

# **KAJIAN TEKNIS PROPELLER -ENGINE MATCHING PADA KAPAL IKAN TRADISIONAL DENGAN MENGGUNAKAN MOTOR LISTRIK HYBRID DARI SOLAR CELL DAN GENSET SEBAGAI MESIN PENGGERAK UTAMA KAPAL DI KABUPATEN PASURUAN JAWA TIMUR**

Eko Sasmito Hadi\*, Untung Budiarto\*

\* Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik UNDIP

## **ABSTRAK**

*Ketersediaan energi tak terbarukan yang kian menipis akan menjadi permasalahan besar bagi kehidupan manusia, banyak pemikiran sudah dicurahkan oleh para ilmuwan guna mengantisipasi adanya kemungkinan krisis energi di masa yang akan datang. Selain dari permasalahan keterbatasan energi yang ada juga timbul masalah baru dari penggunaan energi tak terbarukan tersebut yaitu berupa polusi dan pencemaran lingkungan yang berdampak pada perubahan iklim di dunia. Para pemimpin dari berbagai negara menggelar konferensi tentang perubahan iklim di Bali (UNFCCC), sebagai tindak lanjut dari Protokol Kyoto yang diselenggarakan di Jepang sebelumnya, sehubungan dengan perubahan iklim dunia, beberapa negara sepakat untuk mengurangi emisi gas buang pada mesin berbahan bakar mineral, yang dianggap sebagai penyumbang polusi udara terbanyak, dengan membuat kebijakan yang diharapkan dapat menjadi suatu solusi untuk mengurangi polusi udara, salah satu solusi yang dibahas penulis adalah penggunaan motor listrik sebagai pengganti mesin berbahan bakar mineral, tujuan dari penelitian ini adalah menghitung parameter pendukung propeller engine matching (putaran mesin, BHP mesin, dan hambatan kapal), pada kapal ikan tradisional KM Brandal, dan penentuan ukuran propeller yang sesuai dengan kapal ikan KM Brandal dengan menggunakan sistem hybrid.*

*Dalam penelitian ini penulis melakukan pengukuran dan perhitungan pada sistem penggerak kapal baik di lapangan maupun simulasi hybrid, rangkaian hybrid ini terdiri dari beberapa komponen antara lain 2 buah solar cell 100 WP, genset 800 VA, 2 buah baterai 70 Ah, dan motor listrik 12 volt 80 ampere, sedangkan untuk mendapatkan tegangan listrik yang sama pada rangkaian hybrid beberapa komponen seperti baterai, genset, dan solar cell disusun secara paralel.*

*Penelitian tentang Propeller-Engine Matching pada rangkaian hybrid kapal ikan KM Brandal menghasilkan beberapa parameter optimasi propeller antara lain hambatan kapal 1,04 kN, daya efektif motor 0,69 HP, diameter propeller 0,32 m, konsumsi arus listrik 72,4 ampere pada tegangan listrik 11,88 volt, dan kecepatan kapal 4,5 knot.*

*Kata Kunci : hybrid, propeller, engine- matching.*

## **Pendahuluan**

Ketersediaan energi tak terbarukan yang kian menipis akan menjadi permasalahan besar bagi kehidupan manusia. Banyak pemikiran sudah dicurahkan oleh para ilmuwan guna mengantisipasi adanya

kemungkinan krisis energi di masa yang akan datang. Selain dari permasalahan keterbatasan energi yang ada juga timbul masalah baru dari penggunaan energi tak terbarukan tersebut yaitu berupa polusi dan pencemaran lingkungan yang berdampak pada perubahan iklim di dunia. Para pemimpin dari berbagai negara menggelar

konferensi tentang perubahan iklim di Bali (UNFCCC), sebagai tindak lanjut dari Protokol Kyoto yang diselenggarakan di Jepang sebelumnya, sehubungan dengan perubahan iklim dunia, beberapa negara sepakat untuk mengurangi emisi gas buang pada mesin berbahan bakar mineral, yang dianggap sebagai penyumbang polusi udara terbanyak, dengan membuat kebijakan yang diharapkan dapat menjadi suatu solusi untuk mengurangi polusi udara.

Sebagai langkah nyata untuk mengatasi permasalahan pemanasan global, Balai Besar Pengembangan Penangkapan Ikan (BBPPI) Semarang selaku Unit Pelaksana Teknis milik Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap, sesuai dengan tugas dan fungsi akan melakukan kajian teknis tentang mesin penggerak kapal dengan sumber tenaga listrik berasal dari hybrid antara *solar cell* dan genset serta pemasangan propeller yang ada di Pasuruan Jawa Timur.

Penelitian tentang “Kajian Teknis Propeller-Engine Matching Pada Kapal Ikan Tradisional Dengan Menggunakan Motor Listrik Hybrid Antara Solar Cell Dan Genset Sebagai Mesin Penggerak Utama di Kabupaten Pasuruan”, ini diharapkan dapat menjadi satu cara alternatif dalam menekan penggunaan bahan bakar minyak dan mengurangi tingginya polusi udara, serta biaya operasional pelayaran kapal perikanan tradisional, yaitu dengan meningkatkan efisiensi sistem propulsi kapal ,pada metode *hybrid* khususnya pemilihan propeller yang digunakan kapal tradisional tersebut.

### **Tinjauan pustaka**

Sistem *hybrid* adalah sistem pembangkit listrik yang terdiri dari dua atau lebih sistem pembangkit listrik. Misalnya listrik tenaga surya (*Photovoltaic-PV*) dipadu dengan *genset* maka disebut *Hybrid PV- Genset*. Di Indonesia sudah banyak diterapkan *Hybrid*

*PV- Genset, Hybrid PV- Mikrohydro, PV-Wind* (Angin), dan bahkan *Hybrid- Wind-Genset*. Sistem *hybrid* adalah sistem *centralized* (pembangkit listrik dikumpulkan disuatu lokasi, dan listrik yang dihasilkan didistribusikan melalui suatu jaringan) (<http://Azet Surya Lestari>)

Alasan teknis dimanfaatkannya sistem hybrid adalah sebagai berikut:

- Saling melengkapi keunggulan dan kelemahan masing-masing pembangkit (PV – Genset).
- Mengoptimalkan kemampuan system pembangkit (PV-Genset).
- Mengurangi ketergantungan suplai BBM pada genset.
- Meningkatkan reliability dan kualitas suplai listrik. Grid connected dapat meningkatkan keandalan dan kualitas suplai listrik karena listrik yang disuplai lebih stabil dan dapat di-set agar memiliki fungsi back up.

### **Metodologi penelitian**

Studi lapangan dilakukan secara langsung dan wawancara, diantaranya:

1. Mengukur ukuran utama kapal, (panjang kapal (Lpp), lebar kapal, sarat kapal, dan tinggi kapal) dan ukuran yang diperlukan untuk membuat lines plan.
2. Mengetahui kecepatan kapal pada saat *sea trial*.
3. Mengumpulkan gambar-gambar teknik kapal yang ada untuk kelengkapan gambar pada tugas akhir ini.

Perhitungan dilakukan dalam rangka pengolahan data-data yang didapat di lapangan, diantaranya:

1. Memasukan data hasil pengukuran *body plan* dengan menggunakan perangkat lunak *freeship*, untuk mendapatkan *hull form*.

2. Mendapatkan nilai hambatan kapal, dengan bentuk badan kapal yang langsing maka digunakan metode pendekatan hambatan kapal, yaitu : CFD dengan open source software *Michlet*
3. Menentukan dan merekomendasikan daya mesin/motor listrik sebagai penggerak utama yang sesuai dengan hasil perhitungan BHP kapal yang sesuai dengan perhitungan.
4. Menentukan dan merekomendasikan propeller yang sesuai berdasarkan perhitungan.
5. *Matching Point*, yaitu menyesuaikan dan mencocokkan antara karakter propeller dan mesin hasil rekomendasi
6. Menentukan berbagai nilai parameter rangkaian *hybrid* pada sistem penggerak propeller.

Analisa *output* dari hasil perhitungan, antara lain hambatan kapal, penggunaan propeller yang sesuai dengan motor listrik, hubungan kecepatan dengan arus listrik, dan berbagai parameter hasil rangkaian *hybrid* pada sistem penggerak propeller.

### **Analisa data dan perhitungan**

Kapal motor Brandal adalah salah satu kapal perikanan yang diproduksi oleh salah satu galangan kapal tradisional di kabupaten Pasuruan yang khusus membangun kapal-kapal perikanan dengan bahan baku kayu. Kapal-kapal yang dibangun di galangan ini, memiliki variasi ukuran yang beraneka ragam, mulai dari kapal dengan ukuran lunas 9 meter, 10 meter, sampai ukuran lunas 15 meter.

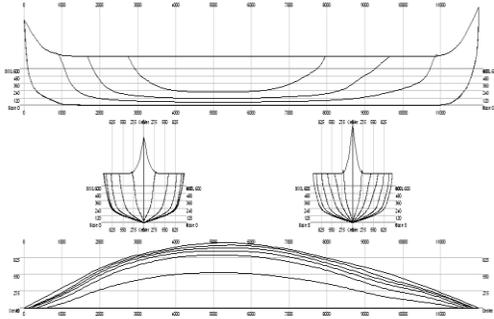
Pembangunan kapal di Pasuruan dilakukan secara tradisional, yaitu tidak adanya perencanaan dan perhitungan awal sebelum kapal itu dibangun, melainkan para pengrajin kapal dalam profesinya sebagai perancang kapal dan pembuat kapal, pada dasarnya hanya meneruskan ide dan

kebiasaan para pendahulunya. Sehingga hasil rancangan yang didapatkan belum banyak mengalami perubahan ke arah perkembangan disain kapal yang sesuai dengan aspek-aspek hidrodinamis.

Ukuran utama kapal didapat dengan melakukan pengukuran di lapangan, pengukuran terdiri dari pengukuran panjang kapal keseluruhan (LOA), panjang garis air (LWL), lebar maksimum kapal (Boa), tinggi kapal (*Depth*) dan sarat kapal. Panjang kapal diukur dari ujung buritan kapal sampai ujung haluan kapal, lebar kapal diukur dari kulit lambung kapal terluar disamping kiri (*portside*) sampai kulit lambung terluar disamping kanan (*starboard*), tinggi kapal diukur dari *baseline* sampai garis geladak yang terendah, sedangkan pengukuran sarat kapal dilakukan ketika kapal dalam kondisi muatan penuh ditengah kapal (*midship*).Setelah melakukan pengukuran pada kapal, maka dibuatlah rencana garis. Rencana garis (*Lines Plan*) adalah sebuah teknik penggambaran bentuk objek 3D, dengan menyajikan garis-garis hasil dari potongan-potongan tiap-tiap penampang kurva dengan tiga arah sumbu potongan. Gambar ini biasa digunakan untuk menggambarkan bentuk sebuah lambung kapal, dimana tiap-tiap ordinat dari masing-masing potongan lambung kapal dapat disajikan.

Berdasarkan pengukuran dilapangan maka diperoleh data ukuran utama kapal yaitu: (Huda, 2008)

Nama Kapal	: KM.Brandal
Loa	: 12 meter
Lwl	: 11,8 meter
<i>Breadth</i>	: 2,28 meter
<i>Draft</i>	: 0,6 meter
Vs	: 7,7 knots
Tinggi Lunas Kapal	: 0,10 meter
Lebar Lunas Kapal	: 0,12 meter



Gambar 1 hasil rencana garis KM. Brandal dengan bantuan Delft Ship (Huda, 2008)

Menentukan nilai  $\omega$  (*wake fraction*) untuk kapal baling-baling tunggal

Arus ikut adalah perbedaan antara kecepatan kapal dengan kecepatan aliran air yang menuju ke baling-baling ditentukan dengan rumus

$$\omega = 0.10 + 4.5 \frac{C_{vp} C_p B/L}{(7 - 6C_{vp})(2.8 - 1.8C_p)} + \frac{1}{2} \left( \frac{E}{T} - \frac{D}{B} - k'K \right)$$

$$\omega = 0,128$$

Menentukan gaya dorong (*Thrust*) untuk kapal yang baling-baling tunggal

Gaya dorong (T) yang diperlukan untuk mendorong sebuah kapal pada kecepatan (V) tertentu akan lebih besar daripada tahanan total ( $R_T$ ) yang dialami oleh kapal bila kapal tersebut ditarik dengan kecepatan yang sama (V), sehingga terjadi penambahan (augment) hambatan tetapi dalam praktik penambahan hambatan juga dianggap terjadi pengurangan hambatan atau deduksi dalam gaya dorong yang ada pada baling-baling, yaitu menganggap bahwa gaya dorong total sebesar T terdapat hambatan sebesar  $R_T$  yang harus diatasi. Dengan demikian adanya pengurangan gaya dorong akibat adanya hambatan yang bekerja, oleh karena itu untuk mengetahui

## KAPAL

besar gaya dorong kapal kita harus mengetahui fraksi deduksi gaya dorongnya (Harvald, 1992).

Untuk kapal yang baling-baling tunggal nilai deduksi gaya dorongnya adalah: (Huda, 2008)

$$\begin{aligned} t &= 0,5 \times (C_p - 0,12) \\ &= 0,5 \times 0,618 - 0,12 \\ &= 0,249 \end{aligned}$$

### Perhitungan efisiensi hull

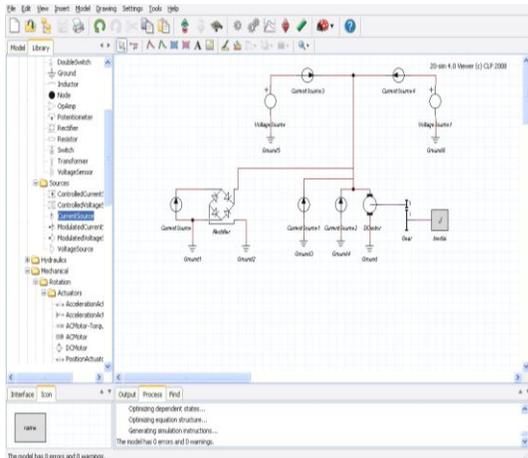
Efisiensi hull adalah rasio antara deduksi gaya dorong dan *wake fraction* kapal. Perhitungan efisiensi hull bisa menggunakan rumus sebagai berikut : (Huda, 2008)

$$\begin{aligned} \eta_{\text{hull}} &= \frac{(1-t)}{(1-w)} \\ &= \frac{(1-0,249)}{(1-0,128)} \\ &= 0,86 \end{aligned}$$

### Simulasi Hybrid Pada Sistem Penggerak Propeller Kapal.

Sistem penggerak propeller pada kapal KM Brandal menggunakan sistem hybrid yang artinya menggabungkan dua sumber energi yang berbeda untuk mendapatkan energi lain yang kita inginkan. Sumber energi yang dipakai dilapangan adalah energi matahari dari *solar cell* dan energi listik dari *genset* yang digunakan untuk mensuplai listrik ke motor listrik sebagai mesin penggerak propeller.

Untuk perangkaian sistem penggerak, penulis menggunakan bantuan *software 20.sim versi 4.0.1.5*; (Huda, 2008)



Gambar 2 rangkaian sistem hybrid pada kapal KM Brandal. (Huda, 2008)

### Perhitungan daya motor

Langkah selanjutnya adalah menghitung besarnya nilai konstanta dari motor listrik yang nantinya akan digunakan untuk menghitung torsi, dan daya motor listrik.

Perhitungan konstanta pada motor listrik.

$$V = k \times rps$$

$$rps = 2 \times \pi \times \frac{rpm}{60}$$

$$= 2 \times 3,14 \times \frac{2640}{60}$$

$$= 276,32 \text{ rps}$$

$$k = \frac{12}{276,32}$$

$$k = 0,043 \text{ N.m / A}$$

Keterangan

- V : voltase motor listrik
- rps : radian per second
- rpm : revolution per minutes
- $\pi$  : 3,14
- k : motor konstan.

Nilai konstanta motor akan digunakan untuk menghitung torsi, jumlah arus konsumsi, dan daya yang dihasilkan oleh motor listrik (*Suji Machine*) pada putaran maksimum, sehingga dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Q_{Mesin} = k \times I$$

Keterangan :

$$k = 0,043 \text{ N.m / A}$$

$$I = 72,4 \text{ ampere.}$$

$$\begin{aligned} Q_{Mesin} &= 0,043 \times 72,4 \\ &= 3,1 \text{ N m} \\ &= 0,0031 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Dengan rasio gearbox 3:1 maka torsi propeller adalah

$$\begin{aligned} Q_{prop} &= 3 \times Q_{mesin} \\ &= 3 \times 0,0031 \\ &= 0,0093 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Perhitungan BHP motor listrik adalah:

$$\begin{aligned} P_B &= V \times I \\ P_B &= 12 \times 72,4 \\ &= 0,868 \text{ kW} \\ &= 1,165 \text{ HP} \end{aligned}$$

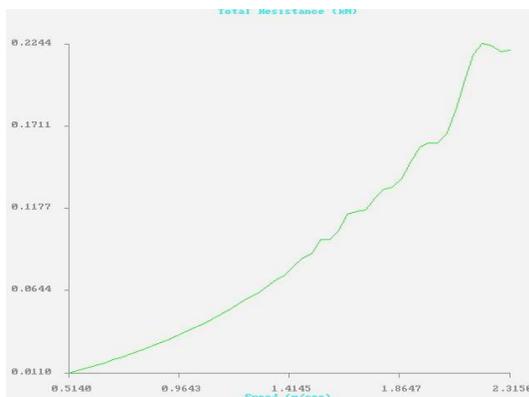
Sehingga didapat EHP sebesar:

$$\begin{aligned} P_B &= \frac{EHP}{0,6} \\ EHP &= 0,868 \times 0,6 \\ &= 0,52 \text{ kW} \\ &= 0,69 \text{ HP} \end{aligned}$$

Perhitungan hambatan kapal setelah menggunakan sistem hybrid dengan mempertimbangkan daya motor, pada kecepatan 4,5 knot: (Huda, 2008)

Tabel 1 perbandingan Vs, RT pada kecepatan 1-4,5 knot (Huda, 2008)

Kecepatan	Fn	Resistance	
		knot	m/s
	(kN)		
1	0,511	0,047	0,0110
2	1,028	0,095	0,0357
3	1,543	0,143	0,1072
4	2,057	0,191	0,1761
4,5	2,572	0,239	0,2244



Gambar 3 grafik perbandingan Vs dan Resistance pada kecepatan 1-4,5 knot (Huda, 2008)

Tabel 2 perbandingan Vs, RT dan EHP pada kecepatan 1-4,5 knot (Huda, 2008)

Kecepatan	Fn	Resistance	EHP
knot	m/s	(kN)	(HP)
1	0,511	0,047	0,007
2	1,028	0,095	0,062
3	1,543	0,143	0,250
4	2,057	0,191	0,480
4,5	2,572	0,238	0,690

Perhitungan efisiensi bentuk lambung kapal dapat diketahui dengan rumus

$$\eta_{\text{hull}} = \frac{(1-t)}{(1-w)}$$

$$= \frac{(1-0,249)}{(1-0,125)}$$

$$= 0,86$$

Perhitungan gaya dorong kapal :

$$T_{\text{Ship}} = T_{\text{hull}} = \frac{Rt}{(1-t)}$$

$$= \frac{0,2244}{(1-0,249)}$$

$$= 0,29 \text{ kN}$$

$$T = \frac{R \times V_s}{\eta_{\text{Hull}} \times V_a}$$

$$V_A = V_s (1-\omega)$$

$$= 2,572(1-0,128)$$

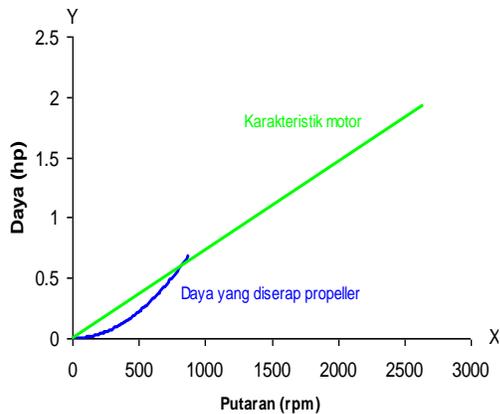
$$= 2,24 \text{ m/s}$$

$$T = \frac{0,2244 \times 2,572}{0,86 \times 2,24}$$

$$= 0,3 \text{ kN.}$$

Tabel 3 tabel kinerja propeller rekomendasi pada sistem hybrid, terdiri dari 3 buah daun dengan diameter 0,32 m terhadap mesin penggerak kapal pada tiap-tiap kecepatan. (Huda, 2008)

Putaran		EHP	$\epsilon_0$
propeller	mesin	(HP)	
234	702	0,004	0,430
298	894	0,080	0,486
519	1557	0,240	0,506
729	2187	0,460	0,499
880	2640	0,690	0,484



Gambar 4 grafik *propeller engine matching* untuk rangkaian *hybrid* pada sistem penggerak (Huda, 2008)

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian *propeller engine matching* pada kapal ikan KM. Brandal di Kabupaten Pasuruan, dapat disimpulkan bahwa:

- Besarnya hambatan jika kapal melaju dengan kecepatan 4,5 knots adalah 1,04 kN.
- Besarnya daya efektif motor listrik adalah 0,690 HP, pada putaran 2640 rpm
- Ukuran diameter propeller yang direkomendasikan adalah 0,32 m.

Untuk memaksimalkan *performance* kinerja baik sistem *hybrid* pada penggerak propeller ataupun propeller yang akan digunakan KM. Brandal, penulis merekomendasikan :

- Propeller yang di gunakan adalah hasil rekomendasi propeller pada sistem *hybrid* dengan putaran 880 rpm.
- Kecepatan kapal yang ideal adalah 4,5 knot.
- Accu yang digunakan sebaiknya adalah *accu use marine*.

### Daftar pustaka

- Adel Mellit , Soteris A Kalogirou, 1997, *An ANFIS-based Modeling for a Photovoltaic Power Supply (PVPS) System*, Nicosia Cyprus.
- Adji, Suryo, 2005, “*Engine Propeller Matching*”, Kumpulan Jurnal Ilmiah FTK-ITS, Surabaya.
- F.Ferrazza, S.p.A. Via A .D'Andrea, 2005, *Development of Photovoltaic Technology in Italy*, Ministry of Industry, Nettuno Italy.
- Gulbrandsen, 1982, “*Reducing The Fuel Cost of Small Fishing Boats*”, *International Journal, Bay of Bengal Programme Development of Small-Scale Fisheries*, Bangladesh.
- Harvald, 1978, *Resistance and Propulsion of Ships*, John Wiley and Sons, New York.
- Henshall, S.H, 1978, *Medium and High Speed Diesel Engines For Marine Use*, The Institute of marine Engineers, London.
- Jarzyna, Henryk, 1996, *Design of Marine Propellers*, Polska Akademia Nauk Instytut Maszyn Przeplywowych, Poland.
- Lewis, Edward, 1988, *Principles of Naval Architecture Volume II: Resistance, Propulsion, and Vibration*, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, New Jersey.
- MachPherson, Donald, 1996, “*The Ten Commandments of Reliable Speed Prediction*”, The Small Craft Marine Engineering Resistance and Propulsion Symposium, University of Michigan
- Santoso, IGM, Sudjono, YJ, 1983, *Teori Bangunan Kapal*, Bagian Proyek Pengadaan Buku Kejuruan Teknologi, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Departemen

Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta  
Utara, PT. Indah Kalam Karya.

Syahasta D.G, 2006, *Pengertian Dasar Besaran-Besaran Kapal*, Departemen Kelautan dan Perikanan direktorat Jendral Perikanan Tangkap Balai Besar Pengembangan Penangkapan Ikan, Semarang.

Van Lammeren, W.P.A, 1948, *Resistance, Propulsion, and Steering of Ships: A Manual for Designing Hull Forms, Propellers, and Rudders*, The Technical Publishing Company H. Stam-Haarlem.

Huda N.S, 2008, “ *Kajian Teknis Propeller Engine-Matching Pada Kapal Ikan Tradisional Dengan Menggunakan Motor Listrik Hybrid Dari Solar Cell Dan Genset Sebagai Penggerak Utama Kapal Di Kabupaten Pasuruan Jawa Timur* “, Skripsi, Program Studi S-1 Teknik Perkapalan FT. UNDIP Semarang, Indonesia.

#### Web Site

<http://www.20sim.com> (tgl 14 Feb 2008; 14:51)

<http://www.michlet.com> (tgl 05 Okt 2008; 17:13)

<http://www.cyberiad.net> (tgl 19 Okt 2008; 17:05)

<http://www.proquest.com/pqdweb> (tgl 21 Okt 2008; 10:15)

<http://www.boatdesign.net> (tgl 14 Okt 2008; 10:15)

<http://www.en.wikipedia.org> (tgl 06 Okt 2008; 14:45)

<http://www.anekasurya.com> (tgl 06 Okt 2008; 14:45)

<http://elektronikaelektronika.blogspot.com> (tgl 17 Maret 2008; 08:35)

<http://jurnalnasional.com> (tgl 19 Feb 2008; 17:15)

<http://energisurya.wordpress.com> (tgl 22 Feb 2008; 17:19)