

## BAB II

### TINJAUAN KEPUSTAKAAN

Tinjauan Kepustakaan membahas kajian hubungan displasemen tongkang (*barge*) terhadap kekuatan tarik kapal tunda dan kecepatan tunda didasari atas beberapa asumsi dan keterangan serta catatan-catatan di dalam referensi buku-buku literatur antara lain sebagai berikut:

Di dalam buku "*Marine Hawser Towing Guide*" oleh *Richard A Cady* disebutkan bahwa untuk menentukan dan mempersiapkan pekerjaan selama pemuatan barang-barang ke atas longkang serta menyeleksi untuk menentukan kapal tunda terdapat beberapa catatan yaitu :

#### 1. Memilih Kapal Tunda

*Propulsion Engine Horsepower alone does not necessary indicate whether a tug may be suitable to satisfactory perform a specific towing job, nor does it necessarily reflect bollard pull of the tug.*

*Criteria as follows should be prudently considered when selecting a tug for a towing venture :*

- *Hull dimensions, Design, Draft and Freeboard.*
- *Coaming and Sill Heights and closing appliances.*
- *Capacity of Fuel, Water and stores.*
- *Propulsion arrangement, power, bollard pull and speed ranges.*
- *Towing gear and arrangements.*
- *Tug outfitting, equipment, crew and crew facilities.*

2. Pengawasan selama pemuatan barang-barang ke atas tongkang yang harus dilaksanakan terutama oleh *surveyors* yang mengawasi:
  - *Verification that loading gear is suitable.*  
[ Verifikasi bahwa alat muat (*loading gear*) memenuhi persyaratan atau laik pakai ].
  - *Verification that depth of water and mooring arrangement are satisfactory*
  - *Verification that cargo is loaded at correct location on a suitable foundation*
  - *Verification of barge's draft immediately after loading cargo and determination that draft remains constant after completion of loading.*
3. Pengawasan pengikatan barang-barang/muatan di atas tongkang yang harus dilaksanakan :
  - *That securing terminal fitting on cargo, cargo foundation and barge are of Sufficient strength.*
  - *That securing between barge's terminal fitting and terminal fitting on cargo and cargo foundation are fitted and secured satisfactorily.*

Di dalam buku Hambatan dan Propulsi kapal, dari karangan Ir. Teguh Sosrodiwongso M.S.E. dijelaskan bahwa terdapat pengertian atau definisi-definisi untuk memahami lebih lanjut tentang istilah-istilah hambatan dan propulsi yang juga menjadi dasar pengertian penulisan kajian ini yang diuraikan sebagai berikut:

- *Propulsive Coefficient* ( P.C. ) : dipakai sebagai ukuran untuk menilai propulsi kapal dan didefinisikan sebagai rasio atau perbandingan antara *towing power* terhadap *propelling power*.

$$P.C. = \frac{E.H.P.}{S.H.P.}$$

E.H.P. = *Effective Horse Power* atau tenaga kuda efektif kapal atau disebut juga sebagai *towing power*, yaitu tenaga yang dibutuhkan untuk menarik tongkang/kapal yang mempunyai tahanan sebesar R, Kg, pada kecepatan : Vs, m/detik.

$$E.H.P. = \frac{R \cdot V_s}{75}$$

S.H.P. = *Shaft Horse Power* atau *propelling power* yaitu tenaga yang diberikan kepada baling-baling melalui porosnya di tempat di mana baling-baling dipasang untuk menggerakkan kapal pada kecepatan Vs, m/detik.

Jadi tenaga ini merupakan tenaga kuda yang diukur pada poros baling-baling dimana ia berada dan besarnya sama dengan tenaga kuda mesin induk kapal yang memutar baling-baling itu dikurangi kerugian-kerugian tenaga pada *shafting arrangement*-nya.



$$\text{S.H.P.} = \frac{2 \pi Q n}{75}$$

Q = torsi pada poros dimana baling-baling berada ( Kg.m)

n = perputaran poros baling-baling per detik (r.p.s.)

Dengan demikian propulsive Coefficient dapat dirumuskan sbb :

$$\text{P.C.} = \frac{\text{E.H.P.}}{\text{S.H.P.}} = \frac{R \cdot V_s}{2 Q n}$$

Perlu ditambahkan disini, akibat kerugian-kerugian pada sistem poros, yaitu *friction losses* pada *bearings*, *thrust block*, *stuffing box* dan *transmission gear*, maka jelaslah S.H.P. yang diberikan ditempat dimana baling-baling berada akan lebih kecil dari pada tenaga kuda atau S.H.P. dari mesin induk yang bersangkutan (kalau mesin penggerak motor diesel, maka tenaga kuda mesin induk diukur dengan B.H.P. = *Brake Horse Power*).

Dalam tahap perencanaan dapatlah dipakai sebagai patokan kasar, untuk kapal-kapal di mana mesin induknya / kamar mesin berada di tengah kapal. Kerugian tenaga tersebut  $\pm 5\%$ , sedangkan untuk mesin induk/kamar mesin berada di buritan kerugian tenaga tersebut  $\pm 3\%$ . Dari data yang ada biasanya besarnya harga P.C. tidak sama dengan besarnya harga efisiensi baling-balingnya  $\eta_p$ , hal itu dapat dimengerti karena adanya pengaruh timbal balik antara badan kapal dengan baling-baling.

Effisiensi baling-baling ( $\eta_p$ ) merupakan ukuran baik buruknya baling-baling. Ditinjau dari segi produktivitasnya dalam menghasilkan gaya dorong dan didefinisikan sebagai rasio antara tenaga pendorong yang menghasilkan gaya dorong tersebut oleh baling-baling ( $T.H.P = Thrust Horse Power$ ) dengan *propelling Power* (S.H.P).

$$\text{Jadi : } \eta_p = \frac{T.H.P.}{S.H.P.}$$

Sedangkan besarnya *Thrust Horse Power* (T.H.P.) dapat dirumuskan :

$$T.H.P. = \frac{T \cdot V_a}{75} \quad \text{dimana :}$$

$T = Thrust$  atau gaya dorong yang dihasilkan baling-baling ( Kg )

$V_a = Speed of Advance$  dari baling-baling atau dapat dikatakan sebagai kecepatan relatif dari partikel air melewati piringan baling-baling/*propeller disc* ( m/detik ) dengan demikian maka :

$$\eta_p = \frac{T.H.P.}{S.H.P.} = \frac{T \cdot V_a}{2 \pi Q n}$$

Adapun besarnya  $V_a$  akan selalu lebih rendah terhadap kecepatan  $V_s$  hal itu dikarenakan :

1. Melebarnya *stream lines* atau arus air di bagian belakang kapal.
2. *Friction* atau gesekan sepanjang badan kapal pada kulitnya.
3. Adanya sistem gelombang yang terbentuk oleh gerakan kapal.

Bila memakai satuan *Horse Power* (HP) maka disebut *Effective Horse Power*

E.H.P. = *Horse Power* yang dibutuhkan untuk menarik badan tongkang/kapal

E.H.P. = [ Rt. Vs ] : 326, bila satuan Rt (lbs) dan Vs (knot).

E.H.P. = [ Rt. Vs ] : 75, bila satuan Rt (Kg) dan Vs (m/detik).

- b. Kapal Tunda melaju pada kecepatan bebas (*free running*), Vs maupun pada kecepatan tunda (*towing speed*) Vs\*, karena ada gaya dorong (*Thrust*), T yang dihasilkan oleh mesin induk dan alat propulsi mekanis.

Beberapa kondisi :

*Free Running* = bebas/tidak menunda, kecepatan Vs dan mengalami tahanan

Kapal, Rt

*Towing* = menunda tongkang / kapal lain, kecepatan Vs\*, mengalami

Tahanan kapal Rt\* tetapi menghasilkan gaya tarik

(*Tow Rope Force*), Tr\*

*Bollard* = diikat pada bolder di darat, Vs = 0, Rt = 0, tetapi memberikan

Gaya tarik bolder (*Bollard Pull Force*) Tr.

Satuan : *Tow Rope Force*, Tr [ Ton ], [ Kg ], [ kN ]

- c. Tongkang (tidak bermotor = *non self propeller barge*) bergerak maju pada Kecepatan saat ditunda Vs\* karena gaya tarik Tr\* dari kapal tunda. Pada kecepatan tersebut, tongkang mempunyai Tahanan, Rt yang besarnya tergantung pada ukuran displasemen tongkang (termasuk bentuk badan tongkang' = *hull form*), kecepatan Vs\* dan jenis air (laut / sungai dll )



d. Koeffisien Tahanan Tongkang / Kapal :

$$\text{Koeffisien Tahanan Total, } C_t = R_t / \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V_s^2$$

$$\text{Koeffisien Tahanan Gesekan, } C_f = R_f / \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V_s^2$$

$$\text{Koeffisien Tahanan Sisa, } C_r = R_r / \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V_s^2$$

$$C_t = C_f + C_r$$

Keterangan :

$$\rho = \text{massa jenis ( density ) air tawar} = \pm 102 \text{ Kg dt}^2 / \text{m}^4$$

$$\text{air laut} = \pm 104 \text{ Kg dt}^2 / \text{m}^4$$

$$\gamma = \text{berat jenis air laut} = 1025 \text{ Kg} / \text{m}^3, \text{ gravitasi} = 9,81 \text{ m} / \text{dtk}^2$$

$$\rho = \frac{\gamma}{g}$$

$$S = \text{Luas permukaan basah ( wetted surface area ) [ m}^2 \text{ ]}$$

$$V_s = \text{Kecepatan tongkang / kapal ( m/dtk )}$$

$$\text{Rumus pendekatan : Mumford : } S = ( 1,7 T + C_b \cdot B ) L_{wl}$$

$$\text{Lap/NSMB : } S = ( 3,4 \nabla^{1/3} + 0,5 L_{wl} ) \nabla^{1/3}$$

Kekuatan Tarik (Tow rope / Bollard Pull ) Kapal Tunda

## 1. KEKUATAN TARIK ( TOW ROPE )

$$Tr = T(1 - t) - Rt \quad [ \text{Kg} ]$$

Dimana :

$Rt [ \text{Kg} ]$  = Tahanan Kapal Tunda pada kecepatan  $Vs^* [ \text{m/dtk} ]$  yang diminta  
Besarnya  $Rt$  dapat dihitung dengan memakai cara *Guldhammer & Harvald* ataupun rumus pendekatan.

$T [ \text{Kg} ]$  = Gaya dorong dari baling-baling ( komulatif untuk kapal berbaling-baling ganda ) pada kecepatan  $Vs^*$

$T$  dapat dihitung dengan memakai  $Kt\text{-}Kg\text{-}J$  diagram untuk tipe baling-baling yang sesuai.

$n [ \text{rps} ]$  = Putaran baling-baling/poros baling-baling pada kondisi menunda/menarik akan lebih rendah sedikit terhadap putaran pada kondisi bebas (*Free running*) juga dapat diperhitungkan.

$t$  = *Thrust deduction factor* yang dapat diperkirakan memakai rumus pendekatan

## 2. TAHANAN / HAMBATAN (RESISTANCE)

$R$  ataupun  $Rt$  = fungsi ( bentuk badan, kecepatan, jenis fluida )

Estimasi besarnya Tahanan/Hambatan sebuah tongkang pada *towing speed*  $V$  :

$$E.H.P. (Effective Horse Power) = Rt \times V ( 1 / 75 ) \quad [ \text{HP} ]$$

Catatan : Satuan  $Rt [ \text{Kg} ]$  dan  $V [ \text{m/dtk} ]$



Menurut CALDWELL  $E.H.P = (C / 1000) \Delta V^3$  [HP]

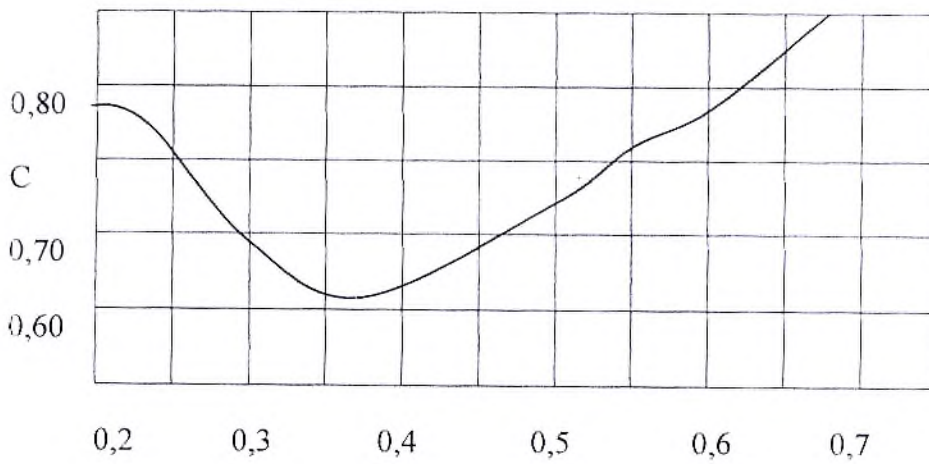
Catatan : Rumus diatas memakai satuan

$\Delta$  = Displasemen [ Ton ]

V = Kecepatan [ Knot ], L [ Feet ]

C = Koeffisien, harganya berubah menurut besarnya angka  $V / (\sqrt{L})$

Yang dapat dilihat pada Gambar-1:

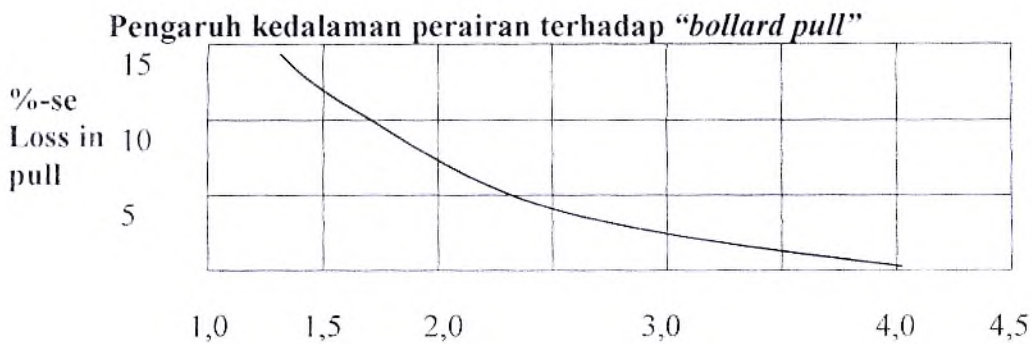


**GAMBAR -1**

**TAHANAN (*RESISTANCE*)  
TONGKANG SUNGAI THAMES**

### 3. PENGARUH KEDALAMAN PERAIRAN

Sebagai acuan, Caldwell memberikan kurva %-se pengurangan kekuatan tarik dihadapkan pada rasio dari sarat rata-rata seperti ditunjukkan dalam gambar\_2:



**GAMBAR -2**  
**%-SE LOSS IN PULL**

Harga perbandingan  $T / H = \text{sarat rata-rata} / \text{kedalaman air}$

G.S. Baker memberikan formulasi tahanan untuk tongkang yang dioperasikan di suatu kanal perairan dangkal sbb. :

$$(Rt^* - Rt) = 9,5 Am \{ V / (n-1) \}^2$$

dimana  $Rt^*$  [lbs] = Tahanan tongkang di tempat dangkal

$Rt$  [lbs] = Tahanan tongkang di perairan dalam

$Am$  [ft<sup>2</sup>] = Luas penampang tengah tongkang yang kena air

$V$  [knot] = Kecepatan tongkang

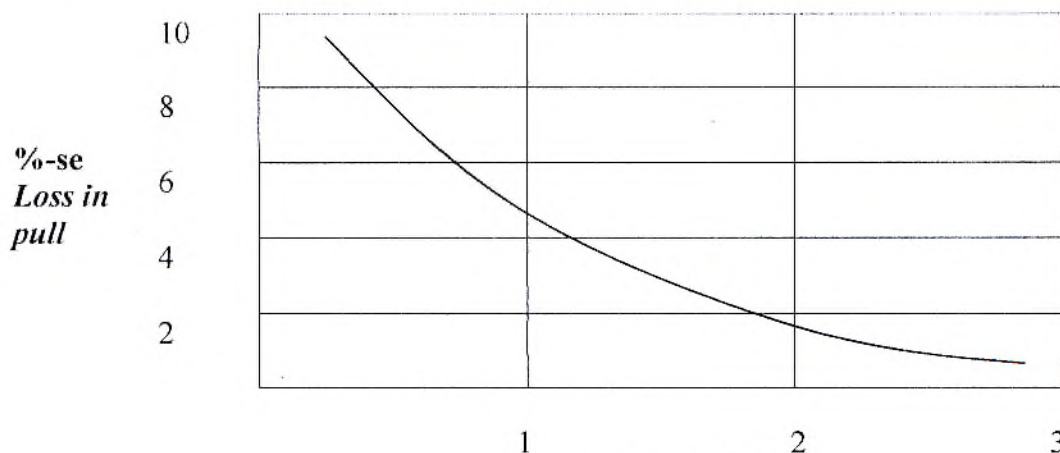
$n$  = (Luas penampang kanal) / (Luas  $Am$ )

Sedangkan untuk tongkang yang dioperasikan diperairan dangkal tetapi luas G.S Baker memberikan Konstanta Tahanan tongkang  $\phi = Rt^* / (Am \cdot V^2)$  hasil dari kajian sebuah tongkang dengan ukuran panjang  $L = 150$  feet, sarat  $T = 4,0$  feet,  $Am = 136 \text{ ft}^2$ , Block coefficient  $Cb = 0,79$  dan displacement  $\Delta = 460$  ton :

Kedalaman perairan	6,0 feet	9,0 feet	Sangat dalam
Konstanta tahanan tongkang $\phi$	0,65	0,56	0,45

#### 4. PENGARUH PANJANG TALI GANDENG (*TOW LINE*)

Sebagai acuan , Caldwell memberikan kurva %-se “loss in pull” dihadapkan pada harga perbandingan panjang tali terhadap panjang tongkang  $L_{pp}$  seperti dilihat pada gambar -3.



GAMBAR -3

%-SE LOSS IN PULL

PENGARUH PANJANG TALI GANDENG  
TERHADAP BOLLARD PULL



(Panjang tali gandeng /tow line) / ( Panjang tongkang Lpp):

Di perairan Indonesia saat di laut lepas panjang tali gandeng / tow line biasanya 100 m s/d 200 m.

Sedangkan ketika masuk di sungai panjang tali gandeng diperpendek menjadi 50 m.

#### 5. BOLLARD PULL DARI KAPAL TUNDA

a.  $LATORE = Tr [ Ton ] = \kappa ( BHP / 100 )$

dimana : Kapal Tunda ; baling-baling biasa = 0.95 – 1.05

Kurt Nozzle Proppeler = 1.15 – 1.20

B.H.P = *Brake Horse Power* dari mesin induk, motor Diesel  
pada Normal Continous Rating ( NCR )

b. CALDWELL mengacu pada rumus *Barnaby* memberikan cara menghitung perkiraan besarnya kekuatan tarik kapal tunda sebagai berikut :

$$Tr [ Ton ] = 0.01107. ( Kt / Kq^{2/3} ). ( SHP . D )^{2/3}$$

dimana :

SHP = *Shaft Horse Power* yaitu Daya Kuda pada poros baling-baling yang besarnya dapat dihitung:

$$SHP = BHP - \alpha - \beta$$

$\alpha$  = kerugian karena bantalan poros

bila lokasi kamar mesin di belakang - 3%

bila lokasi kamar mesin di tengah - 5%

$\beta$  = kerugian bila menggunakan gear box; - 1% sampai dengan 3%

D = Diameter baling-baling ( Feet )

Untuk baling-baling "Troost Wageningen" yaitu baling-baling tipe "E"

Harga-harga coefficient [  $0.01107 \cdot (K_t / K_q)^{2/3}$  ] telah dihitung seperti pada Tabel-2 dibawah ini.

Untuk baling-baling tipe lain tetapi dapatmirip dapat memakai data tabel tersebut untuk perhitungan perkiraan.

**TABEL -1**

Jumlah daun P/D / DAR	Z = 3		Z = 4	
	0,35	0,50	0,40	0,55
0,5	0,0330	0,0327	0,0335	0,0330
0,6	0,0332	0,0336	0,0346	0,0323
0,8	0,0317	0,0324	0,0326	0,0310
1,0	0,0301	0,0306	0,0303	0,0303
1,2	0,0279	0,0285	0,0288	0,0288
1,4	0,0257	0,0267	0,0266	0,0272