



DESAIN MOBILITAS KAPAL UDARA UNHAN RI SEBAGAI MODA TRANSPORTASI MASSAL DI WILAYAH JABODETABEK

Fachmi Khoiruddin, Sovian Aritonang, Sjafrie Sjamsoedding, Gita Amperiawan

Prodi Teknologi Daya Gerak, Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan,

Universitas Pertahanan Republik Indonesia

Abstrak

Kondisi Ibukota dengan penambahan jumlah kendaraan di Jakarta yang terus meningkat tiap tahunnya tentu menjadi masalah bagi pemangku kebijakan, terlebih polusi udara yang dihadapi Ibukota Jakarta sebagai akibat pertumbuhan kendaraan yang terus meningkat tanpa adanya penambahan area jalan. Solusi yang diusulkan adalah penggunaan kapal udara hybrid sebagai moda transportasi massal. Penelitian dilakukan melalui studi literatur dan analitik pengolahan data. Kapal Udara hybrid yang dirancang yakni Kapal Udara UNHAN RI yang memiliki tujuan untuk menghubungkan Jakarta dan Bogor dengan menggunakan 12 stasiun Kereta Commuter Line. Desain mobilitas Kapal Udara UNHAN RI ini mempertimbangkan faktor aerostatis, gaya hambat, pengelolaan, gaya dinamis, rute atau pemetaan, ground handling, tambatan, serta kemampuan kapal udara. Kapal udara Unhan RI dioperasikan dengan kecepatan maksimum 130 km/jam dan ketinggian maksimum 2000 kaki. Hasil penelitian ini akan menjadi acuan dan referensi untuk keamanan dan optimalisasi mobilitas Kapal Udara UNHAN RI di masa depan. Penekanan diberikan pada faktor-faktor keamanan dan upaya untuk meminimalkan kemacetan dan polusi udara di Ibukota. Dengan demikian, kapal udara hybrid ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam mengatasi tantangan transportasi di Jakarta.

Kata Kunci: Kapal Udara, Kemacetan, Mobilitas, Transportasi Massal, Teknologi Pertahanan.

PENDAHULUAN

Moda transportasi merupakan istilah untuk menyatakan alat angkut yang digunakan untuk berpindah tempat dari satu tempat ke tempat lain. Jumlah

penduduk yang meningkat tiap tahun, menjadi faktor utama dalam perencanaan transportasi. Presentase penduduk dan jumlah penduduk sekarang dan tahun yang akan datang

*Correspondence Address : fachmikhoiruddin12@gmail.com

DOI : 10.31604/jips.v10i7.2023. 3431-3442

© 2023UM-Tapsel Press

perlu mendapat perhatian khusus dikarenakan hal ini merupakan salah satu karakteristik dalam memprediksi jumlah penumpang moda transportasi (Supit et al, 2019). Moda yang biasanya digunakan dalam transportasi dapat dikelompokkan atas moda yang berjalan di darat, berlayar di perairan laut dan pedalaman, serta moda yang terbang di udara. Moda transportasi merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam terlaksananya transportasi.

Dengan jumlah kendaraan yang semakin banyak di DKI Jakarta yakni mencapai 21,758,695 kendaraan (BPS, 2022) maka Transportasi publik massal yang dapat memecahkan masalah kemacetan, tepat waktu, nyaman dan aman merupakan dambaan setiap penduduk baik dalam kota maupun luar kota Jakarta tanpa merugikan pengguna alat transportasi lain baik umum dan pribadi. Salah satu alat transportasi public yang akan di desain untuk wilayah Jabodetabek adalah Kapal udara atau Balon udara.

Blimps atau Balon udara adalah sebuah alat transportasi jalur udara yang memerlukan udara untuk gaya angkat dan termasuk ke dalam *Lighter-Than-Air (LTA) craft* karena massanya yang cukup ringan (Hartono et al., 2022). Mereka digunakan dalam berbagai misi seperti peramalan cuaca, komunikasi, navigasi udara, eksplorasi bumi, penginderaan jauh, pemantauan lalu lintas dan kontrol, aplikasi militer, dll (Atyya et al., 2023). Pada umumnya, kapal udara dikelompokkan berdasarkan struktur fisiknya yang terbagi menjadi tiga jenis kapal udara yaitu, rigid airship, semi-rigid airship, dan non-rigid airship.

Namun baru-baru ini, telah dibuat jenis kapal udara yang mana menggunakan prinsip-prinsip udara statis. Konsep tersebut dikenal dengan sebutan hybrid airship. Berikut adalah penjelasan dari berbagai jenis kapal

udara (Ibrahim, 2015). Tidak seperti balon udara semi-rangka (misalnya Zeppelin), balon udara tanpa rangka mengandalkan gaya angkat gas (biasanya helium, daripada hidrogen) di dalam penampung gas berupa balon untuk melayang di udara dan kekuatan gaya angkat gas itu sendiri mempertahankan bentuknya (Kurniawan, 2016). Alternatif transportasi kapal udara berpotensi menjadi teknologi yang terus berubah dengan perkembangan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Ini menawarkan kemampuan teknis untuk memberikan kontribusi luas pada optimalisasi mobilitas.

Sistem gaya angkat yang diterapkan yakni menggunakan mesin atau menggunakan daya dorong dengan beberapa rotor yang dapat dikendalikan. Sistem operasi dalam keadaan yang lebih berat daripada udara dapat meniadakan kebutuhan untuk membuang ballast pada saat lepas landas dan meniadakan kebutuhan akan kehilangan gas pengangkat hidrogen. Hal ini didukung untuk segi kenyamanan sebagai transportasi masal wahana udara.

Tantangan utama yang dihadapi dalam pengembangan kapal udara saat ini adalah salah satunya pengendalian dan sistem penggerak, dengan bagaimana caranya untuk sepenuhnya mengendalikan kapal udara untuk dapat mempertahankan daya buoyance pada saat mengudara. Pengertian pesawat udara di Indonesia menurut Undang-Undang No. 83 Tahun 1958 adalah setiap alat yang dapat memperoleh daya angkat dari udara, kemudian pada Undang-Undang No. 2 Tahun 1962, pesawat udara diartikan sebagai semua alat angkut yang dapat bergerak dari atas tanah atau air ke udara atau ke angkasa atau sebaliknya.

METODE PENELITIAN

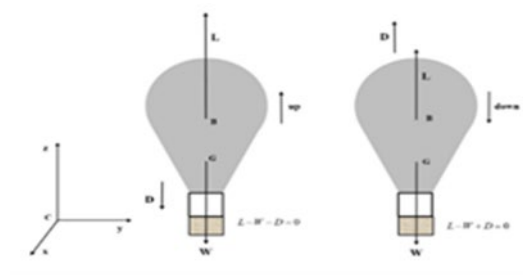
Metode Penelitian yang dilakukan terdiri dari studi literatur serta metode analitik pengolahan data. Sumber studi literatur yang digunakan berasal dari jurnal-jurnal terkait kapal udara dan sistem kapal udara dengan beberapa teknis mobilitas serta beberapa buku dan artikel yang relevan. Metode analitik pengolahan data dilakukan dengan mendapatkan data pada literatur yang menjadi sumber studi.

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menganalisis mobilitas desain kapal udara Unhan RI sebagai transportasi masal di Jabodetabek. Desain merupakan susunan garis atau bentuk yang menyempurnakan rencana kerja "seni" dengan memberi penekanan khusus pada aspek proporsi, struktur, gerak, dan keindahan secara terpadu identik dengan pengertian komposisi yang berlaku pada berbagai cabang seni, meskipun secara khusus kerap dikaji "seni terapan" (Dimitri & Bahalwan, 2021), namun penulis membatasi dan menentukan hal-hal tersebut diantaranya Aerostatis, Gaya Hambat, Pengelolaan, Gaya dinamis, Rute atau Pemetaan, Ground Handling, Tambatan, serta Kemampuan. Didorong dengan perkembangan teknologi, seperti pemilihan area dan tempat yang diperuntukkan bagi kapal udara, pengelolaan sistem dan teknis agar terlaksana dengan baik serta perhitungan dasar agar mobilitas kapal udara Unhan RI dapat beroperasi dengan lancar.

Aerostatis Kapal Udara

Pesawat, menjadi keturunan langsung dari balon teknologi, memiliki sebagai sumber utama gaya angkat yang disebut gaya angkat aerostatik, yaitu gaya angkat yang tidak tergantung pada

kecepatan penerbangan (Lutz & Wagnert, 1998).



Gambar 1. Gaya Aerostatis

Massa gravitasi (m) lebih kecil dari massa inersia (M_i) selama percepatan vertikal karena tidak termasuk massa maya dari udara ambien yang dipercepat maupun massa udara panas (gas pengangkat amplop) (Daidzic, 2021). Istilah aerostatika mengacu pada daya apung statis dari segala jenis benda yang terbenam di atmosfer, sama seperti 'hidrostatika' menggambarkan efek yang sama dalam air. Dalam kedua kasus Gaya apung ke atas sama dengan berat fluida yang dipindahkan, yang di udara dapat diambil sebagai:

$$B = V \times \rho_a \quad (1)$$

B adalah gaya apung ke atas yang bekerja pada tubuh, V adalah volume tubuh, ρ_a adalah kepadatan rata-rata atmosfer lokal yang mengelilingi kapal udara.

Berbeda dengan gaya angkat yang dihasilkan di atas permukaan sayap yang berbanding lurus dengan kuadrat kecepatan penerbangan, gaya angkat aerostatik berasal dari Prinsip Archimedes: dapat dihitung dengan mengalikan volume udara yang dipindahkan oleh gas pengangkat, dengan perbedaan kepadatan antara gas dan udara seperti itu. Itu juga sebabnya kekuatan seperti itu masih dikenal hari ini sebagai daya apung. Karena itu, hanya gas yang lebih ringan dari udara, yaitu, yang kepadatannya lebih rendah dari udara yang dapat digunakan.

Sifat-sifat atmosfer, bahkan di wilayah yang relatif kecil di mana sebuah

pesawat beroperasi, sangat bervariasi. Oleh karena itu, ini sangat berharga mungkin penting untuk pemahaman aerostatik sebuah pesawat untuk menyadari perubahan sifat-sifat atmosfer. Gaya apung ke atas yang dihasilkan oleh kapal udara sama dengan berat udara yang dipindahkan, kekuatan ini biasanya disebut sebagai "gaya angkat kotor", dan didefinisikan sebagai:

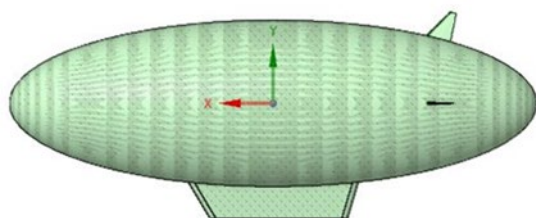
$$LG = VN \times \rho A \times g \quad (2)$$

di mana VN adalah volume bersih udara yang dipindahkan, ρA adalah kerapatan udara, dan g adalah percepatan gravitasi, disamping itu dapat menentukan koefisien gaya angkat yang diperoleh dengan menghitung aerostatik. Selain itu tentunya diperlukan koefisien gaya angkat untuk gaya aerostatis.

$$CL = \frac{\text{Gaya Angkat}}{q(vol)^{2/3}} \quad (3)$$

Kemampuan

Balon udara tergantung pada tekanan gas pengangkat yang digunakan yaitu hidrogen, Volume amplop dapat berkisar dari 1.200 hingga 12.000m³ (Gambín & Adriana, 2016). Balon udara memiliki kemampuan dalam mempertahankan bentuknya dengan tekanan yang berlebih. Perubahan volume gas pengangkat terjadi karena perubahan suhu atau terjadi perubahan ketinggian yang dikompensasikan dengan memompa udara ke ballonet untuk mempertahankan tekanan berlebih.



Gambar 2. Bentuk envelope dan keseluruhan Kapal Udara Unhan RI

Tanpa adanya tekanan berlebih yang cukup akan menjadikan balon udara kehilangan kemampuan untuk

dikemudikan dan diperlambat karena adanya peningkatan hambatan dan distorsi. Mesin penggerak baling-baling secara umum terpasang pada gondola dan pada beberapa model sebagian dapat dikemudikan.

Pengangkatan gas untuk volume tertentu, tanpa panas berlebih, terutama bergantung pada ketinggian tekanan dan kondisi suhu balon udara ini. kemurnian dari hidrogen juga berpengaruh terhadap gaya angkat kapal udara. awalnya ketinggian jelajah, kemurnian hidrogen, dan suhu kondisi untuk kasus desain harus proper namun dapat menyesuaikan. Maximum ketinggian yang diperbolehkan agar penumpang tidak mengalami hypoxia yakni dibawah 10.000 kaki. Federal Aviation Administration (FAA), regulator penerbangan sipil di Amerika Serikat mendefinisikan hipoksia (hipobarik) sebagai suatu kondisi kekurangan oksigen untuk memenuhi kebutuhan tubuh yang mengakibatkan terganggunya fungsi otak dan organ lainnya. Hipoksia menimbulkan gangguan di penglihatan, pengambilan keputusan, kontrol motorik bahkan kematian. Efek hipoksia terlihat pada orang sehat setelah mencapai ketinggian 10000 kaki /3048 m (Wardaya et al., 2018).

Hal ini untuk memastikan bahwa persyaratan ketinggian jelajah terpenuhi dan masih dapat bernafas dengan baik jika ada kemungkinan membuka ventilasi gondola. Maximum ketinggian yang ditentukan yakni 2000 kaki dengan berdasarkan kondisi struktural daerah Jakarta yang berdasar pada bangunan tertinggi yakni Thamrin Nine, Jakarta Pusat ini memiliki tinggi 382,9 meter (Annur, 2021). Ketinggian yang diizinkan kapal udara Unhan RI yang akan beroperasi yakni 2000 kaki dengan rute dan stasiun kapal udara yang telah ditentukan.

Pengelolaan Jasa stasiun Kapal Udara Ditinjau dari Aspek Hukum

Pengawasan atas penggunaan dan/atau pengoperasian Kapal Udara dilaksanakan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, Kepolisian, Pemerintah Daerah setempat, dan Kantor Otoritas Bandara Udara (Pratiwi & Susilowati, 2019). Pengelolaan jasa kebandarudaraan di Indonesia oleh Badan Usaha Milik Negara PT (Persero) Angkasa Pura I dan PT (Persero) Angkasa Pura II yang didirikan oleh pemerintah. Dalam hal ini PT. Angkasa Pura nantinya akan diikutsertakan untuk mengelola stasiun dari kapal udara Unhan RI yang akan beroperasi sebagai moda transportasi masal di jabodetabek.

Dalam undang undang penerbangan dinyatakan bertanggung jawab atas keamanan dan keselamatan penerbangan dan kelancaran pelayanannya. Pengelolaan ini memerlukan koordinasi dengan beberapa pihak seperti contoh dinas perhubungan udara dan juga PT. KAI yang mana PT.KAI berperan sebagai penyedia stasiun untuk Kapal Udara Unhan RI yang nantinya akan menggunakan beberapa stasiun kereta *Commuter Line*.

Drag

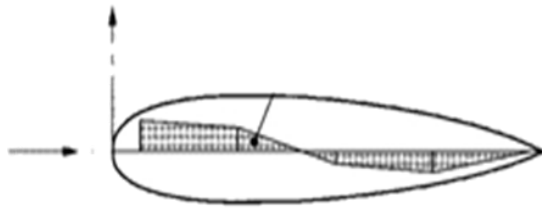
Drag merupakan gaya yang berlawanan dengan arah gerak benda. Besar gaya ini berbanding lurus dengan nilai kecepatan benda. Drag pada pesawat terbang terbagi menjadi dua kategori yaitu friction drag dan induction drag. Friction drag merupakan gaya yang ditimbulkan akibat gesekan udara terhadap permukaan pesawat terbang. *Induction drag* akibat dari konsekuensi gaya angkat yang dihasilkan oleh aerofoil (misalnya sayap atau tailplane) melalui aliran udara (Edfi & Utama, 2018).

Gaya hambat atau hambatan yang di desain untuk mobilitas desain

kapal udara mempengaruhi kemampuan dari kapal udara, beberapa hal yang harus diperhatikan dari hambatan adalah bagaimana hambatan tersebut berkontak langsung dan pengaruhnya terhadap kapal udara. Perhitungan *boundary-layer* dilakukan berdasarkan distribusi kecepatan inviscid pada permukaan kapal udara yang dihasilkan dari prosedur desain atau analisis yang dijelaskan sebelumnya. Untuk penyelidikan saat ini, metode integral menurut Eppler dan Somers (Maughmer, 2013) diterapkan. Kode ini diperluas untuk perhitungan lapisan batas axisymmetric. Efek kelengkungan diabaikan dengan metode orde pertama. Penyederhanaan ini tampaknya diperbolehkan karena ketebalan lapisan batas dalam kisaran bilangan Reynolds yang diselidiki jauh lebih kecil daripada jari-jari kelengkungan. Pengecualian untuk ini adalah area di sekitar *body tail*.

Sebagian besar publikasi tentang optimasi bentuk berkaitan dengan desain bodi dengan laminar flow yang diperpanjang. Namun adanya pengecualian penelitian yang dilakukan oleh Hess dan James yang melakukan perhitungan drag di mana lapisan batas sepenuhnya bergolak. Kesimpulan mengecewakan mereka adalah bahwa koefisien drag volumetrik sangat tidak sensitif terhadap perubahan kontur tubuh kapal udara dan, dengan demikian, bahwa tidak ada tanda-tanda pengurangan drag yang dapat diperoleh dari membentuk sendiri dalam kasus lapisan batas yang sepenuhnya bergejolak.

Pengurangan Hambatan



Gambar 3. Arah gaya hambat dengan streamline body

Hambatan yang diterima oleh Kapal Udara dapat mempengaruhi terhadap penampilan atau kemampuan terbang dari suatu kapal udara. Oleh karena itu hambatan perlu diminimalisirkan sehingga mobilitas dari kapal udara Unhan RI dapat dimaksimalkan dan dikendalikan dengan baik. Menurut (Devaradjane, 2018) teknik modifikasi aliran udara untuk mengurangi koefisien drag aerodinamis dan koefisien lift.

Pengurangan hambatan hanya didasarkan pada bagian utama kapal udara secara keseluruhan dengan menghitung semua beban maksimum dan kecepatan maksimum yang diperoleh sehingga dapat ditentukan keamanan dan kenyamanan crew maupun penumpang.

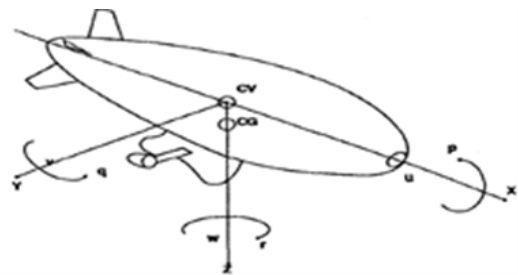
Gaya Dinamis

Dalam upaya untuk membangun model matematika yang bisa diterapkan pada penerbangan pesawat, maka sejumlah pertimbangan harus diperhitungkan karena berbeda dari Model pesawat konvensional antara lain :

- 1) Kendaraan LTA (lebih ringan dari udara/lighter than air) menggantikan volume yang sangat besar dan Massa ditambahkan (Zhang et al., 2017) (Prentice, 2017) (Baogang & Yongdong, 2019) serta sifat inersia menjadi signifikan, yaitu ia berperilaku seolah-olah memiliki massa dan momen

inersia yang secara substansial lebih tinggi daripada yang ditunjukkan oleh metode fisik konvensional.

- 2) Massa total pesawat dapat berubah secara signifikan dalam waktu yang sangat singkat, Dalam manuver pendakian atau penurunan untuk contoh, ini karena deflasi ballonnet atau inflasi masing-masing. (Mueller et al., 2012).
- 3) Untuk mengakomodasi secara wajar terus-medsnerus mengubah posisi Center of Gravity (CG), karakteristik yang unik untuk penerbangan pesawat, gerakan pesawat harus dirujuk ke body axis ortogonal yang dipasang di kapal udara dengan volume pusat asli (CV). CV juga diasumsikan bertepatan dengan pusat daya apung kotor (CB).



Gambar 4. Titik CB dan CV pada Kapal Udara

Ground Handling

Gaya angkat, gaya hambat, dan cross-wind dan momen pitching, rolling, dan yawing diukur untuk empat ketinggian, 25.5 inci, 27, 28.5, dan 31.5 inci, dari garis tengah model di atas permukaan tanah. Keempat ketinggian yang diukur ini untuk melihat bagaimana fungsi dan kegunaan dari tali tambatan serta mengetahui posisi kapal udara

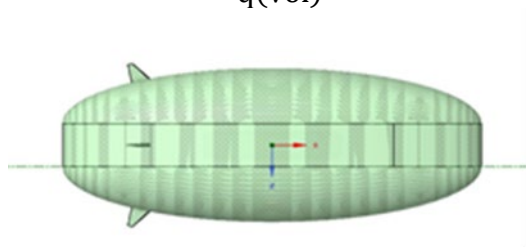
yang dipengaruhi oleh beberapa gaya dari luar yang terjadi terhadap kapal udara. Untuk mempertahankan posisi dari Kapal Unhan RI, definisikan asal kerangka tubuh pada titik yang tidak bertepatan dengan CG. Ini berguna dalam kasus di mana CG berubah perlahan selama penerbangan. Ini juga memungkinkan kita untuk mendefinisikan kerangka tubuh dengan cara yang memfasilitasi penyertaan istilah massa dan inersia tambahan nanti (Mueller et al., 2004).

Salah satu variabel penting yang mempengaruhi Ground Handling Kapal Udara adalah gradien kecepatan angin dengan ketinggian di atas bidang pendaratan, dari hal tersebut dapat ditentukan berapa besaran derajat anggukan dan yawing atau pergerakan ke-kanan dan ke-kiri suatu kapal udara dengan batas tertentu yang telah dihitung.

Koefisien momen anggukan

$$(C_m) = \frac{\text{momen angguk terhadap center body}}{q(\text{vol})} \quad (4)$$

$$= \frac{\text{Koefisien momen yawing (C}_n\text{) momen yawing terhadap center body}}{q(\text{vol})} \quad (5)$$

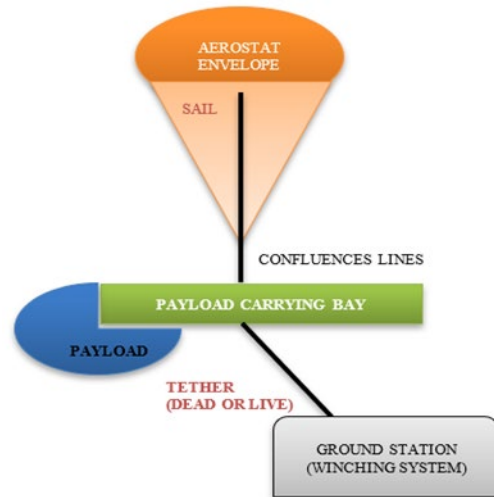


Gambar 5. Bentuk Kapal Udara Unhan RI dilihat dari atas

Tambatan

Tujuan dari sistem tambat adalah untuk menahan selubung yang digelembungkan pada posisi tertentu saat pemasangan atau pelepasan muatan berlangsung (Nagar, 2019). Kesulitan yang dihadapi dalam desain, konstruksi, dan pengoperasian kendaraan biasanya terkait langsung dengan konsep

dasarnya. Pada dasarnya tiga masalah utama ditemui, yang semuanya memiliki pengaruh langsung pada ground handling dan mooring.



Gambar 6. Gambar dasar desain tambatan

Kapal udara berisi hidrogen rentan terhadap kebakaran dahsyat, terutama jika berdekatan dengan tanah. Ini adalah konsekuensi langsung dari penggunaan gas yang mudah terbakar dan metode yang digunakan untuk mengontrol daya apung pesawat. Pendekatan alternatif untuk groundhandling adalah merancang pesawat untuk beroperasi secara mandiri.

Seperti helikopter, kapal udara Unhan RI dirancang untuk mendarat di area mana pun, area yang lapang dan tersedia yang sekitar tiga kali panjang pesawat. Kunci dari pendekatan ini adalah pengembangan bantalan yang dimodifikasi. Kapal udara yang dioperasikan secara otonom ini telah dirancang dengan mempertimbangkan aplikasi militer, di mana tetap bisa mendarat pada pendaratan di lokasi yang tidak siap dan operator pesawat tidak dapat memastikan bahwa bahan pemberat akan tersedia di lokasi, dalam artian kapal udara dapat berhenti dimana saja dengan ketentuan yang telah disebutkan sebelumnya.

Contoh desain tambatan dan ilustrasi Kapal Udara ditunjukkan pada Gambar yang diolah oleh penulis adalah dimensi dari kapal udara yang dirancang. Panjang pesawat adalah 46m, diameter maksimum pesawat adalah 13m, dan berat pesawat adalah 7978 kg, Center body = 23 Meter.

Penempatan tambatan kapal udara berada di Nosecone dengan menara tambatan dan posisinya berada di dalam badan kapal udara dengan tali tambat yang telah ditentukan. berikut hipotesis dasar sebelum analisis (Baogang & Yongdong, 2019):

- 1) Kapal udara yang dekat dengan pangkalannya adalah badan kapal udara yang kaku/rigid.
- 2) Sudut putar pesawat sepanjang tiga sumbu sangat kecil, dan perubahan panjang tali tambatan dapat diabaikan.
- 3) Bobot tali tambatan dapat diabaikan.

Rute

Rute menjadi hal yang penting untuk penentuan mobilitas Kapal Udara Unhan RI, dalam hal ini rute KRL yang akan menjadi pilihan. Masyarakat Jabodetabek khususnya di wilayah Jakarta sampai Bekasi alat transportasi kereta listrik commuteline merupakan solusi percepatan aktivitas yang marak digunakan, umumnya untuk melakukan aktivitas seperti bekerja, rekreasi dan kuliah (Wijayanto, 2019). Nantinya rute ini akan dipilih sebagai rute dari Kapal Udara Unhan RI agar masyarakat lebih terkoneksi dengan moda transportasi lainnya seperti KRL.

Pengoperasian kapal udara Unhan RI dengan kecepatan maksimum yakni 192km/jam dengan maksimum payload 4900kg. Pembatasan dari kecepatan kapal udara UnhanRI akan

dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti halnya kondisi pemetaan daerah yang akan menjadi rute serta area pengoperasian dari kapal udara.



Gambar 7. Rute Kapal Udara berdasarkan rute kereta Commuter Line

Rute atau pemetaan daerah yang akan menjadi jalur kapal udara unhan adalah Sebagian besar mengikuti rute stasiun Kereta Commuter Line yang akan dijadikan stasiun pemberhentian kapal udara, stasiun itu meliputi: stasiun Bogor, stasiun Depok, stasiun manggarai, stasiun jatinegara, stasiun Bekasi, stasiun pasar senen, stasiun tanjung priok, stasiun Tangerang, stasiun tanah abang , stasiun serpong, stasiun rangkas bitung, dan stasiun Jakarta kota.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gaya Angkat Kotor

Gaya apung ke atas yang dihasilkan oleh kapal udara Unhan RI sama dengan berat udara yang dipindahkan, kekuatan ini biasanya disebut sebagai "gaya angkat kotor", dan didefinisikan sebagai Volume total dikalikan dengan kerapatan udara dan gravitasi.

$$\begin{aligned}
 VN &= 4414,2 \text{ kg} \\
 \rho A &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \\
 g &= 9,80665 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

Gaya angkat kotor Kapal Udara yang di desain menghasilkan nilai 51.922,68 N.

Mobilitas dan Rute

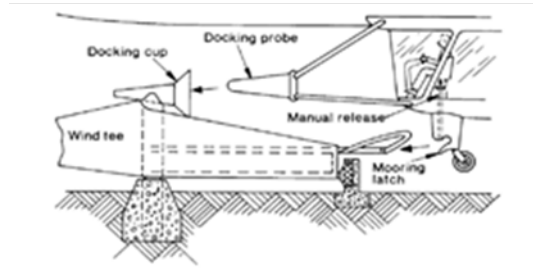
- a. Untuk Keberangkatan, perbaikan dan penyimpanan Kapal Udara Unhan

Tempat Awal, dan penyimpanan Kapal Udara Unhan RI dapat menempati lahan luas di luar DKI Jakarta atau menggunakan Bandara Udara yang tersedia (Halim Perdana kusuma, Atang Sanjaya, Pondok Cabe, dll) atau bisa juga menggunakan Lahan bekas Bandar udara kemayoran, tempat tersebut nantinya akan digunakan sebagai penyimpanan kapal udara atau Base dari kapal udara Unhan RI.

- b. Untuk pemberhentian penumpang

1. Stasiun KA (Kereta Api)

Rute yang digunakan Kapal Udara Unhan RI dibagi dengan 4 line yakni 3 line regular dan 1 line interkoneksi. Line pertama bogor sampai Jakarta kota dengan pemberhentian stasiun awal bogor, stasiun depok, stasiun manggarai, dan tujuan akhir stasiun Jakarta kota. Line kedua dengan rute Bekasi menuju stasiun akhir tanjung priok dengan keberangkatan diawali dari stasiun bekaasi dilanjut stasiun jatinegara, stasiun pasar senen dan tempat pemberhentian stasiun tanjung priok. Line ketiga dengan rute rangkas bitung tujuan akhir stasiun Tanah abang dengan rincian sebagai berikut: stasiun rangkas bitung, stasiun tangerang, dan tujuan akhir stasiun tanah abang. Selain itu ada line interkoneksi yang hanya ada 3 rute yakni tanah abang tujuan Jakarta kota, Jakarta kota tujuan tanjung priok, dan Bekasi tujuan bogor.



Gambar 8. Docking Kapal Udara Unhan RI

Selain itu diatas adalah docking dari kapal Udara Unhan RI yang telah ditentukan yang nantinya akan dioperasikan sesuai dengan rancangan yang sudah dibuat.

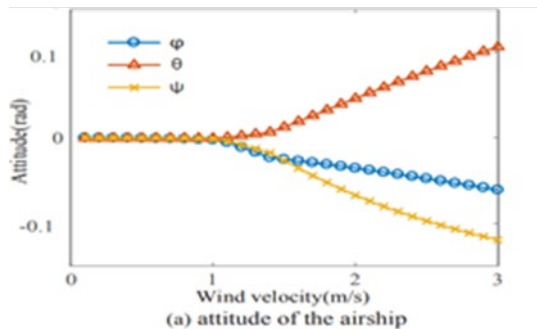


Gambar 9. Rute Kapal Udara berdasarkan rute kereta Commuter Line

Perhitungan Tegangan Tambatan

Tambatan pada kapal udara Unhan RI dapat dibagi dengan beberapa rope atau tali. Tali pertama dikaitkan dengan nosecone, tali kedua langsung dikaitkan dengan center body, tali ketiga dikaitkan dengan tail body kapal udara dan tali atau rope ke 4 dikaitkan dengan gondola.

Pemodelan tegangan tali pada kapal udara Unhan RI pada saat di stasiun ataupun di ground telah ditentukan dengan melihat pengaruh kecepatan angin dari 0 meter/s sampai dengan 3 meter/s.



Gambar 10. Pengaruh angin terhadap tambatan

Kecepatan dan Pengendalian

Pengendalian dengan kecepatan tertentu yang telah dihitung berdasarkan densitas udara dengan tiap ketinggian yang berbeda dan kecepatan yang berbeda pula menghasilkan tekanan yang telah dihitung seperti tabel dibawah ini. Kecepatan yang dibatasi untuk kapal udara Unhan RI yakni 192km/jam.

Berikut adalah tekanan yang sudah dihitung berdasarkan asumsi kecepatan dan densitynya, dengan kecepatan maximum yang diperbolehkan pada saat ketinggian 500meter yakni 130km/jam dan juga memperhatikan rute serta pemetaan daerah yang ditentukan agar pengoperasian kapal udara Unhan RI berjalan dengan baik.

Tabel 1. Tekanan kapal udara dengan kecepatan tertentu

Densitas (kg/m ²)	Kecepatan (km/jam)	Tekanan (N/m ²)
1.1351	0	0
1.0870	50	1359
0.2960	90	1199
0.9331	110	5645
0.8422	130	7117
0.7589	160	9714
0.6820	180	11048

Kapal Udara Unhan RI dioperasikan untuk moda transportasi masal yang akan mengikuti beberapa rute KRL yang ada di jabodetabek dengan rute bogor sampai dengan Tangerang dengan melewati beberapa daerah

Jakarta yang nantinya akan dijadikan beberapa stasiun pemberhentian dan pemberangkatan.

Drag

Perhitungan gaya hambat dibawah ini berdasarkan densitas dan kecepatan tertentu dan juga dari koefisien gaya hambat itu sendiri. Dibawah ini adalah tabel perhitungannya.

Tabel 2. Koefisien Drag

Densitas (kg/m ²)	Kecepatan (km/jam)	Koefisien drag
1.1351	0	0.04
1.0870	50	0.04
0.2960	90	0.04
0.9331	110	0.04
0.8422	130	0.04
0.7589	160	0.04
0.6820	180	0.04
0.6116	192	0.04

Melihat dari tabel diatas, maka hasil dari perhitungan diperoleh besaran gaya hambat yang tertera dibawah ini:

Tabel 3. Besaran Gaya Hambat

Drag (N)
0
157
139
652
822
1122
1277
1303

Drag atau gaya hambat yang diterima oleh kapal udara Unhan RI Ketika mencapai kecepatan 130km/jam yakni 822 Newton. Dengan demikian maka kapal udara dapat bergerak dengan baik dan tidak terjadi penghambatan yang begitu besar dan masih dapat dikendalikan dengan optimal.

SIMPULAN

Beberapa hasil yang telah didapatkan akan menjadi acuan serta referensi sumber kedepannya dengan mempertimbangkan faktor faktor keamanan dan optimalisasi dari mobilitas kapal udara Unhan RI.

Rute yang diambil kapal udara Unhan RI Sebagian besar mengikuti rute stasiun kereta *Commuter Line* dengan pemilihan stasiun sebanyak 12 stasiun. Selain itu dalam mobilitas dari Kapal Unhan dibatasi dengan kecepatan 130km/jam dengan maksimum *payload* 4900kg dan kedepannya disarankan untuk ditambahkan beberapa perhitungan agar keadaan dari kapal udara tetap stabil serta dapat beroperasi dengan semakin baik.

DAFTAR PUSTAKA

Annur, C. M. (2021, 10 13). *Peringkat 12 Dunia, Jakarta Miliki 149 Gedung Pencakar Langit*. Retrieved from databoks: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/10/13/peringkat-12-dunia-jakarta-miliki-149-gedung-pencakar-langit>

Atyya, M., ElBayoumi, G. M., & Lotfy, M. (2023). Optimal shape design of an airship based on geometrical aerodynamic parameters. *Journal of Basic and Applied Sciences*, 12(1): 2-11. <https://doi.org/10.1186/s43088-023-00352-1>

Baogang, G., & Yongdong, Z. (2019). Dynamics Analysis of Mooring Near Space Airship with Nosecone Constraint. *MATEC Web of Conferences 288* (pp. 1-5). Xi'an: Northwest Institute of Nuclear Technology.

BPS, B. P. (2022, - -). *Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Kendaraan (unit) di Provinsi DKI Jakarta 2020-2022*. Retrieved from Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta: <https://jakarta.bps.go.id/indicator/17/786/1/jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-jenis-kendaraan-unit-di-provinsi-dki-jakarta.html>

Daidzic, N. E. (2021). Mathematical Model Of Hot-Air Balloon Steady-State Vertical Flight Performance. *Aviation*, 25(3): 149-158. HYPERLINK "https://doi.org/10.3846/aviation.2021.15330"

Dimitri, E. D., & Bahalwan, H. (2021, February). *Desain Sepeda Motor Listrik Untuk Mobilitas Masyarakat Di Perkotaan*. In *Prosiding Seminar Teknologi Perencanaan, Perancangan, Lingkungan dan Infrastruktur* (pp. 310-315).

Edfi, R. D., & Utama, n. I. (2018). Analisa Perubahan Gaya Angkat dan Hambatan Total Terhadap Variasi Aspect Ratio dan Winglet pada Sayap Kapal Wing in Surface Effect Menggunakan Aplikasi CFD. *JURNAL TEKNIK ITS*, 204-207.

Gambin, L., & Adriana. (2016). *Heat Transfer Model for Hot Air Balloons*. California: University of California.

Gomes, S. B. (1998). Airship Dynamic Modelling for Autonomous Operation. *International Conference on Robotics & Automation* (pp. 1-6). Leuven: Automation Institute of CTI.

Hartono, R. I., Rusdinar, A., & Cahyadi, W. A. (2022). Sistem Pengenal Tanda Buatan Untuk Navigasi Drone Balon Udara. *e-Proceeding of Engineering*, 9(5): 2517-2520. ISSN : 2355-9365

Ibrahim, I. (2015). *Rancang Bangun Struktur Kapal Udara Aim-02-X*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.

Kurniawan, D. A. R., Rivai, M., & Dikairono, R. (2016). Sistem Navigasi Pada Balon Udara Menggunakan Gps Dan Kontrol Logika Fuzzy. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2): A173-A178. DOI: HYPERLINK "http://dx.doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.16258" \t "_blank"

Lutz, T., & Wagnert, S. (1998). Drag Reduction and Shape Optimization of Airship Bodies. *Journal Of Aircraft*. 35(3): 345-355. HYPERLINK <https://doi.org/10.2514/2.2313>

Maughmer, M. D. (2013). An airfoil designed for a high-altitude, long endurance remotely piloted vehicle. *Nasa Langley Research* (pp. 777-781). Pennsylvania: University Park.

Mueller, J. B., Paluszek, M. A., & Zhao, Y. (2004). Development of an Aerodynamic Model and Control Law Design for a High Altitude Airship. *3rd "Unmanned Unlimited" Technical Conference, Workshop and Exhibit*, 1-17.

Mueller, J., Paluszek, M., & Zhao, Y. (2012). Development of an Aerodynamic Model

and Control Law Design for a High Altitude Airship. *University of Minnesota*, 1-17.

Nagar, S. (2019). Emerging Technologies in Aerospace Structures Materials and Propulsion Systems. *Thirty-third National Convention of Aerospace Engineers and National Conference on* (pp. 57-58). Pune: Aerospace Engineering Division Board.

Pratiwi, R. D., & Susilowati, I. F. (2019). Pengawasan Penerbangan Balon Udara Pada Kegiatan Budaya Masyarakat Berdasarkan Pasal 11 Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 40 Tahun 2018 Tentang Penggunaan Balon Udara Pada Kegiatan Budaya Masyarakat. *Novum : Jurnal Hukum*, 6(3): 46-55. <https://doi.org/10.2674/novum.v6i3.30750>

Prentice, B. E., & Ahmed, S (2017). Ground-Handling Systems For Cargo Airships. *Canadian Transportation Research Forum Forthcoming* (pp. 162-169). Canada: Sarfraz Ahmed, BASI, Inc.

Supit, R. M., Rompis, S. Y., & Lefrandt, L. I. (2019). Model Pemilihan Moda Transportasi Online Di Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*. 7(1): 35-48. ISSN: 2337-6732.

Wardaya, W., Khoirunnisa, M., & Sukmayadi, A. E. (2018). Analisis Respons Atres Oksidatif, Antioksidan, dan Adaptasi Fisiologis Jaringan Otak Pascainduksi Hipoksia Hipobarik Intermiten Pada Tikus Sprague Dowley. *Jurnal Kesehatan Aeromedika*. 4(2): 51-57. HYPERLINK <https://doi.org/10.58550/jka.v4i2.58>

Wijayanto, H. (2019). Peranan Penggunaan Transportasi Publik di Perkotaan (Studi Kasus Penggunaan Kereta Commuterline Indonesia Rute Jakarta-Bekasi). *Kybernan :Jurnal Studi Kepemerintahan*. 2(2): 1-8. HYPERLINK "<https://doi.org/10.35326/kybernan.v5i2.365>"

Zhang, L., Lv, M., Meng, J., & Du, H. (2018). Conceptual design and analysis of hybrid airships with renewable energy. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering*. 232(11): 2144-2159. HYPERLINK "<https://doi.org/10.1177/0954410017711726>"