

FUNGSI KURVA BONJEAN PADA PELUNCURAN KAPAL SECARA *END LAUNCHING*

Indro Dwi Cahyo

PSD III Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Abstract

To build a ship in "Building Berth" has been completed and then proceed with the launch of the ship. Before the launch of the ship is quite ready, it is better to calculate the ship program launches etc. Launched ship calculations using "Bonjean Curve". Using bonjean curve can calculate the volume of displacement with several designs, they are in equilibrium vessel trim condition. So as to anticipate some of the problems in the slipway.

Keywords : *Launching and Bonjean Curves*

Abstrak

Membangun sebuah kapal di "Building Berth" jika sudah selesai dan dilakukan proses peluncuran kapal. Sebelum kapal siap diluncurkan, dilakukan perhitungan peluncuran kapal dll. Perhitungan peluncuran kapal dengan menggunakan "Bonjean Curve". Penggunaan kurva bonjean untuk menghitung volume displacement dengan beberapa desain, kondisi ini kapal berada pada keseimbangan stabil. Untuk mengantisipasi permasalahan yang timbul pada slipway.

Kata kunci : *Launching dan Bonjean Curves*

PENDAHULUAN

Galangan kapal (*shipyard*) pada umumnya adalah suatu tempat yang berada dipinggir laut/sungai, yang dirancang khusus untuk melakukan proses pembangunan kapal (*new building*), perbaikan kapal (*ship repair*) dan pemeliharaan (*maintenance*).

Didalam galangan itu sendiri terdapat suatu tempat yang dinamakan landasan pembangunan kapal (*building berth*) yang fungsinya untuk membangun kapal baru dan sekaligus untuk tempat meluncurkan kapal.

Dalam pembuatan kapal baru, perusahaan galangan kapal biasanya merencanakan waktu, diantaranya :

1. *Persiapan Produksi (pre factory)* yang meliputi : dokumen produksi, tenaga kerja, material, fasilitas, dan sarana produksi.
2. *Mould Loft* : pembuatan gambar produksi dengan ukuran sebenarnya.

3. *Fabrikasi* : identifikasi material, *marking, cutting, forming, fitting fabrication*, dan *welding fabrication*.
4. *Assembly* : *fitting assembly*, persiapan pengelasan, *welding check*, deformasi, ketepatan ukuran, *block blasting*, dan pengecatan.
5. *Erection* : *loading, adjusting, fitting, welding*, dan *finishing*.
6. Peluncuran Kapal (*launching*) : *end launching, side launching*.
7. Penyerahan (*delivery*).

Pembangunan kapal baru dimulai dari permulaan pekerjaan sampai dengan penyerahan.

Waktu yang diperlukan di atas *building berth* dan kemajuan teknis dalam pembangunan harus direncanakan dan diadakan pemeriksaan kemajuan pekerjaan setiap bulan. Dalam tulisan ini hanya membahas perhitungan peluncuran secara memanjang

kapal (*end launching*) dan fungsi kurva *bonjean* pada peluncuran kapal secara *end launching*.

PEMBAHASAN

Peluncuran kapal adalah menurunkan kapal dari landasan peluncur ke air yang disebabkan oleh gaya berat kapal pada bidang miring. Tahap-tahap yang dilakukan dalam peluncuran kapal adalah sebagai berikut :

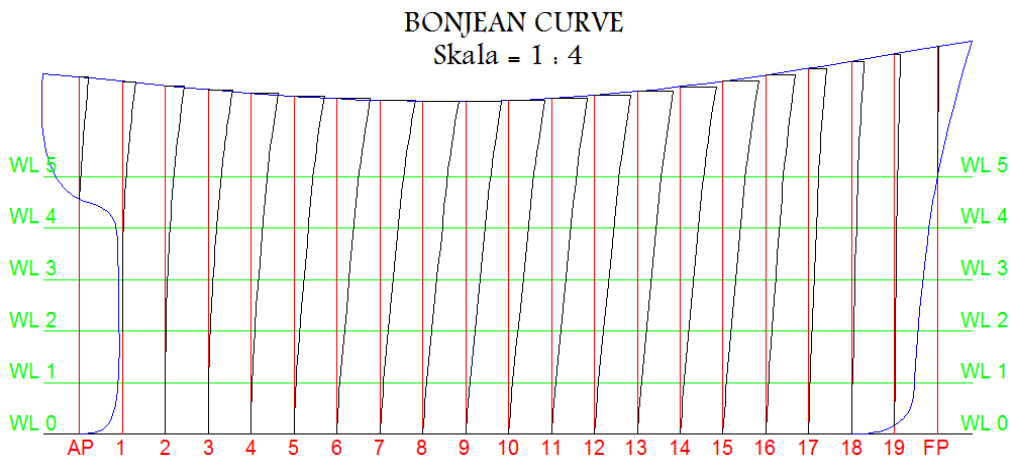
1. Perhitungan Peluncuran
2. Perencanaan Perlengkapan Peluncuran
3. Pemasangan Perlengkapan Peluncuran
4. Pемindahan badan kapal dari *keel block* ke peluncur
5. Pемindahan badan kapal dari tumpuan peluncuran ke peluncur
6. Pelaksanaan Peluncuran

Untuk meluncurkan kapal, kapal dilengkapi dengan alat peluncur yaitu jalan peluncur (*launching ways*) dan sepatu peluncur (*sliding ways*), dimana pada saat peluncuran sepatu peluncur yang dipasang pada kapal akan meluncur diatas jalan peluncur. Pada umumnya kapal diluncurkan dengan cara peluncuran memanjang sedang peluncuran melintang hanya digunakan bila keadaan memaksa yaitu bila permukaan air di depan landasan sempit misalnya di sungai, terusan dan sebagainya. Untuk peluncuran

memanjang, buritan kapal selalu diarahkan ke air sehingga buritan akan terkena air lebih dahulu, hal ini supaya:

1. Linggi buritan tidak terbentur pada landasan
2. Pada waktu kapal menyentuh air dapat mengurangi kecepatan peluncuran

Langkah awal dari perhitungan peluncuran adalah menghitung berat dan letak titik berat kapal yang akan diluncurkan, karena kapal pada saat diluncurkan dalam keadaan belum selesai, maka beratnya kurang dari berat kapal setelah selesai. Tapi yang paling tepat ialah menghitung komponen-komponen berat satu per satu dan dengan memakai rumus momen kita dapat menghitung letak titik berat kapal pada saat diluncurkan. Berat *ballast* dan berat orang-orang di kapal yang disertakan saat peluncuran, berat peralatan peluncuran harus diperhitungkan dalam berat peluncuran. Kemudian menentukan letak titik berat kapal secara memanjang ΦG dan letak titik berat kapal secara meninggi KG. Mengingat bahwa perhitungan peluncuran dilaksanakan beberapa langkah, untuk dapat menghitung volume displacement pada bermacam-macam keadaan sarat air dan perhitungan letak titik tekan memanjang ΦB serta perhitungan lainnya maka diperlukan gambar kurva *bonjean* (*bonjean curves*).

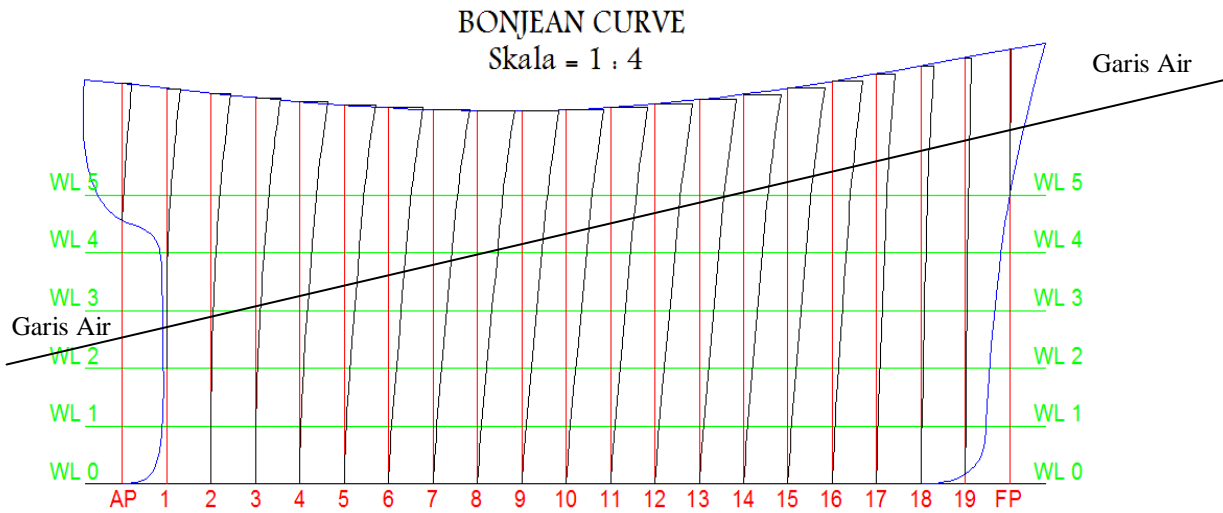


Gambar 1. *Bonjean Curves*

PEMBUATAN KURVA BONJEAN

Kurva *bonjean* adalah lengkungan yang menunjukkan luas *station* sebagai fungsi dari sarat, karena lengkung *bonjean* adalah lengkung luas dari *station* atau luas bidang gading, maka bentuk lengkungan sangat tergantung dari bentuk gading-gading. Lengkung ini diperkenalkan pertama kali oleh sarjana Perancis pada abad ke sembilan belas. Pembuatan lengkung *bonjean* yang paling umum adalah potongan memanjang dari kapal. Untuk ini mula-mula kita gambarkan garis dasar, linggi haluan dan linggi buritan kapal, garis geladak ditepi kapal, letak *station* dan garis air. Pada tiap *station* kita gambarkan lengkung *bonjean* (luas tiap *station*). Gambar ini dilengkapi dengan skala sarat di AP dan FP, untuk

mendapatkan gambar yang betul, ujung-ujung lengkung *bonjean* pada garis geladak ditepi kapal dapat dikoreksi dengan menarik garis selaras. Bentuk lengkung *bonjean* mempunyai keuntungan karena untuk bermacam-macam garis air kapal dalam keadaan *even keel* maupun *trim*, kita dengan mudah dapat menggambar garis air. Dari garis air tersebut kita dapat menentukan luas tiap-tiap *station* yang masuk dalam air. Untuk menghitung volume *displacement* V dan titik tekan memanjang ΦB , kalau sarat depan dan sarat belakang diketahui, maka mula-mula kita ukurkan sarat depan di FP dan sarat belakang AP. Garis air kapal dalam keadaan *trim* kita tarik sehingga memotong *station* AP, 1, 2, ..., FP



Gambar 2 Lengkung *Bonjean* Dalam Keadaan Kapal Mengalami *Trim*

Dari tiap-tiap titik potong *station* dengan garis air kita tarik garis mendatar memotong lengkung *bonjean*.

Harga luas dari tiap *station* dapat dibaca pada garis horisontal, sehingga luas tiap-tiap *station* yang masuk kedalam air dapat diketahui yaitu $A_{AP}, A_1, A_2, \dots, A_{FP}$. Harga luas

tiap-tiap *station* ini yang kita perlukan untuk menghitung volume *displacement* dan letak titik tekan memanjang ΦB . Untuk itu kita gunakan tabel perhitungan *displacement* dibawah ini :

Tabel 1. Luas Station

No Station	I Luas Station (m ²)	II Faktor Luas	I x II Hasil	III Faktor Momen	I x II x III Hasil
AP	A _{AP}	a0	A _{AP} .a0	20	A _{AP} .a0.20
1	A ₁	a1	A ₁ .a1	19	A ₁ .a1.19
2	A ₂	a2	A ₂ .a2	18	A ₂ .a2.18
3	A ₃	a3	A ₃ .a3	17	A ₃ .a3.17
....
....
....
FP	A _{FP}	a20	A _{FP} .a20	0	A _{FP} .a20.0
Σ1				Σ2	

Volume displacement V = k.h.Σ₁ m³

Letak titik tekan memanjang ΦB = $\frac{\sum 2}{\sum 1} \times h$ m

Letak titik berat secara memanjang ΦG adalah penting karena berhubungan dengan perhitungan *tipping*, *stern lift*, *trim* dari kapal. Sedang letak titik berat meninggi KG adalah penting untuk perhitungan stabilitas pada saat kapal selesai diluncurkan. Kadang-kadang *ballast* padat maupun cair digunakan untuk mengatur letak titik berat kapal sehingga dapat menghindari terjadinya *tipping* dan mendapat stabilitas yang baik. Langkah-langkah perhitungan peluncuran menurut DR. Ir. WPA Van Lamerent untuk perhitungan peluncuran memanjang dibagi 3 periode :

PERIODE I :

Dimulai pada saat kapal dilepaskan dan berakhir pada saat kapal menyinggung permukaan air. Faktor penting pada perhitungan peluncuran adalah sudut kemiringan landasan dan tinggi pasang surut air. Jika sudut landasan diperkecil, kemungkinan terjadinya *tipping* diperbesar, tetapi kemungkinan terjadinya tekanan pada saat *stern lift* diperkecil. Jila sudut landasan

diperbesar, kemungkinan terjadinya *tipping* diperkecil, tetapi kemungkinan tekanan pada landasan pada saat *stern lift* diperbesar. Pada gambar menunjukkan berat kapal yang akan diluncurkan termasuk berat peluncuran, sudut α adalah sudut kemiringan landasan. Komponen berat W dapat diuraikan menjadi gaya F₁ = W sin α yang sejajar dengan landasan dan gaya F₂ = W cos α yang tegak lurus landasan.

Tahanan gesek bahan pelumas :

$$F_3 = f \times F_2$$

$$F_3 = f \times W \cos \alpha, \text{ dimana } f \text{ adalah koefisien gesekan dari bahan pelumas, agar supaya kapal dapat bergerak maka :}$$

$$F_1 > F_3$$

$$W \sin \alpha > fW \cos \alpha$$

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} > f$$

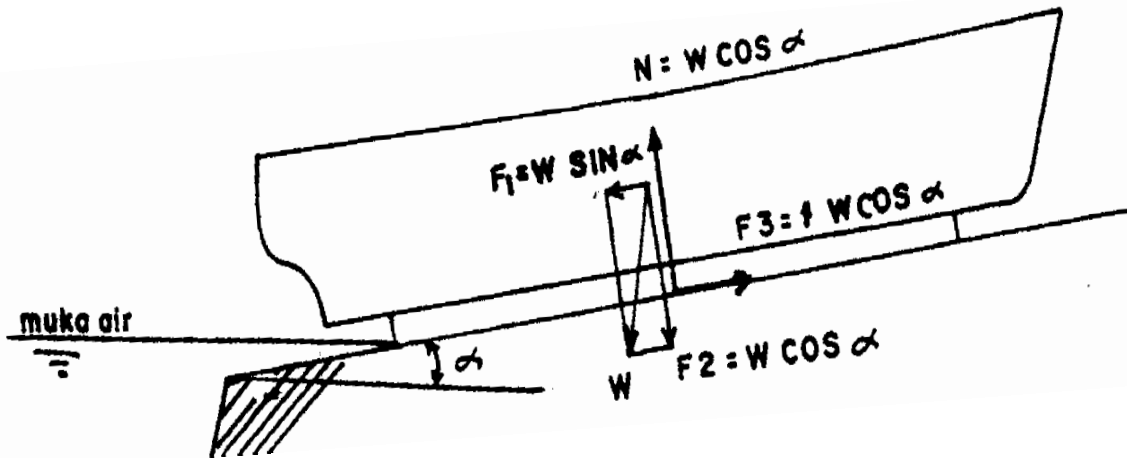
$$\text{Tg } \alpha > f$$

Atau dapat juga dikatakan bahwa untuk sudut yang kecil, sin α ≈ 0 dan cos α ≈ 1 sehingga dapat ditulis α > f.

Dengan kata lain supaya kapal dapat bergerak dengan sendirinya, maka besar sudut landasan harus lebih besar dari

koefisien gesek dari bahan pelumas. Jika syarat ini tidak dipenuhi, untuk menggerakkan kapal perlu gaya dorong

sebesar : $FD = W (f - \alpha)$, dimana W = berat peluncuran.



Gambar 3. Periode I

Pembebanan yang diterima landasan pada periode I berbentuk trapesium dengan panjang s dengan sisi sisi sejajar q_d dan q_b . Hal ini diasumsikan jika panjang peluncur (s) dan lebarnya (b), maka selama periode I pada landasan akan timbul tekanan rata-rata.

$$\sigma d = \frac{W}{b \times s} \quad (\text{ton/m}^2)$$

Harga σd diperkirakan :

Tabel 2. Harga σd

Lpp (m)	σd (ton/m ²)
50	15
100	20
150	25
200	30
250	35

Pembebanan rata-rata yang bekerja pada landasan untuk tiap meter adalah :

$$q = b \cdot \sigma d$$

PERIODE II :

Dimulai pada akhir periode I dan berakhir pada waktu kapal mulai mengapung. Pada periode II, dianggap permukaan air tetap rata, karena sudut α kecil maka $\cos \alpha = 1$. Pada gambar 4 terlihat bahwa kapal berada pada kedudukan dimana titik berat G telah melewati ujung dari landasan. Sebagian dari sepatu peluncur sepanjang S' masih berada pada landasan dan karena itu terjadi gaya reaksi Q . bila W berat peluncuran dan γD adalah displacement, maka $Q = W - \gamma D$. Bila jarak $W \cdot \gamma D$ dan Q ke ujung landasan masing-masing $a \cdot b$ dan x maka momen terhadap ujung landasan :

$$\gamma D b - W a - Q \cdot x = 0 \text{ atau } x = \frac{\gamma D b - W a}{Q}$$

$$x = \frac{\gamma D b - W a}{W - \gamma D}$$

Bila harga x negatip, maka gaya reaksi Q tidak akan timbul atau titik B jatuh diluar landasan. Dalam keadaan ini kapal akan terjungkir/*tipping*. Untuk menghindari maka harus dijaga agar $x > 0$. Karena $W > \gamma D$ atau dengan syarat lain $\gamma D b - W a > 0$, harga $\gamma D b - W a$ disebut momen anti *tipping*.

Tipping ini terjadi jika titik berat G melewati ujung landasan. Untuk menghindari *tipping* dengan jalan memperbesar momen anti *tipping* :

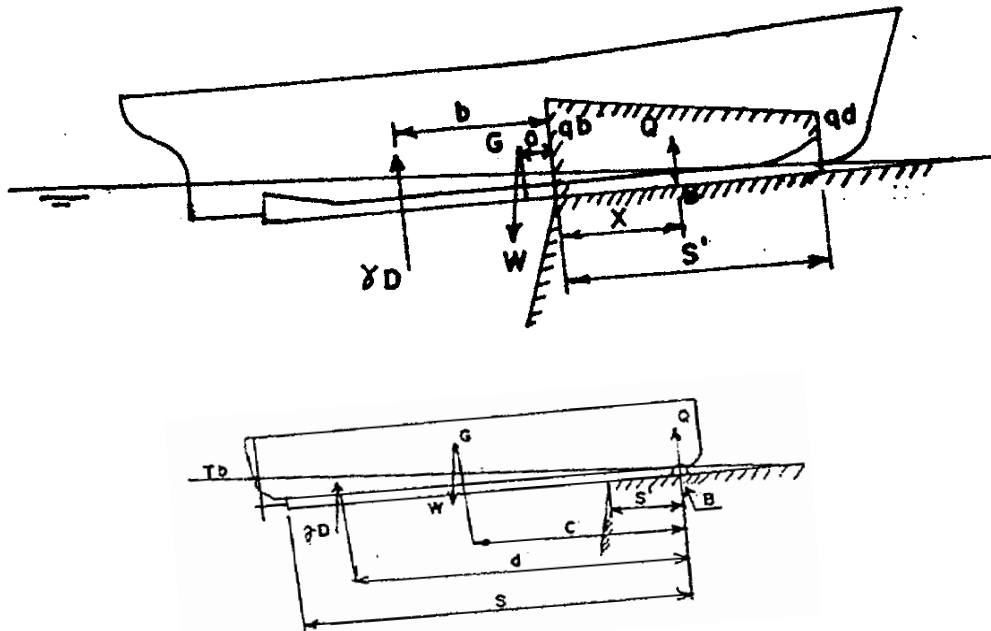
1. Menempatkan ballast pada linggi haluan
2. Memperpanjang landasan yang tercelup air
3. Menunggu air pasang
4. Memperbesar sudut kemiringan $\tan \alpha$
5. Memperbesar harga displacement

Pada akhir periode II kapal akan mulai mengapung (bila titik pusat gaya Q (titik B) mencapai ujung peluncur bagian depan bila $x = S'$). Jadi *stern lift* terjadi jika $\gamma Dd - Wc = 0$, gaya reaksi sebesar $Q = W - \gamma D$ ini merupakan sebuah gaya yang besar sekali dan berpusat pada titik B .

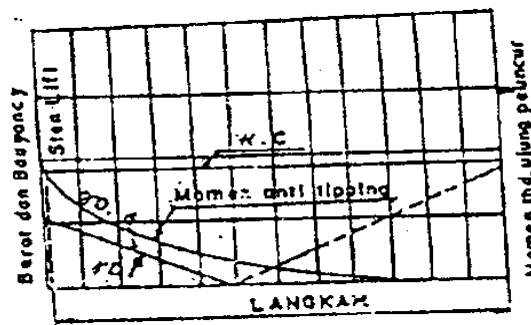
Persamaan gerak pada periode II adalah sama dengan periode I ditambah tahanan air terhadap gerakan kapal dan daya apung.

Pada periode II setelah peluncur melewati ujung landasan, maka panjang sepatu luncur (S) akan berubah menjadi (S') dan pada akhirnya menjadi 0, dan harga x antara $1/3 S' < x < 2/3 S'$, maka bidang bebannya berupa trapesium sepanjang S' dengan sisi-sisi sejajar q_d dan q_b .

- Jika $x = 1/2 S'$, maka $q_b = q_d = q$, bidang beban empat berbentuk persegi panjang
- Jika $x = 1/3 S'$ atau $2/3 S'$, bidang beban berbentuk segitiga siku-siku



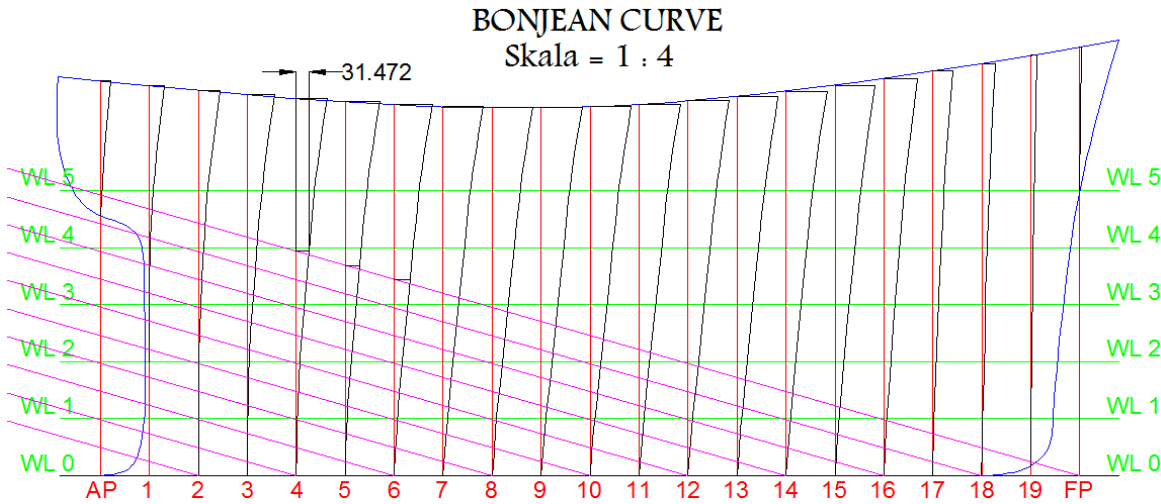
Gambar 4. Periode II



Gambar 5. Kapal Mengalami Stern Lift

Pada perhitungan periode II yang perlu dihitung adalah *displacement*, letak LCB untuk mengetahui kapan kapal mengalami stern lift. Untuk menentukan harga *displacement*, digunakan gambar *bonjean curve* yang dibagi dalam 10 langkah, yang

setiap 1 langkah terdiri 2 *station*. Setelah menentukan jarak ujung belakang seperti luncur ke Ap (h) dan sarat belakang (tb), ukur absis luas masing-masing garis *station* yang berpotongan dengan garis sarat belakang (tb).



Gambar 6. Mengukur Absis

Selanjutnya masukkan harga absis yang sudah diukur pada masing-masing *station* seperti pada tabel, dan selanjutnya hitung

fungsi luas dan fungsi momennya. Untuk contoh perhitungan pada langkah 10.

Tabel 3. Langkah 10

Station	Luas (A)	s	A x s	N	A x s x N
Ap	1.110	1	1.11	20	22.20
1	4.516	4	18.06	19	343.22
2	15.271	2	30.54	18	549.76
3	24.674	4	98.70	17	1677.83
4	31.472	2	62.94	16	1007.10
5	34.818	4	139.27	15	2089.08
6	35.370	2	70.74	14	990.36
7	34.519	4	138.08	13	1794.99
8	32.049	2	64.10	12	769.18
9	29.047	4	116.19	11	1278.07
10	26.001	2	52.00	10	520.02
11	22.880	4	91.52	9	823.68
12	19.645	2	39.29	8	314.32
13	16.341	4	65.36	7	457.55
14	12.794	2	25.59	6	153.53
15	9.287	4	37.15	5	185.74
16	6.193	2	12.39	4	49.54
17	3.414	4	13.66	3	40.97
18	1.173	2	2.35	2	4.69
19	1.117	4	4.47	1	4.47
FP	0.000	1	0.00	0	0.00
		$\Sigma_1 =$	1083.50	$\Sigma_2 =$	13076.29

Selanjutnya hitung *displacement* dan LCB pada langkah 10

$$\text{Volume displacement (V)} = k.h.\sum_1 m^3$$

Letak titik tekan memanjang

$$(\Phi B) = \frac{\sum_2}{\sum_1} x h \text{ m}$$

PERIODE III

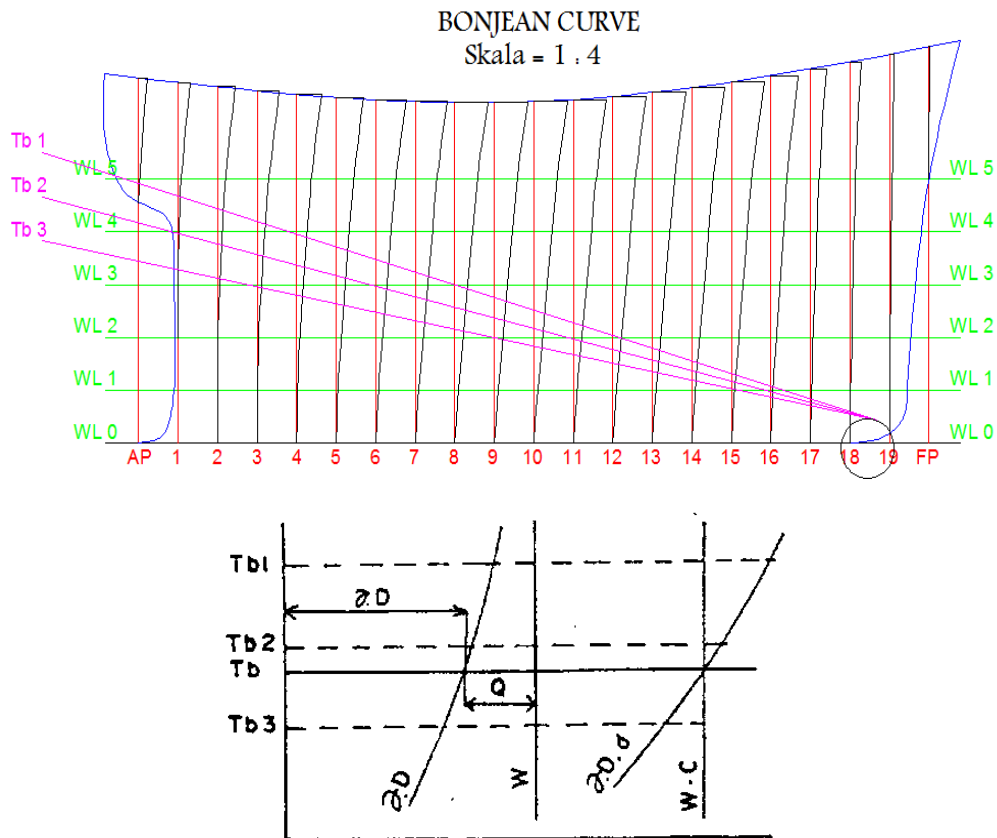
Dimulai pada akhir periode II dan berakhir pada waktu kapal meninggalkan ujung landasan. Selama periode III kapal masih meluncur dan menggunakan ujung depan peluncur sebagai sumbu putar. Untuk menentukan garis muat setelah mencapai suatu jarak terlihat pada Gambar.7.

Dengan memakai titik B sebagai pusatnya, buat jari-jari yang sesuai dengan tinggi permukaan air. Kemudian pada garis tegak belakang tentukan tb_1 , tb_2 dan tb_3 . Dari ketiga sarat ini tarik garis-garis yang

menyinggung lingkaran B, selanjutnya hitung pemindahan air dan letak titik berat, sehingga akan didapat 3 macam harga dari gaya apung γD beserta momen statis γDd terhadap landasan bagian depan.

Hasil ini selanjutnya sebagai absis dari ordinat tb_1 , tb_2 dan tb_3 .

Karena harga dari berat peluncuran W dan momen statis Wc tetap, maka dengan skala yang sama, ini dikembangkan dan dalam grafik merupakan garis-garis tegak. Karena selama mengapung berlaku $\gamma Dd = Wc$, sehingga titik potong antara lengkung γDd dan garis tegak Wc merupakan sarat buritan pada saat itu. Dari diagram ini selanjutnya ditentukan gaya γD dan gaya reaksi $Q = W - \gamma D$ terhadap ujung depan peluncur. Jikalau ujung peluncur telah melampaui ujung landasan maka berakhirilah periode III, dan haluan kapal seolah-olah akan jatuh kedalam air.



Gambar 7. Periode III

KESIMPULAN

Sebelum pelaksanaan peluncuran harus dilakukan tahapan-tahapan :

1. Perhitungan peluncuran
2. Perencanaan perlengkapan peluncuran
3. Pemasangan perlengkapan peluncuran
4. Pемindahan badan kapal dari *keel block* ke balok-balok peluncuran
5. Pемindahan badan kapal dari tumpuan peluncuran ke balok peluncur
6. Pelaksanaan peluncuran

Lengkung *bonjean* sangat diperlukan untuk menghitung *displacement* (D), agar letak titik tekan memanjang ΦB dapat diketahui yang sesuai sarat dan kemiringan landasan peluncur, misalnya jarak garis kerja gaya tekanan keatas γD ke ujung landasan, jarak garis kerja gaya tekanan ke atas ke ujung depan sepatu peluncur pada kedudukan yang diminta. Sehingga dalam pelaksanaan peluncuran dapat diketahui kemungkinan terjelek yang akan terjadi dan cara mengatasinya.

DAFTAR PUSTAKA

F.H. Todd, 1977, *Principles of Naval Architecture*, Vol. II, Chapter VI, Published by The Society of Naval

Holtrop and G.G.J. Mennen, 1982, “*An Approximate Power Prediction Method*”, Presented at the International Shipbuilding Progress.Architecture and Marine Engineers, New York.J.

Ir. Moch Bakri, Ir. Gusti Made Santoso, Ir. Yoswan Yusuf Sudjono, 1983, *Teori Bangunan Kapal 3*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jendral Pendidikan Dasar dan Menengah.

Robert Taggart, 1980, *Ship Design and Construction*, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, One World Trade Center, Suite 1369, New York.S.A.

Harvald,1983, *Resistance and Propulsion of Ship*, A Wiley-Interscience Publication.

Vladimir Semyonof-Tyan-Shansky, 2004, *Statics and Dynamics of the Ship*, University Press of the Pacific, United States.W.P.A.

Van Lammeren, 1984, *Resistance, Propulsion and Steering of Ship*, the Technical Publishing Company H. Stam-Haarlem, Holland.