

Desain Remote Control Boat Pada Autonomous Surface Vehicle (ASV)

1st Aferina Mutiara Hayyu Saputra
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

aferinamutiara@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Dadan Nur Ramadan
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

dadanrnr@telkomuniversity.ac.id

3rd Asep Mulyana
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

asepmulyana@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Autonomous Surface Vehicle (ASV) adalah kendaraan robotik yang dapat beroperasi di permukaan air. Dengan teknologi kendali otomatis, RC boat diharapkan dapat membantu atau menggantikan peran manusia dalam menjalankan tugas-tugasnya. Dalam proyek akhir ini, akan dilakukan perancangan desain boat 2D dan 3D menggunakan software SolidWorks dan maxsurf modeler. Simulasi perencanaan boat akan dilakukan menggunakan software maxsurf stability dan maxsurf resistance. Pada bagian dalam boat ini didesain untuk memuat berbagai komponen penggerak seperti RaspberryPi, Arduino UNO, Thruster T060 (Motor), ESC, dan baterai. Data yang didapatkan oleh komponen akan di transfer ke laptop melalui Wi-Fi dengan frekuensi 2.4GHz. Hasil perancangan desain boat ini lambung katamaran paling unggul dalam hal ketahanan terhadap gelombang dan angin. Kestabilan lambung katamaran yang terdapat pada data menghasilkan hasil yang baik. Desain fisik dari lambung katamaran berhasil mengapung pada permukaan air dan mampu memuat komponen penggerak didalamnya. Hasil uji untuk rata-rata delay sistem yaitu 0.20407 ms.

Kata kunci— ASV, SolidWorks, Maxsurf, AutoCAD, RC Boat, Katamaran

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara maritim dengan dua per tiga wilayahnya terdiri dari lautan dan memiliki garis pantai sepanjang 81.290 km, menjadikannya negara dengan garis pantai terpanjang kedua di dunia setelah Kanada. Kondisi ini memberikan Indonesia potensi besar dalam sektor pariwisata bahari. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam teknologi boat dan digital-maritim yang dapat bersaing dengan teknologi pariwisata negara-negara maju melalui pemanfaatan teknologi digital yang saat ini berkembang, seperti teknologi informasi, big data, kontrol, robotika, realitas virtual, dan realitas tertambah [1].

Autonomous Surface Vehicle (ASV) adalah kendaraan robotik yang dapat beroperasi pada permukaan air, RC boat dengan teknologi Autonomous dapat menyusuri wilayah perairan yang perlu diawasi dan dipantau secara realtime [2]. Dengan teknologi kendali otomatis atau robotik pada RC boat tanpa awak, diharapkan RC boat dapat membantu, bahkan menggantikan peran manusia dalam menjalankan tugas-tugasnya.

Pada proyek akhir ini yang bertujuan untuk pelaksanaan lomba, di mana penulis akan membuat sebuah Desain RC Boat Autonomous Surface Vehicle (ASV), desain ini di harapkan mampu diandalkan dan dapat menjalankan tugas-tugasnya dengan baik. Desain RC boat ini akan berbentuk katamaran agar memiliki kestabilan dan kapasitas yang baik. Desain fisik dari RC boat ini akan memiliki struktur RC boat yang ringan namun kuat, dan mampu untuk menangani berbagai kondisi cuaca, dan rintangan pada permukaan air. Pada bagian dalam RC Boat akan di desain dapat menyimpan berbagai komponen seperti RaspberryPi, Arduino UNO, Thruster T060 (Motor), ESC, dan Baterai

II. KAJIAN TEORI

A. Hukum Archimedes

Ketika sebuah benda dicelupkan ke dalam zat cair, benda tersebut akan mengalami gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkan oleh benda tersebut. Benda-benda yang dimasukkan ke dalam fluida memiliki berat yang lebih ringan dibandingkan saat berada di luar fluida. Misalnya, sebuah batu besar mungkin sulit diangkat dari tanah tetapi terasa lebih mudah diangkat dari dasar sungai. Banyak benda, seperti kayu, mengapung di permukaan air. Hal ini menunjukkan adanya gaya lain yang bekerja pada benda tersebut, melawan gaya gravitasi. Gaya tersebut disebut gaya apung atau gaya ke atas [3].

Menurut prinsip Archimedes, besarnya gaya tekan keatas adalah :

$$F_a = w_f - \rho \cdot V \cdot g$$

F_a adalah gaya ke atas atau gaya apung. Jika benda memiliki kerapatan massa ρ_b dan fluida memiliki kerapatan ρ_f , maka perbandingan antara berat benda dengan gaya ke atasnya adalah sebagai berikut:

1. Jika $\rho_b > \rho_f$, maka $w > F_a$, sehingga benda tenggelam.
2. Jika $\rho_b = \rho_f$, maka $w = F_a$, sehingga benda melayang dalam fluida.
3. Jika $\rho_b < \rho_f$, maka $w < F_a$, sehingga benda mengapung

Menurut prinsip Archimedes, jika massa jenis suatu benda lebih kecil daripada massa jenis zat cair, maka benda tersebut akan mengapung dalam fluida [4].

B. Remote Control

Remote kontrol atau yang sering disebut pengendali jarak jauh adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengoperasikan mesin dari kejauhan. Biasanya, pengendali jarak jauh ini digunakan untuk memberikan instruksi dari jarak jauh kepada perangkat elektronik [5].

C. Wi-Fi

Wi-Fi singkatan dari Wireless Fidelity, adalah sekumpulan standar yang digunakan untuk Jaringan Lokal Nirkabel (Wireless Local Area Networks - WLAN) yang didasarkan pada spesifikasi IEEE 802.11. Standar terbaru dari spesifikasi ini termasuk 802.11a dan 802.11b, serta spesifikasi yang lebih baru seperti 802.11g yang saat ini sedang dalam pengembangan. Spesifikasi terbaru tersebut menawarkan banyak peningkatan, mulai dari cakupan yang lebih luas hingga kecepatan transfer yang lebih tinggi. Awalnya, Wi-Fi dirancang untuk penggunaan perangkat nirkabel dan Jaringan Area Lokal (LAN) [6].

D. Autonomous Surface Vehicle

Autonomous Surface Vehicle atau ASV adalah RC Boat tanpa awak yang mampu bergerak dari satu lokasi ke lokasi lain dengan bantuan sebuah sistem navigasi berupa waypoint di mana titik lokasi telah ditentukan sebelumnya. ASV telah digunakan untuk berbagai operasi militer sejak perang dunia ke dua [7]. Dengan kemampuan Autonomous, RC boat dapat menyusuri wilayah perairan yang perlu untuk diawasi dan dipantau secara realtime.

E. SolidWorks

SolidWorks adalah salah satu CAD (Computer Aided Design) 3D yang menggunakan platform Windows. Software ini dikembangkan oleh Solidworks Corporation, yang merupakan anak perusahaan dari Dassault System, S.A. Solidworks menyediakan featured-based parametric, solid modeling dan bergerak pada pemodelan 3D. SolidWorks digunakan untuk membantu mendesain benda kerja sederhana hingga kompleks. SolidWorks memiliki fitur yang easy-to-use dibandingkan dengan aplikasi CAD yang lain. Software ini juga cocok untuk dipelajari oleh orang-orang yang baru untuk melakukan desain [8].

F. Maxsurf

Maxsurf adalah software freeware yang digunakan dalam mendesain sebuah model RC boat. Terdapat beberapa software di dalam Maxsurf antara lain, hydromax, hull speed, seakeeper, workshop, dan hydormax. Software Maxsurf sendiri digunakan untuk membuat lines plan dalam bentuk 3D. model RC boat dapat dilihat potongan station, buttock, shear, dan 3D-nya. Maxsurf Resistance pada dasarnya adalah program prediksi resistensi. Sejumlah metode berbasis regresi dan satu metode analitis dapat digunakan untuk memprediksi resistensi bentuk lambung [9].

1. Maxsurf Stability

Maxsurf Stability adalah salah satu modul dari software Maxsurf yang dikembangkan oleh Bentley System. Perangkat ini digunakan untuk menganalisis kestabilan boat, membantu desainer memastikan bahwa desain boat memenuhi syarat stabilitas dan kriteria keselamatan.

2. Maxsurf Resistance

Maxsurf Resistance adalah salah satu modul dari software Maxsurf yang dikembangkan oleh Bentley System. Perangkat ini digunakan untuk memprediksi hambatan lambung boat, yang merupakan parameter penting dalam menentukan efisiensi bahan bakar dan kinerja boat

3. Maxsurf Modeler

Maxsurf Modeler adalah salah satu perangkat lunak yang di kembangkan oleh Bentley System untuk mendesain dan menganalisis lambung boat serta struktur apung lainnya. Perangkat ini memungkinkan untuk membuat dan memodifikasi bentuk lambung dengan akurasi tinggi.

G. Lambung RC Boat

Lambung RC boat adalah bagian RC boat yang berguna untuk memberikan daya apung RC boat. Daya apung berfungsi untuk memberikan kekuatan dalam menopang beban yang berasal dari isi muatan RC boat. Lambung RC boat menyediakan daya apung yang dapat mencegah RC boat untuk tenggelam. Rancang bangun lambung RC boat merupakan salah satu hal penting karena mempengaruhi kondisi RC Boat seperti stabilitas dan kecepatan [10].

1. Lambung Monohull

Kapal konvensional telah digunakan selama bertahun-tahun dengan bentuk lambung monohull. Namun, perkembangan terbaru telah menciptakan banyak alternatif berbeda. Oleh karena itu, pemilihan tipe lambung menjadi masalah penting pada tahap desain awal kapal [11].

2. Lambung Katamaran

Lambung katamaran adalah sebuah lambung ganda atau twin hull, di mana kedua lambung tersebut dihubungkan oleh konstruksi geladak yang kokoh. Geladak ini dirancang untuk menangani momen lentur dan gaya geser yang besar yang bekerja di sepanjang garis tengah RC boat [12].

3. Lambung Trimaran

Trimaran adalah lambung yang terdiri dari sebuah lambung utama (main hull/vaka) dan dua lambung katir (outrigger/ama) yang relatif kecil, yang terhubung ke lambung utama dengan penumpu samping (lateral struts [13].

H. AutoCAD

AutoCAD merupakan alat pembelajaran interaktif yang efektif untuk menyampaikan materi dan melibatkan interaksi dalam proses belajar. Program ini dapat diterapkan di berbagai bidang pekerjaan, khususnya dalam desain, dan memerlukan keterampilan khusus dalam teknik menggambar. Dibandingkan metode konvensional, desain menggunakan AutoCAD lebih efektif, efisien, akurat, dan mudah dimodifikasi [14].

I. Titik Stabilitas

Posisi titik berat boat akan tetap konstan selama tidak ada perubahan pada bobot boat, baik melalui penambahan, pengurangan, atau pergeseran bobot. Jika ada penambahan bobot, titik berat boat akan bergeser sejajar dengan titik berat bobot yang ditambahkan. Sebaliknya, jika ada pengurangan bobot, titik berat boat akan bergerak ke arah yang berlawanan dari bobot yang diangkat. Jika terjadi pergeseran bobot, titik berat Boat akan bergeser sejajar dengan pergeseran bobot tersebut. Titik Tekan Boat / Bouyancy (B) Titik apung Boat, atau pusat daya apung, adalah titik di boat yang merupakan pusat dari semua gaya tekan ke atas yang bekerja pada bagian boat yang terendam di dalam air. Gaya tekan ini bekerja

secara vertikal ke atas. Posisi titik tekan Boat terus berubah sesuai dengan kondisi kemiringan oar [15].

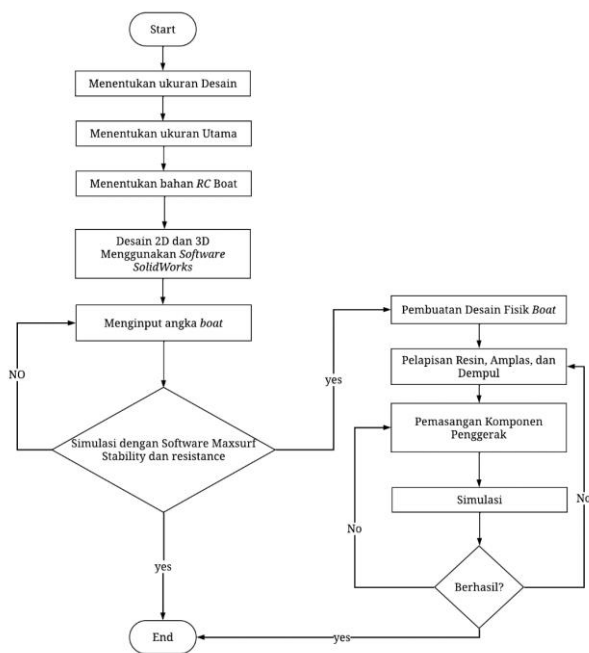
III. METODE

A. Deskripsi Desain ASV

keseimbangan yang baik sangat penting agar RC boat dapat bergerak dengan stabil dan efisien di atas permukaan air, bahkan dalam kondisi yang kurang ideal. Penempatan komponen harus direncanakan dengan cermat untuk memastikan distribusi berat yang merata, yang akan membantu dalam menjaga kestabilan Boat selama beroperasi. Dengan desain yang tepat, RC boat diharapkan mampu mempertahankan keseimbangannya dan terus bergerak dengan lancar meskipun dihadapkan pada tantangan gelombang yang tidak terduga.

Secara keseluruhan, RC boat ini diharapkan memiliki desain yang mengutamakan keseimbangan, kekuatan, dan efisiensi ruang untuk menampung semua komponen penggerak yang dibutuhkan. Desain yang matang dan perencanaan yang cermat diharapkan akan memberikan performa yang unggul, menjadikan RC boat ini kompetitif dalam setiap perlombaan yang diikutinya

B. Proses Pengerjaan



GAMBAR 1
Skenario Pengerjaan

Pada Gambar 1, disajikan skenario lengkap pengerjaan desain RC boat, yang mencakup seluruh tahapan dari pembuatan desain 3D hingga realisasi desain fisiknya. Dalam skenario pengerjaan ini, terdapat dua proses utama yang akan dilakukan. Proses pertama adalah pembuatan desain menggunakan software maxsurf dan software solidworks. Proses kedua adalah pembuatan desain secara fisik, di mana desain digital yang telah dibuat diimplementasikan menjadi bentuk fisik. Kedua proses ini saling berkaitan dan harus dilakukan secara berurutan untuk memastikan bahwa desain RC boat yang dihasilkan tidak hanya akurat secara digital,

tetapi juga dapat direalisasikan dengan baik dalam bentuk fisik.

C. Desain ASV

1. Desain 2D pada Software AutoCAD

Desain ini dibuat dengan menggunakan satuan meter. Desain ini memiliki panjang keseluruhan boat adalah 65 cm, yang setara dengan 0,65 meter, lebar boat adalah 25 cm atau 0,25 meter, dan tinggi boat adalah 7 cm atau 0,07 meter



GAMBAR 2
Desain Bagian Samping Software AutoCAD

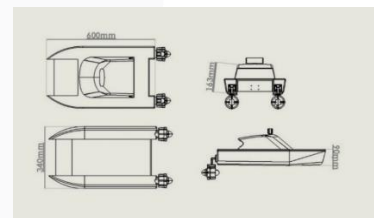


GAMBAR 3
Desain Bagian Depan Software AutoCAD

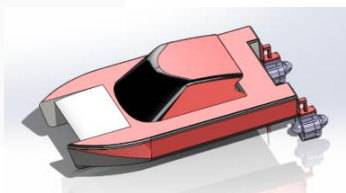
2. Desain RC Boat Menggunakan Software SolidWorks

Pada software solidworks ukuran desain RC boat dirancang dengan semua bagian terpasang, seperti thruster, tutup boat, dan webcam. Pada desain di solidworks . hasil yang di dapatkan pada software solidWorks berspesifikasi :

- | | |
|-------------------------------|----------|
| 1. Panjang | : 600 mm |
| 2. Lebar | : 340 mm |
| 3. Tinggi RC Boat Keseluruhan | : 163 mm |
| 4. Tinggi Badan RC Boat | : 90 mm |



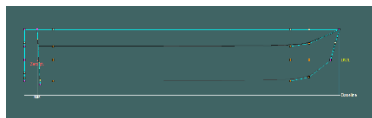
GAMBAR 4
Desain Drawing 2D Software SolidWorks



GAMBAR 5
Desain 3D Software SolidWorks

3. Desain Lambung Katamaran Pada Software Maxsurf Modeler

Pada software Maxsurf, desain yang telah di buat pada software AutoCAD dan solidWorks akan di import menjadi file *IGS atau *IGES . Pada software ini dapat menentukan DWL atau Design Waterline atau Draft Waterline. DWL merujuk pada garis air desain atau garis yang sudah direncanakan ketika boat berada dalam kondisi memiliki muatan.

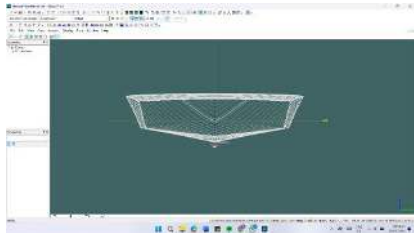


GAMBAR 6
Desain 2D Software Maxsurf Modeler

4. Data Hidrostatik *Boat*

Untuk menentukan stabilitas boat, penulis menggunakan metode kurva hidrostatik. Kurva hidrostatik digunakan untuk menunjukkan hubungan antara berat boat dan posisi vertikalnya di dalam air. Kurva ini menggambarkan stabilitas boat untuk kembali ke posisi semula ketika terkena gelombang atau angin.

5. Lambung Monohull



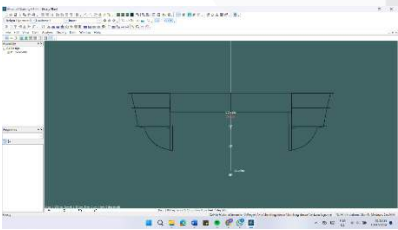
GAMBAR 7
Lambung Trimaran

Monohull hanya memiliki satu lambung besar yang membentang dari haluan menuju buritan. Lambung ini yang akan memberikan stabilitas dan daya apung utama untuk boat

TABEL 1
Data Hidrostatik Monohull

Draft Amidships cm	0.00	0.57	1.14	1.71	2.28	2.85	3.42	3.99	4.56	5.13
Displacement kg	0.0000	0.0338	0.2014	0.5550	1.087	1.682	2.307	2.960	3.640	4.349
Heel deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Draft at FP cm	0.00	0.57	1.14	1.71	2.28	2.85	3.42	3.99	4.56	5.13
Draft at AP cm	0.00	0.57	1.14	1.71	2.28	2.85	3.42	3.99	4.56	5.13
Draft at LCF cm	0.00	0.57	1.14	1.71	2.28	2.85	3.42	3.99	4.56	5.13
Trim (+ve by stern) cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WL Length cm	2.72	40.05	52.03	59.38	67.39	75.85	80.08	81.82	82.67	
Beam max extents on WL cm	0.00	5.44	11.22	17.48	21.10	21.80	22.08	22.87	23.06	23.64
Wetted Area cm ²	0.00	150.13	451.11	750.59	1035.08	1142.89	1240.31	1337.59	1436.55	1537.28
Waterpl. Area cm ²	0.00	147.01	441.97	739.31	1028.41	1145.80	1240.30	1337.58	1436.54	1537.27
Prismatic coeff. (Cp)	0.000	0.892	0.895	0.892	0.891	0.731	0.747	0.754	0.759	0.762
Block coeff. (Cb)	0.000	0.264	0.291	0.325	0.383	0.452	0.495	0.525	0.545	0.558
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.000	0.500	0.500	0.500	0.552	0.630	0.683	0.714	0.735	0.749
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.000	0.878	0.749	0.756	0.819	0.833	0.838	0.828	0.832	0.838
LCB from zero pt. (+ve fwd) cm	33.07	30.05	26.82	25.10	24.54	24.73	25.02	25.31	25.61	25.91
LCF from zero pt. (+ve fwd) cm	33.07	28.78	24.74	23.80	24.56	25.47	26.08	26.62	27.18	27.68
KB cm	0.20	0.41	0.62	0.82	1.01	1.19	1.37	1.55	1.72	1.89
KG cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BML cm	0.06	1.93	17.06	28.80	28.85	20.41	16.26	13.90	12.36	11.32
GML cm	284.23	384.08	389.28	279.78	199.12	145.91	119.79	97.14	84.61	76.06
GML cm	0.28	8.04	17.88	30.02	30.26	22.35	18.56	16.48	15.26	14.63
KM cm	0.28	8.04	17.88	30.02	30.26	22.35	18.56	16.48	15.26	14.63
KM cm	284.44	384.40	379.10	277.02	200.73	147.85	118.08	99.73	87.72	79.31
Immersion (TPC) tonne/cm	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
MTC tonne/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
RM at 1 deg = GML Disp sin(1) kg/cm	0.00	0.00	0.00	0.29	0.57	0.68	0.75	0.85	0.97	1.10
Max deck inclination deg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

D. Lambung Katamaran



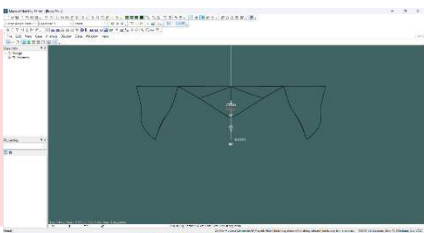
Gambar 8 Lambung Katamaran

Katamaran terdiri dari dua lambung sejajar yang terhubung oleh struktur atau dek di atasnya. Katamaran merupakan salah satu jenis kapal multihull dan memiliki keunggulan dibandingkan dengan kapal monohull (lambung tunggal).

TABEL 2 Data Hidrostatik Katamaran

Draft Amidships cm	0.00	0.57	1.14	1.71	2.28	2.85	3.42	3.99	4.56	5.13
Displacement kg	0.0000	0.0464	0.1829	0.3762	0.6076	0.8658	1.144	1.436	1.743	2.084
Heel deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Draft at FP cm	0.00	0.57	1.14	1.71	2.28	2.85	3.42	3.99	4.56	5.13
Draft at AP cm	0.00	0.57	1.14	1.71	2.28	2.85	3.42	3.99	4.56	5.13
Draft at LCF cm	0.00	0.57	1.14	1.71	2.28	2.85	3.42	3.99	4.56	5.13
Trim (+ve by stern) cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WL Length cm	2.30	59.20	63.37	65.44	67.30	67.44	67.50	67.55	67.59	67.72
Beam max extents on WL cm	0.00	20.66	22.39	23.48	24.24	24.82	25.28	25.67	26.01	27.95
Wetted Area cm ²	0.01	232.54	446.87	630.93	802.40	968.93	1132.77	1293.28	1451.42	1613.35
Waterpl. Area cm ²	0.00	167.25	289.46	366.66	420.89	459.69	489.74	514.41	535.36	561.07
Prismatic coeff. (Cp)	0.282	0.793	0.880	0.906	0.909	0.924	0.933	0.937	0.940	0.941
Block coeff. (Cb)	0.000	0.065	0.110	0.140	0.159	0.177	0.191	0.202	0.212	0.209
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.004	0.130	0.159	0.181	0.198	0.212	0.223	0.233	0.233	0.229
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.000	0.137	0.204	0.239	0.250	0.275	0.287	0.297	0.305	0.349
LCB from zero pt. (+ve fwd) cm	1.62	25.86	29.50	30.89	31.63	32.03	32.26	32.44	32.51	32.55
LCF from zero pt. (+ve fwd) cm	1.75	28.88	31.72	32.56	32.99	33.05	33.00	32.91	32.80	32.76
KB cm	0.00	0.39	0.76	1.10	1.45	1.78	2.11	2.44	2.76	3.10
KG cm	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13
BML cm	275761.98	335.21	161.78	105.32	77.84	61.16	50.49	42.94	37.39	42.28
GML cm	785.85	1021.96	528.02	342.30	248.88	192.57	155.15	129.47	110.58	114.14
GML cm	275756.85	336.47	161.40	101.30	73.95	57.81	47.38	40.24	35.02	40.25
KM cm	789.72	1017.22	523.65	338.27	246.29	188.22	152.13	126.78	108.21	112.12
KM cm	275761.98	335.60	162.53	106.43	79.08	62.94	52.51	45.37	40.15	45.38
Immersion (TPC) tonne/cm	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
MTC tonne/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
RM at 1 deg = GML Disp sin(1) kg/cm	0.00	0.27	0.50	0.67	0.78	0.87	0.95	1.01	1.07	1.46
Max deck inclination deg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

E. Lambung Trimaran



GAMBAR 9
Lambung Trimaran

Trimaran memiliki tiga lambung yang sejajar. Trimaran merupakan salah satu dari kapal multihull dan memiliki keunggulan dibandingkan dengan kapal monohull

1. Data *Stability Boat*

Tabel 3
Data Hidrostatik Trimaran

Draft Amidships cm	0.00	0.57	1.14	1.71	2.28	2.85	3.42	3.99	4.56	5.13
Displacement kg	0.0000	0.6303	0.1130	0.2388	0.4033	0.5945	0.8410	1.165	1.570	2.003
Heel deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Draft at FP cm	0.00	0.57	1.14	1.71	2.28	2.85	3.42	3.99	4.56	5.13
Draft at AP cm	0.00	0.57	1.14	1.71	2.28	2.85	3.42	3.99	4.56	5.13
Draft at LCF cm	0.00	0.57	1.14	1.71	2.28	2.85	3.42	3.99	4.56	5.13
Trim (+ve by stern) cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WL Length cm	0.00	69.73	69.73	69.73	69.73	69.00	69.00	69.00	69.00	69.00
Beam max extents on WL cm	0.00	21.37	27.42	23.20	23.65	23.74	23.66	23.62	23.80	24.03
Wetted Area cm ²	0.00	173.87	337.00	493.88	546.51	600.68	662.37	7361.96	1636.24	1913.78
Waterpl. Area cm ²	0.00	89.60	181.22	250.78	306.12	353.56	405.25	454.71	503.43	561.82
Prismatic coeff. (Cp)	0.000	0.834	0.925	0.929	0.926	0.951	0.949	0.945	0.943	0.942
Block coeff. (Cb)	0.000	0.641	0.672	0.689	0.122	0.132	0.156	0.168	0.217	0.250
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.044	0.670	0.107	0.132	0.155	0.194	0.220	0.259	0.297	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.000	0.670	0.135	0.161	0.217	0.229	0.316	0.407	0.490	0.573
LCB from zero pt. (+ve fwd) cm	0.00	27.87	27.70	27.73	27.75	27.74	27.66	27.59	27.53	27.50
LCF from zero pt. (+ve fwd) cm	0.00	27.87	27.72	27.75	27.76	27.70	27.41	27.35	27.36	27.48
KB cm	8.50	0.38	0.75	1.11	1.47	1.83	2.21	2.63	3.06	3.48
KG cm	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30
BML cm	0.00	352.16	176.99	117.11	84.62	63.30	47.46	36.54	29.47	24.49
GML cm	0.00	899.60	425.56	279.34	202.17	157.88	152.20	129.89	128.13	114.57
GML cm	-12.80	348.27	173.43	113.92	81.79	60.63	45.37	34.69	28.18	23.67
KM cm	0.00	895.67	422.02	275.15	199.35	155.41	150.12	128.02	124.88	113.75
KM cm	8.50	352.57	177.73	118.22	86.09	65.13	49.67	39.18	32.48	27.97
Immersion (TPC) tonne/cm	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
MTC tonne/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
RM at 1 deg = GML Disp sin(1) kg/cm	0.00	0.18	0.34	0.48	0.58	0.63	0.67	0.71	0.77	0.85
Max deck inclination deg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

F. Lambung Monohull

TABEL 4
Stability Monohull

Heel to Starboard and deg	-30.0	-20.0	-10.0	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0	150.0
GZ cm	-8.91	-7.11	-4.43	0.00	4.43	7.11	8.91	9.18	8.95	8.28	7.27	6.00	4.52	2.90	1.19	-0.52	-2.18	-3.73	-5.10
Area under GZ curve from zero heel to deg	191.3	32.25	23.12	0.000	23.12	32.25	191.3	291.1	342.9	438.8	506.7	570.2	625.9	663.1	683.9	689.9	673.4	643.7	599.9
Displacement kg	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
Draft at FF cm	-1.02	0.36	1.22	1.64	1.22	0.36	-1.02	-3.09	-5.00	-6.00	-6.70	-7.00	-6.93	-6.50	-5.80	-4.80	-3.50	-2.00	-0.30
Draft at AP cm	-1.02	0.36	1.22	1.64	1.22	0.36	-1.02	-3.09	-5.00	-6.00	-6.70	-7.00	-6.93	-6.50	-5.80	-4.80	-3.50	-2.00	-0.30
WL Length cm	49.08	49.58	50.08	50.58	51.08	51.58	52.08	52.58	53.08	53.58	54.08	54.58	55.08	55.58	56.08	56.58	57.08	57.58	58.08
Beam max extents on WL cm	12.22	12.83	14.16	16.87	14.16	12.83	12.22	11.18	9.63	8.16	6.70	5.22	4.82	4.07	5.89	7.49	8.46	9.38	
Wetted Area cm ²	500.0	501.0	502.0	503.0	504.0	505.0	506.0	507.0	508.0	509.0	510.0	511.0	512.0	513.0	514.0	515.0	516.0	517.0	518.0
Waterplane Area cm ²	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8
Prismatic coeff (Cp)	0.722	0.728	0.703	0.683	0.703	0.722	0.743	0.742	0.716	0.703	0.696	0.690	0.686	0.684	0.676	0.685	0.688	0.684	0.684
Block coeff (Cb)	0.311	0.370	0.539	0.703	0.539	0.370	0.311	0.324	0.368	0.421	0.462	0.489	0.483	0.423	0.388	0.318	0.266	0.240	0.242
LCB from zero pt (eve heel) cm	21.30	22.06	23.56	25.23	23.56	22.06	21.30	21.38	21.73	22.13	22.52	22.91	23.31	23.74	24.24	24.63	25.56	26.41	27.44
LCP from zero pt (eve heel) cm	23.49	24.07	24.18	23.85	24.18	24.07	23.49	23.58	23.68	24.10	24.25	24.37	24.45	24.52	24.56	24.67	25.10	25.00	27.04
Max deck deck on deg	20.00	20.00	15.00	0.000	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00	130.00	140.00	150.00
Trim angle (eve by stern) deg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Pada tabel diatas, dijelaskan mengenai stabilitas dari lambung monohull. Pada baris pertama terdapat GZ yang merupakan titik penegak kapal agar kembali ke posisi semula yang digambarkan dengan perpindahan titik G saat keseimbangan berubah ke titik G' setelah mengalami kemiringan. Pada -30 derajat (bergerak ke sumbu -x) di dapatkan jarak antara titik penegak kapal dan daya apung sejauh -8.61 cm.

G. Lambung Katamaran

TABEL 5
Data Stability Katamaran

	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
GZ cm	-5.6	-7.25	-8.95	0	8.95	7.25	5.6	3.65	2.33	1.1	-0.9	-1.78	-2.43	-2.93	-3.28	-3.49	-3.56	-3.49	-3.22
Area under GZ curve from zero heel to deg	201.53	130.48	51.862	0	51.869	130.41	201.53	243.50	290.32	337.82	380.36	419.32	454.56	476.72	485.87	481.93	464.92	434.22	
Displacement kg	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Draft at FF cm	-2.72	-0.36	1.64	2.26	1.64	-0.36	-2.72	-5.63	-8.72	-10.39	-10.57	-9.65	-8.44	-6.91	-5.44	-4.04	-2.64	-1.24	-0.30
Draft at AP cm	-2.72	-0.36	1.64	2.26	1.64	-0.36	-2.72	-5.63	-8.72	-10.39	-10.57	-9.65	-8.44	-6.91	-5.44	-4.04	-2.64	-1.24	-0.30
WL Length cm	67.53	67.52	67.52	67.52	67.52	67.51	70.43	66.45	65.83	64.90	63.28	61.47	59.03	56.47	53.03	48.22	42.00	34.83	26.83
Beam max extents on WL cm	12.25	11.89	12.25	24.22	22.05	11.89	12.25	11.46	10.16	8.76	7.36	5.97	4.58	3.17	1.76	0.35	0.00	0.00	0.00
Wetted Area cm ²	643.41	576.37	530.08	797.19	530.08	576.37	643.41	667.73	687.73	693.04	684.82	667.05	643.04	614.26	583.87	563.32	530.51	504.85	
Waterplane Area cm ²	363.86	273.02	264.34	493.15	264.35	273.02	363.86	436.14	511.03	533.64	553.17	562.31	562.0	556.31	544.75	527.83	505.11	480.26	
Prismatic coeff (Cp)	0.917	0.929	0.936	0.939	0.939	0.929	0.917	0.896	0.862	0.834	0.808	0.784	0.762	0.742	0.724	0.706	0.688	0.670	0.652
Block coeff (Cb)	0.304	0.271	0.125	0.125	0.125	0.304	0.365	0.454	0.517	0.565	0.606	0.639	0.653	0.646	0.615	0.563	0.491	0.400	0.285
LCL from zero pt (eve heel) cm	32.51	32.43	32.32	32.61	32.32	32.43	32.51	32.56	32.7	33.04	33.36	33.64	33.85	33.91	33.63	33.05	32.02	30.44	28.1
LCP from zero pt (eve heel) cm	32.52	32.51	32.51	32.51	32.51	32.51	32.51	32.54	32.44	32.59	32.44	32.65	32.57	32.52	32.02	31.35	30.29	28.84	26.82
Max deck deck on deg	30	20	10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Trim angle (eve by stern) deg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Pada tabel diatas, dijelaskan mengenai stabilitas dari lambung katamaran. Pada baris pertama terdapat GZ yang merupakan titik penegak kapal agar kembali ke posisi semula yang digambarkan dengan perpindahan titik G saat keseimbangan berubah ke titik G' setelah mengalami kemiringan. Pada -30 derajat (bergerak ke sumbu -x) di dapatkan jarak antara titik penegak kapal dan daya apung sejauh -5.6 cm.

H. Lambung Trimaran

TABEL 6
Data Stability Trimaran

Heel to Starboard and deg	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
GZ cm	8.18	5.16	0.53	0.00	0.53	5.16	8.18	8.58	8.64	8.26	7.50	6.38	5.00	3.42	1.61	-0.37	-2.18	-3.73	-5.10
Area under GZ curve from zero heel to deg	191.3	32.25	23.12	0.000	23.12	32.25	191.3	291.1	342.9	438.8	506.7	570.2	625.9	663.1	683.9	689.9	673.4	643.7	599.9
Displacement kg	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
Draft at FF cm	-1.02	0.36	1.22	1.64	1.22	0.36	-1.02	-3.09	-5.00	-6.00	-6.70	-7.00	-6.93	-6.50	-5.80	-4.80	-3.50	-2.00	-0.30
Draft at AP cm	-1.02	0.36	1.22	1.64	1.22	0.36	-1.02	-3.09	-5.00	-6.00	-6.70	-7.00	-6.93	-6.50	-5.80	-4.80	-3.50	-2.00	-0.30
WL Length cm	59.73	59.73	59.73	59.73	59.73	59.73	59.73	59.73	59.73	59.73	59.73	59.73	59.73	59.73	59.73	59.73	59.73	59.73	59.73
Beam max extents on WL cm	12.73	11.28	12.54	13.73	12.54	11.28	12.73	12.54	11.28	10.08	8.81	7.43	6.50	5.50	4.50	3.50	2.50	1.50	0.50
Wetted Area cm ²	535.7	532.0	530.0	530.0	530.0	532.0	535.7	540.0	538.0	535.0	531.0	526.0	520.0	513.0	504.0	493.0	480.0	465.0	448.0
Waterplane Area cm ²	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8	441.8
Prismatic coeff (Cp)	0.722	0.728	0.703	0.683	0.703	0.722	0.743	0.742	0.716	0.703	0.696	0.690	0.686	0.684	0.676	0.685	0.688	0.684	0.684
Block coeff (Cb)	0.311	0.370	0.539	0.703	0.539	0.370	0.311	0.324	0.368	0.421	0.462	0.489	0.483	0.423	0.388	0.318	0.266	0.240	0.242
LCL from zero pt (eve heel) cm	27.38	27.81	27.63	27.76	27.63	27.81	27.38	27.23	27.04	26.77	26.63	26.30	26.14	25.88	25.28	24.62	23.82	22.86	21.72
LCP from zero pt (eve heel) cm	27.34	27.47	27.64	27.76	27.64	27.47	27.34	27.10	26.87	26.67	26.40	26.14	25.88	25.52	25.00	24.27	23.29	22.03	20.58
Max deck deck on deg	30	20	10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Trim angle (eve by stern) deg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Pada tabel diatas, dijelaskan mengenai stabilitas dari lambung trimaran. Pada baris pertama terdapat GZ merupakan titik penegak kapal agar kembali ke posisi semula yang digambarkan dengan perpindahan titik G saat keseimbangan berubah ke titik G' setelah mengalami kemiringan. Pada -30 derajat (bergerak ke sumbu -x) di dapatkan jarak antara titik penegak kapal dan daya apung sejauh -8.19 cm.

1. Data Kebutuhan Power

I. Lambung Monohull

TABEL 7
Data Resistance Monohull

no	speed (kn)	foede No. LWL	Froude No. Vol	Savitsky Planning Power
1	1	0.214	0.471	-
2	1.225	0.262	0.577	-
3	1.45	0.31	0.683	-
4	1.675	0.358	0.789	-
5	1.9	0.406	0.895	-
6	2.125	0.454	1.001	-
7	2.35	0.502	1.107	-
8	2.575	0.55	1.213	-
9	2.8	0.598	1.319	-
10	3.025	0.646	1.425	0.003
11	3.25	0.694	1.531	0.004
12	3.475	0.742	1.637	0.004
13	3.7	0.79	1.743	0.005
14	3.925	0.838	1.849	0.006
15	4.15	0.886	1.955	0.007
16	4.375	0.934	2.061	0.009
17	4.6	0.982	2.167	0.01
18	4.825	1.03	2.273	0.011
19	5.05	1.078	2.379	0.013
20	5.275	1.126	2.485	0.014
21	5.5	1.174	2.591	0.016
22	5.725	1.222	2.697	0.018
23	5.95	1.27	2.803	0.02
24	6.175	1.319	2.909	0.022
25	6.4	1.367	3.015	0.024
26	6.625	1.415	3.121	0.026
27	6.85	1.463	3.227	0.029
28	7.075	1.511	3.333	0.031
29	7.3	1.559	3.439	0.034
30	7.525	1.607	3.545	0.036
31	7.75	1.655	3.651	0.039
32	7.975	1.703	3.756	0.042
33	8.2	1.751	3.862	0.045
34	8.425	1.799	3.968	0.048
35	8.65	1.847	4.074	0.051
36	8.875	1.895	4.18	0.054
37	9.1	1.943	4.286	0.058
38	9.325	1.991	4.392	0.061
39	9.55	2.039	4.498	0.065
40	9.775	2.087	4.604	0.069
41	10	2.135	4.71	0.073

Lambung monohull di atas pada baris ke 11, dapat dijelaskan bahwa pada kecepatan 3.250 Kn pengaruh kecepatan pada gelombang sebanyak 1.531 dengan daya yang dibutuhkan untuk mengatasi hambatan berdasarkan metode savitsky sebesar

J. Lambung Katamaran

Tabel 8 Data Power Trimaran

no	speed (km)	foude No. L.WL	Froude No. Vol	Savitsky planning Resist.	Savitsky Planning Power
1	1.000	0.200	0.469	--	--
2	1.225	0.245	0.575	--	--
3	1.450	0.290	0.680	--	--
4	1.675	0.335	0.786	--	--
5	1.900	0.380	0.891	--	--
6	2.125	0.425	0.997	--	--
7	2.350	0.469	1.103	--	--
8	2.575	0.514	1.208	--	--
9	2.800	0.559	1.314	--	--
10	3.025	0.604	1.419	--	--
11	3.250	0.649	1.525	0.0	0.005
12	3.475	0.694	1.630	0.0	0.006
13	3.700	0.739	1.736	0.0	0.007
14	3.925	0.784	1.841	0.0	0.009
15	4.150	0.829	1.947	0.0	0.010
16	4.375	0.874	2.053	0.0	0.012
17	4.600	0.919	2.158	0.0	0.014
18	4.825	0.964	2.264	0.0	0.016
19	5.050	1.009	2.369	0.0	0.018
20	5.275	1.054	2.475	0.0	0.021
21	5.500	1.099	2.580	0.0	0.023
22	5.725	1.144	2.686	0.0	0.026
23	5.950	1.189	2.792	0.0	0.029
24	6.175	1.234	2.897	0.0	0.032
25	6.400	1.279	3.003	0.0	0.035
26	6.625	1.324	3.108	0.0	0.038
27	6.850	1.368	3.214	0.0	0.042
28	7.075	1.413	3.319	0.0	0.045
29	7.300	1.458	3.425	0.0	0.049
30	7.525	1.503	3.530	0.0	0.053
31	7.750	1.548	3.636	0.0	0.057
32	7.975	1.593	3.742	0.0	0.061
33	8.200	1.638	3.847	0.0	0.066
34	8.425	1.683	3.953	0.0	0.070
35	8.650	1.728	4.058	0.0	0.075
36	8.875	1.773	4.164	0.0	0.080
37	9.100	1.818	4.269	0.0	0.085
38	9.325	1.863	4.375	0.0	0.090
39	9.550	1.908	4.481	0.0	0.096
40	9.775	1.953	4.586	0.0	0.101
41	10.000	1.998	4.692	0.0	0.107

Lambung katamaran di atas pada baris ke 11, dapat dijelaskan bahwa pada kecepatan 3.250 Km pengaruh kecepatan pada gelombang sebanyak 1.525 dengan daya yang dibutuhkan untuk mengatasi hambatan berdasarkan metode savitsky sebesar 0.005 kW.

K. Lambung Trimaran

TABEL 9
Data Resistance Trimaran

no	speed	foude No. L.WL	Froude No. Vol	Savitsky planning	Savitsky Planning
1	1	0.204	0.469	--	--
2	1.225	0.25	0.606	--	--
3	1.45	0.295	0.717	--	--
4	1.675	0.341	0.828	--	--
5	1.9	0.387	0.94	--	--
6	2.125	0.433	1.051	--	--
7	2.35	0.479	1.162	--	--
8	2.575	0.525	1.273	--	--
9	2.8	0.571	1.385	--	--
10	3.025	0.616	1.496	--	--
11	3.25	0.662	1.607	0	0.004
12	3.475	0.708	1.719	0	0.005
13	3.7	0.754	1.83	0	0.006
14	3.925	0.8	1.941	0	0.008
15	4.15	0.846	2.052	0	0.009
16	4.375	0.891	2.164	0	0.01
17	4.6	0.937	2.275	0	0.012
18	4.825	0.983	2.386	0	0.014
19	5.05	1.029	2.497	0	0.016
20	5.275	1.075	2.609	0	0.018
21	5.5	1.121	2.72	0	0.02
22	5.725	1.167	2.831	0	0.022
23	5.95	1.212	2.943	0	0.024
24	6.175	1.258	3.054	0	0.027
25	6.4	1.304	3.165	0	0.029
26	6.625	1.35	3.276	0	0.032
27	6.85	1.396	3.388	0	0.035
28	7.075	1.442	3.499	0	0.039
29	7.3	1.487	3.61	0	0.041
30	7.525	1.533	3.722	0	0.044
31	7.75	1.579	3.833	0	0.048
32	7.975	1.625	3.944	0	0.051
33	8.2	1.671	4.055	0	0.055
34	8.425	1.717	4.167	0	0.059
35	8.65	1.763	4.279	0	0.062
36	8.875	1.808	4.389	0	0.066
37	9.1	1.854	4.5	0	0.071
38	9.325	1.9	4.612	0	0.075
39	9.55	1.946	4.723	0	0.08
40	9.775	1.992	4.834	0	0.085
41	10	2.038	4.946	0	0.09

Lambung trimaran di atas pada baris ke 11, dapat dijelaskan bahwa pada kecepatan 3.250 Km pengaruh kecepatan pada gelombang sebanyak 1.607 dengan daya yang dibutuhkan untuk mengatasi hambatan berdasarkan metode savitsky sebesar 0.004 kW.

L. Komunikasi dan Penempatan Komponen

Komponen penggerak yang akan di letakan di dalam boat ada baterai, buck converter, arduino UNO, raspberry Pi, dan ESC. Buck Converter berfungsi sebagai komponen yang menurunkan tegangan sumber daya, yaitu baterai. Raspberry Pi berfungsi untuk memproses data untuk navigasi dan deteksi warna, selanjutnya komponen ini akan memberikan perintah kepada Arduino UNO. Arduino UNO berfungsi sebagai pusat kontrol yang akan mengelola input dan output dari pin digital maupun analog. Terakhir ESC yang berperan sebagai pengontrol kecepatan yang akan di salurkan pada thruster.

Sistem ini terdiri dari tiga komponen utama: Laptop, Raspberry Pi, dan Arduino, yang terkoneksi secara real-time. Laptop akan berfungsi sebagai pusat pemrosesan utama yang mengolah data, menghidupkan dan mematikan boat, mengontrol pergerakan boat dalam mode manual, memproses video jalur pergerakan berdasarkan balon merah dan hijau, serta menampilkan monitor kamera.

Raspberry Pi berperan sebagai server yang meneruskan data dari Arduino dan kamera ke laptop. Balon warna merah dan hijau akan digunakan sebagai jalur karena memiliki visibilitas tinggi dan kontras yang jelas, sehingga memudahkan deteksi oleh sensor kamera dan mata manusia. Arduino bekerja menggerakkan baling-baling boat (Thruster) melalui ESC (Electronic Speed Controller) berdasarkan perintah dari Raspberry Pi dan mengirimkan status perintah, arah boat, dan tegangan yang dihasilkan kembali ke Raspberry Pi

Sistem RC Boat ini bekerja dengan kamera yang mengambil video jalur, mengirimnya ke Raspberry Pi melalui Wi-Fi, yang di teruskan ke laptop. Laptop memproses video menggunakan pemodelan warna HSV dan library OpenCV untuk mendeteksi warna merah dan hijau. Jika warna merah terdeteksi, laptop akan mengirim perintah ke Arduino melalui Raspberry Pi dalam bentuk data PWM. Komunikasi dari laptop ke Raspberry Pi menggunakan Wi-Fi, sementara dari Raspberry Pi ke Arduino menggunakan komunikasi serial. Arduino kemudian meneruskan perintah ke Thruster melalui ESC, yang memungkinkan boat bergerak sesuai perintah

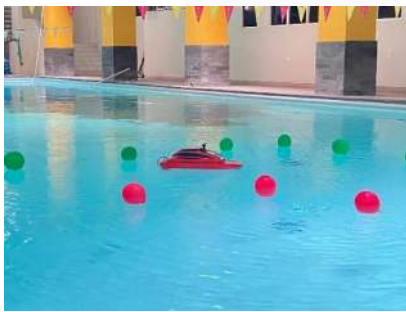


GAMBAR 10
Penempatan Komponen

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian desain boat dilakukan di kolam renang GKU (Gedung Kuliah Umum) Universitas Telkom pada tanggal 6 Juni 2024. Fokus utama dalam pengujian ini adalah menguji kestabilan boat saat melaju di permukaan air. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa desain boat mampu mempertahankan stabilitasnya ketika menghadapi kondisi operasional yang sebenarnya. Boat yang diuji telah dilengkapi dengan berbagai komponen penggerak dan kontrol, termasuk Arduino UNO untuk pengendalian, RaspberryPi untuk pemrosesan data, Thruster T060 (Motor) sebagai penggerak utama, Electronic Speed Controller (ESC) untuk mengatur kecepatan motor, webcam untuk pengawasan visual, buck converter untuk mengatur tegangan listrik, dan baterai sebagai sumber daya.

Pengujian desain boat dilakukan di kolam renang GKU (Gedung Kuliah Umum) Universitas Telkom pada tanggal 6 Juni 2024. Fokus utama dalam pengujian ini adalah menguji kestabilan boat saat melaju di permukaan air. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa desain boat mampu mempertahankan stabilitasnya ketika menghadapi kondisi operasional yang sebenarnya. Boat yang diuji telah dilengkapi dengan berbagai komponen penggerak dan kontrol, termasuk Arduino UNO untuk pengendalian, RaspberryPi untuk pemrosesan data, Thruster T060 (Motor) sebagai penggerak utama, Electronic Speed Controller (ESC) untuk mengatur kecepatan motor, webcam untuk pengawasan visual, buck converter untuk mengatur tegangan listrik, dan baterai sebagai sumber daya.



Gambar 11 Pengujian Desain Fisik di Kolam Renang GKU

A. Perbandingan Lambung pada Software Maxsurf *Stability* dan *Resistance*.

Lambung Monohull

- Displacement: 0.0338 kg (draft 0.57 cm) hingga 4.349 kg (draft 5.13 cm)

- Draft : 0.57 cm hingga 5.13 cm

b. Lambung Katamaran

- Displacement : 0.0464 kg (draft 0.57 cm) hingga 2.084 kg (draft 5.13 cm)

- Draft : 0.57 cm hingga 5.13 cm

c. Lambung Trimaran

- Displacement : 0.0303 kg (draft 0.57 cm) hingga 2.053 kg (draft 5.13 cm)

- Draft : 0.57 cm hingga 5.13 cm

Dari data yang terlihat pada Tabel hidrostatik monohull, katamaran, dan trimaran. Lambung monohull memiliki displacement terbesar pada draft maksimum, yang menunjukkan kemampuan untuk menampung muatan lebih banyak. Lambung katamaran memiliki displacement draft maksimum lebih rendah dibandingkan monohull, tetapi

stabilitas lateralnya lebih baik karena distribusi berat di dua lambung. Lambung trimaran memberikan stabilitas yang baik pada lateral maupun longitudinal, karena displacement pada draft maksimum sedikit lebih rendah dibandingkan katamaran. Dengan ketiga lambung, lambung trimaran memiliki stabilitas yang baik, terutama dalam kondisi begelombang dan berangin.

Untuk kekuatan power dari masing-masing lambung

a. Lambung Monohull

- Kecepatan : 3.250 Kn

- Pengaruh Kecepatan pada Gelombang : 1.531

- Daya yang dibutuhkan untuk mengatasi hambatan : 0.004 kW

b. Lambung Katamaran

- Kecepatan : 3.250 Kn

- Pengaruh Kecepatan pada Gelombang : 1.525

- Daya yang dibutuhkan untuk mengatasi hambatan : 0.005 kW

c. Lambung Trimaran

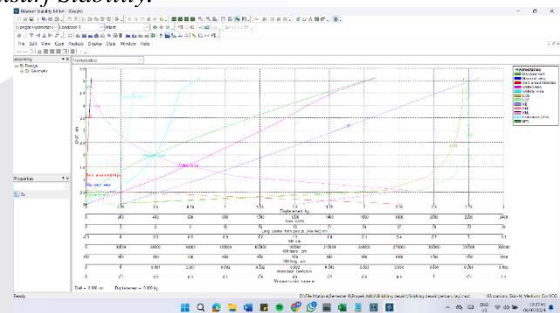
- Kecepatan : 3.250 Kn

- Pengaruh Kecepatan pada Gelombang : 1.607

- Daya yang dibutuhkan untuk mengatasi hambatan : 0.004 kW

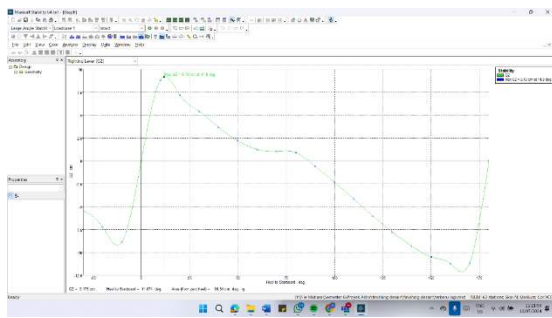
Dari sisi daya yang dibutuhkan untuk mengatasi hambatan, lambung monohull dan trimaran memerlukan daya yang sama yaitu 0.004 kW, sementara untuk lambung katamaran memerlukan daya yang sedikit lebih tinggi yaitu 0.005 kW. Dari segi power lambung monohull dan trimaran memiliki keunggulan yang sama, yang lebih rendah dari lambung katamaran. Ketahanan terhadap gelombang lambung katamaran memiliki pengaruh paling rendah yaitu 1.525, yang menunjukkan ketahanan yang baik terhadap pengaruh gelombang dibandingkan lambung monohull dan trimaran

B. Hasil Simulasi *Hidrostatic* dan *Stability* pada Software *Maxsurf Stability*.



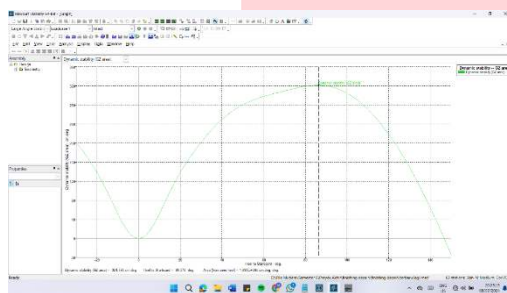
GAMBAR 12
Grafik Data Hidrostatik

Untuk menentukan stabilitas boat, menggunakan metode grafik hidrostatik. Dengan menggunakan grafik hidrostatik penulis dapat mensimulasikan bagian badan boat yang akan tenggelam kedalam air. Sebelum di simulasikan pada maxsurf stability, desain di berikan garis DWL atau Design Waterline di mana garis ini akan menunjukkan batas di mana permukaan air seharusnya mencapai ketika boat diisi oleh beban. Dengan tinggi boat 12 cm, garis DWL yang di simulasikan pada maxsurf stability setinggi 5.13 cm.



GAMBAR 13
Kurva Righting Lever (GZ)

Dari hasil simulasi, nilai maksimum GZ tercatat pada angka 9.1 cm pada sudut kemiringan 11.8 derajat. Ini berarti bahwa pada kemiringan 11.8 derajat, boat mencapai kemampuan maksimalnya untuk kembali ke posisi tegak, dengan momen pengembali sebesar 9.1 cm.



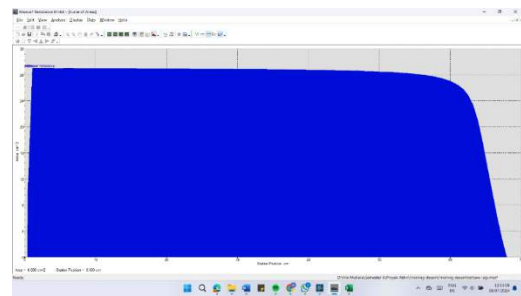
GAMBAR 14
Kurva Dynamic Stability

GZ adalah jarak horizontal antara pusat gravitasi Boat (G) dan titik di mana gaya apung bekerja (Z). Ketika boat mengalami kemiringan, titik G berpindah ke posisi baru, yang disebut G', sebagai respons terhadap perubahan keseimbangan boat. Perpindahan ini menciptakan momen yang cenderung mengembalikan Boat ke posisi tegak.

C. Hasil Simulasi *Hidrostatic* dan *Stability* pada *Software Maxsurf Resistance*.

Dari hasil simulasi menggunakan metode savitsky, kebutuhan power boat dengan menggunakan maxsurf resistance dengan kecepatan boat di plot pada rentang 0 – 10 knots dan menghasilkan Analisis grafik pada grafik, sumbu X menunjukkan kecepatan boat dalam satuan knot (kn), sumbu Y menunjukkan daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan boat dalam satuan kilowatt (kW).

Curve of Areas adalah kurva yang menampilkan luas penampang melintang (cross-sectional areas) sepanjang boat. Sumbu X menunjukkan panjang boat dari haluan ke buritan, sedangkan sumbu Y menunjukkan luas penampang melintang pada berbagai titik sepanjang boat. Bentuk dan distribusi dari luas penampang mempengaruhi bagaimana air mengalir di sekitar lambung.



GAMBAR 15
Curve of Area

D. Hasil pengujian Komunikasi

Hasil dari pengujian komunikasi, berdasarkan hasilnya sistem mampu untuk mendeteksi balon berwarna hijau dan merah. Ketika kamera mendeteksi balon berwarna hijau, sistem yang terhubung ke thruster akan mengarahkan boat berbelok ke kanan. Begitu juga sebaliknya, jika kamera mendeteksi balon berwarna merah, maka sistem yang terhubung ke thruster akan mengarahkan boat berbelok ke kiri. Sistem juga akan meneruskan intruksi ke modul pengolahan gambar agar memastikan boat dapat menghindari objek tersebut dengan tepat dan efektif.

```
Green Detected in Middle - Turning Right
Sent command: D
Green Detected in Middle - Turning Right
Sent command: D
Green Detected in Middle - Turning Right
Sent command: D
Green Detected in Middle - Turning Right
Sent command: D
Green Detected in Middle - Turning Right
Sent command: D
Green Detected in Middle - Turning Right
Sent command: D
Green Detected in Middle - Turning Right
Sent command: D
Green Detected in Middle - Turning Right
Sent command: D
Green Detected in Middle - Turning Right
Sent command: D
```

GAMBAR 16
Kamera Mendeteksi Warna Hijau

```
Sent command: A
Red Detected in Middle - Turning Left
Sent command: A
Red Detected in Middle - Turning Left
Sent command: A
Red Detected in Middle - Turning Left
Sent command: A
Red Detected in Middle - Turning Left
Sent command: A
Red Detected in Middle - Turning Left
Sent command: A
Red Detected in Middle - Turning Left
Sent command: A
Red Detected in Middle - Turning Left
Sent command: A
Red Detected in Middle - Turning Left
Sent command: A
Red Detected in Middle - Turning Left
Sent command: A
```

GAMBAR 17
Kamera Mendeteksi Warna Merah

Untuk menghitung rata-rata delay pada boat akan digunakan rumus :

$$\text{Rata - rata delay} = \frac{\sum \text{delay tiap paket}}{n}$$

keterangan :

M. $\sum$ Delay tiap paket = total dari semua delay yang diukur untuk setiap paket yang dikirim.

N. n = jumlah paket yang dikirim dan di ukur delaynya.\

O. Hasil dari delay dalam satuan s (second). Untuk mengonversi ke dalam ms (millisecond) dikali 1000.

TABEL 10
Delay Software Wireshark

No.	Source	Destination	Protocol	Length	Time delta from previous displayed frame
1	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.008163
2	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.291511
3	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.006797
4	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.647559
5	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.010918
6	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.236733
7	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.009999
8	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.588895
9	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.026117
10	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.274419
11	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.007412
12	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.59283
13	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.008529
14	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.291784
15	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.008763
16	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.616537
17	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.022804
18	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.250757
19	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.007409
20	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.593863
21	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.008847
22	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.342852
23	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.010064
24	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.540808
25	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.007356
26	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.354614
27	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.011105
28	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.604242
29	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.023188
30	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.197028
31	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.007008
32	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.593572
33	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.010677
34	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.29282
35	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.007364
36	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.590645
37	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.008082
38	172.20.10.2	172.20.10.3	VNC	127	0.315127
39	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.008113
40	172.20.10.2	172.20.10.3	TCP	54	0.016338
Rata-rata Delay					0.000204075

Pada hasil Tabel 9 memaparkan hasil analisis delay dari data yang di ambil pada software Wireshark menggunakan komunikasi Wi-Fi. Pada Tabel dapat di lihat rata-rata delay yang didapatkan sebesar 0.204075 ms. IP yang digunakan pada tabel merupakan IP static. Penggunaan dari IP static bertujuan untuk memastikan akses ke server aman, terbatas, dan menghindari tabrakan alamat IP.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Simulasi hidrostatik menunjukkan bahwa RC boat dengan beban sebesar 2 kg akan tenggelam hingga kedalaman 5,13 cm. Hasil ini memberikan indikasi tentang bagaimana Boat berinteraksi dengan air ketika diberi beban tambahan. Righting lever menunjukkan bahwa nilai maksimum GZ (righting arm) tercatat pada angka

9,3 cm dengan sudut kemiringan sebesar 12,7 derajat. Ini berarti bahwa pada sudut kemiringan 12,7 derajat

2. Hasil simulasi kebutuhan daya yang menggunakan metode savitsky menunjukkan bahwa pada kecepatan 0-4 knot, daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan Boat relatif kecil. Namun, daya yang dibutuhkan meningkat secara signifikan pada rentang kecepatan 4-7 knot, dan meningkat lebih besar lagi pada rentang kecepatan 7-10 knot. Grafik Curve of Areas menampilkan luas penampang melintang sepanjang boat, yang mempengaruhi bagaimana air mengalir di sekitar lambung.
3. pengujian dan simulasi menunjukkan bahwa desain RC boat mampu mempertahankan stabilitas dan beroperasi sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah ditentukan.
4. 4. Lambung katamaran adalah yang paling unggul dalam hal ketahanan terhadap gelombang, menunjukkan stabilitas yang sangat baik dan nyaman untuk kehidupan sehari-hari, meskipun membutuhkan daya sedikit lebih tinggi untuk mengatasi hambatan. Lambung monohull dan trimaran sama-sama efisien dalam hal daya yang dibutuhkan untuk mengatasi hambatan.

B. Saran

1. Melakukan pengujian lebih lanjut dengan menggunakan berbagai beban dan kondisi air yang berbeda untuk memastikan bahwa desain RC boat memiliki kestabilan yang baik dalam berbagai situasi operasional.
2. Membuat desain RC boat yang lebih modular dan dapat dikustomisasi agar memudahkan dalam mengganti atau menambahkan komponen sesuai dengan kebutuhan pengguna tanpa harus merombak seluruh struktur boat.
3. Memaksimalkan penggunaan bahan fisik dalam pembuatan desain RC boat agar desain fisik memiliki ketahanan yang baik dan lebih tahan lama. Pertimbangkan penggunaan bahan alternatif yang lebih kuat dan ringan, seperti serat karbon atau bahan komposit lainnya.
4. Melakukan analisis lebih lanjut untuk perbandingan pada lambung monohull, katamaran, dan trimaran, seperti stabilitas, kapasitas muatan, kemampuan navigasi dalam berbagai kondisi cuaca, agar dapat menentukan keunggulan dan kelemahan relatif dari masing-masing tipe lambung dalam konteks penggunaan yang berbeda-beda.
5. Memasukkan pengujian menggunakan teknologi LoRa dan modul Bluetooth, lakukan analisis terhadap lambung monohull, katamaran, dan trimaran akan menjadi lebih mendalam dan akurat. Teknologi ini memungkinkan pengumpulan dan analisis data yang lebih detail dan real-time

REFERENSI

- [1] S. M. P. Andi Haris Muhammad, S. M. Dr. Eng. Gerry Liston Putra, S. M. Dr. Eng. I Putu Sindhu Asmara, S. M. Prof. Dr. Eng. Hartono Yudo, S. M. Sunardi, S. M. Hasanudin and D.-I. P. Ir. Hendro Nurhadi, PEDOMAN KONTES KAPAL CEPAT TAK BERAWAK NASIONAL (KKCTBN) TAHUN 2023, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, 2023.

- [2] A. I. Ahmada, Wahyudi and E. Handoyo, "IMPLEMENTASI PENGENDALI PID UNTUK NAVIGASI AUTONOMOUS BERBASIS GLOBAL POSITIONING SYSTEM PADA PURWARUPA AUTONOMOUS SURFACE VEHICLE," *TRANSIENT*, vol. 9, no. 4, p. 574, 16 Agustus 2020.
- [3] Edison, "Perancangan Sepeda Air Untuk Kendaraan Wisata Alam Lembah Harau," *jurnal.umsb.ac.id*, vol. 4, no. 2, pp. 339 - 347, 2021.
- [4] A. A. N. Aprianty, D. Darllys and A. Rusdinar, "Rancang Bangun Sistem Kendali Kapal Autonomus Berbasis Raspberry Zero W Guna Mendukung Penelitian Autonomus Fish Feeder Swarm Boat Di Laboratorium Inacos Universitas Telkom," *e-Proceeding of Applied Science*, vol. 9, no. 3, pp. 1181 - 1191, 2023.
- [5] M. Septyan and M. Ir. Achmat Taufik, "MODEL KAPAL CEPAT FUEL ENGINE YANG DIGERAKAN DENGAN REMOTE CONTROL," *eprints.itn.ac.id*, 2019.
- [6] H. Nugroho and S. A. Siagian, "ANALISIS BANDWIDTH JARINGAN WIFI STUDI KASUS DI TELKOM JAKARTA PUSAT," *Jurnal ICT Penelitian dan Penerapan Teknologi*, vol. 4, no. 6, pp. 35-43.
- [7] T. Beatriz, "repository.its.ac.id," 16 Agustus 2020. [Online]. Available: https://repository.its.ac.id/79070/1/06111640000128-Undergraduate_Thesis.pdf. [Accessed 16 06 2024].
- [8] U. A. Dahlan, Pengantar SolidWorks, Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan, 2022.
- [9] T. Karyono, M. E. Prayitno, Ruddianto, Budianto and I. D. Cahyo, "Perancangan Kapal Keroncong Orchestra sebagai Wahana Wisata Air Surabaya Tempo Doeloe," *SEMINAR MASTER*, p. 62, 2018.
- [10] Satoto and W. Supto, "Perancangan Lambung Kapal Tanpa Awak Sebagai Alat Bantu Survei di Kepulauan Riau," *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, vol. 16, no. 1, p. 9, 2019.
- [11] Sulistianingtyas, Alamanda, Amiruddin and W. M. Parlindungan, "Analisa Pengaruh Perubahan Bentuk Lambung Monohull Menjadi Catamaran Terhadap Stabilitas Kapal," *JURNAL TEKNIK PERKAPALAN*, vol. 7, no. 2, pp. 99 - 106, 2019.
- [12] D. Chrismianto, A. B. Arswendo and S. Yusup, "Pengaruh Variasi Bentuk Hull Kapal Catamaran Terhadap Besar Hambatan Total Menggunakan CFD," vol. 11, no. 2, pp. 99-100, 2014.
- [13] Naramurti, R. M. Radhityo, Arswendo, Berlian, Santosa and A. W. Budi, "PERANCANGAN KAPAL TRIMARAN UNTUK PENGHUBUNG PANTAI - PANTAI WISATA DI KABUPATEN PACITAN," *E-Journal UNDIP*, vol. 4, no. 1, pp. 237 - 245, 2016.
- [14] M. Santi Widiastuti S.T., "Desain Grafis S1 Stekom," 5 Januari 2022. [Online]. Available: <https://desain-grafis-s1.stekom.ac.id/informasi/baca/Fungsi-Autocad-Beserta-Fiturnya/8ab5d9bd8cdcbc45785495fd7be28918177dec3>. [Accessed 5 Juli 2024].
- [15] D. Wijaya, "Analisis Stabilitas Statis Terhadap Gerak Rolling Pada Perancangan Kapal Baru," *Jurnal Hidrodinamika Kapal Jurusan Teknik Perkapalan*, vol. 0, no. 0, pp. 1-13, 2021.