

KAJIAN KARAKTERISTIK DESAIN KAPAL PENUMPANG YANG SESUAI UNTUK PERAIRAN KABUPATEN KEPULAUAN ANAMBAS

THE ASSESSMENT OF PASSENGER SHIP DESIGN CHARACTERISTICS SUITABLE FOR THE WATERS OF ANAMBAS ISLANDS DISTRICT

Soegeng Hardjono

Peneliti Pusat Teknologi Industri dan Sistem Transportasi, BPPT
Gedung Teknologi 2, Lt 3, PUSPITEK, Serpong, Tangerang Selatan 15314
e-mail: soegenghardjono@yahoo.com

Diterima: 8 April 2013, Revisi 1: 30 April 2013, Revisi 2: 13 Mei 2013, Disetujui: 24 Mei 2013

ABSTRAK

Kabupaten Kepulauan Anambas terletak di Laut Cina Selatan yang merupakan laut terbuka, bergelombang, serta berkarakter kurang bersahabat dengan ketinggian rata-rata 2,5 meter sepanjang tahun dan bahkan mencapai ketinggian ekstrim hingga 4,8 meter pada musim barat antara Desember hingga Februari di mana armada transportasi tidak diizinkan beroperasi demi keelamatan, kecuali dalam cuaca baik dan angin tenang. Saat ini armada lautnya hanya berupa kapal kayu bermotor atau kapal cepat berukuran relatif kecil dengan kapasitas penumpang hingga maksimum 25 orang. Melalui studi ini, telah ditemukan karakteristik teknis kapal yang sesuai untuk operasional jarak pendek (antar desa dan kecamatan) maupun jarak jauh hingga 400 mil dengan aman dan nyaman. Kapal tersebut adalah kapal jenis Catamaran terbuat dari bahan aluminium dengan panjang 22 meter yang dilengkapi mesin utama 1.640 hp untuk menghasilkan kecepatan servis 27 knot. Kapasitas angkut penumpang berkisar antara 100-140 penumpang dan memiliki draft 1,17 meter yang mampu berlayar di ketinggian gelombang 2,5 meter dan mampu berlabuh di pelabuhan dengan kedalaman air terbatas seperti Pelabuhan Ladan.

Kata Kunci : tinggi gelombang, kapal penumpang catamaran aluminium

ABSTRACT

Anambas Islands district is located in South China Sea as an open sea area, wavy, and less friendly character with 2.5 meters wave high in average in a year and even reached extreme heights up to 4.8 meters in the West season from December to February where the transportation fleet are not permitted to operate due to safety reason unless permitted when there is good weather and calm winds. The current fleet is only motor wooden boats or speed boats which are relatively small in size with a maximum loading capacity up to 25 people. Through this study, the Technical Characteristics of ship has been found and suitable for short (inter-village and sub-district) and long distance of sailing up to 400 miles, comfortable and safe. The ship is a Catamaran type made of Aluminum having length of 22 meters equipped with main engine of 1640 hp for service speed of 27 knots. The ship passenger capacity is about 100-140 passengers and has draft of 1.17 meters capable of sailing on the wave height 2.5 meters and berthing at sea ports with limited depth such as Ladan Port.

Keywords : wave height, passenger catamaran aluminum vessel

PENDAHULUAN

Kabupaten Kepulauan Anambas berada di Provinsi Kepulauan Riau hasil pemekaran dari Kabupaten Natuna berdasarkan Undang-Undang Nomor 33 Tahun 2008. Secara geografis, letak wilayah Kabupaten Kepulauan Anambas berada diantara 2°10'0" - 3°40'0" LU s/d 105°15'0" - 106°45'0" BT. Luas wilayahnya mencapai 46.664,14 km² yang terdiri dari

699.96 km² (1,5persen) berupa daratan dan 45964.17 km² (98,5persen) berupa lautan. Kondisi tersebut menjadikan Kabupaten Kepulauan Anambas memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan dengan wilayah lainnya di Indonesia. Hal ini diperkuat oleh hasil data verifikasi yang diperoleh dari Direktorat Jenderal Pemerintahan Umum, Departemen Dalam Negeri bahwa Kabupaten

Kepulauan Anambas saat ini mempunyai 255 buah pulau termasuk di dalamnya baru 26 pulau yang sudah berpenghuni dan mencakup 7 (tujuh) kecamatan yang keberadaan satu sama lainnya sebagian besar dihubungkan oleh perairan laut. Tujuh kecamatan tersebut diantaranya adalah Kecamatan Siantan di Pulau Siantan, Kecamatan Palmatak di Pulau Matak, Kecamatan Siantan Timur di Pulau Nyamuk, Kecamatan Siantan Tengah di Pulau Air Asuk, Kecamatan Siantan Selatan di pulau Tarempa, Kecamatan Jemaja Timur, dan Kecamatan Jemaja di pulau Jemaja. Posisi Kabupaten Kepulauan Anambas terletak di wilayah terluar dari wilayah Indonesia berbatasan dengan Laut Cina Selatan di sebelah utara, Kepulauan Tembelan di sebelah selatan, dan Laut Natuna di sebelah timur.

Berdasarkan kondisi tersebut, mobilitas penduduk dan pertumbuhan ekonomi pemerintahan Kabupaten Kepulauan Anambas sangat bergantung pada keberadaan dan kemampuan sarana transportasi laut yang dimiliki. Disisi lain, kondisi sarana dan prasarana transportasi laut saat ini sangat terbatas baik dari jumlah maupun kualitasnya. Jumlah pelabuhan untuk menunjang sarana transportasi laut yang ada baru berjumlah 5 (lima) buah diantaranya 2 (dua) buah pelabuhan berlokasi di Kecamatan Siantan yaitu Pelabuhan Tarempa dan Pelabuhan Pemda, 1 (satu) di Kecamatan Jemaja yaitu Pelabuhan Letung, 1 (satu) di Kecamatan Palmatak yaitu Pelabuhan Matak dan 1 (satu) di Kecamatan Jemaja Timur yaitu Pelabuhan Kuala Maras. Kondisi pelabuhan pada umumnya kurang layak ditinjau dari segi konstruksi maupun fasilitas bila dikaitkan dengan fungsinya sebagai prasarana penunjang sarana transportasi laut untuk memperlancar mobilisasi orang dan barang dari desa ke ibu kota kecamatan dan ibu kota kabupaten serta dari sentra-sentra produksi menuju pasar di Kabupaten Kepulauan Anambas dan antar kabupaten / propinsi.

Khusus untuk sarana transportasi laut sektor angkutan penumpang, dengan tujuan dari desa ke desa, antar kecamatan, desa ke ibu kota kecamatan, dan ke ibu kota kabupaten maupun dari sentra-sentra produksi menuju pasar di Kabupaten Kepulauan Anambas saat ini hanya dilayani oleh sarana angkutan laut yang sangat terbatas baik kapasitas maupun kualitasnya. Alat transportasi yang digunakan adalah sejenis perahu motor lazimnya disebut armada kapal cepat (*speed boat*) dan perahu motor rakyat (*pompong*) yang terbuat dari kayu, dimana kedua jenis armada tersebut

berkapasitas sangat terbatas dan hanya mampu mengangkut belasan hingga maksimum sekitar 25 penumpang.

Dilain sisi, kondisi gelombang perairan berdasarkan data BMKG setempat mencapai ketinggian rata-rata berkisar 2.2 m dalam satu tahun. Pada periode bulan Desember hingga Februari yaitu musim barat merupakan periode gelombang yang kurang kondusif bagi armada transportasi angkutan laut karena tinggi gelombang bisa mencapai 4.8 m. Walaupun demikian diluar periode tersebut yaitu dari awal bulan Maret hingga Nopember tinggi gelombang maksimum bisa mencapai 2.0 hingga 2.2 m dan tinggi gelombang minimum antara 0.5 hingga 1.5 m. Khusus pada periode bulan Mei hingga Juni kondisi gelombang relatif tenang mencapai 0.5 hingga 1.2 m.

Berdasarkan kondisi perairan yang kurang kondusif dan ukuran armada yang tidak memadai, maka dirasa perlu untuk melakukan penelitian dan kajian yang bertujuan untuk mendapatkan *design requirement* kapal untuk kondisi gelombang perairan wilayah Kabupaten Kepulauan Anambas. *Design requirement* tersebut meliputi ukuran utama kapal (panjang, lebar, sarat, kapasitas penumpang, bobot, serta kecepatan kapal), jarak jelajah operasional, jenis lambung kapal (*hull type*) serta bahan material konstruksi yang sesuai. Dengan demikian, desain kapal yang diperoleh mampu beroperasi dengan aman dan dapat singgah diberbagai pelabuhan di wilayah Kabupaten Kepulauan Anambas. Keberhasilan operasional armada transportasi laut melibatkan 2 (dua) faktor utama antara lain faktor sarana (kapal) dan prasarana (pelabuhan), namun penelitian ini hanya dibatasi pada faktor sarana atau kapalnya saja. Sedangkan penelitian dan kajian pada prasarana atau pelabuhannya akan dilakukan dalam segmen yang terpisah dari penelitian ini.

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Preliminary Design of ship*

Preliminary design adalah tahapan dalam proses desain kapal yang merupakan pengembangan sistematis dari tahapan-tahapan sebelumnya diantaranya adalah tahap penentuan *owners requirements*, *design constraints*, dan tahap *concept design*. Proses ini merupakan konsep dasar dari teori *ship design*. Untuk lebih jauh tentang *concept design*, Donal Jacobson seorang scientist dari Virginia-USA juga mengulas konsep desain ini dalam karya ilmiahnya yang berjudul "*Concept and Early Preliminary Design*"

Methodologies for High Speed Vessels (HSVs)". Berikut dibawah ini beberapa tahapan yang mendasari proses pembuatan *preliminary design* diantaranya:

1. Owner Requirements.

Owner requirements merupakan tahap penentuan faktor-faktor yang dikehendaki oleh pemilik kapal pada wujud produk desain yang diinginkan. Faktor tersebut diantaranya meliputi jenis kapal yang diinginkan, jenis dan jumlah muatan yang diangkut, radius pelayaran, kecepatan maksimum dan operasional kapal dan lain sebagainya sesuai yang diinginkan oleh *owner*. Dalam proses penentuan faktor *requirement* tersebut, ada kemungkinan timbul *requirement* tambahan yang bertujuan untuk penyempurnaan atas kelayakan aspek desain seperti misal perlu adanya studi lingkungan perairan dari jalur yang akan dilalui agar desain kapal yang dihasilkan mampu beroperasi dilingkungan perairan yang akan dilalui berdasarkan kondisi gelombang maupun kualitas perairan atas kandungan debris yang ada.

2. Design Constraints

Design constraints digunakan untuk menyatakan permintaan, tujuan disain, kendala, batasan dan lain sebagainya. Daftar dari *design constraints* dibuat pada awal proses dan harus mudah dimengerti. Meskipun permintaan dari calon pemilik kapal benar-benar tidak cukup untuk membatasi disain, maka desainer harus mengatur batasan-batasan untuk desain itu sendiri. *Design constraints* diterapkan pada setiap pembuatan desain kapal dimana batasan fisik mungkin diperlukan untuk tujuan dan alasan tertentu seperti misal agar kapal dapat bersandar ke dermaga dengan panjang dan kedalaman air dermaga (*draft*) tertentu. Kondisi tertinggi gelombang perairan di Kabupaten Kepulauan Anambas yang rata-rata 2.2 m sepanjang tahun merupakan *design constraints* yang harus bisa diatasi oleh kapal yang direncanakan.

3. Concept design

Konsep desain kapal merupakan tahap lanjutan setelah adanya *owner design requirements* dan *design constraints* dimana konsep desain juga merupakan *basic design* dalam proses perancangan kapal. Tahap ini bertujuan untuk mendefinisikan sebuah objek yang dapat memenuhi persyaratan misi dan mematuhi seperangkat kendala. Desain dari artefak rekayasa biasanya dilakukan oleh sebuah sintesis evaluasi siklus analisis. Bagian ini kemudian dapat dianalisis secara individual dan digabungkan untuk

memberikan data keseluruhan. Jika bagian-bagian individu tidak sepenuhnya independen maka pada tahap integrasi dilakukan metode iteratif. Disamping itu perlu dilakukan pendekatan untuk membangun sistem pakar berbasis pengetahuan dari desainer kapal, misalnya peraturan dan berbagai kasus desain kapal sebelumnya. Dalam membuat konsep desain kapal, *Rules of Safety at Sea* telah mendukung pengembangan dan verifikasi tujuan keamanan dalam kaitannya dengan stabilitas kapal, kerusakan, survivabilitas kapal, pemadam kebakaran, dan evakuasi. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa standar keselamatan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Bahan bakar merupakan komponen vital dalam dunia industri perkapalan. Komponen biaya bahan bakar mengambil porsi sekitar 40% dari total biaya operasional kapal. Lebih dari itu bahan bakar yang dipergunakan oleh industri perkapalan di Indonesia tidak disubsidi oleh negara, kecuali untuk industri kapal ikan yang dijalankan oleh nelayan. Berdasarkan fakta tersebut di atas, maka perlu adanya konsep baru tentang kapal yang mampu menekan penggunaan bahan bakar serta ramah lingkungan.

4. Preliminary design

Pada tahap *preliminary design*, perancangan kapal sudah mencapai tahap tertentu dimana secara teknis persyaratan perancangan kapal sudah dapat terpenuhi diantaranya terdapat gambar GA (*General Arrangement*), ukuran utama (*principal dimension of ship*), begitu juga kecepatan maksimum maupun kecepatan servis operasional, serta besarnya daya penggerak mesin utama termasuk kelengkapan mesin utama dan mesin bantu. Disamping itu, telah ditentukan pula alat perlengkapan kapal (*ships equipments*) termasuk peralatan geladak, navigasi, keselamatan (*safety equipment*) serta *ships performance* meliputi stabilitas, gerak *rolling*, *pitching* dan *heaving*, estimasi biaya dan waktu produksi.

B. Teori dan Peraturan

Hubungan antara panjang kapal dan tinggi gelombang dapat ditentukan menurut dua formula pendekatan. Pertama berdasarkan studi yang dilakukan oleh the University of Southampton UK dari *Departement of Ship Science* dan *the Society of Naval Architects and Marine Engineers* (SNAME). Dalam *rules* tersebut dirumuskan bahwa tinggi gelombang (H_w) yang dapat membahayakan kapal bila nilai tinggi gelombang (H_w) melebihi 30% panjang kapal. Ketentuan ini berlaku sama untuk kapal dan gelombang dengan satuan *feet* maupun meter. Tinggi

gelombang $H_w \leq$ panjang $L \times 30\%$. Dan panjang gelombang L_w yang terjadi tidak boleh kurang dari 7 (tujuh) kali tinggi gelombang menurut aturan yang disebut sebagai "The Rule of 7 or Less" atau panjang gelombang yang berbahaya $L_w \leq H_w \times 7$.

Kedua, berdasarkan hasil penelitian dari Craig B. Smith²⁾ dalam papernya yang berjudul "Extreme Waves and Ship Design" merumuskan bahwa hubungan tinggi gelombang H_w dan panjang kapal L dinyatakan sebagai $H_w = 1.1(L)^{0.5}$ dimana H_w dan L dalam satuan feet dan $H_w = 0.61(L)^{0.5}$ dimana H_w dan L dalam satuan meter. Dari kedua pendekatan tersebut diambil hasil yang terbesar.

Hubungan antara draft kapal dan kedalaman perairan diatur dalam IMO (International Maritime Organisation) dimana jarak antara dasar kapal terhadap dasar perairan (clearance draft atau %T) dibagi dalam 2 (dua) kelompok antara lain Clearance 2140%T untuk $h/T \geq 4$ dan clearance 150%T, 50%T, dan 20%T untuk $h/T < 4$. Dimana h adalah tinggi kedalaman air dan T adalah sarat kapal.

Kapal yang akan direncanakan adalah kapal berkecepatan Tinggi (High Speed Craft /HSC) yang mempunyai kecepatan maksimum dalam m/det lebih besar dari $V \geq 3.7 \nabla^{0.1667}$ dimana: ∇ = volume displacement (m^3). Hal ini diatur oleh IMO dalam HSC code tahun 1994 dan tercantum dalam Keputusan Menteri Perhubungan Nomor:KM 29 Tahun 1999 tentang Keselamatan Kapal Kecepatan Tinggi, Pasal 1.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi metode pengumpulan data dan metode pengolahan data. Metode pengumpulan data diperoleh melalui pengamatan dan survey dilapangan, tinjauan pustaka, tinjauan studi bidang terkait serta informasi dari berbagai sumber terkait lainnya. Data tersebut meliputi data utama dan data penunjang. Data utama diantaranya data kapal-kapal perbandingan yang sudah proven beroperasi di berbagai belahan dunia baik dari tipe dan bentuk lambung kapal (ship hull) yang sama dengan kapal yang akan direncanakan. Sedangkan data penunjang meliputi data kebijakan pemerintah atau daerah setempat tentang angkutan laut, kondisi sarana dan prasarana (armada dan pelabuhan laut) saat ini, karakteristik gelombang perairan, karakteristik penumpang, serta jarak tempat asal tujuan pergerakan penumpang di wilayah internal Kabupaten Kepulauan Anambas.

Metode pengolahan data dimaksudkan untuk

menentukan metode pengolahan data khususnya data kondisi perairan (data tinggi gelombang, data kedalaman pelabuhan dimana keduanya akan digunakan untuk memprediksi tinggi dan panjang kapal yang direncanakan sebagai input data penentuan dimensi yang lain pada kapal tipe monohull atau catamaran, serta menentukan software yang digunakan untuk memprediksi ukuran utama kapal yang lain.

Secara umum ada beberapa metode yang digunakan untuk penentuan ukuran utama kapal di antaranya adalah: Parent Design Approach; Trend Curve Approach; Iteratif Design Approach; Parametric Ratio Design Approach; dan Optimization Design Approach.

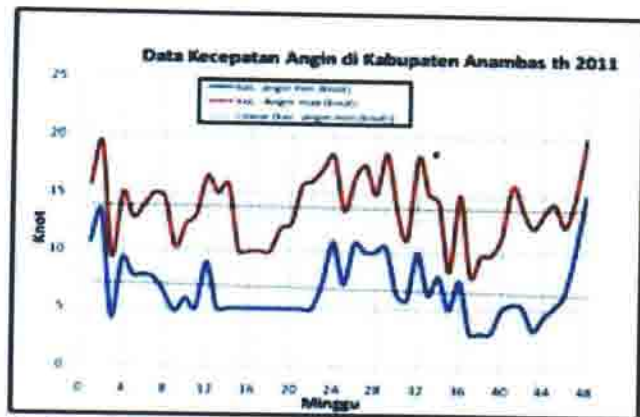
Dalam penelitian ini digunakan metode Parametric Ratio Design Approach untuk penentuan ukuran utama kapal diantaranya: L (panjang kapal), T (sarat kapal), D (tinggi kapal), V (kecepatan kapal), Δ (displacement), BHP (kekuatan mesin utama) termasuk didalamnya kapasitas penumpang. Parametric Ratio merupakan perbandingan ukuran utama kapal seperti misal L/B , B/T , L/D , $V/\sqrt{L}$, $Displ/L$, $Displ/Pass$, Dwt/L dan lain sebagainya. Instrumentasi yang digunakan dalam proses pengolahan dan analisa data parametric ratio tersebut adalah teori statistik yang lazim dikenal dengan metode control chart (X-R Chart) yang dilengkapi dengan kedua batas Upper dan Lower Control Limit (UL dan LL) melalui software excel dengan formula sebagai berikut : $UL = X + A_2 R$ dan $LL = X - A_2 R$ dimana : X = nilai rata-rata sampel; A_2 = faktor dari sampel; $A_2 = 3\sigma / \sqrt{n}$ (σ = standar deviasi & n = jumlah sampel); R = range dari sampel. Sample yang digunakan adalah parameter rasio setiap kapal perbandingan (L/B , B/T , L/D , $Displ/L$, $V/\sqrt{L}$, $HP/(L \times B \times T)^{2/3}$, dsb). Regresi analisis dapat ditarik dari control chart (X-R Char). Trend yang berupa curve dari regresi analisis tersebut kemudian dapat ditarik rumusan yang dapat berlaku untuk kapal yang akan direncanakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Gelombang Perairan

Data kondisi perairan di wilayah kepulauan Kabupaten Anambas mencakup data angin dan gelombang berdasarkan data dari BMKG setempat selama periode tahun 2011 tertera dalam gambar 1 dan 2.

Nampak bahwa gelombang terendah mencapai 0.5 m pada kecepatan angin 5 knots dan gelombang tertinggi mencapai 4.8 m pada kecepatan angin 20 knots yang terjadi disekitar bulan Desember hingga



Sumber: BMKG Kabupaten Tarempa

Grafik 1. Data Kecepatan Angin di Kabupaten Kepulauan Anambas 2011



Sumber: BMKG Kabupaten Tarempa

Grafik 2. Data Tinggi Gelombang di Kabupaten Kepulauan Anambas 2011

Pebruari yaitu pada saat angin barat atau angin munson asia. Sedangkan kondisi gelombang rata-rata tertinggi sepanjang tahun berdasarkan regresi analisis mencapai 2.2 m dan terendah 1.6m. Khusus untuk periode musim barat dari bulan Desember hingga Pebruari mencapai ketinggian ekstrem maksimal 4.8 m dan terendah 3.75 m dimana Dinas Perhubungan setempat sering menghimbau dan melarang semua jenis kapal untuk beroperasi. Sehingga pada musim barat tersebut sering disebut sebagai periode ekstrem. Walaupun demikian, Dinas Perhubungan setempat biasanya mengijinkan armada laut untuk berlayar bila kondisi angin sedang teduh dan cuaca baik. Berdasarkan fakta dilapangan gelombang rata-rata tertinggi sebagian besar sepanjang tahun (bulan Maret s/d Nopember) mencapai tinggi rata-rata maksimum 2.2 m.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kapal yang ideal dan diharapkan mampu berlayar di wilayah perairan Kabupaten Kepulauan Anambas adalah kapal yang mampu berlayar berdasarkan asumsi tinggi gelombang perairan 2.5 m, dan aturan "The Rule of 7 or Less", maka panjang kapal

yang disyaratkan untuk batas aman adalah minimal atau lebih besar dari 17,36 m.

B. Kedalaman Dermaga Pelabuhan

Pelabuhan laut yang tersebar di wilayah Kabupaten Kepulauan Anambas mempunyai kondisi kedalaman perairan yang berbeda-beda sesuai dengan fungsi pelabuhan tersebut. Berbagai fungsi pelabuhan yang ada saat ini seperti yang ditampilkan pada tabel 1 meliputi pelabuhan perintis, pelabuhan antar pulau, pelabuhan tambatan perahu, pelabuhan bongkar muat dan pelabuhan sebagai tambatan perahu, serta pelabuhan perikanan. Pelabuhan perintis seperti Pelabuhan Tarempa, Letung dan Kuala Maras di diperuntukkan bagi kapal-kapal penumpang besar diantaranya kapal penumpang KM. Bukit Raya, KM. Sabuk Nusantara 30, KM VOC Batavia, dan kapal barang perintis seperti KM Trigass 3 yang semuanya mempunyai radius pelayaran jarak jauh atau antar provinsi dengan ukuran relatif diatas 200 Gross Ton (GT) dan berkapasitas di atas 200 penumpang (tabel 2). Sedangkan fungsi pelabuhan antar pulau diperuntukkan bagi armada-armada kecil seperti *speed boat* dan pompong yang mempunyai radius pelayaran jarak dekat yaitu antar desa maupun antar kecamatan dalam wilayah Kabupaten Anambas. Sehingga penentuan besar-kecilnya ukuran utama kapal dan kapasitas angkut penumpang sangat dipengaruhi oleh kondisi kedalaman pelabuhan yang akan disinggahi.

Berdasarkan data kedalaman dermaga, maka pelabuhan yang paling dangkal adalah Pelabuhan Ladan dan Pelabuhan Payaklaman yaitu antara 1.5–3,2 m dan 3–5 m. Sehingga kapal penumpang yang direncanakan harus mempunyai draft lebih kecil dari 1.5 m agar dapat berlabuh dipelabuhan tersebut.

Dalam penentuan *design requirement* kapal ada beberapa faktor penting yang perlu dipertimbangkan diantaranya adalah:

- jenis servis yang ditawarkan di atas kapal apakah untuk angkutan liner sebagai ferry angkutan masal atau khusus.
- jarak pelayaran terdekat dan terjauh untuk menentukan persyaratan keamanan dan jumlah persediaan bahan bakar yang harus dibawa.
- faktor kedalaman rute perairan dan pelabuhan yang akan menentukan ukuran sarat dan kapasitas minimal kapal.
- kondisi tinggi gelombang perairan yang dilalui akan berpengaruh terhadap panjang dan kapasitas kapal.

Tabel 1. Profil Pelabuhan di Kabupaten Anambas

No	Nama Pelabuhan	Fungsi Pelabuhan	Prasarana	Sarana
1	Pel. Dirjen Hubla Tarempa	Perintis	(i) Dermaga beton ukuran 60x6m & trestle 40x5 m. (ii) <i>Draft</i> air antara 10-13 m. (iii) Gudang ukuran 4x15 m	(i) Kantor permanen, (ii) Terminal penumpang kapasitas 400 orang dengan luas 6x20m, (iii) Lebar jalan 6m, (iv) FW Bunker 20 tons.
2	Pel. Pemda Tarempa	Antar pulau	(i) Dermaga beton ukuran 30x3m & trestle 20x3 m. (ii) <i>Draft</i> air antara 9-12 m	(i) Kantor permanen, (ii) Lebar jalan 3m.
3	Pel DKP Antang	Perikanan	Tidak ada data	(i) Kantor permanen, (ii) Lebar jalan 2m
4	Pelabuhan Ladan	Tambatan perahu	(i) Dermaga beton ukuran 11x5m, Coastway. 55.5x3m (ii) <i>Draft</i> air antara 1.5-3.2 m	(i) Terminal penumpang luas 5x3m, kapasitas 20 orang. (ii) Lebar jalan 6m
5	Pelabuhan Payaklaman	Bongkar muat dan tambatan perahu	(i) Dermaga beton ukuran 10.5x7m, Coastway 51x5m (ii) <i>Draft</i> air antara 3-5 m.	(i) Terminal penumpang luas 8x4m, kapasitas 40 orang. (ii) Lebar jalan 4 m
6	Pelabuhan PT. Conoco Phillip	Khusus	(i) Dermaga beton ukuran 180x6 m (ii) <i>Draft</i> air antara 5-9 m. (iv) Gudang 30x60 m, (v) Forklift 2.5T, 3T, 6T, (vi) Crane 150T, 50T, 25T	(i) Kantor permanen, (ii) Terminal penumpang 6x4m, kapasitas 30 orang, (iii) Lapangan parkir 20x4m, (iv) Lebar jalan 4 m, (v) Genset 2 unit, (vi) FW Bunker 1600T, (vii) BBM Bunker 1400T
7	Pel. PT. PAN	Khusus	(i) Dermaga beton ukuran 30x4m, trestle 50x4 m (ii) <i>Draft</i> air antara 5-10m. (iv) Gudang 30x20m, (v) Forklift 2.5T (vi) Crane 25T	(i) Kantor permanen, (ii) Terminal penumpang 4x4m, kapasitas 30 orang, (iii) Lapangan parkir 15x6m, (iv) Lebar jalan 4 m, (v) Genset 2 unit, (vi) FW Bunker 50T, (vii) BBM Bunker 20T
8	Pel. Dirjen Hubla Letung	Perintis	-	-
9	Pel. Dirjen Hubla Kuala Maras	Perintis	-	-
10	Pelabuhan Pemda Letung	Antar Pulau	(i) Dermaga beton ukuran 15x4 m	(i) Terminal penumpang Luas 4x6m, kapasitas 20 org, (ii) Lebar jalan 4 m

Sumber: Pemda Kabupaten Kepulauan Anambas 2011

Kapal penumpang yang direncanakan adalah kapal penumpang untuk angkutan antar pulau di Kabupaten Anambas sebagai pengganti angkutan kapal motor rakyat baik jenis pompong maupun *speed boat* (Gmb 3&4). Sehingga kapal direncanakan mampu berlayar dari jarak terdekat hingga terjauh. Data jarak terdekat dan terjauh antar kecamatan, dari kecamatan ke ibu kota kabupaten hingga ibu kota provinsi Kepulauan Riau ditampilkan pada tabel 3. Jarak terdekat adalah sekitar 6 mile (Siantan Tengah ke Ibukota Kabupaten) dan terjauh 38.7 mile

(Jemaja ke Ibukota Kabupaten). Walaupun demikian, kapal tersebut direncanakan pula untuk misi dan keperluan khusus pemerintah daerah untuk menempuh jarak sejauh yaitu dari Ibukota Kabupaten hingga Ibukota Provinsi yang berjarak kurang lebih 200 mile.

Berdasarkan data dari tabel 4 yang memuat data naik turun penumpang di Pelabuhan Letung Jemaja, maka diasumsikan bahwa jumlah penumpang terbanyak adalah sekitar 90 penumpang dan paling sedikit 10 orang.

Tabel 2. Nama Armada, Ukuran, Kapasitas Penumpang dan Rute Pelayanan Jarak Jauh

No	Nama Armada	Ukuran	Kap. Penumpang (org)	Jenis	Rute
1	KM Bukit Raya	GT.6022	1000	Kapal Penumpang	Tj.Priok-Belinyuk -Kijang-Letung -Tarempa-SI Lampa-midai-Serasan-Pontianak - Surabaya pp.
2	KM Gunung Bintan	GT.750	350	Kapal Kargo/Perintis	Tg. Pinang-Tambelan-Sintete-Serasan-Subi-Ranai-PI Laut - Sedanau-Midai-Tarempa-Letung-Tg. Pinang
3	KM Terigas	GT.482	250	Kapal Kargo/Perintis	Tg.Pinang-Letung - Tarempa-Midai-Sedanau-PI Laut-Ranai-Subi-Serasan-Sintete-Tambelan- Tg.Pinang
4	MV VOC Batavia	-	150	Kapal Feri Cepat	Tg. Pinang-Tarempa pp.
5	KM.Sabuk Nusantara 30	-	1.200	Kapal Penumpang	Tanjung Pinang-Sintete-Serasan-Subi-Penagi (Ranai)-Pulau Laut-Sedanau-Midai-Tarempa-Letung-Tanjung Pinang pp.

Sumber: Pemda Kabupaten Kepulauan Anambas 2011



Gambar 1. Armada Speedboat Antar Desa dan Kecamatan



Gambar 2. Armada Pompong Antar Desa dan Kecamatan

C. Komposisi Lambung Kapal

Komposisi lambung kapal secara umum dapat diklasifikasikan dalam 2 (dua) jenis antara lain: komposisi lambung kapal berbadan tunggal (*mono-hull*) dan komposisi lambung kapal lebih dari satu (*multi-hull*). *Multi-hull* sendiri dapat diklasifikasikan dalam berbagai bentuk sesuai dengan jumlah, bentuk dan susunan badan kapal yang memiliki *water plane area* kecil (*small water-plane area*/SWA) diantaranya adalah bentuk catamaran dengan *symmetrical* dan *asymmetric hulls*; *trimarans*, *symmetrical* dan *asymmetric hulls catamaran with staggered hulls*; proa dimana satu hull lebih besar dan hull yang lain lebih kecil sebagai *outrigger* (cadik); dan proa dengan dua *outriggers* (cadik). Walaupun demikian, kajian ini hanya akan difokuskan pada kapal *multi-hull* dengan tipe *catamaran* saja. Hal ini dikarenakan kapal tipe *catamaran* (*twin-hull*) lebih lazim dan umum

diaplikasikan dalam dunia angkutan penumpang diberbagai belahan dunia. Prinsip penerapan ini dimaksudkan untuk meningkatkan stabilitas kapal. Pada kapal *mono-hull* peningkatan stabilitas dilakukan dengan penambahan beban yang cukup berat dibagian dalam badan kapal sebagai *ballast*.

Alasan kapal catamaran dijadikan pilihan dalam penelitian ini dibandingkan dengan tipe *mono-hull* diantaranya adalah sebagai berikut :

- Kapal Catamaran dari segi teknis mempunyai tahanan air yang kecil akibat dari pengaruh faktor *slender hulls* (L/b), stabilitas yang lebih baik, stabilitas awal pada sudut oleng kecil yang lebih. Pada kapal *mono-hull*, kemampuan stabilitas tergantung pada bentuk badan kapal dimana pergeseran titik pusat daya apung kearah melintang hanya mencapai maksimum sekitar $\frac{1}{4}$ lebar kapal ketika kapal mengalami

oleng kesamping pada sudut kemiringan tertentu akibat gaya eksternal dari samping. Sehingga dapat dikatakan dengan jelas bahwa moment pengembalian posisi kapal kearah tegak mempunyai keterbatasan akibat keterbatasan dimensi lebar kapal. Sedangkan pada *catamaran* yang mempunyai dimensi lebar kapal jauh lebih besar akan mempunyai nilai pergeseran titik pusat daya apung yang lebih besar yang berarti moment pengembalian posisi kapal kearah tegak juga lebih besar pada sudut oleng kecil (dibawah 7° sampai 10°). Penelitian tentang stabilitas *catamaran* juga dilakukan oleh Albert Nazarov.

Tabel 3. Jarak Ibu Kota Kecamatan ke Ibu Kota Kabupaten dan Provinsi

No	Kecamatan	Jarak ke Ibu Kota Kabupaten (mile)	Jarak ke Ibu Kota Provinsi
1	Jemaja	38.70	166.23
2	Jemaja Timur	37.37	164.15
3	Palatak	8.26	208.41
4	Siantan	0	200.34
5	Siantan Selatan	8.19	196.80
6	Siantan Tengah	5.61	205.16
7	Siantan Timur	10.44	199.93

Tabel 4. Kunjungan Kapal dan Arus Penumpang

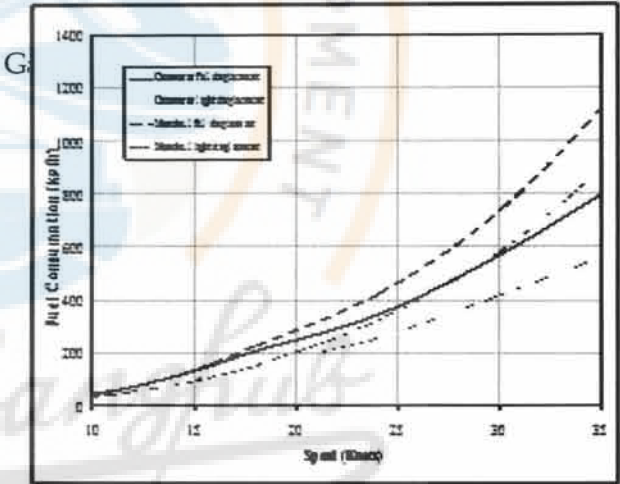
No	Bulan	Kunjungan Kapal				Arus Penumpang	
		Dalam Negeri		Luar Negeri		Naik	Turun
		Call	GT	Call	GT		
	Januari	15	33.62	-	-	970	1.147
	Februari	11	28.54	-	-	945	866
	Maret	21	16.68	-	-	728	587
	April	36	30.60	-	-	944	456
	Mei	40	43.43	-	-	963	735
	Juni	29	29.36	-	-	979	1.561
	Juli	31	35.44	-	-	291	420
	Agustus	28	30.29	-	-	1.110	685
	September	35	30.49	-	-	1.231	810
	Oktober	35	25.4	-	-	748	594
	Nopember	28	18.45	-	-	880	730
	Desember	16	27.82	1	390	456	649
		325		1		9.745	9.240

Sumber: UPP Terempa/Satker Letung Tahun 2011

- kapal catamaran lebih baik dalam pemenuhan akan kebutuhan ruang akibat dari lebar geladak

bridge penghubung kedua demihull (*mono-hull*), dan faktor kenyamanan dan kelayak lautan (*seakeeping performance*) yang telah memenuhi persyaratan keselamatan dilaut. Keunggulan sifat *catamaran* ini telah diselidiki oleh beberapa ilmuwan dalam bidang *Naval Architecture* diantaranya Serdo Kos dan David Bric.

- Pada kecepatan tinggi tahanan kapal *Catamaran* lebih kecil dibandingkan dengan tahanan kapal *mono-hull* dikarenakan faktor *slender hull* yang lebih besar pada *catamaran* sehinga terjadi tahanan sisa (*Eddy making resistance*) yang besar pada *mono-hull*. Namun pada kecepatan rendah dibawah sekitar 6 knots tahanan kapal *catamaran* lebih besar dikarenakan pengaruh dari tahanan gesek badan lambung kapal akibat faktor *wetted surface area* kapal *catamaran* yang lebih besar. Hal ini juga dijelaskan dalam penelitian yang dilakukan oleh M.S.Seif dan E.Amini. Hal ini kemudian dibuktikan pula oleh penelitian dari Muller Graft dalam penelitiannya yang menyatakan bahwa kapal *catamaran* memiliki nilai *fuel consumption* yang lebih rendah seperti terlihat pada tabel 5 dan grafik *Fuel Consumption vs Speed* pada grafik 2.



Grafik 3. Grafik *Fuel Consumption vs Speed*

Dalam grafik 3. nampak bahwa pada kecepatan diatas 15 knots, *fuel consumption* kapal *Catamaran* kondisi *full displacement* (100% dwt) mampu lebih rendah dari *mono-hull full displacement*.

Lebih jauh pada kecepatan diatas 29 knots kapal *Catamaran full displacement* bahkan mampu lebih rendah dari *mono-hull* muatan *light displacement* (0% dwt). Hal ini membuktikan bahwa faktor *slender hull* (*L/b*) yang jauh lebih besar pada *Catamaran* membuat efisiensi bahan bakar jauh lebih baik khususnya pada kecepatan tinggi. Penelitian dilakukan pada kapal

catamaran dan mono-hull yang mempunyai dwt (bobot muatan) sama yaitu 44 ton dengan kedua displacement kapal (berat kapal) mendekati sama yaitu 110 ton mono-hull dan 120 ton Catamaran serta ukuran panjang kapal yang hampir sama yaitu 38 m mono-hull dan 35 m catamaran pada kekuatan mesin sama yaitu 3600 kw (*specific fuel consumption* = 206 kg/kWh).

Tabel 5. Profil Fuel Consumption dan Kondisi Mustan

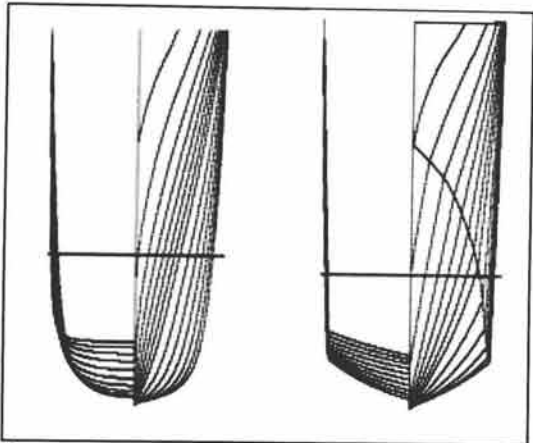
Speed (knots)	% of oprt. time	Mono-hull		Catamaran	
		Fuel Consumption (kg/hour)			
		100% dwt	0% dwt	100% dwt	0% dwt
12	10%	72	37	71	55
22.5	20%	373	281	310	229
29.5	70%	708	559	551	404

- Dalam hal *seakeeping* khususnya *rolling behaviour*, kapal catamaran mempunyai amplitudo rolling hampir 2.5 lebih kecil dari mono-hull pada besar displacement yang sama. Hal ini berarti dengan sudut oleng yang kecil telah menghasilkan *transverse stability* yang besar (*righting moment*) dari lebar keseluruhan kapal twin-hull ini sebagai akibat dari tingginya titik metacenter yang dimiliki (titik M).

Sedangkan pemilihan bentuk badan catamaran apakah bentuk *Round Bilge* atau *Hard Chine Hull Shapes* (gambar 3) tergantung pada fungsi dan kecepatan kapal yang dikehendaki. Untuk kapal dengan kecepatan rendah dan bermuatan lebih besar disarankan untuk menggunakan tipe *Round Bilge* sedangkan untuk kapal dengan kecepatan lebih tinggi digunakan tipe *Chine Hull*. Pada penelitian ini direncanakan kapal mempunyai kecepatan tinggi yang diharapkan memenuhi standar kelas HSC (*High Speed Craft*), sehingga bentuk lambung dipilih tipe *Chine hull*. Manfaat tipe *Chine hull* untuk *high speed catamaran* juga telah diuraikan lebih jauh dalam penelitian yang dilakukan oleh Prasanta K. Sahoo dan Lawrence J. Doctors.⁶⁾ Sehingga dalam penelitian ini, kapal penumpang yang direncanakan menggunakan kapal tipe catamaran dengan bentuk lambung tipe *Chine* karena sesuai dengan fungsinya sebagai kapal cepat.

D. Material Struktur Badan Kapal

Untuk menentukan bahan material lambung kapal harus dipertimbangkan faktor - faktor yang



Gambar 3. *Round Bilge* (left) and *Hard Chine* (right) Shapes of Catamaran

menunjang kekuatan dan kelaikan kapal sesuai dengan fungsi peruntukannya, jenis dan berat beban yang diangkut, serta kondisi gelombang perairan yang dilalui. Perairan Kepulauan Anambas mempunyai karakteristik gelombang yang relatif cukup besar dikarenakan perairannya merupakan perairan terbuka dimana berhadapan langsung dengan laut bebas diantaranya laut Natuna dan laut China selatan disebelah utara dan laut Natuna disebelah selatan.

Dalam kaitannya dengan penentuan bahan material kapal, Dinas Perhubungan atau Dishub setempat khususnya bidang Perhubungan Laut mengeluarkan larangan kapal-kapal penumpang berbahan FRP (*Fiber Reinforced Plastic*) berlayar di perairan Anambas kecuali untuk kapal-kapal *speed boat* jarak dekat dan beroperasi dikawasan terlindung seperti misal armada *speed boat* penghubung antara Pulau Matak dan Siantan. Hal ini sesuai dengan aturan dari badan international IMO (*International Maritime Organization*) yang melarang kapal-kapal berbahan FRP berlayar dilaut bebas/ terbuka dan bergelombang. Hal ini dikarenakan kapal berbahan FRP tidak layak untuk berlayar dan beroperasi diperairan bergelombang dan berjarak jauh terlebih dengan kecepatan tinggi atau masuk dalam kelas HSC (*High Speed Craft*). Karena bahan FRP tidak cukup kuat dan mudah pecah terhadap terpaan gelombang yang cukup besar. Indonsia sebagai negara anggota IMO berkewajiban pula dalam menegakkan peraturan IMO melalui badan klasifikasi Indonesia, Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) sebagai badan yang memberi aturan dalam mendesain kapal non metal dalam *Rules of Fiberglass Reinforced Plastic* (FRP) baik prosedur pembuatan, perhitungan kekuatan, dan kualitas komposisi material yang dimuat dalam peraturan kapal non metal di *Rules of Fiberglass Reinforced Plastic Vessel* BKI.

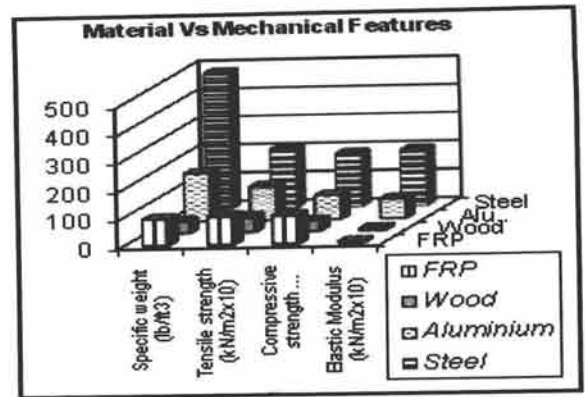
Sehingga pilihan hanya tergantung pada jenis material logam yaitu aluminium atau baja. Karena berhubung peruntukannya adalah untuk angkutan penumpang maka bahan material aluminium paling sesuai dan layak untuk digunakan karena mempunyai karakteristik fisik yang lebih menguntungkan diantaranya adalah berat bahan aluminium lebih ringan hampir 1/3 (sepertiga kali) berat bahan material baja (grafik 4) sehingga dengan *displacement* yang sama kapal aluminium khususnya untuk angkutan penumpang memungkinkan untuk mempunyai *draft* yang lebih kecil atau kapasitas penumpang yang lebih besar serta mampu beroperasi diperairan dan dermaga-dermaga pelabuhan yang mempunyai kedalaman air relatif dangkal sebagaimana yang banyak terdapat di negara kepulauan seperti negara Indonesia.

Ada 3 (tiga) alasan umum dari manfaat penggunaan bahan material aluminium diantaranya :

- bahan material yang lebih ringan dibandingkan bahan baja dimana nilai berat bahan aluminium berada disekitar sepertiga berat bahan material baja dan nilai rasio daya mesin penggerak (*horsepower*) terhadap berat kapal tinggi sehingga bermanfaat untuk merencanakan kecepatan kapal yang tinggi atau pengurangan kebutuhan daya mesin.
- ketahanan terhadap korosi dimana lambung kapal berbahan *aluminum oxide film* sehingga tidak perlu pengecatan. pengecatan hanya diperuntukkan untuk tujuan estetika atau perlindungan *antifouling*.
- Tahan terhadap beban *impact* dimana bahan aluminium memiliki kekuatan tarik tinggi dan modulus elastisitas rendah (sekitar sepertiga dari baja). Aluminium juga memberikan nilai defleksi yang besar sehingga memungkinkan lambung mampu menyerap energi dari benturan tinggi. Selain itu, aluminium juga mempunyai sifat daktilitas sehingga sangat tahan terhadap beban tusukan seperti terlihat pada grafik 4.
- Tahan korosi dimana aluminium mempunyai sifat tahan korosif terhadap air laut. Walaupun demikian jenis yang terbaik untuk penggunaan dilaut (*marine use*) adalah bahan aluminium dari seri 5000. Yang sering digunakan untuk *marine use* saat ini adalah seri 5086, 5456 dan 5083.

Walaupun demikian dibalik kelebihan sifat mekanik, terdapat pula kelemahan yaitu berkaitan dengan masalah ketersediaan dan biaya (*availability and cost*).

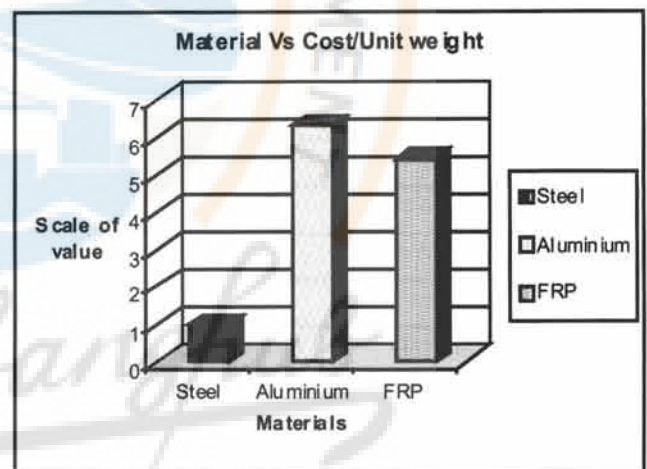
Di Indonesia bahan Aluminium untuk bidang



Grafik 4. Perbandingan *Specific Weight* dan *Strenght of Materials*

perkapalan (*marine use*) belum banyak tersedia sehingga harus didatangkan melalui import dari negara lain diantaranya dari negara Jepang atau Amerika. Oleh karenanya masalah ketersediaan dan biaya (*availability and cost*) harus menjadi pertimbangan dalam pemilihan bahan jenis ini. Nilai biaya untuk bahan aluminium sendiri relatif lebih tinggi dibandingkan dengan bahan material lainnya seperti FRP maupun baja.

Hal ini terlihat pada grafik 5 yang menampilkan perbandingan *Thickness and Cost* dari bahan baja, FRP dan Aluminium.



Grafik 5. Perbandingan *Cost/Unit Weight of Materials*

Dengan demikian pada penelitian ini direkomendasikan kapal penumpang *catamaran* yang direncanakan menggunakan bahan material jenis aluminium untuk konstruksi dan lambung karena sesuai peruntukannya berlayar dilaut terbuka yang bergelombang.

E. Penentuan Ukuran Utama Kapal.

Metodologi yang digunakan untuk mencapai tujuan dalam penelitian ini secara garis besar meliputi metodologi pengumpulan data, metodologi

instrumentasi pengolahan dan analisa data. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah melalui tinjauan pustaka, tinjauan studi dalam bidang penelitian yang sama serta dari berbagai sumber informasi yang lain. Sedangkan data yang digunakan adalah data karakteristik teknis dari kapal-kapal penumpang *catamaran* berbahan Aluminium yang telah dibangun dan dioperasikan diberbagai perairan di dunia. Sedangkan metode yang digunakan untuk penentuan ukuran utama kapal adalah metode statistik dengan menggunakan metode *Parametric Ratio Design Approach* melalui bantuan instrumen statistik *p-Chart* yang dilengkapi dengan kedua garis *control limit* yaitu *Upper* dan *Lower Control Limit* (UL dan LL) melalui bantuan *software excel*. Data ukuran utama kapal penumpang *catamaran* berbahan aluminium yang berhasil di himpun dari berbagai sumber informasi dapat ditampilkan dalam tabel 6. Berdasarkan data kapal dari tabel 6 dan menggunakan analisa statistik dapat ditentukan *parameter ratio* kapal penumpang *Catamaran Aluminium* seperti yang tertera dalam tabel 7.

Tabel 6. Ukuran Utama Kapal Penumpang Catamaran Aluminium

No	Nama kapal	L (m)	B (m)	D (m)	T (m)	V (knts)	BHP (hp)	Displ (T)	Pass (org)	Bahan
1	Puredive	14,75	5,36	1,75	1,25	28	1160	25000	36	Alumin
2	Bue Tobol	17,25	6,24	2,05	0,9	28	1360	30000	50	Alumin
3	Bue Tekes	12,07	5,46	1,75	0,5	25	920	30000	25	Alumin
4	Saratoga	11,97	5,41	1,86	1,1	14	300	18000	65	Alumin
5	CatBalou	15,79	6,36	2,03	1,2	17	600	29500	73	Alumin
6	WhaleWatch	16,6	6,5	2,28	1,35	22	460	35000	80	Alumin
7	Fantasea	12,8	6,2	2,37	1,4	22	660	40000	140	Alumin
8	SeaQuest	21,65	7,5	1,75	1,8	27	740	60000	72	Alumin
9	Quick Cat	16,6	6,5	2,28	1,35	22	620	35000	80	Alumin
10	Thames River	13,85	5,3	1,77	1,05	20	400	6300	74	Alumin
11	Thames Taxi	9	3,7	0,67	0,4	25,5	200	5000	13	Alumin
12	Victoria	14,3	6	2,25	1,33	25	860	10790	95	Alumin

Sumber: Catamarans International News (2011)

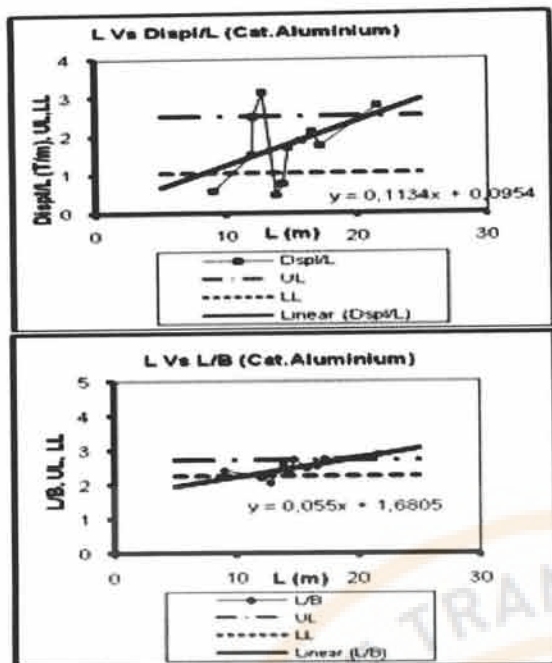
Dapat ditampilkan pula 2 (dua) contoh dari beberapa gambar grafik *parameter ratio* yang telah dihasilkan seperti terlihat pada grafik 6. Untuk menentukan ukuran utama kapal yang direncanakan, maka terlebih dahulu dilakukan plotting data *parameter ratio* dari 12 kapal yang ada kedalam grafik hubungan parameter rasio diantaranya (L/B), (L/D), B/T, (V/√L) terhadap L serta menarik garis *trend/regresi linear*.

Tabel 7. Parameter Ratio Kapal Penumpang Aluminium Tipe Catamaran

Parameter Ratios	Lower - Upper Limit	Parameter Ratios Terpilih
L/B	2,27-2,90	2.891
L/D	5,96-10,36	8.835
B/T	3,93-7,63	6.504
V/√L	4,85-7,29	6.226
Displ/L	1,03-2,50	2.159
Displ/Vol	0,27-0,68	0.337
BHP/Vol	1,57-4,59	1.950

Berdasarkan grafik *parameter ratio* dan regresi linear, maka dapat ditentukan parameter utama kapal seperti misal; L (panjang kapal), B (lebar kapal), V (kecepatan kapal) dan sebagainya. Pada Tabel 8 menampilkan parameter utama kapal yang berhasil dihitung berdasarkan 11 variasi panjang kapal (10 s/d 30 m) dengan interval 2 m satu sama lain.

Berdasarkan aturan IMO menyatakan bahwa jarak antara dasar kapal terhadap dasar perairan atau disebut sebagai *clearance draft* (%T sarat kapal) di klasifikasikan dalam 2 (dua) kelompok besar antara lain *clearance* 2140%T untuk $h/T \geq 4$ dan *clearance draft* 150%T, 50%T, dan 20%T untuk $h/T < 4$ dimana h adalah tinggi kedalaman air dan T adalah sarat kapal. *Draft* (h) terendah adalah 1.5 m di pelabuhan Ladan. Dengan menggunakan asumsi *draft* (h) 1,5 m dan *clearance draft* 20% T untuk $h/T =$



Grafik 6. Grafik Hubungan Parameter Ratio Terhadap Panjang Kapal (L).

Tabel 8. Ukuran Utama Kapal Penumpang Aluminium Tipe Catamaran (Hasil Statistical Analysis)

L	B	D	T	V	Displ	Org	HP
10	3,46	1,13	0,53	19,7	21,6	64	104
12	4,15	1,36	0,64	21,6	25,9	77	196
14	4,84	1,58	0,74	23,3	30,2	90	337
16	5,53	1,81	0,85	24,9	34,5	103	537
18	6,23	2,04	0,96	26,4	38,9	115	811
20	6,92	2,26	1,06	27,8	43,2	128	1173
22	7,61	2,49	1,17	29,2	47,5	141	1637
24	8,30	2,72	1,28	30,5	51,8	154	2220
26	8,99	2,94	1,38	31,7	56,1	167	2938
28	9,69	3,17	1,49	32,9	60,5	179	3808
30	10,4	3,40	1,60	34,1	64,8	192	4848

1,2, maka dapat ditentukan nilai *draft* kapal yang mampu beroperasi di Pelabuhan Ladan adalah 1,25 m sehingga *clearance* antara badan kapal terhadap dasar perairan berkisar 0,25 m.

Berdasarkan input data tinggi gelombang, kedalaman perairan serta kondisi jumlah penumpang yang direncanakan, maka dapat ditentukan dimensi panjang kapal minimal yaitu 17,36 m untuk kapal berkapasitas penumpang diatas 100 penumpang dengan *draft* kapal maksimum 1,25 m ($T \leq 1,25$ m). Berdasarkan data ukuran utama dari Tabel 8, maka *draft* kapal yang mendekati 1,25 m

adalah 1,17 m. Dari ukuran utama hasil analisa statistik pada Tabel 8, maka dengan *draft* 1,17 m dapat ditentukan nilai ukuran utama kapal yang lain sebagai berikut:

Ukuran Utama Kapal

Panjang Kapal (Lwl) : 22m

Lebar (B) : 7.61 m

Depth (D) : 3,90 m

Draft (T) : 1.17 m

Kecepatan max. : 29.2 knots

Main Engine (HP total) : 1640 hp

Displacement ("") : 47.5 ton

Kapasitas penumpang : 100-140 pass.

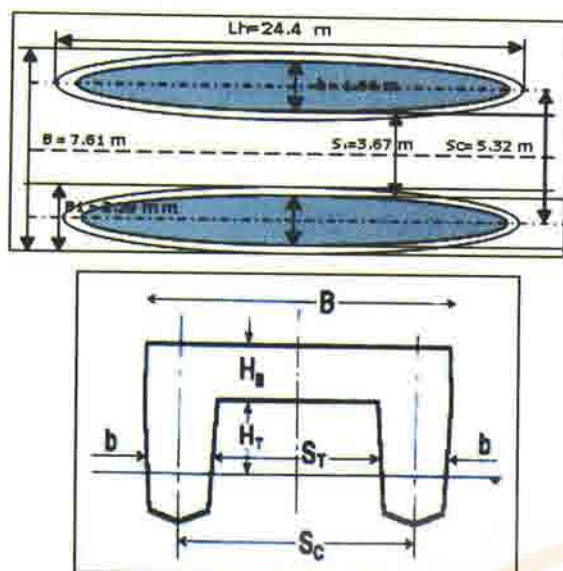
Besar nilai koefisien bentuk seperti koefisien prismatic (C_p), koefisien *midship* (C_m), lebar *demihull* pada grs.air (b), tinggi Gap dari permukaan air ke sisi bawah *boxdeck* (H_T), jarak antara *centre line* dua *demihull* (Sc), Tinggi *boxdeck* (H_B), dsb. (Gbr 10) ditentukan berdasarkan formula *demihull* Catamaran yang terdapat dalam tabel 9.

Tabel 9. Dimensi dan Koef. Bentuk Catamaran

Dimensi	Formula	Satuan	Nilai
b	$Lwl/b = 13.4$ dari 9-	m	1.64
Loa	$1.11 Lwl$	m	24.4
C_m	$Am/T.b$	-	0.78
Am	$0.785.T.b$	M^2	1.506
C_p	$\frac{1}{2} Vol.Disp / Am.Lwl$	-	0.70
Vol.Disp	$2x C_p . Am.Lwl$	m^3	46.39
C_w	$Aw / b.Lwl$	-	0.71
Aw	$C_w x bw l x Lwl$	M^2	25.62
Displ.	$2(bw l.Lwl.T.C_p.C_m. 1.025)$	Ton	47.5
B1	$1.4.bwl$	m	2.29
B	$B1 + Sc$	m	7.61
Sc	$B - B1$	m	5.32
Hd(Gap)	$= 6\% Lwl$	m	1.73
H_B	$B / 7.5$	m	1.00
H	$Gap + T + Hb$	m	3.9
LSc	Lwl / Sc	m	4.13

HARGA PERKIRAAN KAPAL

Biaya produksi kapal dengan desain baru berbeda dengan desain yang sudah ada. Biaya produksi dengan desain baru lebih tinggi dikarenakan tenaga pekerja yang belum familiar sehingga lebih banyak



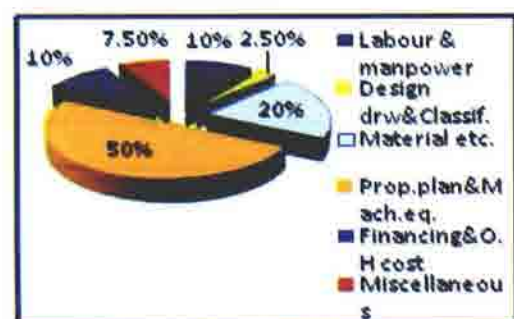
Gambar 4. Dimensi Catamaran

mengalami perubahan instruksi selama periode pembangunan. Bila produk desain dibangun digalangan yang berpengalaman, maka biaya dan waktu produksi akan lebih rendah. Lebih dari itu penggunaan tenaga konsultan dalam bidang *Naval Architect* akan banyak membantu mengatasi *quality control* selama proses pembangunan khususnya untuk desain kapal baru.

Estimasi biaya produksi kapal dengan spesifikasi tersebut di atas mencapai nilai kurang lebih 12.5 milyar rupiah (tabel 10) dengan struktur komponen dan prosentase biaya seperti terlihat pada diagram Pie-chart (grafik 7).

Tabel 10. Estimasi Biaya Produksi Kapal

Struktur Biaya	%	Biaya
Labour & Manpower	10	1.244.224.602
Design, drwg	2,5	311.056.150
Material	20	2.488.449.203
Prop. plan & Mch. eq.	50	6.221.123.008
Financing & Over Head Cost	10	1.244.224.602
Miscellaneous	7,5	933.168.451
Total Biaya		12.442.246.016



Grafik 7. Struktur Komponen & Prosentase Biaya

Tabel 11. Referensi Harga Kapal Catamaran Aluminium

No.	Panjang (m)	Harga (USD)	Harga (Rupiah)
1	28.96	1.215.048	10.471.283.660
2	24.38	2.683.231	23.124.084.760
3	25.20	1.513.747	13.045.471.650
4	29.00	1.215.048	10.471.283.660
5	26.52	1,985,514	17.111.159.650
6	25.9	1,399,828	12.063.717.700

Sumber: www.alibaba.com/product-free/11248432/Boats.html

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan data gelombang dari BMKG Tarempa Kabupaten Kepulauan Anambas, maka kapal yang direncanakan mampu berlayar pada ketinggian gelombang hingga 2.5 m. Walaupun demikian, khusus untuk periode musim barat (bulan Desember hingga Pebruari) Dinas Perhubungan setempat sering menghimbau dan melarang untuk beroperasi, kecuali kondisi angin sudah teduh dan cuaca baik.

Kapal hasil analisa mempunyai draft kecil sekitar 1.1 m, sehingga mampu beroperasi dan berlabuh di pelabuhan yang bersarat air rendah, karena beberapa pelabuhan mempunyai kedalaman antara 1.5 hingga 3.2 m.

Bahan material konstruksi kapal berbahan jenis Aluminium (*marine grade*) karena sesuai untuk perairan terbuka dan bergelombang seperti yang disyaratkan oleh IMO.

Tipe lambung direkomendasikan tipe *catamaran*, karena memiliki berbagai kelebihan dari *mono-hull* diantaranya stabilitas dan kenyamanan yang lebih baik, kapasitas penumpang lebih besar, serta pemakaian bahan bakar lebih rendah untuk ukuran *displacement* sama.

Ukuran utama kapal yang direncanakan adalah sebagai berikut : panjang (*Lwl*) 22 m, lebar (*B*) 7.61 m, sarat air (*T*) 1.17 m, kecepatan maksimum (*Vmaks*) 29.2 knots, tenaga penggerak utama sekitar 1640 HP. Kapal tersebut mempunyai *displacement* 47.5 ton dan berkapasitas penumpang 110 hingga 140 penumpang.

Kapal tersebut dapat difungsikan baik untuk angkutan penumpang di wilayah perairan internal Kabupaten maupun jarak jauh sekitar 200 mile untuk tujuan dari Ibu kota Kabupaten ke Ibu kota Provinsi.

Berdasarkan analisa estimasi biaya produksi maka harga kapal dengan spesifikasi teknis seperti tersebut di atas mencapai kisaran 12.5 milyar rupiah.

B. Saran

Hasil kajian *preliminary design* ini dapat dimanfaatkan sebagai input data untuk tahap selanjutnya yaitu tahap pembuatan *contract design* dan *detail design* pada tahap pembangunan.

Disarankan dilakukan *hydrodynamic test* di laboratorium *hydrodynamic* untuk lebih mengoptimalkan hasil desain khususnya berkaitan dengan *resistance and propulsion, seakeeping and manoeuvring behaviour*

DAFTAR PUSTAKA

- Albert Nazarov, Naval Architect Phd, 2006-2007 yang berjudul "*Why Catamarans? Design factors and applications of the two-hull concept*".
- Jacob van Renen van Niekerk, 2000, "*A Comparison of Power Catamaran Hull Types*", Power Multihulls Magazine, Spring..
- Marine Encyclopedia, vol.IV, 1983 "*Initial Stability Catamaran*", Lexicographic Institut of Miroslav, Krleza, Zagreb.
- Mohamad Pauzi Abdul Ghani, MN Abdul Rahim, 2008 "*The Prediction of Wake Wash in Towing Tank*", Journal Mechanical, Faculty of Mechanical Engineering, Institut Teknologi Malaysia.
- M.S.Seif dan E.Amini. Dept. of Mech. Eng., Sharif , 2003 "*Performance Comparision Between Planning Mono-hull and Catamaran at High Froude Numbers*", University of Technology, Teheran, Iran.
- Muller Graft, B., Radojcic, D. and Simic, A , 2002, "*Resistance and Propulsion Characteristic of The VWS Hard Chine Catamaran Hull Series '89'*", SNAME Transactions, Vol.110, pp.1-29.
- Ned Coackley, 2005, "*Comparasion of Ultimate Strength*", Lloyd Register of Shipping for FRP, UK.
- Prasanta K. Sahoo dan Lawrence J. Doctors , 2003, "*Theoretical and Experimental Study of Motion Characteristics of High-Speed Catamaran Hull Form*"; Proceedings of The Ninth International Symposium on Practical Design of Ships and other Floating Structures, Luebeck-Travemuende, Germany .
- Serdo Kos, David Brcic, Vlado Francic, 2009, "*Comparative Analysis of Conventional and Swatch Passenger Catamaran*".
- Society of Naval Architects and Marine Engineers, 2004 "*Ship Design & Construction*, vol.II., Sheridan Books," London .