	.751
	log Cb	-.770	-.685	1.000	-.621
	log (B+BH+H)	.857	.751	-.621	1.000
Sig. (1-tailed)	log Wst	.000	.000	.000	.000
	log L	.000	.000	.000	.000
	log Cb	.000	.000	.000	.000
	log (B+BH+H)	.000	.000	.000	.000
N	log Wst	42	42	42	42
	log L	42	42	42	42
	log Cb	42	42	42	42
	log (B+BH+H)	42	42	42	42

**Analisis :**

- o Rata-rata variabel berat konstruksi (dengan 42 jumlah kapal) adalah 3.337 dengan standar deviasi 0.203. Rata-rata variabel panjang kapal (dengan 42 jumlah kapal) adalah 2.034 dengan standar deviasi 0.076. Rata-rata variabel koefisien blok (dengan 42 jumlah kapal) adalah -0.133 dengan standar deviasi 0.052. Rata-rata variabel lebar+tinggi (dengan 42 jumlah kapal) adalah 2.341 dengan standar deviasi 0.139.
- o Tabel kedua menunjukkan kondisi Multikolonieritas (korelasi diantara sesama variabel bebas) karena variabel log L dengan log (B+BH+H) mempunyai angka korelasi yang cukup besar 0.751. Kondisi ini tidak diperbolehkan dalam uji regresi linier berganda karena itu diselesaikan dengan cara mengeluarkan salah satu variabel bebas - antara log L atau log (B+BH+H) - yang mempunyai korelasi paling kecil dengan variabel terikatnya log Wst.

- o Korelasi antara log L dan log Wst adalah 0.903 yang lebih besar daripada korelasi antara log (B+BH+H) dan log Wst yg bernilai 0.857, sehingga untuk perhitungan berikutnya variabel log (B+BH+H) tidak dimasukkan kedalam persamaan regresi.

**Output Regresi Tahap Kedua**

Output Bagian Pertama dan Kedua:

Tabel 4. Statistik Deskriptif untuk Regresi Tahap Kedua

Descriptive Statistics			
	Mean	Std. Deviation	N
log Wst	3.33724	.202999	42
log L	2.03483	.076324	42
log Cb	-.13257	.052190	42

Tabel 5 Korelasi untuk Regresi Tahap Kedua

Correlations				
	log Wst	log L	log Cb	
Pearson Correlation	log Wst	1.000	.903	-.770
	log L	.903	1.000	-.685
	log Cb	-.770	-.685	1.000
Sig. (1-tailed)	log Wst	.000	.000	.000
	log L	.000	.000	.000
	log Cb	.000	.000	.000
N	log Wst	42	42	42
	log L	42	42	42
	log Cb	42	42	42

**Analisis :**

- o Tabel pertama menunjukkan rata-rata variabel berat konstruksi (dengan 42 jumlah kapal) adalah 3.337 dengan standar deviasi 0.203. Rata-rata variabel panjang kapal (dengan 42 jumlah kapal) adalah 2.034 dengan standar deviasi 0.076. Rata-rata variabel koefisien blok (dengan 42 jumlah kapal) adalah -0.132 dengan standar deviasi 0.052.
- o Tabel kedua memperlihatkan bahwa nilai korelasi antara kedua variabel bebas yaitu log L dan log Cb adalah -0.685. Angka tersebut menunjukkan lemahnya korelasi antara kedua variabel tersebut atau tidak terjadi multikolonieritas. Hal ini berarti uji regresi berganda dapat diterima.
- o Besar hubungan antar variabel log L dan log Wst yang dihitung dengan tabel korelasi adalah 0.903 sedangkan log Cb dan Log Wst adalah -0.770. Karena korelasi antara log L dan log Wst lebih



besar (mendekati 1) maka secara teoritis log L lebih berpengaruh terhadap log Wst dibandingkan dengan log Cb terhadap log Wst.

- o Tingkat signifikansi dua sisi dari output untuk log Wst dan log L menghasilkan angka 0.000, atau probabilitas dibawah 0.025, maka koefisien korelasi signifikan atau ada hubungan yang nyata.

**Output Bagian Ketiga dan Keempat :**

**Tabel 6 Variabel entered/removed untuk Regresi Tahap Kedua**

Variables Entered/Removed <sup>a</sup>			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	log Cb, log L	.	Enter

- a. All requested variables entered.
- b. Dependent Variable: log Wst

**Tabel 7 Model Summary untuk Regresi Tahap Kedua**

Model Summary <sup>a</sup>					
Model	R	R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics	
				df1	df2
1	.927 <sup>a</sup>	.859	.078193	2	39

- a. Predictors: (Constant), log Cb, log L
- b. Dependent Variable: log Wst

**Analisis :**

- o Tabel pertama menunjukkan variabel yang dimasukkan adalah log L, log Cb, log (B+BH+H) dan tidak ada variabel yang dikeluarkan. Hal ini karena metode pemasukan data yang digunakan adalah metode enter.
- o Angka R square adalah 0.859 (adalah pengkuadratan dari koefisien korelasi atau  $0.927^2 = 0.859$ ). R square dapat disebut koefisien determinasi yang dalam hal ini berarti 92.7% berat konstruksi dapat dijelaskan oleh variable panjang kapal (log L) dan koefisien blok (log Cb) sedangkan sisanya 7.3% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain. R square berkisar pada angka 0 sampai 1, dengan catatan semakin kecil angka R square, semakin lemah hubungan kedua variable.
- o Standar error of estimate 0.078 (satuan yang dipakai adalah variabel dependen

atau dalam hal ini log Wst). Jika dibandingkan dengan analisis sebelumnya bahwa standar deviasi log Wst 0.202, jauh lebih besar dari standar error of estimate maka model regresi lebih bagus dalam bertindak sebagai prediktor log Wst daripada rata-rata log Wst itu sendiri.

**Output Bagian Kelima dan Keenam :**

**Tabel 8 Analyze of Varians untuk Regresi Tahap Kedua**

ANOVA <sup>a</sup>					
Model		Sum of Squares	df	F	Sig.
1	Regression	1.451	2	118.668	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.238	39		
	Total	1.690	41		

- a. Predictors: (Constant), log Cb, log L
- b. Dependent Variable: log Wst

**Tabel 9 Koefisien-koefisien regresi**

Coefficients <sup>a</sup>						
Model		Unstandardized	t	Sig.	Correlations	
		B			Partial	Part
1	(Constant)	-.637	-1.521	.136		
	log L	1.881	8.563	.000	.808	.515
	log Cb	-1.112	-3.462	.001	-.485	-.208

- a. Dependent Variable: log Wst

**Analisis :**

- o Uji ANOVA atau F test didapat  $F_{hitung}$  118.668 dengan tingkat signifikansi 0.000. Karena probabilitas (0.000) jauh lebih kecil dari 0.05 maka model regresi dapat dipakai untuk memprediksi log Wst atau dapat dikatakan panjang kapal (log L) dan koefisien blok (log Cb) secara bersama-sama berpengaruh terhadap berat konstruksi kapal (log Wst)
- o Pada model dari table diatas, yaitu kolom unstandardized coefficients didapat persamaan berat konstruksi hasil regresi adalah:  
 $logWst = 1.881logL - 1.112logCb - 0.637$
- o Pengambilan Keputusan
  1. Membandingkan statistik hitung dengan statistik tabel  
 Jika  $t_{hitung} < t_{tabel}$  dan  $t_{hitung} > -t_{tabel}$ , maka  $H_0$  diterima  
 Jika  $t_{hitung} > t_{tabel}$  dan  $t_{hitung} < -t_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak  
 a) Statistik hitung

Tabel output diatas terlihat bahwa t hitung adalah sebagai berikut:  
konstanta (constant) adalah -1.521;  
panjang kapal (log L) adalah 8.563  
koefisien blok (log Cb) adalah -3.462

b) Statistik tabel

- Uji pd dua sisi maka Tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) =  $0.05/2 = 0.025$
- $v/df$ (derajat kebebasan)= jumlah data - k - 1 =  $42 - 2 - 1 = 39$
- Uji dilakukan pada 2 sisi

Tabel 10 Perbandingan t hitung dan t tabel

Koefisien	t hitung	t tabel
(Constant)	-1.521	2.0227
Log L	8.563	2.0227
Log Cb	-3.462	2.0227

Keputusan:

Karena statistik hitung > statistik tabel maka, maka  $H_0$  ditolak.

2. Berdasarkan Probabilitas

Jika Probabilitas > 0.025, maka  $H_0$  diterima

Jika Probabilitas < 0.025, maka  $H_0$  ditolak

Keputusan:

Terlihat bahwa pada kolom Sig/Significance adalah 0.000, atau probabilitas jauh dibawah 0.025. Maka  $H_0$  ditolak, atau koefisien regresi signifikan, atau panjang kapal (log L) dan koefisien blok (log Cb) secara bersama-sama berpengaruh signifikan terhadap berat konstruksi kapal (log  $W_{st}$ ).

Berdasarkan analisis dari output diatas maka persamaan berat konstruksi hasil regresi yang didapatkan yaitu :

$$\log W_{st} = 1.881 \log L - 1.112 \log Cb - 0.637 \quad (4.1)$$

Dengan demikian maka persamaan berat konstruksi hasil regresi adalah:

$$W_{st} = 10^{(1.881 \log L - 1.112 \log Cb - 0.637)} \quad (4.2)$$

### Aplikasi persamaan $W_{st}$ Regresi dan selisihnya terhadap persamaan $W_{st}$ lain

Adapun persamaan-persamaan yang akan dijadikan perbandingan adalah:

- 1) Perhitungan berat konstruksi menurut Watson dan Gilfilan (1977), sebagaimana yang dikutip dari Schneekluth (1998)

$$W_{st} = Cb^{2/3} \frac{1}{6} L.B.D^{0.72} [0.002 \left(\frac{L}{D}\right)^2 + 1] \quad (4.3)$$

- 2) Perhitungan berat konstruksi menurut Harvald & Jensen (1992) untuk kapal cargo, sebagaimana dikutip dari Schneekluth (1998)

$$W_{st} = (L.B.D_A) C_s \quad (4.4)$$

$$C_s = C_{so} + 0.064 e^{-(0.5u + 0.1u^{2.45})} \quad (4.5)$$

Dimana:

$$u = \log_{10} (\Delta / 100t) \quad (4.6)$$

$C_{so}$  dalam satuan  $\text{ton/m}^3$ , tergantung jenis kapal. Berikut ini harga  $C_{so}$  untuk beberapa type kapal:

Kapal Pendukung	: 0.0974
Tug Boat	: 0.0892
Kapal Cargo (1 dek)	: 0.07
Kapal Cargo (2 dek)	: 0.0760
Kapal Cargo (3 dek)	: 0.0820
Bulk Carrier	: 0.07
Tanker	: 0.0752
VLCC	: 0.0645
Reefers	: 0.0609
Kapal Penumpang	: 0.058

- 3) Perhitungan berat konstruksi menurut Kerlen (1982) untuk kapal cargo muatan kering, sebagaimana dikutip dari Schneekluth (1998)

$$W_{st} = 0.0832 X e^{-5.73 X \cdot 10^{-7}} \quad (4.7)$$

Dimana:

$$X = \frac{1}{12} L_{pp}^2 . B . \sqrt[3]{C_b} \quad (4.8)$$

Hasil dari persamaan-persamaan berat konstruksi  $W_{st}$  dapat ditunjukkan oleh tabel dan grafik sebagai berikut:

Tabel 11 Aplikasi Persamaan Wst Regresi dan selisihnya terhadap Wst Kapal

No	Nama Kapal	Jenis Kapal	L (m)	Wst (ton)	Wst Regresi (ton)	Selisih Berat	
						(ton)	%
1	Kunti T	C	85	1228.261	1276.661	-48.400	-3.94
2	Dos Oriented	C	89.5	1373.803	1468.637	-94.834	-6.90
3	Asian Asphalt	C	89.5	1238.355	1426.822	-188.467	-15.22
4	Andika Perdana	C	89.8	1767.194	1522.394	244.800	13.85
5	Andika Tarunaga	R	89.95	2160.553	1482.557	677.996	31.38
6	Meratus Express	C	91.3	1486.472	1440.156	46.316	3.12
7	Andika Wijaya	C	91.7	1792.744	1515.092	277.652	15.49
8	Manado C.J.N	C	92	1739.409	1460.995	278.414	16.01
9	Loksemauwe C.J.N III	C	92	1739.409	1460.995	278.414	16.01
10	Pontianak	C	92	1739.409	1460.995	278.414	16.01
11	Catur Samudra	C	92	1744.718	1421.425	323.293	18.53
12	Martapura River	C	92.6	1319.802	1499.802	-180.000	-13.64
13	Makassar	C	92.8	1794.941	1484.984	309.957	17.27
14	Mega Pacific	C	95	1238.014	1551.894	-313.880	-25.35
15	Pemuda	C	95	1601.69	1551.894	49.796	3.11
16	Baltic Team	C	98.25	1578	1858.762	-280.762	-17.79
17	Hasnama	C	98.38	1345.736	1634.641	-288.905	-21.47
18	Hulu Mas	C	98.74	1310	1645.911	-335.911	-25.64
19	Golden Pearl	C	99	1321.706	1700.703	-378.997	-28.67
20	Mandiri 7	C	99.9	1345.831	1705.873	-360.042	-26.75
21	Pelopor	C	101.9	1388.41	1902.425	-514.015	-37.02
22	Makmur Sejati	C	102	2336.861	1749.611	587.250	25.13
23	Jatipura	C	103.3	1704.625	2074.548	-369.923	-21.70
24	Musi River	C	105.6	1465.02	1920.218	-455.198	-31.07
25	Layar Sentosa	C	105.93	2824.62	2108.850	715.770	25.34
26	Colombo	C	110	1968.32	2196.805	-228.485	-11.61
27	Eka Lestari	C	115	2176.205	2286.459	-110.254	-5.07
28	Garda Satria	C	116	2563.224	2259.485	303.739	11.85
29	Buddy Rachmadi	C	116.16	2230.401	2330.034	-99.633	-4.47
30	Gold Spring	C	118	2438.235	2506.928	-68.693	-2.82
31	Peruvian Peever	C	130	4067.733	4162.386	-94.653	-2.33
32	Lestari Utama	C	130	3045.67	2839.005	206.665	6.79
33	Del Monte Horison	R	130.03	3996.892	4020.242	-23.350	-0.58
34	Ida	B	139.95	3319	3216.170	102.830	3.10
35	Kowhai	R	136	3291.52	3967.839	-676.319	-20.55
36	African Reefer	R	136.66	4620.321	3997.092	623.229	13.49
37	Arctic Ocean	R	140.01	4281.099	4795.162	-514.063	-12.01
38	Cargo 3	C	141.35	3185.196	3188.199	-3.003	-0.09
39	Horn Bay	M	141.5	5424.412	4722.211	702.201	12.95
40	Roman Star	C	142.13	4409.935	4734.455	-324.520	-7.36
41	Del Monte Pride	R	147.5	4971.203	4826.052	145.151	2.92
42	Del Monte Consumer	R	147.56	5795.049	4561.557	1233.492	21.29
<b>Rata-rata</b>							<b>14.66</b>

Tabel 12 Aplikasi Persamaan Wst Watson-Gilfilan dan selisihnya terhadap Wst Kapal

No	Nama Kapal	Jenis Kapal	L (m)	Wst (ton)	Wst Watson&Gilfilan (ton)	Selisih Berat	
						(ton)	%
1	Kunti T	C	85	1228.261	1109.479	118.782	9.67
2	Dos Oriented	C	89.5	1373.803	1449.905	-76.102	-5.54
3	Asian Asphalt	C	89.5	1238.355	1047.065	191.290	15.45
4	Andika Perdana	C	89.8	1767.194	1598.560	168.634	9.54
5	AndikaTarunaga	R	89.95	2160.553	1561.047	599.506	27.75
6	Meratus Express	C	91.3	1486.472	1267.611	218.861	14.72
7	Andika Wijaya	C	91.7	1792.744	1610.859	181.885	10.15
8	Manado C.J.N	C	92	1739.409	1223.020	516.389	29.69
9	Loksemauwe C.J.N III	C	92	1739.409	1223.020	516.389	29.69
10	Pontianak	C	92	1739.409	1223.020	516.389	29.69
11	Catur Samudra	C	92	1744.718	1514.021	230.697	13.22
12	Martapura River	C	92.6	1319.802	1321.654	-1.852	-0.14
13	Makassar	C	92.8	1794.941	1238.346	556.595	31.01
14	Mega Pacific	C	95	1238.014	1292.220	-54.206	-4.38
15	Pemuda	C	95	1601.69	1289.950	311.740	19.46
16	Baltic Team	C	98.25	1578	1233.474	344.526	21.83
17	Hasnama	C	98.38	1345.736	1247.319	98.417	7.31
18	Hulu Mas	C	98.74	1310	1452.908	-142.908	-10.91
19	Golden Pearl	C	99	1321.706	1573.351	-251.645	-19.04
20	Mandiri 7	C	99.9	1345.831	1397.393	-51.562	-3.83
21	Pelopor	C	101.9	1388.41	1343.919	44.491	3.20
22	Makmur Sejati	C	102	2336.861	1989.540	347.321	14.86
23	Jatipura	C	103.3	1704.625	1492.435	212.190	12.45
24	Musi River	C	105.6	1465.02	1586.333	-121.313	-8.28
25	Layar Sentosa	C	105.93	2824.62	2111.002	713.618	25.26
26	Colombo	C	110	1968.32	1697.725	270.595	13.75
27	Eka Lestari	C	115	2176.205	2251.090	-74.885	-3.44
28	Garda Satria	C	116	2563.224	2194.738	368.486	14.38
29	Buddy Rachmadi	C	116.16	2230.401	2233.937	-3.536	-0.16
30	Gold Spring	C	118	2438.235	2003.799	434.436	17.82
31	Peruvian Peever	C	130	4067.733	2205.993	1861.740	45.77
32	Lestari Utama	C	130	3045.67	2569.791	475.879	15.62
33	Del Monte Horison	R	130.03	3996.892	2534.225	1462.667	36.60
34	Ida	B	139.95	3319			
35	Kowhai	R	136	3291.52	2244.219	1047.301	31.82
36	African Reefer	R	136.66	4620.321	3281.569	1338.752	28.98
37	Arctic Ocean	R	140.01	4281.099	2737.186	1543.913	36.06
38	Cargo 3	C	141.35	3185.196	3625.780	-440.584	-13.83
39	Horn Bay	M	141.5	5424.412	3019.173	2405.239	44.34
40	Roman Star	C	142.13	4409.935	2926.727	1483.208	33.63
41	Del Monte Pride	R	147.5	4971.203	3282.778	1688.425	33.96
42	Del Monte Consumer	R	147.56	5795.049	3400.574	2394.475	41.32
<b>Rata-rata</b>							<b>19.23</b>

Tabel 13 Aplikasi Persamaan Wst Harvald Jensen dan selisihnya terhadap Wst Kapal

No	Nama Kapal	Jenis Kapal	L (m)	Wst (ton)	Wst Harvald & Jensen	Selisih Berat	
					(ton)	(ton)	%
1	Kunti T	C	85	1228.261	802.325	425.936	34.68
2	Dos Oriented	C	89.5	1373.803	1615.897	-242.094	-17.62
3	Asian Asphalt	C	89.5	1238.355	907.457	330.898	26.72
4	Andika Perdana	C	89.8	1767.194	1844.014	-76.820	-4.35
5	AndikaTarunaga	R	89.95	2160.553	1571.081	589.472	27.28
6	Meratus Express	C	91.3	1486.472	1106.610	379.862	25.55
7	Andika Wijaya	C	91.7	1792.744	1801.553	-8.809	-0.49
8	Manado C.J.N	C	92	1739.409	1025.773	713.636	41.03
9	Loksemauwe C.J.N III	C	92	1739.409	1025.773	713.636	41.03
10	Pontianak	C	92	1739.409	1025.773	713.636	41.03
11	Catur Samudra	C	92	1744.718	1307.315	437.403	25.07
12	Martapura River	C	92.6	1319.802	1226.960	92.842	7.03
13	Makassar	C	92.8	1794.941	1033.843	761.098	42.40
14	Mega Pacific	C	95	1238.014	1074.247	163.767	13.23
15	Pemuda	C	95	1601.69	1070.929	530.761	33.14
16	Baltic Team	C	98.25	1578	1156.457	421.543	26.71
17	Hasnama	C	98.38	1345.736	1052.814	292.922	21.77
18	Hulu Mas	C	98.74	1310	1370.599	-60.599	-4.63
19	Golden Pearl	C	99	1321.706	1336.589	-14.883	-1.13
20	Mandiri 7	C	99.9	1345.831	1161.637	184.194	13.69
21	Pelopor	C	101.9	1388.41	1173.157	215.253	15.50
22	Makmur Sejati	C	102	2336.861	2092.297	244.564	10.47
23	Jatipura	C	103.3	1704.625	1300.346	404.279	23.72
24	Musi River	C	105.6	1465.02	1382.591	82.429	5.63
25	Layar Sentosa	C	105.93	2824.62	2695.538	129.082	4.57
26	Colombo	C	110	1968.32	1411.007	557.313	28.31
27	Eka Lestari	C	115	2176.205	2025.078	151.127	6.94
28	Garda Satria	C	116	2563.224	1907.609	655.615	25.58
29	Buddy Rachmadi	C	116.16	2230.401	2015.579	214.822	9.63
30	Gold Spring	C	118	2438.235	1723.800	714.435	29.30
31	Peruvian Peever	C	130	4067.733	2715.959	1351.774	33.23
32	Lestari Utama	C	130	3045.67	2248.364	797.306	26.18
33	Del Monte Horison	R	130.03	3996.892	2649.325	1347.567	33.72
34	Ida	B	139.95	3319	3064.771	254.229	7.66
35	Kowhai	R	136	3291.52	1956.040	1335.480	40.57
36	African Reefer	R	136.66	4620.321	3476.885	1143.436	24.75
37	Arctic Ocean	R	140.01	4281.099	2903.058	1378.041	32.19
38	Cargo 3	C	141.35	3185.196	3227.014	-41.818	-1.31
39	Horn Bay	M	141.5	5424.412	3634.150	1790.262	33.00
40	Roman Star	C	142.13	4409.935	3391.309	1018.626	23.10
41	Del Monte Pride	R	147.5	4971.203	3111.551	1859.652	37.41
42	Del Monte Consumer	R	147.56	5795.049	3104.415	2690.634	46.43
<b>Rata-rata</b>							<b>22.54</b>

Tabel 14 Aplikasi Persamaan Wst Kerlen dan selisihnya terhadap Wst Kapal

No	Nama Kapal	Jenis Kapal	L (m)	Wst (ton)	Wst Kerlen	Selisih Berat	
					(ton)	(ton)	%
1	Kunti T	C	85	1228.261	828.772	399.489	32.52
2	Dos Oriented	C	89.5	1373.803	876.538	497.265	36.20
3	Asian Asphalt	C	89.5	1238.355	762.812	475.543	38.40
4	Andika Perdana	C	89.8	1767.194	944.538	822.656	46.55
5	AndikaTarunaga	R	89.95	2160.553	915.655	1244.898	57.62
6	Meratus Express	C	91.3	1486.472	906.361	580.111	39.03
7	Andika Wijaya	C	91.7	1792.744	955.520	837.224	46.70
8	Manado C.J.N	C	92	1739.409	893.326	846.083	48.64
9	Loksemauwe C.J.N III	C	92	1739.409	893.326	846.083	48.64
10	Pontianak	C	92	1739.409	893.326	846.083	48.64
11	Catur Samudra	C	92	1744.718	1064.295	680.423	39.00
12	Martapura River	C	92.6	1319.802	928.312	391.490	29.66
13	Makassar	C	92.8	1794.941	908.831	886.110	49.37
14	Mega Pacific	C	95	1238.014	952.145	285.869	23.09
15	Pemuda	C	95	1601.69	952.145	649.545	40.55
16	Baltic Team	C	98.25	1578	944.576	633.424	40.14
17	Hasnama	C	98.38	1345.736	919.906	425.830	31.64
18	Hulu Mas	C	98.74	1310	993.137	316.863	24.19
19	Golden Pearl	C	99	1321.706	1171.423	150.283	11.37
20	Mandiri 7	C	99.9	1345.831	1045.834	299.997	22.29
21	Pelopor	C	101.9	1388.41	1039.044	349.366	25.16
22	Makmur Sejati	C	102	2336.861	1246.574	1090.287	46.66
23	Jatipura	C	103.3	1704.625	1191.353	513.272	30.11
24	Musi River	C	105.6	1465.02	1204.926	260.094	17.75
25	Layar Sentosa	C	105.93	2824.62	1215.605	1609.015	56.96
26	Colombo	C	110	1968.32	1359.096	609.224	30.95
27	Eka Lestari	C	115	2176.205	1709.810	466.395	21.43
28	Garda Satria	C	116	2563.224	1677.774	885.450	34.54
29	Buddy Rachmadi	C	116.16	2230.401	1702.023	528.378	23.69
30	Gold Spring	C	118	2438.235	1613.218	825.017	33.84
31	Peruvian Peever	C	130	4067.733	1877.876	2189.857	53.83
32	Lestari Utama	C	130	3045.67	2050.148	995.522	32.69
33	Del Monte Horison	R	130.03	3996.892	2146.126	1850.766	46.31
34	Ida	B	139.95	3319			
35	Kowhai	R	136	3291.52	2006.543	1284.977	39.04
36	African Reefer	R	136.66	4620.321	2575.523	2044.798	44.26
37	Arctic Ocean	R	140.01	4281.099	2422.778	1858.321	43.41
38	Cargo 3	C	141.35	3185.196	2859.313	325.883	10.23
39	Horn Bay	M	141.5	5424.412	2609.903	2814.509	51.89
40	Roman Star	C	142.13	4409.935	2580.942	1828.993	41.47
41	Del Monte Pride	R	147.5	4971.203	2939.994	2031.209	40.86
42	Del Monte Consumer	R	147.56	5795.049	2993.336	2801.713	48.35
<b>Rata-rata</b>							<b>37.26</b>

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dalam Penelitian ini persamaan untuk mendapatkan berat konstruksi kapal  $W_{st}$ , diperoleh dengan pendekatan luas yang menyusun bagian-bagian konstruksi kapal yaitu bagian geladak, sisi, alas, sekat dan bangunan atas kapal, yang kemudian diasumsikan sebagai berat konstruksi. Dengan kata lain berat konstruksi adalah fungsi luas dari penggabungan bagian-bagian konstruksi tersebut.

Penyelesaian dengan analisa regresi berganda mengambil sampel sebanyak 42 kapal yang diwakili kapal kargo dan sejenisnya. Dengan menggunakan level of confidence 95% yang berarti tingkat kebenaran dari persamaan hasil regresi ini adalah 95% dan resiko kesalahan 5%. Dalam Penelitian ini persamaan hasil regresi untuk menghitung berat konstruksi adalah:

$$\log W_{st} = 1.881 \log L - 1.112 \log Cb - 0.637$$

atau

$$W_{st} = 10^{(1.881 \log L - 1.112 \log Cb - 0.637)}$$

R square / koefisien determinasi adalah 92.7 % artinya berat konstruksi dapat dijelaskan oleh variabel panjang kapal dan koefisien blok sedangkan 7.3 % dijelaskan oleh faktor yang lain.

Tingginya nilai korelasi antara  $L$  dengan  $\log (B+BH+H)$  sebesar 0.751 mendekati 1, menimbulkan Multikolinieritas yang tidak diperbolehkan dalam uji regresi berganda sehingga diselesaikan dengan cara mengeluarkan salah satu variabel bebas yang mempunyai korelasi paling kecil dengan variabel terikatnya; yaitu  $\log (B+BH+H)$

Selisih rata-rata antara berat konstruksi kapal sebenarnya dengan berat konstruksi kapal yang dihitung dengan persamaan hasil regresi memberikan hasil sebesar rata-rata 14.66 %, selisih ini secara umum lebih baik daripada rata-rata selisih dengan persamaan yang lain.

### Saran

1. Koefisien-koefisien persamaan regresi ini bisa sedikit berubah dan dapat dikembangkan bila didapatkan data-data berat konstruksi kapal yang sebenarnya dan jumlah sampel kapal yang lebih banyak.

Dengan pendekatan yang sama dapat pula dikembangkan untuk jenis kapal yang lain misalnya kapal tanker atau bisa juga dikembangkan untuk kapal dengan material fiber, kayu dan aluminium.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, *Katalog Mesin*  
Bhattacharya Gouri, Johnson, R.A. 1992, *Statistical Concept & Methods*, John Wiley & Sons, New York  
Biro Klasifikasi Indonesia, 2006, Jakarta, Indonesia  
Douglas C. Montgomery, Runger C George, 1992, *Applied Statistics And Probability for Engineers*, John Wiley & Sons, New York  
Faturrahman, Umar, 2000, *Estimasi Berat, Titik Berat dan Kebutuhan Ruang Instalasi Permesinan Pada Kapal Niaga*, ITS, Surabaya  
Gonick Larry, Smith Wolcott, 1993, *Cartoon Guide to Statistics*, HarperCollins Publishers, Inc., New York  
Lloyds Register, 2006, *register of ships 2005 - 2006*  
Phoels Herald, 1982, *Lectures On Ship Design And Ship Theory*, University of Honover  
Santoso, Singgih, 2006, *Menguasai Statistik dengan SPSS*, Elexmedia Komputindo, Jakarta  
Schneekluth, H & Bertram, V, 1998. *Ship Design for Efficiency & Economy*, Butterworth Heinemann  
Watson GM David, 1998, *Practical Ship Design*, Elsevier Ocean Engineering Series Editor