

**ESTIMASI DAYA TARIK TALI *MINI HAULER* UNTUK DITERAPKAN
PADA PERIKANAN PANCING ULUR TUNA
DI SAMUDERA HINDIA SELATAN JAWA**

***ESTIMATION OF MINI LINE HAULER POWER APPLIED FOR TUNA
HAND LINES FISHING IN INDIAN OCEAN, SOUTHERN JAWA***

Berbudi Wibowo*¹, Mochamad Fedi Alfian Sondita², Budhi Hascaryo Iskandar², John Haluan², dan Deni Achmad Soeboer²

¹Pusat Riset Perikanan, Jln. Pasir Putih II, Ancil Timur, Jakarta Utara-14430, Indonesia

²Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Kampus IPB Darmaga, Jalan Agatis, Dramaga, Jawa Barat-16128, Indonesia

Teregistrasi I tanggal: 22 Juni 2017; Diterima setelah perbaikan tanggal: 09 April 2018;

Disetujui terbit tanggal: 26 April 2018

ABSTRAK

Berat tuna hasil tangkapan nelayan pancing ulur di perairan Selatan Jawa dapat mencapai 100 kg/ekor, dan sampai saat ini tali pancing ulur ditarik secara manual. Kondisi ini beresiko bagi nelayan seperti kecelakaan atau sakit tulang belakang (*back pain*). Untuk mengurangi resiko tersebut maka digunakan *mini hauler* untuk menarik tali pancing ulur sehingga memudahkan menaikkan hasil tangkapan ke atas kapal. *Mini hauler* disesuaikan dengan beban yang akan ditarik. Beban *mini hauler* berasal dari daya dorong tuna yang berenang pada kondisi kecepatan spontan ketika tuna berusaha melepaskan diri dari jerat pancing dan beban yang timbul dari rangkaian pancing ulur. Perhitungan dengan menggunakan persamaan *Archimedes* dan persamaan *Bernoulli* menunjukkan bahwa daya dorong yang dikeluarkan tuna berukuran 190cmFL untuk berenang dalam kondisi *burst speed* sebesar 1.746 *newton*. Total beban terbesar ketika tuna berenang vertikal membentuk sudut 180° terhadap rangkaian pancing ulur yaitu sebesar 1.763,90 *Newton* dengan tenaga sebesar 8,82 Kw setara 11,99 Hp.

Kata Kunci: Daya; *mini hauler*; tuna; performa renang; pancing ulur

ABSTRACTS

Tuna caught by hand line fishers can reach 100 kg in weight per individual, however, they still use manual technology to pull out the line from the waters. This condition could risk the fisherman's safety such as accident or back pain. To reduce those risks that could be happened, it required tools such as mini hauler to help fisherman pull out the fish line so fish could be unload much easier. Design of mini hauler was adjusted to the target species. Mini hauler's load comes from tuna swimming power at burst speed condition and the load arising from the series of fishing line itself. Using Archimedes and Bernoulli equations, the results show that the force used by tuna at size of 190 cmFL to swim at the burst speed condition was 1,746 Newton. The highest total load when the fish swims vertically down to form the angle of 180° to fishing line is 1763,90 newton, equal to 8.82 kwH"11,99 horse power.

Keywords: Power; *mini hauler*; tuna; swimming performance; hand line

PENDAHULUAN

Daya dorong yang dikeluarkan oleh tuna akibat aktivitas penangkapan dijadikan acuan untuk perancangan *mini hauler* terutama untuk menentukan kekuatan tenaga penggerak (*power source*). Disamping perlawanan dari pergerakan tuna saat tertangkap pancing, faktor hidrodinamika alat tangkap juga merupakan komponen yang perlu diperhitungkan. Salah satu permasalahan pada perikanan pancing ulur yaitu penggunaan pemberat, jika terlalu ringan umpan tidak bisa mencapai kedalaman yang diharapkan. Jenis ikan tuna yang menjadi target penangkapan mampu berenang hingga kedalaman lebih dari 100 meter (Nugraha & Triharyuni, 2009). Penelitian yang dilakukan tahun 1994 dengan cara tagging 3 ekor madidihang (*Thunnus albacares*) berukuran 75; 90; dan 94 cm FL yang diamati oleh Block *et al.* (1997) menunjukkan bahwa *madidihang* berenang di kedalaman kurang lebih 40 hingga 70 meter pada pagi dan sore hari, menjelang malam berenang di kedalaman 25 meter. Untuk menangkap tuna dengan pancing ulur pada kedalaman dimana tuna biasa berenang, nelayan harus menggunakan bantuan pemberat. Pemberat yang terlalu ringan membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai kedalaman tertentu, sebaliknya jika terlalu berat akan menjadi beban ketika ditarik (Wibowo, 2010). Beberapa nelayan pancing ulur menggunakan batu sebagai pemberat. Pemberat diikat pada senar dengan ikatan/simpul sedemikian rupa sehingga pemberat akan lepas didalam air setelah dihentikan pada kedalaman tertentu. Satu kali memancing satu pemberat yang terbuang. Ketika melaut nelayan membawa sejumlah pemberat. Penggunaan *mini hauler* ditujukan juga agar nelayan tidak lagi menggunakan pemberat sebagai pemberat yang tiap kali memancing sehingga pemberat tidak terbuang di laut. Dengan *mini hauler*, diharapkan nelayan dapat menggunakan pemberat yang tetap/permanen baik berbahan beton maupun timbal dipasang pada tali pancing.

Penelitian ini ditujukan untuk mendeskripsikan tenaga yang diperlukan untuk menarik tuna hasil tangkapan pancing ulur dengan bantuan alat *mini hauler*. Output berupa tenaga (*horse power=Hp*) yang dijadikan sebagai acuan perancangan dengan pertimbangan dari beberapa faktor yang mempengaruhi beban tarik yaitu bentuk tubuh ikan, luas permukaan badan ikan dalam kondisi basah, kekuatan renang ikan (*swimming performance*), dan gaya total / gaya resultan dari pancing ulur sebagai alat penangkapan ikan.

BAHAN DAN METODE

Pengumpulan dan Sumber Data

Ukuran rangkaian pancing ulur yang terdiri dari senar *mono filament*, pemberat dan kail beserta umpan, bahan disesuaikan dengan yang umum digunakan oleh nelayan. Daya *mini hauler* disesuaikan dengan beban tarik yang timbul karena adanya resultan alat tangkap dan daya yang timbul karena adanya perlawanan dari ikan yang tertangkap. Pada saat tuna bergerak pada suatu fluida atau berenang, timbul gaya yang melawan dengan arah berlawanan, yaitu *drag force*/gaya gesek dan gaya akibat fluida yang dibelokkan (*lift force*), besarnya tergantung dari bentuk tubuh ikan. Dalam perhitungan, gaya akibat fluida yang dibelokkan dan kekasaran permukaan kulit ikan disederhanakan dalam koefisien gesek. Nilai koefisien gesek dijadikan salah satu variabel untuk menghitung gaya gesek.

Nilai gaya gesek tergantung dari luas permukaan yang bersinggungan dengan fluida/air laut (luas permukaan basah/*wetted area*) dan kecepatan renang. Metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai luas permukaan basah dilakukan dengan cara membuat simulasi tuna pada perangkat lunak Inventor (tipe lisensi: *Education Stand alone, 79711*) dengan tahapan seperti pada Gambar 1. Sebanyak 57 ekor tuna dengan panjang cagak, (*FL*) sebesar 12 hingga 89 cm dipotong melintang sebanyak 8 hingga 12 bagian tergantung dari panjang tuna, kemudian potongan melintang diukur menjadi 8 bagian dari atas kebawah dan 4 bagian dari kiri kekanan. Hasil pengukuran dijadikan dasar untuk disimulasikan pada perangkat lunak Inventor.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian dan publikasi tentang kecepatan renang tuna. Data dan informasi terkait kecepatan renang tuna disitir dari beberapa publikasi sebelumnya (Manugson, 1978; Brill *et al.*, 1999; Block *et al.*, 1997).

Informasi terkait bilangan *reynolds* (*reynolds number*) dan nilai koefisien gesek (*drag coefficient*) tuna disitir dari penelitian yang dilakukan oleh Nesteruk *et al.* (2014).

Analisa Data

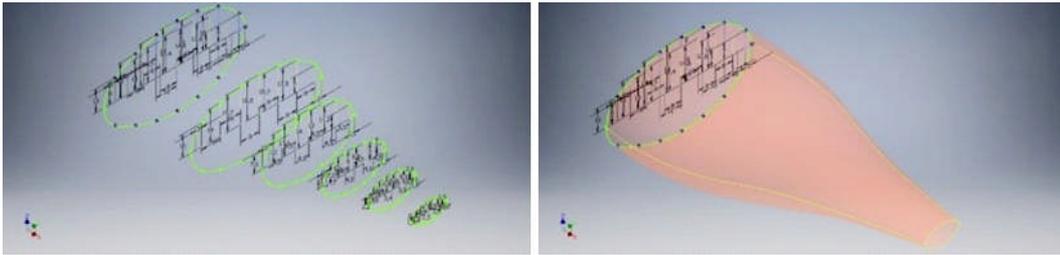
Pendekatan yang digunakan untuk menghitung gaya yang timbul akibat resultan alat penangkapan ikan dan gaya yang timbul dari tuna yang tertangkap baik dalam keadaan hidup maupun mati menggunakan

persamaan archimedes dan bernoulli (Havarld, 1983; Munson, 2003).

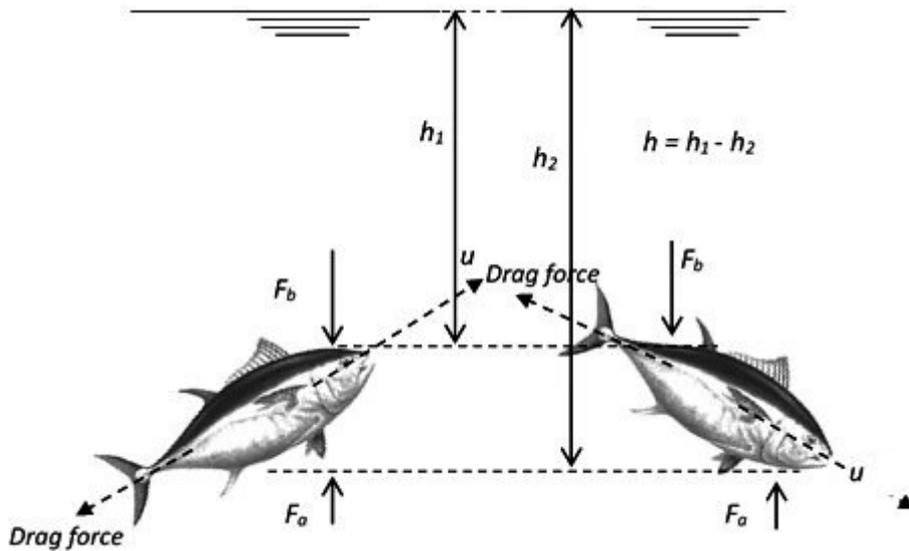
- FA = rgV
- FA = gaya apung
- r = berat jenis
- V = volume

Ikan yang ditarik *minihauler* merupakan benda yang bergerak dalam fluida, terdapat empat gaya yang bekerja pada ikan yang saling berkaitan dan mempengaruhi beban yang akan ditanggung oleh *mini*

hauler yaitu gaya apung, gaya grafitasi, gaya yang timbul akibat aktifitas renang tuna dan gaya yang timbul dari kecepatan tarik *mini hauler* itu sendiri. Ketika rangkaian pancing ulur ditarik, perlawanan tidak hanya dari ikan hasil tangkapan tetapi dari alat penangkapan ikan itu sendiri baik akibat gesekan dengan fluida dan gaya grafitasi dari pemberat, semakin cepat penarikan semakin besar tenaga yang dibutuhkan. Gambar 2 mengilustrasikan arah gaya yang bekerja pada ikan dan berlaku juga untuk gaya pada alat penangkapan ikan.



Gambar 1. Simulasi pada software inventor untuk menentukan luas permukaan basah pada tubuh ikan tuna.
Figure 1. Simulation of inventor software to find surface area of tuna wet body.



Gambar 2. Gaya yang bekerja pada ikan atau alat penangkapan ikan dalam kondisi diam.
Figure 2. Unit force at fish or fishing gear in static condition.

Gambar 2 memperlihatkan faktor yang mempengaruhi besar gaya apung/gaya keatas yaitu berat jenis fluida dan volume fluida yang dipindahkan akibat benda yang tercelup (persamaan 1). Apabila rangkaian pancing ulur dan tuna dalam kondisi diam, penjumlahan gaya apung dan gaya grafitasi sama dengan nol (persamaan 2).

$$P_1 = r_f g h_1 b \quad F_1 = P_1 A = r_f g h_1 A$$

$$P_2 = r_f g h_2 b \quad F_2 = P_2 A = r_f g h_2 A$$

r_f = massa jenis fluida

Resultan F_1 dan F_2 adalah F_a (gaya ke atas)

$$F_a = F_2 - F_1 = r_f g h_2 A - r_f g h_1 A$$

$$= r_f g A (h_2 - h_1) = r_f g (A h) = r_f g V$$

maka

$$F_a = r_f g V f \dots \dots \dots (1)$$

- Fa = gaya ke atas (N)
- rf = massa jenis fluida (kg/m³)
- g = percepatan gravitasi (m/s²)
- Vf = volume fluida yang dipindahkan atau volume benda yang tercelup (m³)

$$0 = m.g - rfgVf \dots \dots \dots (2)$$

dimana;

- m = massa pemberat
- g = kecepatan gravitasi (m/s²)
- r_f = massa jenis fluida (kg/m³)
- V_f = Volume fluida yang dipindahkan atau volume benda (pemberat yang tercelup) (m³)

Tuna yang berenang menuju lapisan perairan yang lebih dalam dengan kecepatan U, mengalami gaya-gaya resultan akibat interaksi dengan fluida di sekitarnya. Arah gaya-gaya resultan searah dengan gaya gravitasi dan berlawanan dengan gaya apung ditambah dengan gaya akibat gesekan dengan fluida yang disebut gaya resultan (*gaya gesek*). Teori hidrodinamika tubuh kaku / benda yang tidak bergerak telah digunakan untuk memperkirakan daya yang dibutuhkan ikan untuk berenang (Weish, 1973; Dizon & Brill, 1979; Gooding *et al.*, 1981; Dewar & Graham, 1994). Model ini mengasumsikan bahwa gaya gesek (*drag force*) pada permukaan basah sama dengan total gaya seperti berikut (persamaan 3).

$$F_{resultan} = \frac{1}{2} \rho U^2 A C_d \dots\dots\dots(3)$$

dimana;

- r_f = massa jenis fluida (kg/m³)
- U = Kecepatan tenggelam
- C_d = koefisien gesek
- A = Luas penampang yang bersentuhan dengan air

Mengacu pada persamaan 2 dan 3 maka gaya-gaya yang bekerja pada benda yang bergerak ke perairan yang lebih dalam dengan kecepatan U dapat dirumuskan pada persamaan 4 berikut ini.

$$m.g = r_f g V_f + \frac{1}{2} r_f U^2 A C_d$$

$$\frac{1}{2} r_f U^2 A C_d = m.g - r_f g V_f$$

$$F_{total} = r_f g V_f + \frac{1}{2} r_f U^2 A C_d - m.g \dots\dots\dots(4)$$

Sebaliknya apabila tuna yang berenang ke atas dengan kecepatan U, arah gaya-gaya resultan searah dengan gaya apung dan berlawanan gaya gravitasi dengan ditambah dengan gaya akibat gesekan dengan fluida seperti pada persamaan 5.

$$r_f g V_f = m.g + \frac{1}{2} r_f U^2 A C_d$$

$$\frac{1}{2} r_f U^2 A C_d = m.g - r_f g V_f$$

$$F_{total} = m.g + \frac{1}{2} r_f U^2 A C_d - r_f g V_f \dots\dots\dots(5)$$

dimana;

- m : massa pemberat
- g : kecepatan gravitasi (m/s²)
- r_f : massa jenis fluida (kg/m³)
- V_f : Volume fluida yang dipindahkan atau volume benda (pemberat yang tercelup) (m³)
- U : kecepatan tenggelam
- C_d: koefisien gesek fluida (*drag coefficient*)

Koefisien gesek fluida dipengaruhi oleh besarnya bilangan reynolds. Dewar & Graham (1994), merumuskan nilai koefisien gesek untuk tuna (*Thunnus spp*) dalam kondisi laminar dan turbulent sebagai berikut :

$$C_d = 1.33 Re^{-0.5} (\text{laminar}) \dots\dots\dots(6)$$

$$C_d = 0.072 Re^{-0.2} (\text{turbulent}) \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

Laminar:

Aliran cairan ketika setiap partikel cairan mengikuti jalan yang mulus, jalur yang tidak pernah mengganggu satu sama lain. Salah satu hasil dari aliran laminar adalah kecepatan fluida konstan pada titik mana pun di dalam.

Cairan Turbulent:

Aliran tidak teratur yang dicirikan oleh daerah pusaran kecil. Kecepatan cairan ini pasti tidak konstan di setiap titik.

Bilangan *reynolds* yaitu rasio antara gaya inersia terhadap gaya *viskos* yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu dan merupakan bilangan yang tidak berdimensi. Dalam kasus ini bilangan reynolds berkaitan dengan kerapatan molekul air laut. Percobaan untuk mendapatkan bilangan *reynold* beberapa jenis ikan pelagis besar telah dilakukan, oleh Nesteruk *et al.* (2014) dan disajikan pada Tabel 1. Besaran nilai bilangan reynold dipengaruhi kecepatan benda terhadap fluida, Magnuson (1978) membedakan bilangan reynolds pada kondisi renang dengan kecepatan konstan dan renang dengan kecepatan spontan (Tabel 2).

Tabel 1. Bilangan reynold dan capacity efficiency factor CE (W/kg) beberapa jenis ikan pelagis besar
 Table 1. Reynold number and capacity efficiency factor CE (W/kg) some species of large pelagic fish

Jenis ikan/Species	Reynold number	CE (W/kg)
Alabakor (<i>Thunnus alalunga</i>)	3.9 x 10 ⁶	70,6
Madidihang (<i>Thunnus albacares</i>)	7.3 x 10 ⁶	47,9
Mata besar (<i>Thunnus obesus</i>)	7.9 x 10 ⁶	13.0
<i>Thunnus thynnus</i>	1.7 x 10 ⁷	24.9
Marlin (<i>Makaira indica</i>)	3.4 x 10 ⁷	41.7

Sumber/Source: Nesteruk et al. (2014)

Tabel 2. Bilangan reynold pada kondisi sustained dan burst speed
 Table 2. Reynold number at sustained and burst speed

Genus	Kecepatan Renang/Swimming Speed			
	Sustained		Burst	
	l/sec	R _L	l/sec	R _L
Tongkol <i>Euthynus</i>	2,3	3,0 X 10 ⁵	12	3,4 x 10 ⁶
Tuba <i>Thunnus</i> Barakuda	0,97	3,7 x 10 ⁵	14	7,3 x 10 ⁶
<i>Acanthocybium</i>	0,33	5,1 x 10 ⁵	15	1,6 x 10 ⁷

Sumber/Source: Magnuson (1978)

Arah renang tuna ketika berusaha melepaskan diri akan membentuk sudut terhadap tegangan pada senar pancing ulur demikian tegangan pada senar terhadap gaya apung dan gaya grafitasi. Besaran sudut akan mempengaruhi gaya yang melawan rangkaian pancing ulur, sehingga dalam perhitungan dibedakan pada setiap sudutnya dengan metode vektor. Demikian juga dengan rangkaian alat penangkapan ikan, pergerakan ikan dan tarikan dari *mini hauler* membentuk sudut terhadap fluida (air laut) baik dalam kondisi tanpa arus maupun ada arus laut.

Penyelesaian perhitungan dengan menggunakan vektor satuan yang didefinisikan sebagai kesatuan vektor dari dua dimensi maupun dari tiga dimensi koordinat tegak (*cartesian*), yaitu sumbu x xumbu y, dan sumbu z. Persamaan dua buah daya yang yang digabungkan, dirumuskan:

$$dv = \int 2AB \cos \Theta dx$$

$$R = \sqrt{A^2 + B^2} + dv \dots\dots\dots(8)$$

dimana;

- R = Total gaya
- A = Gaya akibat tarikan *mini hauler*
- B = Gaya gesek tuna

Menurut Manugson (1973), berat jenis madidihang (*T. albacares*) pada ukuran kurang lebih 2 kg sebesar 1,09 g/ml, ikan tuna dengan berat 2 kg belum memiliki

gelembung renang. Seiring dengan pertumbuhannya hingga pada berat 8 kg gelembung renang mulai terbentuk hingga 4% dari volume tubuhnya, sehingga berat jenisnya berkurang menjadi 1,054g/ml. Sedangkan berat jenis tuna mata besar (*T. obesus*) yang berukuran 2,0 hingga 3,99 kg/ekor memiliki berat jenis sebesar 1,047 g/ml. Berat jenis (*density*) tuna hampir sama dengan berat jenis air laut, dengan demikian selisih antara gaya grafitasi dan gaya apung tuna sangat kecil, sehingga gaya grafitasi dengan gaya apung dalam penelitian ini dapat diabaikan.

Rangkaian pancing ulur yang terdiri dari senar, mata kail dan pemberat ketika bergerak di dalam fluida saat ditarik akan menimbulkan gesekan. Gaya yang bekerja pada rangkaian pemberat ketika bergerak keatas dapat dirumuskan seperti pada formula 10.

$$F_{alat\ tangkap} = \frac{1}{2} \rho_p U^2 A_p C_{t_p} + m_p \cdot g + \frac{1}{2} \rho_s U^2 A_s C_{d_s} - m_s \cdot g - r_f g V_f \dots\dots\dots(10)$$

dimana;

- ρ_p = berat jenis pemberat
- ρ_s = berat jenis senar
- U = kecepatan benda terhadap fluida
- A_p = luas permukaan basah pemberat
- A_s = luas permukaan basah senar
- m_p = Massa pemberat
- m_s = Massa senar

ρ_f = massa jenis air yang dipindahkan akibat tecelupnya peralatan tangkap

Besaran nilai C_d tergantung dari bilangan Reynold (Rn), dan faktor-faktor lain seperti bentuk benda tersebut, bentuk senar hakekatnya seperti tabung yang panjang. Koefisien gesek benda yang memiliki bentuk beraturan seperti silinder dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 11, jika bergerak melawan fluida secara melintang dihitung dengan menggunakan formula 12 (Munson *et al.*, 2003).

$$C_D = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2} \dots\dots\dots(11)$$

$$C_D = \frac{5,93}{\sqrt{Rn}} \dots\dots\dots(12)$$

dimana;
 C_D = koefisien drag
 Rn = bilangan Reynold

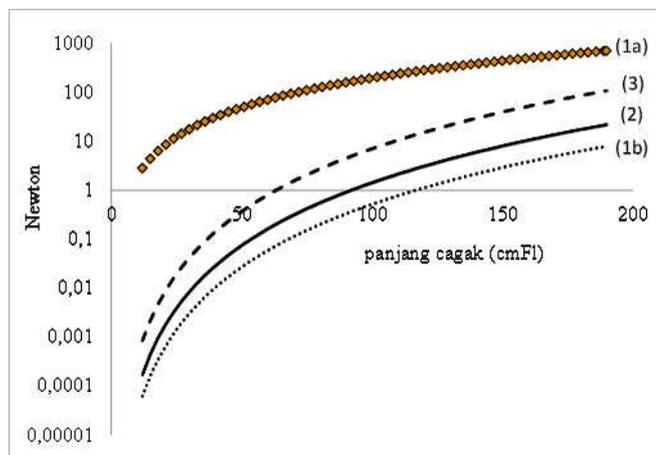
HASIL DAN BAHASAN
Hasil

Perhitungan daya *mini hauler* dipisahkan menjadi dua bagian yaitu gaya yang timbul akibat aktifitas renang ikan dan gaya hidrodinamis rangkaian pancing ulur akibat tertarik *mini hauler*.

Gaya Gesek (Drag Force) Tuna

Persamaan *bernoulli* mensyaratkan variabel luas permukaan basah untuk mendapatkan *drag force* tuna. Pengukuran luas permukaan basah 57 ekor tuna madidihang yang disimulasikan dengan menggunakan software inventor menghasilkan hubungan antara panjang baku dengan luas permukaan basah. Hasil permukaan hubungan antara panjang baku dan permukaan basah digunakan untuk mendapatkan nilai permukaan basah tuna yang lebih besar dari sampel yang ada berdasarkan dari panjang baku. Hasil pengukuran luas permukaan basah tiga ekor *bluefin tuna* yang dilakukan Wardle *et al.* (1989) tidak berbeda jauh dengan hasil pengukuran pada penelitian ini.

Luas permukaan basah yang digunakan pada perhitungan yaitu luas permukaan basah tuna dengan panjang cagak 190 cm (tuna terpanjang yang tertangkap pada observasi di selatan Jawa pada tahun 2016). Luas permukaan basah tuna dengan panjang 190 cm FL yaitu 1.352.458mm² atau 1,35m² (berdasarkan perhitungan dari hubungan panjang baku dengan luas permukaan basah) . Gambar 3 memperlihatkan *drag force* yang terjadi pada permukaan tubuh tuna dengan panjang 190 cm yang berenang pada kecepatan 3,47 Bl/sec sebesar 107 newton dan yang berenang pada kecepatan 1,56 sebesar 21,69 newton. Pada kondisi *burst speed*, gaya gesek meningkat menjadi 1.746 newton.



Gambar 3. *Drag force* tuna dihitung berdasarkan kecepatan renang hasil penelitian ¹Magnuson (1978) (^a*burst speed*; ^b*sustained speed*), ²Block *et al.* (1997) (*sustained speed*) dan ³Brill *et al.* (1999) (*sustained speed*)

Figure 3. *Tuna drag force* calculated base on swimming speed from reference ¹Magnuson (1978) (^a*burst speed*; ^b*sustained speed*), ²Block *et al.* (1997) (*sustained speed*) dan ³Brill *et al.* (1999) (*sustained speed*)

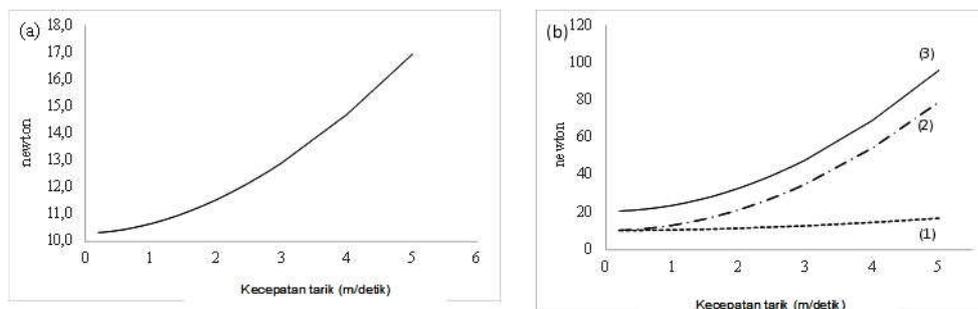
Beban Mini hauler Akibat Reaksi Alat Penangkapan Ikan dan Tuna Terhadap Fluida

Rangkaian alat pancing ulur terdiri dari senar, pemberat dan umpan. Dalam perhitungan untuk mendapatkan nilai gaya gesek rangkaian alat penangkapan ikan, umpan diabaikan karena umpan ketika ditarik, diasumsikan sudah dimakan oleh ikan. Pemberat terbuat dari beton berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dengan panjang 10 cm. Beton terbuat dari campuran pasir, semen, batu dan air. Bahan tersebut bahan yang relatif murah, mudah didapat dan awet. Senar yang digunakan terbuat dari nylon monofilamen berdiameter 3 mm dengan kekuatan tarik 4.392 newton yang banyak terdapat di pasaran.

Selisih antara gaya grafitasi dengan gaya apung rangkaian *mini hauler* diperhitungkan untuk mendapatkan besaran beban tarik/beban yang akan di tanggung oleh senar, terutama untuk pemberat

karena berat jenis pemberat berbeda signifikan dengan berat jenis air laut. Perhatikan pada Gambar 4a dan 4b, perubahan gaya yang bekerja pada rangkaian *mini hauler* pada kecepatan 0,5m/detik hingga 3 m/detik tidak terlalu besar, karena gaya grafitasi pemberat lebih dominan.

Ikan hasil tangkapan dalam kondisi mati ketika ditarik (*rigid body*) menjadi satu kesatuan dengan alat penangkapan ikan. Walaupun dalam kondisi mati, gaya gesek ikan terhadap fluida cukup besar sehingga perubahan kecepatan tarik *mini hauler* sangat berpengaruh pada beban tarik. Pancing ulur di tarik dengan kecepatan 1 meter per detik diasumsikan ada ikan yang tertangkap (190 cmFL), beban gaya yang ditanggung *mini hauler* sebesar 13,12 newton dan jika di tingkatkan menjadi 3 meter per detik dan 5 meter per detik, beban gaya yang ditanggung *mini hauler* menjadi 35,25 newton dan 95,91 newton (Gambar 4b). Oleh karena itu, unit *mini hauler* harus dilengkapi peralatan untuk mengatur kecepatan tarik.



Keterangan/Remarks: berat jenis pemberat 2.325 kg/m³
ukuran Pemberat : ϕ 10cm panjang 10cm
Panjang ikan 190cm

berat jenis senar 1.150 kg/m³
ukuran senar : ϕ 3mm

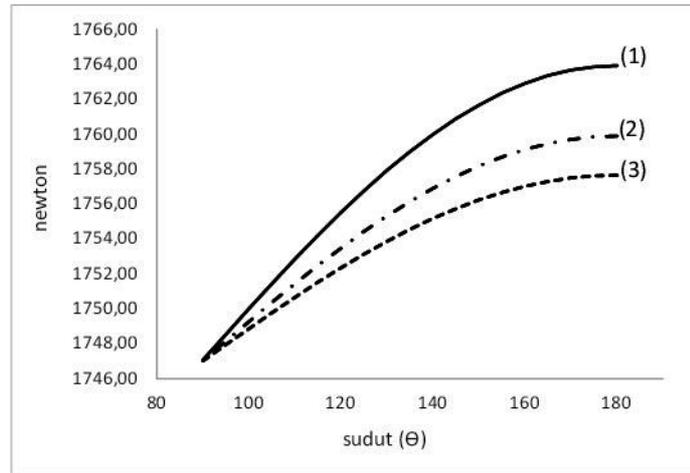
Gambar 4. Besaran gaya rangkaian pancing ulur akibat interaksi dengan fluida pada beberapa variasi kecepatan dari 0,2meter per detik hingga 3 meter per detik (a). dan total besaran gaya rangkaian pancing ulur dan ikan tangkapan dalam kondisi mati (b);(1) rangkaian rawai dasar (2) ikan yang telah mati dan (3) total keduanya.

Figure 4. The magnitude of line fishing of forces due to interaction with the fluid at varying speeds from 0.2meter per second to 3meter per second (a) and total force of line fishing and fish in dead condition (*rigid body*) (b); (1) line fishing series (2) fish (*rigid body*) and (3) the total of both.

Arah dan Total Gaya dari Aktifitas Renang Ikan dan Pancing Ulur Terhadap Fluida

Ikan yang berusaha melepaskan diri akan membentuk sudut terhadap senar pada saat ditarik *mini hauler*. Total gaya dari ikan dan rangkaian pancing ulur yang membentuk sudut 90^o hingga 180^o dapat dilihat pada Gambar 5. Gaya/tegangan terbesar terjadi apabila ikan berenang vertikal ke bawah dan membentuk sudut 180^o terhadap senar. Apabila ikan berenang vertikal keatas dan membentuk sudut 0^o hingga 9^o terhadap senar maka merupakan keuntungan bagi *mini hauler*.

Panjang baku ikan yang disimulasikan 190 cm. Apabila ditarik dengan kecepatan 1 meter per detik dan ikan berenang vertikal kebawah membentuk 180^opada kondisi *burst speed* maka total gaya yang akan di tanggung oleh *mini hauler* sebesar 1.757,65 newton, jika ditarik dengan kecepatan 3 meter per detik beban yang di tanggung *mini hauler* sebesar 1.759,89 newton dan jika ditarik dengan kecepatan 5 meter per detik beban terbesar yang di tanggung *mini hauler* menjadi 1.763,90 newton.



Keterangan/Remarks: berat jenis pemberat 2325 kg/m³ berat jenis senar 1150 kg/m³
 ukuran Pemberat :φ10cm panjang 10cm ukuran senar : φ3mm
 Panjang ikan 190cm

Gambar 5. Resultan gaya akibat renang ikan dan rangkaian pancing ulur yang membentuk sudut 90° hingga 180° : (1) dengan kecepatan 1m/dt (2) 3m/dt, dan (3) 5 m/dt.

Figure 5. Total force due to fish swimming and line fishing performance an angle of 90° to 180° with a speed : (1) 1m / sec (2, 3m / s (2), and (3) 5 m / sec.

Bahasan

Ikan tuna termasuk dalam kelompok ikan *scombrid* yang aktif, dari semua jenis tuna yang sering tertangkap memiliki kesamaan, secara umum memiliki bentuk seperti terpedo (*fusiform*) sedikit kompres dari sisi ke sisi lainnya, bentuk tubuh ramping, potongan melintang berbentuk elips dengan perbandingan sirip ekor yang besar terhadap tubuh. Bentuk tubuh tuna dan permukaan kulit yang hampir halus sempurna meminimalkan kerugian gesek (Webb, 1975; Lindsey, 1978; Blake *et al.*, 1995; Blake, 2004). Kelompok ikan *Scombridae* juga memiliki sirip tambahan (*finlets*) di antara sirip punggung kedua hingga sirip ekor dan di antara sirip dubur hingga sirip ekor, sebanyak 5 - 12 sirip (Collette & Nauen, 1983). Fungsi dari *finlets* untuk menambah daya dorong/*thrust* dengan cara membelokan air / menambah massa air kesirip ekor (Nauen & Lauder, 2000), mengurangi gaya gesek (Walters 1962; Magnuson 1970; Lindsey 1978) dan mengurangi riak (*eddy current*) di sekitar daerah kibasan ekor (Aleev 1969; Helfman *et al.*, 1997). Bentuk tubuh yang cenderung hidrodinamis dan adanya *finlets* memudahkan untuk bergerak cepat dan berenang dalam waktu yang cukup lama. Menurut Black *et al.* (2005), perbedaan kecepatan renang madidihang (*T. albacares*) yang masih mempunyai *finlets* dengan yang sudah dihilangkan *finlets* nya sebesar 0,5%.

Kecepatan renang *scombridae* kelompok tuna telah banyak diteliti (Tabel 3). Kecepatan renang tuna

yang digunakan untuk menghitung besar daya dorong pada penelitian ini yaitu yang terbesar nilainya tetapi tidak terlalu jauh dengan hasil penelitian yang lain. Setuhuk juga hasil tangkapan pancing ulur yang berukuran besar selain kelompok tuna. Beberapa referensi mengatakan bahwa tuna berenang lebih cepat jika dibandingkan dengan setuhuk, karena tuna diuntungkan dengan permukaan tubuh yang lebih halus. Hasil penelitian Block & Booth (1992) menyatakan bahwa kecepatan renang setuhuk biru sejenis setuhuk mencapai 80 – 120 cm/detik, dan pada saat kondisi mengejar mangsa atau melepaskan diri dari predator dapat lebih cepat hingga 225 cm/detik.

Daya *mini hauler* disesuaikan dengan tenaga yang dibutuhkan yaitu diambil dari hasil perhitungan gaya yang terbesar pada saat ikan berenang secara spontan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa besar gaya gesek atau gaya yang bekerja pada tuna berukuran 190 cmFL dengan kecepatan 5 meter per detik sebesar 1746,99 newton dan gaya yang bekerja pada rangkaian pancing ulur 16,91 newton. Jika berenang vertikal ke bawah dan membentuk sudut 180° terhadap arah tali senar maka total gaya yang ditanggung *mini hauler* sebesar 1763,90 newton atau setara dengan dengan 8,82kw atau 11,99 horse power (Hp). Oleh sebab itu untuk mengurangi beban *mini hauler* digunakan roda gigi (*reduction gear*).

Pengalaman dari nelayan, ikan jenis tuna lebih mudah untuk ditarik jika dibandingkan dengan

kelompok setuhuk walaupun dari beberapa referensi menunjukkan bahwa kecepatan renang setuhuk lebih kecil dibandingkan tuna. Ketika mulut tuna tertarik maka tuna akan berenang mengikuti arah senar. Oleh karena itu untuk mengantisipasi kemungkinan ada faktor lain yang luput dari perhitungan seperti kemampuan bertahan setuhuk maka sumber tenaga (*power pack*) *mini hauler* harus lebih besar. *Mini hauler* dilengkapi dengan perangkat pengaturan kecepatan dan mekanisme pengereman agar tertarik kembali ketika ada perlawanan dari ikan hasil tangkapan.

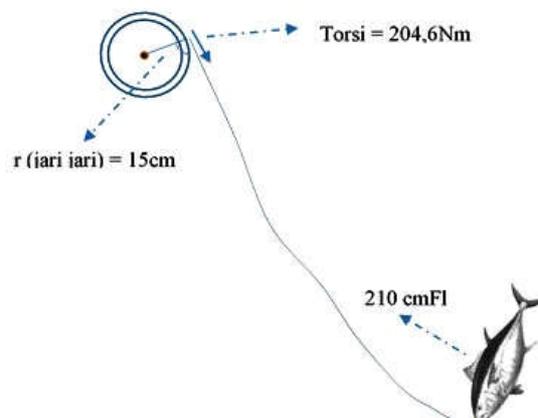
Mini hauler merupakan kumpulan dari beberapa bagian/*part* seperti roda gigi, penggulung senar, motor hidrolik yang berhubungan antara bagian satu dengan yang lain. Pada bagian penggulung akan timbul torsi apa bila ada reaksi dari tuna yang tertangkap. Torsi yang terjadi pada penggulung tali ketika terbebani oleh

tuna (210 cmFL) yang berenang dengan kondisi *burst speed* sebesar 204,6 Nm (Gambar 6). Torsi sebesar 204,6Nm merupakan beban kejut yang terjadi apabila tuna berusaha melepaskan diri dengan arah renang berlawanan dengan tarikan *mini hauler*. Daya yang dibutuhkan untuk menggulung senar tergantung dari besarnya torsi pada penggulung senar dan kecepatan radian. Apabila pompa hidrolik yang terhubung dengan sumber tenaga penggerak berputar dengan kecepatan 400 putaran per menit atau pada putaran penggulung senar 357putaran per menit, daya yang dibutuhkan sebesar 7,65Kw dengan kecepatan tarik senar sebesar 5,62 meter per detik. Pada kecepatan 800 Rpm daya yang dibutuhkan sebesar 15,30 Kw dan pada putaran pompa maksimum (1.800 Rpm) daya yang dibutuhkan sebesar 34,43 Kw dengan kecepatan tarik senar sebesar 25,27 meter per detik (Tabel 4).

Tabel 3. Kecepatan renang kelompok tuna dari beberapa referensi
Table 3. Tuna swimming speed from some references

Jenis Ikan/Species	Kecepatan Renang/Swimming speed	
	Burst speed	Sustained Speed
Tuna sirip biru selatan (<i>Thunnus maccoyii</i>)		0,5 - 1,4 ⁽¹⁾
Tuna sirip biru atlantik (<i>Thunnus thynnus</i>) 226 cm FL	6,64 ⁽²⁾	1,2 ⁽²⁾
Tuna mata besar (<i>Thunnus obesus</i>) 0,55 cmFL		1,1 ⁽⁴⁾
Madidihang (<i>Thunnus albacares</i>) 35 cmFL		1,9 ⁽³⁾
Madidihang (<i>Thunnus albacares</i>) 45 - 170 cmFL		0,71 - 1,56 ⁽⁵⁾
Madidihang (<i>Thunnus albacares</i>)	0,6 ⁽⁴⁾	20,6 ⁽⁴⁾
Tuna (<i>Thunnus spp</i>)	0,97 ⁽⁴⁾	14 ⁽⁴⁾
Madidihang (<i>Thunnus albacares</i>) 75 cmFL		0,24 - 3,47 ⁽⁶⁾
Albakora (<i>Thunnus alalunga</i>) 82 cmFL		1,2 ⁽⁷⁾

Sumber/Sources: ¹Davis & Stanley (2002); ²Wardle et al. (1989); ³Blake et al. (2005); ⁴Manugson (1978); ⁵Brill et al. (1999); ⁶Block et al. (1997); ⁷Graham & Laurs (1982).



Gambar 6. Torsi yang terjadi pada penggulung tali ketika terbebani oleh tuna (210 cmFL) yang berenang dengan kondisi spontan untuk melepaskan diri.

Figure 6. The torque that occurs on strings reelr burdened by tuna (210 cmFL) with burst speed conditions.

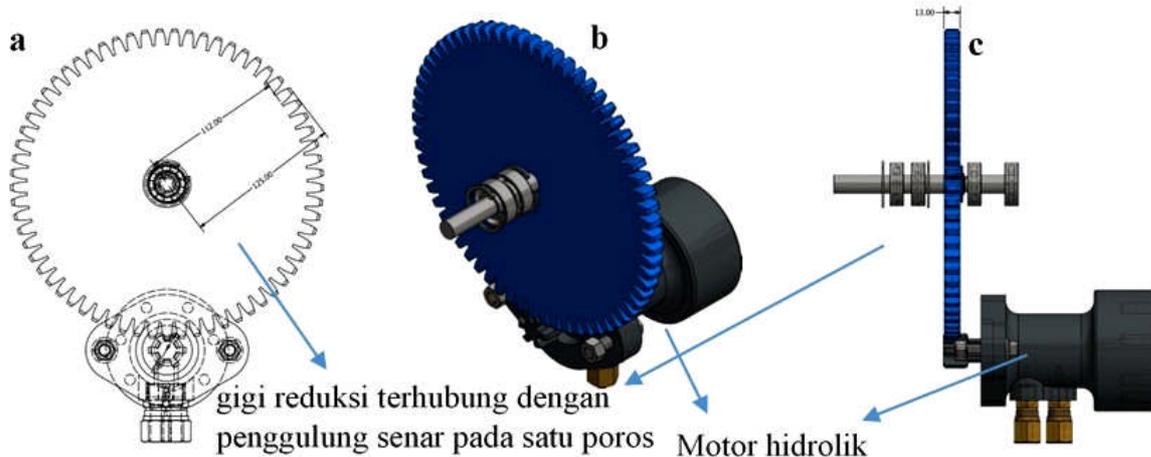
Tabel 4. Daya yang dibutuhkan mini hauler untuk menggulung senar dengan kecepatan pompa 400 hingga 1.800 putaran permenit (RPM)

Table 4. Mini hauler power to strings reel with pump speed 400 to 1800 Revolutions per minute (RPM)

Pompa	Rpm		Torsi/Torque (Nm)	Daya/Power		Kecepatan tarik/Speed (m/detk)
	Pompa	Motor		Hp	Kw	
400	400	357	204,6	10,26	7,65	5,62
600	600	536	204,6	15,39	11,48	8,42
800	800	715	204,6	20,52	15,30	11,23
1000	1000	893	204,6	25,65	19,13	14,04
1200	1200	1.072	204,6	30,78	22,96	16,85
1400	1400	1.251	204,6	35,91	26,78	19,65
1600	1600	1.429	204,6	41,05	30,61	22,46
1800	1800	1.608	204,6	46,18	34,43	25,27

Pompa hidrolis digerakan oleh mesin diesel berkapasitas 5Hp atau 3,68 Kw Daya maksimal untuk mini hauler sebesar 34,43 Kw. Daya yang tersedia dari diesel penggerak pompa tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan daya mini hauler. Salah satu cara untuk mengurangi daya pada penggulung senar yaitu dengan mengurangi kecepatan radian/kecepatan putar penggulung senar dengan mekanisme roda gigi. Hal ini umum dilakukan pada peralatan- peralatan yang berfungsi menarik beban dengan sumber daya atau tenaga dibawah beban itu sendiri seperti *crane*, *winch*, *hoist* dan lain lain. Untuk mereduksi daya yang dibutuhkan dari 34,43 Kw menjadi 3,68 Kw diperlukan mekanisme roda gigi dengan perbandingan 1:10.

Motor hidrolis sudah dilengkapi roda gigi yang dapat dilepas dari pabrikan, roda gigi motor hidrolis memutar roda gigi yang terhubung dengan penggulung senar pada satu poros (Gambar 7). Setelah melalui mekanisme roda gigi 1:10, daya yang dibutuhkan untuk menarik tuna berukuran 210 cmFL pada putaran motor 400 Rpm sebesar 1,03Hp atau 0,77 Kw, pada putaran 1.800 Rpm daya yang dibutuhkan sebesar 4,62 Hp atau 3,44 Kw. Dampak dari penggunaan gigi reduksi yaitu berubahnya kecepatan tarik mini hauler, pada putaran pompa hidrolis 400 Rpm kecepatan tarik senar sebesar 0,56 meter perdetik, pada putaran 800 Rpm kecepatan tarik senar sebesar 1,12 meter per detik (Tabel 6).



Gambar 7. Mekanisme roda gigi yang terhubung dengan penggulung senar dan motor hidrolis (a) tampak depan, (b) 3D. (c) tampak samping.

Figure 7. Mechanism of reduction gear connect to strings reel and the hydraulic motor (a) is front, (b) 3D. (c) side view.

Tabel 6. Daya pada penggulung senar setelah melalui mekanisme roda gigi dengan perbandingan 1:10
 Table 6. Power on the strings reel through a reduction gear with a ratio of 1:10

Pompa/Pump	Rpm	Daya/Power		Kecepatan tarik/Speed (m/detik)
	Penggulung senar/Reel	Hp	Kw	
400	36	1,03	0,77	0,56
600	54	1,54	1,15	0,84
800	71	2,05	1,53	1,12
1000	89	2,57	1,91	1,4
1200	107	3,08	2,30	1,69
1400	125	3,59	2,68	1,97
1600	143	4,10	3,06	2,25
1800	161	4,62	3,44	2,53

KESIMPULAN

Luas permukaan basah merupakan salah satu variabel untuk menghitung kekuatan renang tuna. Pada studi ini, mini hauler harus mampu menarik tuna dengan panjang 190 cmFL. Hasil perhitungan luas permukaan basah tuna dengan panjang 190 cmFL yaitu sebesar 1.352.458 mm² atau 1,35 m². Tenaga yang diperlukan *mini hauler* untuk menarik tuna yang berenang dengan kecepatan spontan minimal sebesar 1.764, 99 newton. Besaran daya yang diperlukan tergantung dari kecepatan tarik, jika ditarik dengan kecepatan 5 meter per detik diperlukan 8,82 kw, daya tersebut berada di penggulung senar. Tenaga penggerak tidak harus lebih besar dari beban yang akan ditarik, karena mampu meningkatkan torsi pada penggulung senar dengan cara memasang gigi reduksi.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusinya dalam penulisan karya tulis ilmiah ini terutama dalam pengumpulan dan analisis data.

DAFTAR PUSTAKA

Aleev, Y.G.(1969). *Function and Gross Morphology in Fish*. Jerusalem: Keter Press.

Blake, R.W.(2004). Fish functional design and swimming performance. *Journal of Fish Biology*. 65,1193–1222.

Blake, R.W., Chan K.H.S. & Kwok W.Y. (2005) Finlets and the steady swimming performance of *Thunnus albacares*. *Journal of Fish Biology*. 67, 1434–1445.

Blake, R.W., Chatters L.M., & Domenici P.(1995) Turning radius of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in unsteady swimming manoeuvres. *Journal of Fish Biology*. 46, 536-538.

Block, B.A., Keen J.F., Castillo B., Dewar H., Freund E.V., Marcinek D.J, & Farwell C., (1997) Environmental Preferences of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) at The Northern Extent of Its Range. *Marine Biology*. 130, 119 – 132.

Brill, R.W., Block B.A., Boggs, C.H., Bigelow K.A., Freund E.V., & Marcinek D.J. (1999). Horizontal movement and depth distribution of large adult yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) near the hawaiian islands, recorded using ultrasonic Telemetry: implications for the physiological Ecology of Pelagic Fishes. *Marine Biologi*. 133, 395 – 408.

Collette, B. B. & Nauen, C. E. (1983). *Scombrids of the World* (p. 137). FAO Species Catalogue 125, vol. 2. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Davis, T.L.O. & Stanley C.A. (2002). Vertical and horizontal movements of Southern Blueûn Tuna (*Thunnus maccoyii*) in The Great Australian Bight Observed With Ultrasonic Telemetry. *Fish Bulletin*. 100, 448–465.

Dewar, H., Graham J.B., & Brill, R.W. (1994). Studies of tropical tuna swimming performance in a large water tunnel. I. Enegetic. *Journal of Experimental Biology*.192, 13 – 31.

Dizon, A.E. & Brill, R.W. (1979). Thermoregulation in tunas. *Am. Zool*. 19, 249–265.

- Gooding, R.M., Neill, W.H., & Dizon, A.E. (1981). Respiration rates and low oxygen tolerance limits in skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*. *Fishery Bull. Fish Wildl. Serv. U.S.* 79, 31–48.
- Graham, J.B. & Laurs, R.M. (1982). Metabolic Rate of the Albacore Tuna (*Thunnus alalunga*). *Marine Biology*. 72, 1-6.
- Havaril, S.A. (1983). *Tahanan dan propulsi kapal* (Resistance and Propulsion of Ship) (p. 102). Airlangga University Press.
- Helfman, G.S., Collette B.B., & Facey, D.E. (1997). The diversity of fishes. Malden: Blakewell Scientific.
- Lindsey, C.C. (1978). *Form, function and locomotory habits in fish*. In *Fish Physiology*, vol. VII (ed. W. S. Hoar and D. J. Randall), pp. 1–100. New York: Academic Press.
- Magnuson, J.J.(1970). Hydrostatic equilibrium of *Euthynnus affinis*, a pelagic teleost without a gas bladder. *Copeia*. 3, 56–85.
- Magnuson, J.J. (1978). Locomotion by scombrid fishes: Hydromechanics, morphology and behavior. *The Journal of Experimental Biology*. 94, 105–118.
- Munson, B.R., Young, D.F. & Okiishi, T.H. (2003). *Mekanika Fluida (Fundamentals of Fluid Mechanics) edisi keempat*. Erlangga Surabaya.
- Nauen, J.C.& Lauder, G.V. (2000). Locomotion in Scombrid Fishes: Morphology and Kinematic of The Finlets of The Chum Mackerel *Scomber Japonicus*. *The Journal of Experimental Biology*. 203, 2247–2259.
- Nesteruk, I., Passoni, G. & Redealli, A. (2014). Shape of Aquatic and Their Swimming Efficiency. *Journal of Marine Biology*. 2014, 1–9.
- Nugraha, B. & Triharyuni S. (2009). Pengaruh suhu dan kedalaman mata pancing rawai tuna (tuna longline) terhadap hasil tangkapan tuna di Samudera Hindia. *J.Lit.Perikan.Ind.* 15 (3), 230 – 241.
- Walters, V.(1962). Body form and swimming performance in scombroid fishes. *American Zoologist*. 143–149.
- Wardle C.S., Videler J.J., Arimoto T., France J.M. & He P.(1989). The muscle twitch and the maximum swimming speed of giant bluefin tuna, *Thunnus thynnus* L. *Journal Fish Biologi*. 35,129-137.
- Webb, P.W. (1975). Hydrodynamics and energetics of fish propulsion. *Bulletin of Fisheries Research Board Canada*.190, 1–158.
- Weish D., (1973). Optimal fish cruising speed. *Nature*. 245, 48–50.
- Wibowo, B. (2010). Studi perencanaan sistem peralatan tangkap rawai dasar untuk kedalaman hingga 500 meter. *Prosiding Simposium Nasional Sail Banda*, 339 – 349.