

PERANCANGAN KAPAL WISATA DANAU DENGAN SISTEM PENGGERAK PADDLE WHEEL DAN BATERAI (ACCU) SEBAGAI SUMBER ENERGI

Sudiyono^{1*}, Subagio So'im¹, Afif Zuhri Arfianto²

¹Jurusan Teknik Permesinan Kapal

²Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

email: sudiyono2000@yahoo.com

diterima tanggal : 14 Februari 2018 disetujui tanggal : 10 Mei 2018

Abstrak

Pengembangan kepariwisataan tidak bisa dipisahkan dengan fasilitas wisata yang tersedia. Karena dalam setiap aktivitas wisata yang dilakukan oleh wisatawan membutuhkan akomodasi, makan dan minum, informasi, dan rekreasi air danau sendiri. Rekreasi air danau bisa dilakukan mulai dari melihat – lihat air danau, mandi dan bila dilengkapi sarana untuk mengelilingi danau dengan perahu/kapal sangatlah lebih menarik.

Dengan dikembangkannya pariwisata danau, akan muncul beberapa fasilitas yang diperlukan antara lain kapal wisata untuk berkeliling danau. Perancangan kapal wisata danau dengan penggerak paddle wheel dan baterai / accu sebagai sumber energi menjadi salah satu usaha yang bisa dilakukan, karena akan rendah polusi dan rendah kebisingan sehingga wisatawan benar – benar akan menikmati pemandangan alam danau tanpa terganggu oleh hal tersebut.

Perancangan kapal wisata ini menghasilkan ukuran utama kapal yaitu Lpp : 3.10 m, B:1,30 m, H : 0,8 m, T: 0,35 m dan Vs : 3 knot. Dengan sudah dibuatkan rancangan garis (Linesplan) dan rencana umum (General arrangement) akan mempermudah dalam menentukan tahanan dan sistem propulsinya. Penggerak paddle wheel berputar 250 rpm, berdiameter 540 mm dengan jumlah daun 8 buah dan motor DC 2500 rpm 0,5 HP sehingga memerlukan perbandingan roda gigi 1 : 25 sudah mampu menggerakkan kapal dengan kecepatan 3 knot dengan jumlah muatan 5 orang.

Kata kunci : Danau, paddle wheel, motor DC, kapal wisata.

Abstract

Improvement water tourism depend on facilities because that every activity to do by tourist need transports, information and water lake tourism. The water lake tourism can be interested for tourist because the tourist look water lake, in order complete facilities to around lake so that need ship tourism.

Increased lake tourism, it will appear many facilities that needed ship tourism to around lake. Design lake tourism ship with mover paddle wheel and battery as energy source one of alternative, because low pollution and low noising so the tourism will enjoy vista nature without disturbed by it another.

The result design tour ship prime standard is that Lpp : 3.10 m, B:1,30 m, H: 0,8m, T:0,35 m and Vs : 3 knot. It has made lines plan and general arrangement will facilitate in determine power and propulsion system. Mover paddle wheel circle 250 rpm, 540 mm diameter with balade quantity and motor DC 2500 rpm 0,5 HP until require ratio gear wheel 1: 25 mover able ship with speed 3 knot for capacity five people.

Keyword: Lake, paddle wheel, DC machine, ship tourism.

1. PENDAHULUAN

Pariwisata pada abad ke-21, menjadi salah satu kegiatan yang membentuk percepatan globalisasi dimana terjadi pertukaran pengalaman dan usaha untuk memahami kebudayaan yang berbeda [1]. Pariwisata menciptakan sebuah gejala baru yang mencari nuansa baru kembali pada nilai-nilai tradisi. Fenomena ini mempertunjukkan keinginan tahunan terhadap identitas atau jati diri. Konsep pariwisata, pada sisi lain merupakan kesadaran modern dan dinamik. Kedinamikan berlaku kerana interaksi dengan warisan budaya seringkali menghasilkan tafsiran ulang terhadap apa yang terjadi sebelumnya. Situasi demikian, menciptakan suatu pemikiran bahawa hubungan antara warisan budaya dengan pariwisata terjadi pertentangan masyarakat tradisi dengan masyarakat modern. Untuk itu, diperlukan suatu konsep yang boleh menyelesaikan pertentangan tersebut. Salah satu daripada konsep tersebut adalah dengan cara mengemas warisan budaya yang dijadikan sebagai daya tarik, disajikan kepada para wisatawan. Pariwisata mengalami perubahan besar dengan beberapa indikator penilaian, antara lain: *Pertama*, organisasi industri pariwisata tumbuh secara cepat ke seluruh penjuru dunia dan bekerjasama secara multinasional secara vertikal dan horizontal. Terutama pada penjualan paket liburan terjadi kerjasama yang melibatkan semua jasa dalam penjualan paket pariwisata, mulai daripada penjual eceran, toko, transportasi, hotel, dan tempat hiburan malam. *Kedua*, teknologi pariwisata yang modern yang direkayasa dengan inovasi dan kreativiti bersifat future. Teknologi transportasi menembus seluruh penjuru dunia, tidak ada satu kawasan yang tidak boleh ditembus teknologi tersebut. Jenis transportasi pesawat jet dirancang dalam ukuran besar dan kecepatan yang tinggi memegang peranan penting dalam menciptakan perjalanan jauh sebagai paket liburan. *Ketiga*, perubahan alam lingkungan pada masa yang akan datang. Sebuah tulisan mengenai pariwisata budaya menyebutkan bahawa pada akhir tahun 1970-an. Semula, para pakar pemasaran dan peneliti kepariwisataan menjumpai adanya orang atau sekelompok orang yang melakukan perjalanan semata-mata hanya untuk memahami secara mendalam obyek atau peristiwa budaya di suatu tempat tertentu. Hingga saat ini pariwisata di

Indonesia belum berjalan optimal, padahal aspek ini sangat berpengaruh terhadap peningkatan pendapatan masyarakat terutama pendapatan asli daerah. Indonesia sebagai negara yang memiliki kekayaan alam mempergunakan kekayaannya sebagai objek untuk mendatangkan devisa melalui pariwisata alam [2].

Selain itu, efisiensi energi menjadi hal penting untuk dibahas. Tren teknologi saat ini, *Internet of Things* juga telah digunakan untuk untuk efisiensi energi dengan sumber *hybrid* [3] Pengembangan kepariwisataan tidak bisa dipisahkan dengan fasilitas wisata yang tersedia. Karena dalam setiap aktivitas wisata yang dilakukan oleh wisatawan membutuhkan akomodasi, makan dan minum, informasi, dan rekreasi air danau sendiri. Rekreasi air danau bisa dilakukan mulai dari melihat – lihat air danau, mandi dan bila dilengkapi sarana untuk mengelilingi danau dengan perahu/kapal sangatlah lebih menarik. Hal ini oleh pemerintah Propinsi Jawa Timur sedang digalakan, sehingga beberapa daerah telah dilengkapi dengan sarana fasilitas kapal wisata danau ini.

2. METODE PENELITIAN

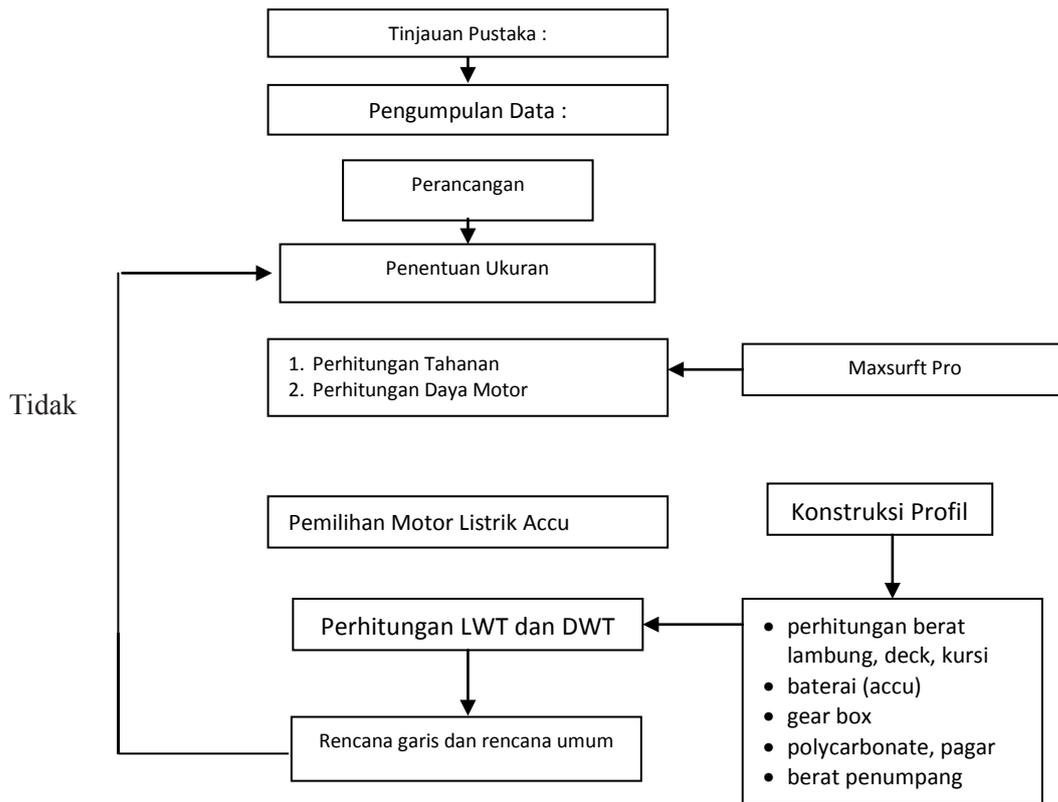
2.1. Perancangan Kapal

Penentuan ukuran utama kapal, perhitungan hidrostatis, tahanan, daya motor Pemilihan motor, pemilihan jenis paddle wheel, perhitungan sumber energi yang digunakan (accu). Perhitungan LWT dan DWT, stabilitas Kapal dengan menggunakan alat penggerak paddle wheel. Sistem kapal paddle wheel, pada prinsipnya adalah gaya tahanan air yang menyebabkan/menimbulkan gaya dorong kapal (seperti dayung). Paddle wheel dipasang dikiri dan dikanan kapal gerak putarnya dibantu oleh mesin. Umumnya digunakan di daerah yang mempunyai perairan yang tenang misalnya di danau, sungai sebagai kapal-kapal pesiar.

2.2. Penentuan Ukuran dan Dimensi lainnya

Sebelum menetapkan ukuran dan dimensi kapal yang akan digambar, pertama-tama mencari kapal pembanding dimana kapal pembanding ini sebagai acuan untuk menentukan ukuran dan dimensi kapal yang akan digambar.

Langkah – langkah penelitian :



Gambar 1. FlowChart Perancangan Kapal Wisata

Kapal pembanding “ Sport Boat – JL. 4510”

- L : 03.10 m
- B : 01.30 m
- H : 00.80 m
- Draft : 00.35 m
- Vs : 3 Knot
- Passengers : 4 seated
- Platform : (4 passengers)
- Hull and deck : Fiberglass polyester FRP

Dibawah ini ada tabel 1 sebagai rujukan untuk menentukan ukuran kapal yang sesuai dengan daerah pelayarannya yaitu sungai dan danau yang ada di Indonesia.

Setelah didapat data kapal pembanding dan beberapa pertimbangan literatur, maka bisa ditentukan data kapal yang akan dirancang sehingga dapat memudahkan dalam perancangan rencana garis ini, berikut adalah data kapal yang akan dirancang sebagai berikut :

Tabel 1. Jenis dan Karakteristik Kapal Sungai dan Danau

No	Jenis	Isi Kotor (m ³)	Kapasitas Angkut		Draft (m)	Tenaga (HP)	Kecepatan (km/jam)
			Barang (ton)	Penumpang			
1	Speed Boat	1 – 5	-	<14	0.35 – 0.60	<200	<40
2	Long Boat	5 - 10	-	<60	0.40 – 0.60	<85	20 – 30
3	Bus Air	<200	<10	<200	0.80 - 1.50	75 – 100	12 – 15
4	Klotok	<15	<5	-	0.50 – 0.65	5 – 15	7 – 12
5	Truk Air	15-200	20 - 70	-	1.00 – 1.60	22 – 33	7 – 8
6	Barge Steel Hull	50-190	50 - 150	-	1.00 – 1.60	-	-
7	Barge Tiung	20 -50	15 - 35	-	1.00 – 1.60	-	-
8	Tug Boat	20 -50	-	-	0.80 – 1.40	<100	30 – 60

Sumber : Perhubungan darat dalam angka 2009

- Length Between Perpendicular (L_{pp}) : 3,10 m
- Breadth Moulded (B) : 1.30 m
- Depth Moulded (H) : 0.8 m
- Design Draft (T) : 0.35 m
- Service speeds : 3 Knot
- Tipe kapal : Speed Boat
- Lokasi : Air Tenang / Danau

Setelah didapat data ukuran pokok kapal maka digambar lines plan dari data tersebut pada program Auto Cad dan marsuft diperoleh Gambar 2 :

2.3. Rencana Garis Kapal dan Rencana Umum Kapal Design

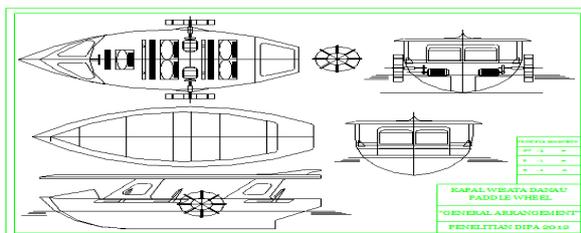
Dengan hasil dari data ukuran utama kapal yang ditentukan, maka selanjutnya proses penggambaran pada program *Auto Cad* dan *marsuft* diperoleh Gambar 3:

2.4. Sistem Propulsi dan Sistem Kemudi

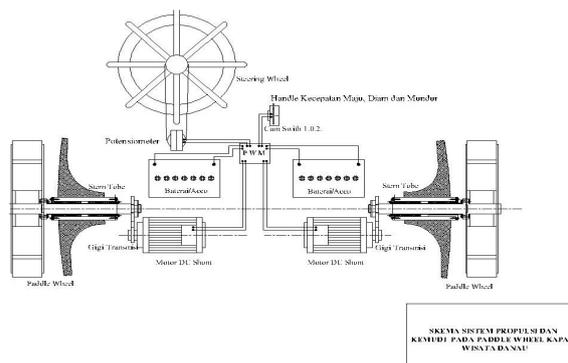
Pada perancangan kapal wisata ini sistem propulsi selakigus juga digunakan sebagai sistem kemudi. Sistem propulsi yang direncanakan untuk menggerakkan kapal wisata ini adalah menggunakan paddle wheel dan poros transmisi kemotor DC yang digerakkan dari sumber arus listrik dengan baterai / accu sebagai sumber energinya. Sistemnya dapat dilihat pada Gambar 4:



Gambar 2. Rencana Garis Kapal Wisata Danau dengan Penggerak Paddle Wheel



Gambar 3. Rencana Umum Kapal Wisata Danau Dengan Penggerak Paddle Wheel



Gambar 4. Sistem propulsi kiri dan kanan pada kapal wisata

2.5. PWM (*Pulse Width Modulation*)

PWM merupakan suatu teknik dalam mengatur kerja suatu peralatan yang memerlukan arus *pull in* yang besar dan untuk menghindari disipasi daya yang berlebihan dari peralatan yang akan dikontrol. PWM merupakan suatu metoda untuk mengatur kecepatan perputaran motor dengan cara mengatur prosentase lebar pulsa high terhadap perioda dari suatu sinyal persegi dalam bentuk tegangan periodik yang diberikan ke motor sebagai sumber daya. Semakin besar perbandingan lama sinyal high dengan perioda sinyal maka semakin cepat motor berputar.

2.6. Potensiometer

Potensiometer adalah perangkat komponen elektronika bagian dari sebuah resistor yang memiliki tiga terminal dengan sambungan yang membentuk pembagi tegangan yang dapat di setel. Jika anda menemukan *potensiometer* yang menggunakan dua terminal tetap masih bisa di gunakan dengan cara salah satu dari terminal tetap dan terminal geser. Komponen elektronika ini berperan sebagai resistor variabel atau Rheostat. Prinsip kerja potensiometer dapat anggap sebagai gabungan dari dua buah resistor yang hubungkan seri (R1 dan R2). Tapi dalam dua buah resistor yang dipakai, nilai resistansinya dapat di rubah. Resistansi total dari sebuah resistor akan selalu tetap dan nilai ini merupakan nilai resistansi potensiometer (Variabel Resistor). Jika nilai resistansi dari resistor 1 di perbesar dengan cara memutar bagian potensiometer, maka otomatis nilai resistansi dari resistor 2 akan berkurang, begitu juga sebaliknya.

2.7. Motor DC

Motor DC merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor.

Motor DC memiliki 2 bagian dasar :

- ✓ Bagian yang tetap/stasioner yang disebut stator. Stator ini menghasilkan medan magnet, baik yang dibangkitkan dari sebuah koil (elektro magnet) ataupun magnet permanen.
- ✓ Bagian yang berputar disebut rotor. Rotor ini berupa sebuah koil dimana arus listrik mengalir.

Gaya elektromagnet pada motor DC timbul saat ada arus yang mengalir pada penghantar yang berada dalam medan magnet. Medan magnet itu sendiri ditimbulkan oleh megnet permanen. Garis-garis gaya magnet mengalir diantara dua kutub magnet dari kutub utara ke kutub selatan. Menurut hukum gaya Lourentz, arus yang mengalir pada penghantar yang terletak dalam medan magnet akan menimbulkan gaya. Gaya F , timbul tergantung pada arah arus I , dan arah medan magnet B .

2.8. Baterai / Accu

Baterai adalah obyek kimia penyimpan arus listrik. Dalam sistem solar cell, energi listrik dalam baterai digunakan pada malam hari dan hari mendung. Karena intensitas sinar matahari bervariasi sepanjang hari, baterai memberikan energi yang konstan. Baterai tidak seratus persen efisien, beberapa energi hilang seperti panas dari reaksi kimia, selama charging dan discharging. Charging adalah saat energi listrik diberikan kepada baterai, discharging adalah pada saat energi listrik diambil dari baterai. Satu cycle adalah charging dan discharging. Dalam sistem solar cell, satu hari dapat merupakan contoh satu cycle baterai (sepanjang hari charging, malam digunakan/ discharging). Baterai tersedia dalam berbagai jenis dan ukuran. Ada dua jenis baterai yaitu “disposable” dan rechargeable. Baterai

rechargeable digunakan oleh sistem solar cell adalah aki/ baterai lead-acid. Baterai lead acid dapat dikelompokkan menjadi **Liquid Vented** dan **Sealed** (VRLA - Valve Regulated Lead Acid)

3. HASIL PENELITIAN DAN PERANCANGAN

3.1. Perhitungan Tahanan Kapal

Untuk menentukan daya penggerak kapal yang dibutuhkan maka terlebih dahulu menentukan tahanan yang terjadi akibat dari bentuk kapal tersebut.

Perhitungan DWT dan LWT digunakan untuk mengetahui berat kapal keseluruhan pada kondisi baik kosong maupun penuh.

Berdasarkan perhitungan berat LWT adalah:

1. Berat lambung kapal	=	150 kg
2. Batterai 2 buah @ 15 kg	=	30 kg
3. Motor DC 2 buah @ 10 kg	=	20 kg
4. PWM, Poros, Steering wheel	=	100 kg
5. Pagar / railing dan tiang	=	50 kg
6. Penyangga dan atap	=	100 kg
7. Paddle Whell @ 45 kg	=	90 kg
Total LWT	=	540 kg

Berdasarkan perhitungan berat DWT adalah:

1. Diasumsikan berat 1 orang dewasa 75 kg.
2. Maka untuk jumlah penumpang 4 dan ditambah 1 Crew adalah = 375 kg

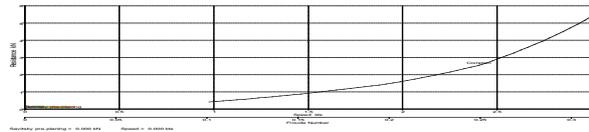
Maka total LWT + DWT sebesar = 915 kg atau Deplasemen = 0,915 ton

Dengan menggunakan program Hullspeed dapat diperoleh tahanan kapal (RT) yang terjadi sebagai fungsi dari kecepatan gerak kapal (Vs) adalah dengan data kapal sebagai berikut :

Tabel 2. Tahanan Kapal

No	Measurement	Value	Units
1	Displacement	0.915	tonne
2	Volume	0.871	m ³
3	Draft to Baseline	0.35	m
4	Immersed depth	0.35	m
5	Lwl	2.751	m
6	Beam wl	0.424	m
7	WSA	3.257	m ²
8	Max cross sect area	0.266	m ²
9	Waterplane area	1.972	m ²
10	Cp	0.574	
11	Cb	0.396	

12	Cm	0.613	
13	Cwp	0.584	



Grafik 3. Kecepatan terhadap tahanan pada kapal wisata

Dari grafik diatas dapat diperoleh bahwa untuk kecepatan 3 knot maka tahanan kapal diperoleh sebesar 0.54 kN.

3.2. Penentuan Daya

Data yang dibutuhkan untuk menentukan daya motor dengan rumusan sebagai berikut

$$PE = Rt \cdot Vs$$

$$Rt = \text{Tahanan Total}$$

$$Rt = 0,54 \text{ kN}$$

$$Vs = \text{Kecepatan yang direncanakan}$$

$$Vs (\text{Speed}) = 3 \text{ Knot atau } 1.54 \text{ m/s}$$

PE = Daya yang dibutuhkan untuk mengatasi tahanan terhadap gerakan kapal pada kecepatan tertentu.

$$PE = 0,54 \times 1,54 \text{ kW}$$

$$PE = 0.8316 \text{ kW} = 1,95 \text{ HP}$$

Ini adalah daya yang harus digunakan oleh paddle whell untuk melawan tahanan 0,54 kN sehingga kapal bisa bergerak dengan kecepatan 3 knot.



Gambar 5. Motor Baldor-Thermo King DC 2500 RPM 1/2 HP. 24VDC 20 Amps, Motor is 7" Diameter, 15" over length Shaft is 6" long 5/8" dia with woodruff key

Dari motor DC yang dipilih mempunyai RPM 2500 dan daya 0,5 HP. Jika putaran paddle

whell ditentukan 250 RPM, maka perbandingan gigi reduksi yang digunakan 1 : 10. Motor tersebut jika menggunakan gigi reduksi sebesar ini daya motor yang dihasilkan adalah :

$$P = 0,5 \times 10 \text{ HP} = 5 \text{ HP}$$

3.3. Perhitungan Daya Paddle Wheel

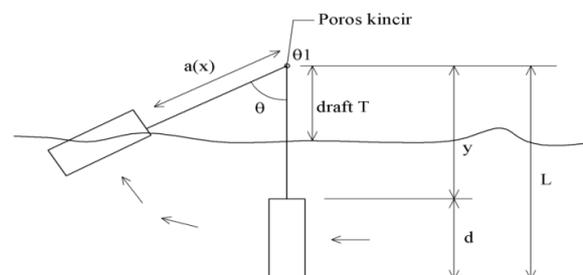
Sistem propulsi pada kapal wisata ini direncanakan menggunakan sistem paddle wheel yang digerakkan oleh motor DC dengan sumber listrik dari baterai/accu. Untuk menentukan ukuran dari paddle wheel dengan mempertimbangkan tinggi sarat penuh dan tahanan kapal yang telah diketahui dari bentuk lambung kapal. Dari bentuk paddle wheel maka gaya – gaya yang terjadi dapat dilihat sebagai berikut :

Paddle whell berputar akan berusaha mendorong air yang pada bagian blad dari paddle whell tercelup air dari putaran motor listrik. Gaya dari motor DC berputar dan dihubungkan poros pada sebuah blade pada paddle whell dapat dituliskan [3]:

$$F = 0,5 \rho C_d A V_r^2$$

Dimana F adalah gaya pada sebuah balde atau sudu, ρ adalah massa jenis air, C_d adalah Coefisien of discharge, A adalah Luas blade yang tercelup air, dan V_r adalah kecepatan relatif.

Luasan sebuah blade yang tercelup didalam air tentunya berubah-ubah karena blade itu berputar dengan pusat rotasinya yaitu poros. Untuk perpindahan sebuah blade untuk secara matematisnya adalah dari posisi vertikal dalam air menjadi 90 derajat pada posisi awal. Jika θ adalah besarnya sudut antara pusat kincir dengan perpindahan blade yaitu dari $\theta=0$ menjadi $\theta= \theta_1$ (ketika sebuah blade mulai meninggalkan air) hingga $\theta= \theta_L$ (ketika sebuah blade meninggalkan air penuh) [5].



Gambar 6. ketika blade meninggalkan air

Untuk mengetahui besarnya V_c dapat kita ketahui dengan menggunakan teori trigonometri dengan berdasarkan gambar diatas, dapat dituliskan :

$$\begin{aligned} \sin \theta &= \text{opp} : \text{hyp} \\ \sin(90- \theta) &= V_{kpl} : V_c \\ V_c &= V_{kpl} \sin(90- \theta) \\ V_c &= V_{kpl} \cos \theta \text{ Dan, } V_b = V_{kpl} p \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} V_r &= V_c - V_b \\ V_r &= (V_{kpl} \sin(90- \theta)) - (V_{kpl} p) \dots (8) \end{aligned}$$

Dimana V_b adalah kecepatan blade, V_c adalah komponen kecepatan pada blade, dan p adalah sebuah konstanta. Untuk nilai p (konstanta) pertama kali dikemukakan oleh Antoine Parent pada tahun 1740 yang telah memperkenalkan bahwa untuk nilai optimum nilai p dengan c , dengan daya output dan input telah diketahui dengan efisiensi adalah daya output dibagi dengan daya input, maka untuk nilai p ditemukan 1/3 dan efisiensi maksimum 33%.

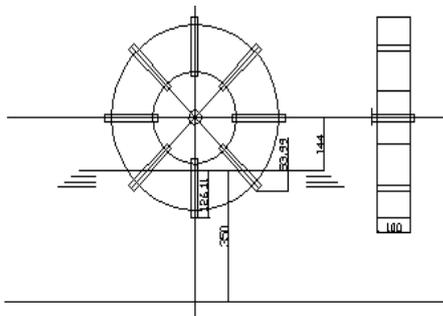
Torsi pada pusat kincir air dapat dituliskan rumus :

$$M(\theta) = F \text{ LeverArm}$$

Dimana LeverArm adalah jarak pusat paddle whell ke pusat luasan blade yang tercelup air. Berdasarkan momen torsi tersebut kerja paddle whell dapat tuliskan sebagai,

$$\text{Work done} = 2 \int dx \dots (10)$$

Kerja sebuah blade antara $\theta = 0$ dan $\theta = \theta_L$, sehingga untuk persamaan diatas untuk batasan integral adalah $\theta = 0$ dan $\theta = \theta_L$. Dikarenakan nilai kerja total blade pada suatu paddle whell dalam pengukurannya tidak menggunakan parameter derajat, maka untuk besaran derajat dapat diubah terlebih dahulu, sehingga persamaannya dapat dituliskan :



Gambar 7. Ukuran paddle whell

$$\text{Total Work Done} = N \text{ Work Done } (\pi/180)$$

Dimana Total Work Done adalah Kerja total blade dan N adalah Jumlah blade. Untuk perhitungan jumlah blade pada sebuah paddle whell tidak terdapat persamaan yang digunakan untuk menentukan jumlah blade, namun demikian jumlah blade dapat ditentukan melalui eksperimental [6].

Dari posisi penempatan dari pusat paddle whell pada Gambar 9 dapat diketahui seberapa luas blade yang tercelup air dengan melihat jarak antara lunas kapal dan water line kapal wisata ini. Untuk balde 1:

Blade yang tercelum air dengan kemiringan 45° ke kiri, maka luas yang akan mendorong air untuk menghasilkan daya putar paddle whell adalah:

$$\begin{aligned} A_1 &= \text{Luas yang tercelup air x lebar paddle whell} \\ &= 53.99 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \\ &= 5399 \text{ mm}^2 = 0.005399 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk balde 2:

Blade yang tercelum air dengan tegak lurus, maka luas yang akan mendorong air untuk menghasilkan daya putar paddle whell adalah:

$$\begin{aligned} A_2 &= \text{Luas yang tercelup air x lebar paddle whell} \\ &= 126.11 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \\ &= 12611 \text{ mm}^2 = 0.012611 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk balde 3:

Blade yang tercelum air dengan kemiringan 45° ke kanan, maka luas yang akan mendorong air untuk menghasilkan daya putar paddle whell adalah

$$\begin{aligned} A_3 &= \text{Luas yang tercelup air x lebar paddle whell} \\ &= 53.99 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \\ &= 5399 \text{ mm}^2 = 0.005399 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Tabel 3. Luas Blade

Blade 1				
sudut θ	V_c	V_b	V_r	F (N)
45	1.089	0.51	0.58	0.716
Blade 2				
Sudut θ	V_c	V_b	V_r	F (N)
0	1.54	0.51	1.03	5.317
Blade 3				
Sudut θ	V_c	V_b	V_r	F (N)
45°	1.089	0.5	0.589	0.716

Dari rumusan dan data diatas dapat dibuat Tabel 3. Total gaya yang diperlukan untuk menggerakkan Paddle Whell pada 3 blade sebesar :
 $F_{tot} = 0,716 \text{ N} + 5,317 \text{ N} + 0,716 \text{ N} = 6,748 \text{ N}$

Torsi yang diperlukan untuk menggerakkan Paddle Whell pada 3 blade sebesar :

$$T_{PW} = F_{tot} \times r \text{ (Nm) dimana } r = 0,207 \text{ m}$$

$$= 6,455 \times 0,207 \text{ Nm} = 1,397 \text{ Nm}$$

Sehingga daya yang dibutuhkan adalah :

$$P = (2\pi \cdot N_{PW} \cdot T_{PW})/60 \text{ (Watt) Dimana } N_{PW} = 300 \text{ rpm}$$

$$= (2 \cdot 3,14 \cdot 250 \cdot 1,397)/60 = 36,55 \text{ Watt} = 0,05 \text{ HP}$$

Jadi untuk bentuk paddle whell seperti gambar diatas dengan kecepatan kapal yang direncanakan 3 knot atau 1.543 m/s dengan putaran 250 rpm memerlukan daya 0,05 HP.

Dari data motor yang direncanakan yaitu 2500 rpm dan 0.5 HP sudah mampu menggerakkan paddle whell dengan perbandingan gigi transmisi 1 : 10

Daya tersebut telah mampu memutar paddle whell sehingga menghasilkan kecepatan rencana 3 knot.

$$\text{Untuk 2 motor} = 2 \times 510 \text{ Watt}$$

$$P_{tot. motor} = 1010 \text{ Watt}$$

Sedangkan beban untuk 2 paddle wheel sendiri sebesar :

$$P_{pd wl} = 2 \times 36,55 \text{ Watt} = 73,1 \text{ Watt}$$

Total beban yang diterima baterai sebesar :

$$P_{tot. motor} + P_{pd wl}$$

$$P_{total} = 1010 \text{ Watt} + 73,1 \text{ Watt} = 1083,1 \text{ Watt}$$

Baterai / accu yang digunakan adalah sebesar 12 Volt 70 AH, maka untuk menggerakkan satu paddle whell dibutuhkan 2 baterai / accu yang dipasang paralel. Penggunaan arus listrik rata – rata oleh motor listrik DC sebesar 20 Ampere dan kapasitas baterai 70 AH, maka baterai mampu menyuplai listrik ke motor listrik DC tersebut selama :

$$t_{pakai} = ((24 \times 140) \text{ Watt. jam}) / (1083,1 \text{ Watt})$$

$$= 3,102 \text{ jam}$$

Ini adalah lama waktu pemakaian baterai/ accu sampai habis untuk menggerakkan motor listrik selama 3,102 jam. Untuk arus start pada motor DC shunt / paralel mempunyai kecepatan hampir konstan. Pada tegangan jepit konstan, motor ini mempunyai putaran yang hampir konstan walaupun terjadi perubahan beban.

Sehingga dengan mengambil faktor

keamanan dalam mengoperasikan 2 baterai/accu tersebut direkomendasikan untuk dioperasikan selama 2 jam. Pengisian ulang baterai dapat dilakukan setelah baterai digunakan satu kali trip (2 jam) untuk berkeliling danau, dengan asumsi baterai masih tersisa 1,102 jam operasinya atau arus listrik dalam baterai masih tersisa. Pemakaian baterai sebesar kurang lebih 70 % dengan sisa 30% sebagai faktor keamanan baterai [7].

Jika akan melakukan pengisian ulang baterai /accu tersebut maka digunakan charger dengan besar arus 70Amper, lama waktu untuk satu baterai / accu adalah :

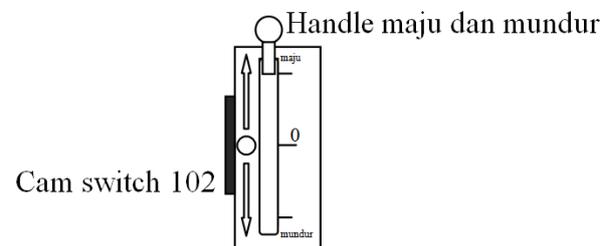
$$t_{recharging} = 70 \text{ Ah} / 70 \text{ A} = 1 \text{ jam}$$

Ini menunjukkan bahwa baterai /accu dari kosong sampai penuh memerlukan waktu recahrnging selama 1 jam. Untuk baterai ini masih tersisa ±35% sehingga waktu recahrnging kurang dari 1 jam.

Untuk operasional dibutuhkan 2 baterai / accu sedangkan untuk cadangan disediakan 2 baterai, sehingga kapal dalam pengoperasiannya disediakan 4 baterai / accu dengan kapasitas masing – masing 12 volt 70 AH.

3.4. Sistem Propulsi dan manuver

Sistem propulsi pada kapal wisata ini direncanakan menggunakan sistem paddle wheel yang digerakkan oleh motor DC dengan sumber listrik dari batterai/accu. Untuk menentukan ukuran dari paddle wheel dengan mempertimbangkan tinggi sarat penuh dan tahanan kapal yang telah diketahui dari bentuk lambung kapal.



Gambar 8. Handle maju dan mundur kapal dengan cam switch 102 terpasang

3.5. Gerakan Maju dan Mundur

Pemasangan handle gerakan maju dan mundur kapal yang dipasang pada ruang kemudi. Gerakan kapal terjadi karena perputaran paddle wheel yang dilakukan dengan 2 motor yang dihubungkan pada poros paddle wheel. Untuk menaikkan putaran sampai batas maksimum 250 rpm paddle wheel diperoleh dari pengaturan potensiometer dan dihubungkan dengan PWM yang terpasang sebagai handle kecepatan (Pedal Gas). Gerakan handle maju dan mundur didapat dari cam swith 102 posisi majumemerintahkan motr berputar maju, posisi tengah mati (0) dan posisi mundur memerintahkan motor berputar mundur.

3.6. Perencanaan Stern Tube

Dalam merencana stern tube maka perencanaan dari poros propeler perlu ditentukan terlebih dahulu sehingga dalam merencanakannya sebagai berikut [8] :

a. Diameter poros propeller

$$d = k \cdot \sqrt[3]{\frac{pw}{n \left(1 - \frac{di}{da}\right)^4} \cdot cw} \rightarrow cw = \frac{560}{Rm + 160}$$

$$Rm = 42 \sim 72 \frac{kg}{mm^2} \times 10 = 420 \sim 720 \frac{N}{mm^2}$$

$$d = k \cdot \sqrt[3]{\frac{pw}{n \left(1 - \frac{di}{da}\right)^4} \cdot cw} \rightarrow cw = \frac{560}{500 + 160} = 0,84$$

Dalam perencanaan direncanakan poros pejal sehingga $di/da = 0$

$$d = k \cdot \sqrt[3]{\frac{pw}{n \left(1 - \frac{di}{da}\right)^4} \cdot cw} = k \cdot \sqrt[3]{\frac{pw}{n(1-0)^4} \cdot cw} = k \cdot \sqrt[3]{\frac{pw}{n} \cdot cw}$$

Dimana :

$$Pw = 36,55 \text{ Watt}, k = 120, n = 250$$

$$D_{Poros} = 120 \times \left(\sqrt[3]{(36,55/250) \times 0,84} \right) \text{ mm}$$

$$D_{Poros} = 59,7 \text{ mm}$$

b. Tebal broze sleeve

$$\text{➤ } B = (0,03 \times D_{Poros}) = 1,73 \text{ mm}$$

$$\text{➤ Rubber Sleeve}$$

$$C = 0,7 - 0,8 \times \text{tebal broze sleeve}$$

$$= 0,8 \times 1,73 = 1,4 \text{ mm}$$

$$\text{➤ Bantalan (bearing)}$$

• Diameter

$$D = 4 \times D_{Poros} = 4 \times 59,7 = 238,8 \text{ mm}$$

• Panjang Bantalan

$$E = 1,5 \times D_{Poros} = 1,5 \times 59,7 = 89,55 \text{ mm}$$

• Tebal Bantalan

$$F = (0,1 - 0,13) \times D_{Poros} = 0,1 \times 59,7 = 5,97 \text{ mm}$$

• Tebal Rumah Bantalan

$$L = (0,85 - 1) \times F = 1 \times 5,97 = 5,97 \text{ mm}$$

• Clereance Pendingin

$$G = 0,0004 \times D_{Poros} + 1 \text{ mm} = 0,0004 \times 59,7 + 1 = 1,24 \text{ mm}$$

• Diameter rumah bantalan dalam

$$H = (D_{Poros} + 2 \cdot \text{Tebal broze} + 2 \cdot \text{Clereance}) = 59,7 + (2 \times 1,73) + (2 \times 1,24) = 65,64 \text{ mm}$$

• Diameter rumah bantalan luar

$$H = (D_{Poros} + 2 \cdot \text{Tebal broze} + 2 \cdot \text{Clereance} + 2 \cdot \text{Tebal bantalan}) = 59,7 + (2 \times 1,73) + (2 \times 1,24) + (2 \times 5,97) = 77,58 \text{ mm}$$

• Diameter Stern Tube

$$D_{st} = (D_{Poros} + 2 \cdot \text{Tebal broze} + 2 \cdot \text{Clereance} + 2 \cdot \text{Tebal bantalan} + 2 \cdot \text{Tebal rumah bantalan}) = 59,7 + (2 \times 1,73) + (2 \times 1,24) + (2 \times 5,97) + (2 \times 5,97) = 89,52 \text{ mm}$$

• Jarak Bantalan

$$J = L_{max} = k_1 \sqrt{D_{Poros}} \text{ dimana } k_1 = \text{untuk pelumasan air } 35 \text{ mm}$$

$$= 35 \sqrt{59,7} = 270,4 \text{ mm}$$

• Tebal Bantalan

$$K = 20\% \times D_{Poros} = 20\% \times 59,7 = 11,94 \text{ mm}$$

• Diameter penekan rames packing

$$M = (1,5 - 1,75) \times D_{Poros} = 1,5 \times 59,7 = 89,55 \text{ mm}$$

• Tebal penekan rames packing

$$N = (0,15 - 0,20) \times D_{Poros} = 0,15 \times 59,7 = 8,96 \text{ mm}$$

• Panjang penekan rames packing

$$O = 2 \times \text{tebal rumah bantalan} = 2 \times 5,97 = 11,94 \text{ mm}$$

• Diameter baut penekan rames packing

$$P = (0,75 - 1) \times \text{tebal bantalan} = 1 \times 5,97 = 5,97 \text{ mm}$$

- Panjang penekan rames packing (28,5 – 30) mm = 30 mm

5. KESIMPULAN (SPESIFIKASI HASIL RANCANGAN)

1. Data Kapal Rancangan :

Length Between Perpendicular (L_{pp}) : 3,10 m
Breadth Moulded (B) : 1.30 m
Depth Moulded (H) : 0.8 m
Design Draft (T) : 0.35 m
Service speeds : 3 Knot
Tipe kapal : Speed Boat
Lokasi : Air Tenang / Danau
Jumlah penumpang dan Crew : 5 orang

2. Data Paddle Whell :

Diameter : 540 mm
Jumlah blade : 8 Daun
Luas blade : 16.000 mm²
Diamater poros paadle wheel : 59,7 mm

3. Penggerak Utama :

Motor DC : 2 buah, 2500 rpm 0,5 HP
Baterai : 4 buah, 12 Volt 70 AH
Gigi reduksi : 1 : 10
Pengisian ulang (recharging) Accu : Listrik PLN

4. Sistem Kemudi :

Steering whell : Kopel dengan potensiometer dan motor menggerakkan paddle whell kiri dan kanan.
Penatur kecepatan kapal : Handle dengan cam swith 102, posisi maju, mati dan mundur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bakoren, Kebijakan Umum Bidang Energi. Edisi kedua, Jakarta 1 September 1991.
- [2] Winarni D., Studi tentang perencanaan wilayah danau di Jawa Timur dan hubungannya dengan perilaku masyarakat disekelilingnya. ITS- Surabaya, 1997
- [3] Rhapsody, M. Rozy, Afif Zuhri Arfianto, & Dian Asa Utari. " Penggunaan IoT untuk Telemetry Efisiensi Daya pada Hybrid Power System." Seminar MASTER PPNS [Online], 2.1 (2017): 67-72.
- [4] Jones Zoë, Domestic electricity generation using waterwheels on moored barge, School of the Built Environment, Heriot-Watt University, 2005.
- [5] Denny, M, The efficiency of overshot and undershot waterwheels, European Journal of Physics, March 2004, Issue 2
- [6] Suwarno dan Sahid, Kajian Eksperimental Optimasi Jumlah Sudu Kincir Air Tipe Under Shot sebagai Upaya Pemanfaatan Potensi Aliran Head Rendah. Jurnal Teknik Energi Vol 7 No. 3 September 2011.
- [7] Sudiyono dan Bambang A. Perancangan dan Pembuatan Kapal Wisata dengan Motor Generator Listrik Tenaga Surya Sebagai Energi Alternatif Penggerak Propeler, Jurnal Teknik Mesin Univ. Petra. Vol. 10, No. 1, April 2008.
- [8] Sularso dan Kiyokatsu Suga, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. PT Pradnya Paramita 1987.