

Kajian Numerik Pengembangan *Symmetrical Blade* Propeller Untuk Kapal Patroli 60m dengan Menggunakan Teori *Lifting Line*

Mahendra Indriaryanto, I Made Ariana

Magister Teknik Sistem Pengendalian Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, Indonesia

Article history: Recieved 23/05/2017 Revised 12/06/2017 Accepted : 25/06/2017

ABSTRAK

Berkembangnya ilmu pengetahuan teknologi di bidang kemaritiman menjadi salah satu aspek yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah pengembangan sistem propulsi yang mampu bekerja secara efisien (aspek hidrodinamika) pada kapal - kapal patroli penjaga perairan Indonesia. Karena selama ini desain dan pembuatan propeller yang di butuhkan pada kapal cepat sangat tergantung pada pihak asing . Maka tujuan penelitian ini untuk menghasilkan suatu desain system propulsi yang cocok dengan kapal patroli tipe 60m. sehingga sehingga bisa distandarkan ukuran utama kapal dengan system penggeraknya. Penelitian ini di laksanakan melalui beberapa tahapan, di mana kita mendesain sistem propulsinya dan di hitung secara *numerical computation (Matlab)* Yang akan di gunakan sebagai analisa *performance* dari desain yang telah di tentukan. Sehingga dari hasil tersebut di ketahui , bahwa tipe propeller kapal patroli tipe 60m cocok dengan engine kapal yang telah di tetapkan.

Kata kunci: kapal patroli, propeller, efisiensi, numerik

ABSTRACT

The development of technology science in the field of maritime is one aspect that needs to be considered. One of them is the development of a propulsion system that is able to work efficiently (Aspects of hydrodynamics) On patrol boats of Indonesian waters guard. Because during this design and manufacture of propellers in need on fast boats is highly dependent on foreign parties. Therefore, the purpose of this study was to produce a propulsion system design suitable with a 60m patrol boat. So that it can be standardized the main size of the boat with its propulsion system. This research is conducted through several stages, where we design the propulsion system and calculated numerically computation (Matlab) Which will be used as a performance analysis of the design that has been determined. So from the results it is known, that the type of propeller boat type 60m patrol match with the engine of the ship that has been set.

Keywords: patrol boat, propeller, efficiency, numerical.



Mahendra indriaryanto Lahir di Blitar pada tanggal 04 April 1985. Menamatkan pendidikan dasar sampai tingkat SLTA di Blitar. Kemudian melanjutkan studi di Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya pada tahun 2003. Setelah lulus pendidiknya S1 pada tahun 2008, kemudian pada tahun desember 2009 sampai dengan sekarang bekerja sebagai Perekayasa Pertama di

Balai Teknologi Hidrodinamika – BPPT. Dan saat ini sedang menyelesaikan studi Pascasarjana di Jurusan teknik sistem pengendalian kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

**Corresponding author.*

E-mail address: indriaryanto@gmail.com

Peer reviewed under reponsibility of Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

© 2017 Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, All right reserved, This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

PENDAHULUAN

Inovasi propulsi pada kapal patroli cepat maupun kapal perang merupakan salah satu pengembangan dengan sarat muatan teknologi tinggi. Penelitian dan pengujian model kapal pada kapal cepat 60 meter telah dilaksanakan sejak tahun 2016. UPT-BTH bekerjasama dengan Galangan kapal serta dukungan dari TNI AL mulai melakukan pengembangan kapal cepat 60 meter dan menguji modelnya di tangki uji tarik di laboratorium BTH.

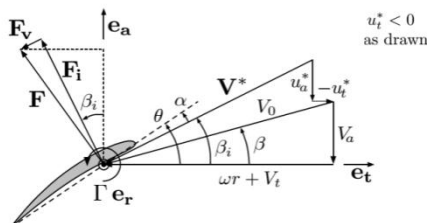
Sebelum melakukan pengujian model terlebih dahulu dilakukan perhitungan numerik MARIN software yang ada di UPT. BTH. Ada beberapa manfaat yang di dapat dalam melakukan perhitungan numerik sebelum dilakukan pengujian yang pertama adalah dapat mengetahui gambaran awal tahanan kapal dalam satuan newton Yang kedua adalah untuk mengetahui tren grafik pengujian tahanan yang di gunakan sebagai pembandingan saat pengujian. Terkadang saat pengujian muncul permasalahan instrumentasi terutama pada record data maupun getaran pada carriage yang menimbulkan noise.



Gambar 1. Uji Tahanan Model Kapal Cepat 60m di Laboratorium Hidrodinamikan Indonesia

Dasar desain propeller kapal cepat adalah ketepatan dalam memilih propellernya. Dimana jika di pilih jenis propeller dengan B-Series akan tidak cocok peruntukannya. Karena jenis propeller tersebut di gunakan unuk kapal-kapal jenis niaga, atau kapal yang beroperasi pada *Froude Number* < 0.3. Sedangkan desain propeller *Symmetrical Blade* biasanya cocok di gunakan untuk kapal jenis ini dimana kecepatan operasional pada *Froude Number* > 0.4. untuk itu perlu dilakukan perhitungan numerik untuk mendesain dan menghitung performa propeller dengan beberapa teori propeller yang ada.

Telah banyak teori yang diajukan untuk menjelaskan cara sebuah baling-baling menghasilkan gaya dorong. Semua teori tersebut dikembangkan melalui pekerjaan yang sangat banyak, baik secara teoritis maupun memakai percobaan, yang dilakukan dalam cabang ilmu aerodinamika. Sekalipun demikian belum ada teori yang diajukan yang memperhitungkan semua factor yang terlibat dalam aksi baling-baling, salah satu dari teori tersebut adalah *lifting line* dimana,



Gambar 2. Teori Lifting Line pada salah satu foil propeller

Daun baling-baling dipandang tersusun dari sejumlah strip bundar dari tepi depan hingga tepi ikut daun. Masing-masing elemen daun. Masing-masing elemen daun dianggap berfungsi seolah-olah sebagai bagian dari hydrofoil. Dengan demikian maka kecepatan fluida related terhadap masing-masing elemen daun adalah resultan dari kecepatan aksial dan kecepatan sudut, sebagaimana ditunjukkan dalam diagram kecepatan pada Gambar. 1.2 Disini masing-masing kecepatan induksi pada daun baling-baling dinyatakan sebagai $UA(r)$ dan $UT(r)$. r adalah jarijari baling-baling sampai pada penampang daun yang bersangkutan. Pengaruh kecepatan induksi radial (UR) diabaikan. Masing-masing kecepatan induksi tidak termasuk perubahan kecepatan di dalam medan arus ikut akibat interaksi baling-baling badan kapal. θ menyatakan posisi sudut penampang daun. $V_x(r,0)$ adalah kecepatan maju setempat. $V\theta(r,\theta)$ adalah kecepatan singgung relatif setempat di dalam medan arus ikut. αE sudut pukul atau insiden, misalnya sudut pukul relative terhadap garis chord termasuk kecepatan induksi. αG sudut insiden geometris. β sudut maju penampang daun baling-baling. βl sudut langkah ulir hidrodinamis terhadap penampang daun baling-baling. ωr kecepatan putar, ω adalah kecepatan sudut

Pada penelitian ini kami menggunakan program Open Source berupa *OPEN PROP v.2.4.6* dengan menggunakan bahasa program berupa *MATLAB*. Dimana desain propeller ini bentuk foilnya sudah ditentukan berdasarkan *NACA 0.8*. sehingga harga Thrust dan Torsinya dapat di tentukan.

Dasar penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa besarnya efisiensi dari propeller yang telah di desain. Baik tanpa maupun dengan menggunakan dummy model. Untuk mengetahui efisiensi propeller uji open water test atau uji propeller dalam keadaan terbuka dan menggunakan dummy model pada pengujian di fasilitas cavitation tunnel. Uji open water ini menggunakan alat ukur open water propeller yang tersedia di UPT BPPH. Melalui alat ukur ini besarnya thrust dan torque model propeller dapat diukur dengan cara memvariasikan kecepatan model propeller saat d uji.. sehingga di dapatkan harga thrust (T) dan torque (Q) dan dapat dihitung thrust coefficient K_T dan torque coefficient K_Q berdasarkan advanced speed coefficient (J). K_T , K_Q , J berturut-turut dapat didefinisikan melalui persamaan sebagai berikut,

$$K_T = \frac{T_{Pr op}}{\rho \times n^2 \times D^4} \quad (1)$$

$$K_Q = \frac{Q_{Pr op}}{\rho \times n^2 \times D^5} \quad (2)$$

$$J = \frac{V_A}{n \times D} \quad (3)$$

$$\eta_o = \frac{J \times K_T}{2\pi \times K_Q} \quad (4)$$

Dimana,

- T_{Prop} : gaya thrust / gaya dorong propeller (N)
 Q_{Prop} : momen putar propeller (Nm)
 N : besaran putaran propeller (rps)
 D : diameter propeller (m)
 V_A : kecepatan air yang melewati piringan daun propeller / propeller disk (m/s)
 ρ : densitas air (kg/m³)
 η_0 : efisiensi propeller pada open water test

METODE PENELITIAN

Salah satu dasar pelaksanaan penelitian harus sesuai dengan tahapan metodologi penelitian salah satunya adalah:

- mencari studi literature yang dilakukan untuk mencari beberapa sumber dan referensi yang terkait dengan perancangan desain propeller pada kapal patroli dan data tahanan pada yang akan digunakan sebagai dasar penentuan gaya dorong oleh propeller. Serta penggunaan perhitungan *Teori Lifting Line* yang terapkan dengan bantuan program *MATLAB*.
- Pengumpulan data sekunder meliputi data-data yang berhubungan dengan penentuan ukuran utama model propeller kapal patroli (data tahanan kapal patroli cepat 60m, Rpm propeller, wake fraction, thrust deduction factor, dan diameter propeller), data ini dapat di peroleh berdasarkan penelitian yang telah di lakukan sebelumnya, dimana data dapat di lihat pada bab tinjauan pustaka. Selain dari hasil penelitian data koefisien wake dan thrust deduction factor dapat di ambil dari buku referensi yang ada.
- Perhitungan desain propeller digunakan program open source berupa *OpenProp* dimana untuk menjalankan program tersebut di butuhkan software berupa *Matlab*. Dari perhitungan tersebut akan di hasilkan data berupa luasan expanded propeller, ketebalan foil propeller, pitch propeller, desain performance dan data diagram KT, KQ dan J.
- Data yang di hasilkan pada pengujian open water test adalah kecepatan, Rps, Thrust dan torsi dimana untuk mencari koefisien KT, KQ dan efisiensi dapat di gunakan dengan menggunakan persamaan [1], [2], dan [4] selanjutnya di lakukan analisa lebih lanjut.
- Perhitungan numerik dengan menggunakan dasar engine envelop yang telah didapatkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan desain sebuah propeller, maka data yang kita gunakan bisa berasal dari dua sumber, yaitu dari kapal sebenarnya dan data pengujian model. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan sumber data percobaan model yang dilaksanakan di BTH. Percobaan dilaksanakan pada 2.57 m (full load condition). Sehingga hasil dari pengujian tahanan di Laboratorium Hidrodinamika Indonesia di hasilkan,

Tabel 1. Hasil uji Tahanan Model Kapal Cepat 60m

VS	VM	CFS	CTS	FD	RS	PE	CE
KNOTS	M/S	10*5	10*5	10*5	KN	KW	
25	3.317	157	736	9.90	283	3639	189
26	3.450	156	707	10.55	294	3933	196
27	3.583	156	683	11.21	306	4255	203
28	3.716	155	663	11.89	320	4607	209
29	3.848	154	644	12.59	333	4965	216
30	3.981	154	623	13.30	344	5316	223

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, maka bisa dihitung kebutuhan gaya dorong kapal tersebut pada kecepatan 28 knot dengan menggunakan persamaan,

$$T = \frac{RT}{(1-t)} \quad (5)$$

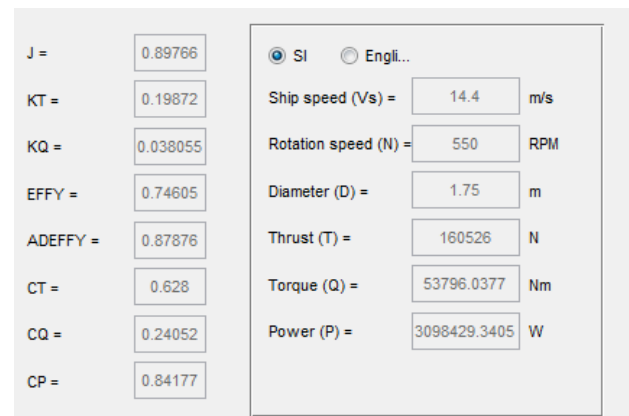
Dimana,

T : gaya thrust / gaya dorong propeller (N)

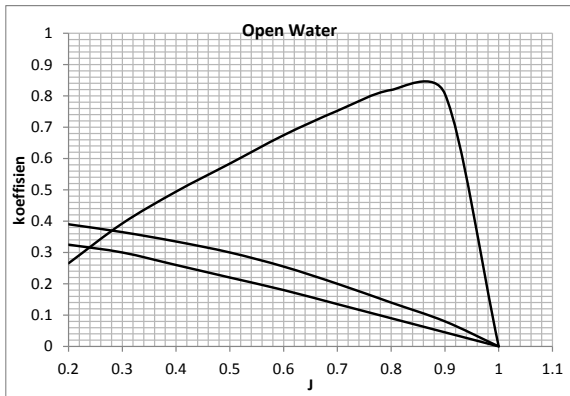
RT : tahanan model kapal selam (N)

t : thrust deduction factor

Sehingga dengan dasar tabel 4.1 bisa di lakukan perhitungan *Thrust* kapal (pers.5) pada kecepatan 28 knot. dengan nilai *Thrust deduction factor* sebesar 0.52, dimana harga tersebut didapat dari perhitungan dengan menggunakan *MARIN* software. Selanjutnya diaplikasikan ke program perhitungan *MATLAB* dengan beberapa ketentuan diantaranya diameter propeller yang telah di tentukan, putaran propeller berdasarkan Gear box kapal, dan lain –lain. Sehingga dari beberapa inputan tersebut maka kita dapatkan performance propeller kapal yang mampu mendorong kapal pada kecepatan 28 knot . hal tersebut tersaji pada gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Hasil analisa performance propeller dengan perhitungan numerik (Matlab)



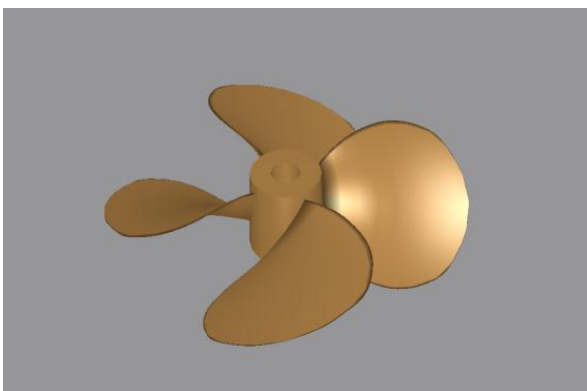
Gambar 4. Hasil open water diagram perhitungan secara numerik

Dari perhitungan propeller di atas maka dapat di hasilkan ukuran utama propeller *symmetrical blade* sebagai berikut:

- o Diameter model propeller : 1.75m
- o P/D : 1.38
- o Ae/Ao : 0.83
- o Jumlah Daun : 4 daun

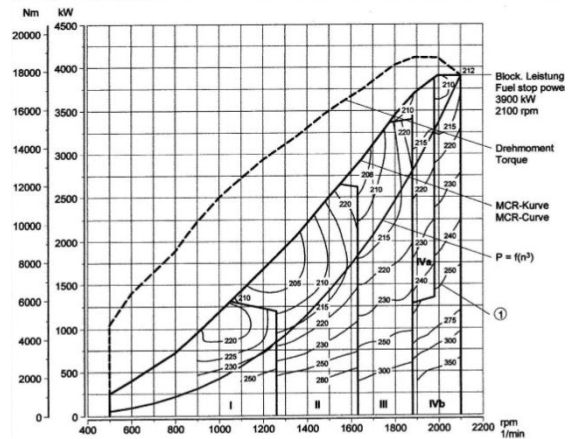
Dari hasil perhitungan di atas di hasilkan Thrust propeller kapal sebesar 160.5 KN dan torsi 53.79 KNm. Nilai Thrust tersebut harus dikalikan 2 karena kapal patroli ini menggunakan propeller ganda. Selain itu di hasilkan pula efisiensi propeller yang dihasilkan juga cukup efisien, yaitu 0.746.

Selanjutnya dari hasil perhitungan tersebut, maka dapat di buat gambar propeller berdasarkan ukuran utama propeller dan dilakukan perhitungan Engine Matching Propeller. Dimana dalam perhitungan ini bertujuan apakah load dari propeller cocok dengan *engine envelope* kapal. Dimana gambar *engine envelope* kapal dapat terlihat pada gambar 6.



Gambar 5. Desain propeller kapal patroli 60m

Sehingga dari hasil perhitunagn propeller tersebut kita dapat menghitung Engine Matching propeller nya dengan data engine envelop yang di dapat dari PT PAL Indonesia. Untuk pemilihan mesin pada kapal patroli 60m telah di pilih total daya nya adalah 2 x 3900 Kw.



Gambar 6. Engine MTU 3900 Kw. Sumber Engine Envelop PT PAL Indonesia

Dari data *engine envelope* diatas maka dapat di hitung interaksi antar lambung kapal dengan propeller nya dengan mengeplot hasil KT desain kedalam diagram open water yang telah dilakukan pada analisa numerik dengan menggunakan *MATLAB*. (gambar 4.5) KT desain di hitung dengan menggunakan persamaan (8) pada kecepatan 28 knot. Dimana data-data inputan WSA, CT, w, t dan didapat dari tabel hidrosattik kapal dan perhitungan program MARIN DESP.

$$\alpha : 0.5 \times \rho \times CT \times WSA \quad (6)$$

$$\beta : \alpha / (1-t)(1-w)^2 \rho D^2 \quad (7)$$

$$K_T : \beta \times J^2 \quad (8)$$

Dimana,

CT : koefisien thrust

WSA : luasan permukaan kapal yang tercelup (m²)

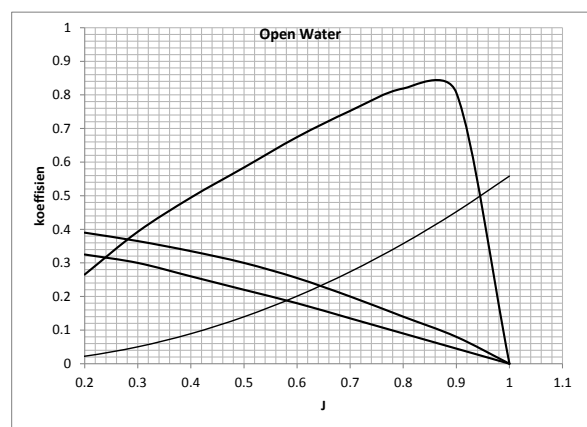
ρ : massa jenis air (kg/m³)

t : thrust deduction factor

w : wake fraction factor

D : diameter propeller

J : advance koefisien propeller



Gambar 7. Plot KT desain ke diagram open water

Tujuan dari plot KT desain tersebut di gunakan untuk menentukan beban propeller dengan mengetahui perpotongan garis KT desain dengan garis koefisien torsi (KQ) dan *Advance Koefisien* (J). Sehingga dengan persamaan (2) dapat di hitung berapa besarnya harga

torsi pada kecepatan kapal 28 knot karena nilai KQ telah di dapat. Sedangkan untuk mendapatkan *velocity Advance* (V_a) dapat menggunakan persamaan (3) dimana harga *wake fraction* (w) yang didapat dari perhitungan MARIN program adalah 0.48 dan nilai J di dapat dari perpotongan KT desain. Kemudian di hitung putaran propeller dan dikalikan gear box ratio untuk mendapatkan putaran mesinnya.

$$DHP : 2 \square Qn \quad (9)$$

Dimana,

Q :torsi propeller (Nm)

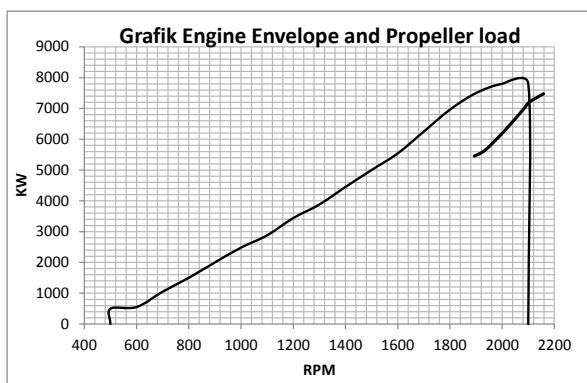
n :putaran propeller (Hz)

DHP :delevery horse power (KW)

Setelah torsi propeller didapat maka, dengan menggunakan persamaan (9), maka dapat dihasilkan nilai DHP yang selanjutnya dapat di hitung harga SHP (*shaft horse power*), dengan memperhitungkan loses mechanical akibat gesekan poros dengan gearbox dan stren tube sebesar 95%. Dengan asumsi 0% sea margin maka besaran mesin yang terpasang BHP (*brake horse power*) sesuai dengan SHP nya. Sehingga dapat dihasilkan besaran BHP pada range kecepatan 25 knot sampai 30 knot yang dapat dihasilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil engine matching propeller

VS	VA	J	Nprop	N.Eng	KQ	Q	DHP	SHP
KNOTS	M/S		RPM	RPM	KN	Nm	KW	KW
25	12.30	0.57	740	1893	0.027	69.01	5342	5451
26	12.79	0.58	756	1935	0.0265	69.96	5535	5648
27	13.28	0.58	785	2009	0.026	74.86	6151	6276
28	13.77	0.581	813	2080	0.026	80.24	6824	6964
29	14.26	0.595	822	2104	0.026	82.07	7059	7203
30	14.75	0.60	843	2158	0.028	83.04	7328	7478



Gambar 8. Hubungan antara engine envelop dengan propeller load pada kecepatan 25 knot sampai 30 knot.

Dari grafik di atas dapat di lihat bahwa load propeller pada kecepatan 25 knot sampai 30 knot, dengan menggunakan desain propeller *symmetrical blade* yang telah dirancang, cocok dengan power mesin yang telah di sediakan yaitu sebesar 2 x 3900 Kw. Dimana pada grafik engine load masih didalam kurva dari engine envelop mesin tersebut. Dengan mempertimbangkan bahwa kapal di operasikan pada 0% sea margin dan 0% MCR.

KESIMPULAN

Sehingga dapat disimpulkan bahwa, propeller load yang di dihasilkan dari desain *propeller symmetrical blade* tersebut mampu diatasi dengan daya mesin yang tersedia karena nilai *Shaft Horse Power* (SHP) yang dihasilkan dari propeller adalah 6964 KW. Sedangkan besarnya (*Brake Horse Power*) BHP mesin total yang terpasang pada kapal adalah 7800 KW. Sehingga selisih daya mesin yang terpasang bisa digunakan

untuk *sea margin* kapal, dalam artian dapat di gunakan untuk menambah daya mesin kapal untuk mengatasi kondisi cuaca dilautan. Karena dasar perhitungan ini dilaksanakan dengan prosedur *calm water* (kondisi air tenang)

REFERENSI

- [1] J. Carlton, *Marine Propellers and Propulsion*, 2nd ed. Oxford, UK (Butterworth- Heinemann), 2007.
- [2] Edward V. Lewis, *Principles of Naval Architecture Second Revision*, Published by The Society of Naval Architecture and Marine Engineers. 601 Pavonia Avenue, Jersndrey City, 1988.
- [3] Froude, R. E. *On the Part Played in Propulsion by Differences of Fluid Pressure*. Transactions of the Institution of Naval Architects, 1989.
- [4] Burrill, L. C. *A Short Note on Stressing of Marine Propellers*. The Ship Buider and Marine Engine Builder, 1959.
- [5] G. Kuiper, *The Wageningen Propeller Series*, MARIN Publication 92- 001, 1992.
- [6] Brenden Epps, *OpenProp v2.4 Theory Document*, 2010.