



Design Of Bus Material On Amphibious Bus As An Alternative Mass Transportation To Overcome Traffic Congestion In Jakarta Metropolitan

Sonia Aprilya¹, Sovian Aritonang², Ardan Nagra Coutsar³

^{1,2,3}Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia

Abstract

Received: 04 Januari 2024
Revised : 11 Januari 2024
Accepted: 18 Januari 2024

According to the Central Statistics Agency of the DKI Jakarta Province, the number of motor vehicles in DKI Jakarta in 2021 reached 21,758,695 units, with motorcycles dominating at 16 million. With a land area of 64.5 km², traffic congestion is inevitable. Because of this condition, this study proposes a mass transportation means that can pass through land and water, namely the Amphibious Bus. When in water, the most important part of a ship is the hull. Some requirements that must be met to design a ship's hull include being lightweight, corrosion-resistant, fire-resistant, and safe and comfortable for passengers. Several materials are considered as materials for amphibious buses, namely low carbon steel, aluminium, Fiberglass Reinforced Plastic, Stainless Steel. From the AHP comparison, low carbon steel and FRP have advantages in compressive strength, tensile strength, and bending strength compared to other materials. Meanwhile, aluminum has the advantage of corrosion resistance compared to other materials.

Keywords: AHP, Aluminium, Advanced Material

(*) Corresponding Author: Sonia.aprilya@gmail.com

How to Cite: Aprilya, S., Aritonang, S., & Coutsar, A. N. (2024). Design Of Bus Material On Amphibious Bus As An Alternative Mass Transportation To Overcome Traffic Congestion In Jakarta Metropolitan. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10537223>

INTRODUCTION

Tidak dapat dipungkiri bahwa kepadatan penduduk yang semakin meningkat berdampak pada perkembangan sebuah kota, diiringi dengan kebutuhan infrastruktur publik yang memadai. Menurut Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta, jumlah kendaraan bermotor di DKI Jakarta pada tahun 2021 mencapai 21.758.695 unit, dengan jumlah sepeda motor mencapai 16 juta. Dengan luas wilayah 64,5 km², kemacetan lalu lintas tidak dapat dihindari. Melihat kondisi tersebut, penelitian ini mengusulkan sebuah alat transportasi massal yang dapat melewati jalur darat dan air, yaitu Bus Amfibi.

Rinaldi telah merancang bus sekolah amfibi untuk mengangkut siswa di Kepulauan Seribu, Jakarta Utara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa dapat dengan aman menyeberangi laut dan berpergian di darat untuk mencapai sekolah menggunakan Bus Sekolah Amfibi. Penelitian dimulai dengan menentukan kapasitas bus, yaitu jumlah siswa di Pulau Untung. Setelah mendapatkan muatan, dimensi utama dan berat mati kendaraan dihitung. Perhitungan teknis untuk bus amfibi dilakukan, termasuk perencanaan rute, tata letak umum, pengaturan, dan biaya. Kesimpulannya, Bus Sekolah Amfibi dapat mengangkut siswa SMA, dengan dimensi utama kapal Panjang (LBP) = 14,27 m, Lebar (B) = 2,5 m, Tinggi (H) = 4,0 m, Draft (T) = 1,0 m, dan Biaya konstruksi platform sebesar Rp 2.393.414.848,59 [7].

Ma'ruf telah meneliti tentang pengembangan Kanal Banjir Timur Semarang sebagai sistem transportasi wisata air dan pengendali banjir. Penelitian ini bertujuan

menganalisis apakah Kanal Banjir Timur dapat digunakan sebagai pengendali banjir dan sistem transportasi wisata air di Kota Semarang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wisata sungai dapat dilakukan dengan menggunakan dua speedboat terbuka dengan panjang 8 m, lebar 2,2 m, dan draft 0,4 m, serta diintegrasikan dengan bus shuttle terbuka dua lantai. Biaya operasional kapal adalah Rp 1.052.717.443 per tahun, termasuk investasi, pengelolaan, dan pemeliharaan, dengan 8 perjalanan per hari. Tarif per penumpang untuk satu perjalanan adalah Rp 18.208

Bus Amfibi dirancang untuk mengatasi masalah kemacetan lalu lintas di DKI Jakarta, dengan kelebihan dapat beroperasi di darat maupun di air dan juga dapat berintegrasi dengan moda transportasi massal yang sudah ada di DKI Jakarta, seperti Transjakarta, KRL, MRT, dan LRT. Untuk memenuhi persyaratan desain Bus Amfibi, lambung kapal harus terbuat dari material yang kuat. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi untuk mendesain lambung kapal antara lain ringan, tahan korosi, tahan api, serta aman dan nyaman bagi penumpang, sehingga memudahkan tugas pengemudian Bus Amfibi dan meminimalisir resiko atau tingkat kecelakaan.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan material yang ideal untuk bus amfibi, khususnya lambung bus amfibi, yang dapat melewati sungai-sungai di DKI Jakarta dengan massa yang ringan sehingga memudahkan perjalanan di darat maupun di air.

METHODS

Metode yang diterapkan dalam studi ini adalah pendekatan berbasis kualitatif dengan mengolah data dari kuesioner. Data tambahan diperoleh dari wawancara detil dengan narasumber yang berkepentingan langsung pada fenomena yang sedang diteliti, serta melalui observasi aktif untuk memahami lebih dalam. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu studi literatur, *Balanced Scorecard* dan *Analytical Hierarchy Process*.

AHP (Analytical Hierarchy Process) adalah sebuah metode pengambilan keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty pada tahun 1980-an. Metode ini membantu dalam menangani isu-isu kompleks dan tidak terstruktur dengan menguraikannya menjadi komponen-komponen yang lebih kecil dan kemudian mensintesis komponen tersebut untuk menentukan keputusan terbaik. AHP menggunakan perbandingan berpasangan untuk menilai preferensi dan prioritas relatif dari kriteria dan subkriteria yang diberikan. Keunggulan AHP termasuk kemampuannya untuk mengakomodasi perbandingan kualitatif dan kuantitatif, memfasilitasi diskusi kelompok, dan memeriksa konsistensi respons. AHP menyediakan pendekatan terstruktur yang membantu pengambil keputusan mempertimbangkan berbagai sudut pandang dan konsekuensi potensial, menghasilkan keputusan yang lebih terinformasi dan berkualitas lebih tinggi.

RESULTS & DISCUSSION

Results

Baja karbon ringan telah menjadi bahan pilihan bagi berbagai aplikasi industri selama beberapa dekade, termasuk dalam industri otomotif. Karakteristik

mekanik dan sifat-sifat material dari baja karbon ringan membuatnya menjadi bahan yang menarik, terutama untuk kendaraan amfibi.

Baja karbon ringan memiliki keunggulan dalam hal kekuatan dan ketahanan dibandingkan dengan banyak jenis baja lainnya. Keunggulan ini memastikan bahwa kendaraan yang menggunakan material ini memiliki durabilitas yang lebih baik terhadap benturan, tekanan, dan kondisi lingkungan yang keras. Terlebih lagi, baja karbon ringan menawarkan ketahanan korosi yang memadai, khususnya ketika dilapisi atau diberi perlakuan tertentu, yang penting untuk kendaraan amfibi yang sering beroperasi di lingkungan air garam.

Meskipun demikian, ada juga tantangan dalam penggunaan baja karbon ringan. Salah satunya adalah beratnya yang relatif tinggi dibandingkan dengan material komposit atau aluminium. Berat ini bisa menambah beban pada kendaraan, terutama saat beroperasi di air. Namun, dengan perancangan yang tepat, hal ini bisa diatasi. Penggunaan baja karbon ringan juga memerlukan pemeliharaan rutin untuk mencegah korosi, terutama di lingkungan yang sangat asin atau korosif. Namun, dengan perlindungan seperti cat anti-korosi atau pelapis lainnya, masa pakai material ini bisa diperpanjang.

Aluminium telah lama dikenal sebagai salah satu material pilihan utama dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam pembuatan kendaraan amfibi. Ringannya, ketahanan korosi, dan kekuatan struktural membuat aluminium menjadi bahan yang sangat cocok untuk keperluan tersebut. Salah satu keunggulan aluminium adalah bobotnya yang ringan. Bobot yang lebih ringan dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar dan memperluas jangkauan operasional kendaraan amfibi. Selain itu, dengan bobot yang lebih ringan, aluminium memungkinkan kapasitas muatan yang lebih besar tanpa mengorbankan kecepatan atau manuverabilitas.

Tidak hanya bobotnya yang ringan, tetapi ketahanan korosi aluminium, terutama ketika dihadapkan pada lingkungan air tawar dan air garam, menjadikannya pilihan ideal untuk kendaraan amfibi. Aluminium, khususnya jenis yang dilapisi atau diterapkan dengan perlakuan khusus, dapat bertahan lama meskipun sering terpapar air dan faktor korosif lainnya. Namun, terdapat beberapa pertimbangan ketika menggunakan aluminium, bahwa meskipun aluminium memiliki kekuatan yang cukup untuk aplikasi kendaraan amfibi, dalam beberapa kasus, material ini dapat mengalami deformasi jika terkena benturan keras. Oleh karena itu, pemilihan paduan aluminium yang tepat dan desain struktural yang optimal sangat penting.

Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) telah muncul sebagai salah satu material unggulan dalam dunia perancangan dan produksi kendaraan amfibi. Kombinasi dari serat kaca yang diperkuat dengan matriks polimerik memberikan FRP sifat mekanik yang luar biasa dan ketahanan lingkungan yang optimal (Suchart Siengchin, 2023). Salah satu keunggulan utama FRP adalah bobotnya yang ringan. (S. Bondan T. 2021) menekankan bahwa dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan material konvensional lainnya, FRP dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar dan memungkinkan desain kendaraan yang lebih aerodinamis dan hidrodinamis, meningkatkan kecepatan serta manuverabilitas.

Selain itu, FRP menawarkan resistensi luar biasa terhadap korosi, terutama dalam lingkungan asin yang khas pada aplikasi amfibi. Mengingat seringnya kendaraan amfibi beroperasi di antara lingkungan air tawar dan air garam,

ketahanan korosi ini sangat penting untuk memastikan daya tahan dan umur panjang kendaraan.

Stainless steel, dikenal dengan sifat anti-korosi dan ketahanannya, telah menjadi pilihan populer bagi banyak aplikasi industri, termasuk dalam pembuatan kendaraan amfibi. Stainless steel memberikan kombinasi kekuatan, ductility, dan resistensi korosi yang menjadikannya kandidat potensial untuk kendaraan yang harus beroperasi di lingkungan yang menantang, terutama yang berhubungan dengan air garam.

Stainless steel menawarkan keunggulan dalam hal resistensi terhadap korosi, khususnya di lingkungan air laut. Kendaraan amfibi sering kali dikenai perubahan kondisi, berpindah dari air tawar ke air garam. Dalam kondisi ini, stainless steel menunjukkan performa yang luar biasa dalam hal durabilitas dan pemeliharaan.

Beberapa jenis stainless steel bisa menjadi rapuh pada suhu rendah, sehingga memerlukan pemilihan spesifik jenis baja yang tepat sesuai dengan kondisi operasional. Selain itu, bobot stainless steel yang relatif berat dapat menjadi pertimbangan dalam desain kendaraan, terutama yang berkaitan dengan efisiensi bahan bakar dan kecepatan.

Hasil Analisis Hierarki Proses

Untuk pemilihan material bus amfibi, kita bisa mengadopsi pendekatan *Balanced Scorecard* dengan mengadaptasi empat perspektif tradisional: kekuatan mekanik (KD), Ketahanan terhadap Air dan Korosi (KK), Berat Material (BM), Ketersediaan dan Biaya Material (KB), dan Kemudahan Pengolahan (KP). Hasil pembobotan prioritas pengendalian proses dapat dilihat pada Tabel 1.1 :

Table 1.1 Bobot dan Prioritas Perspektif

No.	Kriteria	Bobot	Prioritas
1	Kekuatan Mekanik (KD)	0,28	1
2	Ketahanan terhadap Air dan Korosi (KK)	0,26	2
3	berat material (BM)	0,22	3
4	ketersediaan dan biaya material (KB)	0,16	4
5	Kemudahan Pengolahan (KP)	0,08	5
	CR = 0,007		

Dari hasil analisis diatas menunjukkan bahwa prioritas pertama pada pemilihan material untuk bus amfibi yaitu kekuatan mekanik pada material dengan bobot poin 0,28. Selanjutnya pada prioritas kedua yaitu material harus memiliki ketahanan terhadap air dan korosi yang tinggi dengan bobot poin 0,26 dan pada prioritas ketiga yaitu berat material yang dapat mempengaruhi berat kendaraan saat di air dengan bobot point 0,22. Disusul oleh ketersediaan dan biaya material yang ada dengan bobot poin 0,16, sedangkan kemudahan pengolahan berada di posisi prioritas terakhir dengan bobot poin 0,08.

Dalam subkriteria ketahanan terhadap air dan korosi, bobot tertinggi diberikan pada ketahanan terhadap korosi, karena kondisi lingkungan amfibi cenderung mengakibatkan korosi pada material. Subkriteria lainnya, seperti kekuatan mekanik dan kemudahan pengolahan, juga memiliki peran penting dalam pemilihan material yang tepat untuk bus amfibi.

Perspektif Kekuatan Mekanik

Dalam perspektif kekuatan mekanik, terdapat material yang diperhitungkan bobotnya yaitu Baja Karbon Rendah (BKR), Alumunium (AL), *Fiberglass Reinforced Plastic (FRP)*, dan *Stainless Steel (SS)*.

Table 2. Bobot Perspektif Kekuatan Mekanik

	BKR	AL	FRP	SS
BKR	1	3	0,20	5
AL	0,33	1	0,15	3
FRP	5	7	1	7
SS	0,20	0,33	0,15	1

Perspektif Ketahanan terhadap Korosi

Dalam perspektif ketahanan terhadap korosi, terdapat material yang diperhitungkan bobotnya yaitu Baja Karbon Rendah (BKR), Alumunium (AL), *Fiberglass Reinforced Plastic (FRP)*, dan *Stainless Steel (SS)*.

Table 3 Bobot perspektif Ketahanan pada Air dan Korosi

	BKR	AL	FRP	SS
BKR	1	0,25	2	0,33
AL	4	1	5	2
FRP	0,50	0,20	1	0,25
SS	3	0,50	4	1

CONCLUSION

Setelah melakukan Analisis Hierarki Proses (AHP) dengan mempertimbangkan lima perspektif kunci, yaitu Kekuatan Mekanik (KD), Ketahanan terhadap Air dan Korosi (KK), Berat Material (BM), ketersediaan dan biaya material (KB), dan Kemudahan Pengerjaan (KP), ditemukan beberapa temuan kunci:

1. Alumunium, menunjukkan kinerja terbaik dalam hal Ketahanan terhadap Korosi (KK) dan Kemudahan Pengelolaan (KP). Namun, dari segi ketersediaan dan Biaya Material (KB), Alumunium cenderung lebih mahal dibandingkan dengan beberapa material lainnya.
2. Baja Karbon Rendah, Meskipun memiliki kekuatan dan durabilitas yang memadai, baja karbon rendah kurang tahan terhadap korosi dan membutuhkan perlindungan tambahan, seperti pelapisan, untuk meningkatkan ketahanannya.
3. *Fiberglass Reinforced Plastic (FRP)* memiliki bobot yang ringan dan tahan terhadap korosi tetapi mungkin kurang dalam kekuatan dan durabilitas dibandingkan dengan material logam.
4. *Stainless Steel* menawarkan kombinasi baik dari kekuatan, durabilitas, dan ketahanan terhadap korosi, tetapi bisa lebih berat dan mahal dibandingkan dengan material lainnya.

Dari hasil agregat bobot dari kelima perspektif tersebut, Alumunium menunjukkan nilai agregat tertinggi, yang menunjukkan bahwa material ini paling cocok untuk digunakan pada bus amfibi. Namun, perlu diperhatikan juga aspek biaya dan kemungkinan perlunya kombinasi material untuk mendapatkan kinerja terbaik. Nilai Consistency Ratio (CR) yang dihasilkan kurang dari 0,1, yang menandakan

bahwa perbandingan berpasangan yang dilakukan dalam AHP konsisten dan dapat diterima untuk pengambilan keputusan.

CONFLICT OF INTEREST

Concerning the research, authorship, and publication of this paper, the author(s) reported no potential conflicts of interest.

ACKNOWLEDGEMENT

Terima kasih kepada semua yang memberi dukungan dan saran dalam penyelesaian tulisan ini, khususnya kepada civitas akademik di Universitas Pertahanan Republik Indonesia.

REFERENCES

- BPS Jakarta. (2022). *Statistik Transportasi DKI Jakarta 2021*. Jakarta: BPS Provinsi Jakarta. [Online]. Available: jakarta.bps.go.id
- Coutsar, Aritonang, Khairuman, Aprilya. (2022). "The Design Concept of an Elcteric Amphibious Bus as an Alternative Mass Transportation On Rivers and Roads to Overcome Congestion in the Jabodetabek
- D.A. Jones, D.A. Chandler, dan K.R. Wilkie. (2017). "Corrosion Behaviour of Ship Steels in Chloride and Sulphate Environments" *Corrosion Science Journal*
- R. R. R. Rinaldi and H. A. Kurniawati. (2018). Desain Kapal Amfibi Water School Bus sebagai Sarana Transportasi Pelajar untuk Rute Pelayaran Kepulauan Seribu - Jakarta Utara, *Jurnal Teknik ITS*, vol. 7, no. 1, pp. 1 5, <https://doi.org/10.12962/i23373539.v7i1.29352>
- S. Amar Ma rruf, Adik Satya Graha and Ismiyati. (2015). Pengembangan Sungai Banjir Kanal Timur Semarang Sebagai Transportasi Sungai untuk Tujuan Wisata, *Jurnal Karya Teknik Sipil*, vol. 4, pp. 107 120
- S. Akil, R. Cahyo, A. Fathur. (2023). Simulation of vertical load bearing capability of composite sandwich core geometry using AA3003 aluminum properties, *AIP Conference Proceedings*, <https://doi.org/10.1063/5.0115459>
- S. Bondan T. (2021). *Pengantar Material Teknik*, Edisi Kedua, Bogor.
- Takashi, Y. (2018). *Green and Sustainable Manufacturing of Advanced Lightweight Aluminum Alloys*
- Suchart Siengchin. (2023). A review on lightweight materials for defence applications: Present and future developments, *Chinese Roots Global Impact*, <https://doi.org/10.1016/j.dt.2023.02.025>