

UPDATE RESEARCH

Kalkulasi dan rumus maupun params statis dimasukan ke sini:

<https://github.com/ridhwancahyadi/Simulation-Agent-Aerobridge.git>

Nggak di drive karena bolak balik upload

System Architecture Layer

1. Fleet Static Model
2. Hard Gate Layer
3. Dynamic Mission Gate
4. Threshold Configuration Layer
5. Objective Engine
6. Scenario Generator

1. Fleet Static Model

Fleet yang bisa digunakan:

Type Fleet	Example
Fixed Wing	Cessna 208b
Rotary Wing	MI-17, Caracal, Bell 412

Detail fleet:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1jqXbzRDMI_BUkFXTMStHEb0ZNUjKoW7NEAQuNG0smUQ/edit?usp=sharing

2. Dynamic State (Input)

Input	Details
Enviromental	Wind Speed, Wind direction, Visibility, Precipitation, Density Altitude, Wind Component
Load	Payload weight, Payload distribution, Fuel Load, CG
Tactical	Hostspot proximity, Exposure time, Zone flag, List of event

3. Hard Gate Layer (Takeoff Feasibility Checks)

Checks	Fixed Wing	Rotary Wing
Mass Compliance	MTOW, MLW, CG Envelope	MTOW, CG
Takeoff Performance	Takeoff distance \leq runway	Power_available \geq P_required
Runway_Hover Feasibility	Landing distance \leq runway	W_actual \leq W_max_OGE
Performance Margin	Climb gradient \geq required + min margin	Power margin \geq min
Fuel Compliance	Fuel \geq Trip + legal reserve	Fuel \geq Trip + Reserve
Visual Weather Rules	Visibility \geq minimum, Crosswind \leq limit, tailwind	Visibility \geq minimum, Crosswind \leq limit

4. Objective

Objective ini akan sebagai baseline saja, tidak stritch, user boleh memasukkan apapun sebagai objectivenya. objective bersifat multi.

Objective memodifikasi threshold gate, bukan mengganti hard gate

Objective	Detail
Delivery and Payload	<ul style="list-style-type: none">- Memaksimalkan muatan sebanyak mungkin dalam satu penerbangan
Temporal	<ul style="list-style-type: none">- Meminimalkan waktu tempuh- Maksimalkan ketepatan waktu- Optimalkan departure window (jam paling stabil)
Fuel Efficiency	<ul style="list-style-type: none">- Minimalkan konsumsi bahan bakar- Meminimalkan biaya avtur per kg
Environmental Risk	<ul style="list-style-type: none">- Minimalkan paparan cuaca berisiko- Minimalkan turbulence- Minimalkan terrain-induced
Safety	<ul style="list-style-type: none">- Minimalkan waktu di zona risiko- Prioritaskan misi darurat- Optimasi rute dengan keamanan tinggi
Hybrid	<ul style="list-style-type: none">- Mempertimbangkan dua atau lebih objective yang berbeda
Balanced	<ul style="list-style-type: none">- Mempertimbangkan semua objektif mulai dari payload, waktu, bensin, cuaca, dan keamanan

Formula

$\lambda_w = \frac{Wg}{MTOW}$, Menentukan seberapa dekat pesawat ke batas maksimum berat.

$M_{climb} = \frac{G_{avail} - G_{req}}{G_{req}}$, Mengukur kemampuan pesawat memenuhi gradien pendakian

$P_{margin} = \frac{P_{avail} - P_{req}}{P_{avail}}$, Mengukur sisa tenaga mesin setelah memenuhi kebutuhan angkat

$Fuel_{reserve} = FuelFlow \frac{Reserve(min)}{60}$, dengan fuelFlow dari aircraft dan reserve_min dari aircraft

Runway Margin: = $\frac{RunwayLength - RequiredDistance}{RequiredDistance}$

OGE Buffer: = $\frac{W_{max,OGE} - Wg}{W_{max,OGE}}$

$T_{mission} = T_{climb} + T_{cruise} + T_{descent}$

$ENV_{risk} = RDA + WindRisk + TerrainRisk + TurbulenceProxy$

Score = w1Delivery+w2Safety+w3Efficiency (objective mengikuti user)

Detail di kalkulasi sederhana

5. Threshold Adjustment (Objective based margin)

Kontrol untuk menyesuaikan batas minimum operasional berdasarkan objective, sehingga sistem mampu menyeimbangkan antara agresivitas payload, efisiensi bahan bakar, dan tingkat keselamatan sesuai kebutuhan misi.

Fixed Wing

Objective	Weight Ratio λ_w	Climb Ratio M_{climb}	Runway Margin	Dampak Operasional
Delivery and Objective	≥ 0.95	$\geq 5\%$	$\geq 2\%$	Maksimalkan payload, minimalkan buffer
Temporal	0.75 - 0.90	$\geq 10\%$	$\geq 5\%$	Seimbang antara waktu dan keamanan
Fuel Efficiency	0.70–0.85	$\geq 10\%$	$\geq 5\%$	Fokus Efisiensi bahan bakar

Environmental Risk	≤ 0.80	$\geq 20\%$	$\geq 10\%$	Aman untuk high DA atau runway pendek
Safety	≤ 0.75	$\geq 25\%$	$\geq 25\%$	Margin maksimum untuk keselamatan

Rotary Wing

Objective	Weight Ratio λ_w	Power Margin P_{margin}	OGE Buffer	Dampak Operasional
Delivery and Objective	≥ 0.95	$\geq 5\%$	Minimal $\geq 5\%$	Maksimalkan payload, minimalkan buffer
Temporal	0.75 - 0.90	$\geq 10\%$	Moderate $\geq 10\%$	Stabil dalam manuver dan hover
Fuel Efficiency	0.70–0.85	$\geq 10\%$	Moderate $\geq 10\%$	Optimasi endurance
Environmental Risk	≤ 0.80	$\geq 20\%$	High $\geq 20\%$	Aman untuk high DA
Safety	≤ 0.75	$\geq 25\%$	Very High $\geq 25\%$	Buffer maksimal untuk hover

Level Risk

Objective	Risk Appetite	Payload Aggressiveness	Fuel Conservatism	Safety Margin
Delivery and Objective	Tinggi	Maksimum	Minimum	Minimum Legal
Temporal	Moderat	Seimbang	+10%	Sedang
Fuel Efficiency	Moderat	Dikontrol	Stabil	Sedang
Environmental Risk	Rendah	Dikurangi	+20%	Tinggi
Safety	Sangat Rendah	Minimum	+25%	Maksimum

Architecture Engine Multi-Route (Multi-Stop)

Secara flow sederhana, agent harus menghitung:

```
1  Generate all feasible route permutations
2  For each route:
3      simulate leg by leg
4      update weight, CG, fuel
5      check hard gate per leg
6      if fail → discard route
7      compute objective score
8  Rank remaining routes
9  Return top 3
```

Setiap rute yang dilalui, memungkinkan adanya drop-off dan pickup. Artinya harus ada perhitungan setiap payload yang dikurangi, perkiraan sisa bahan bakar dan lainnya. Sistem juga harus mempertimbangkan bandara yang memiliki fasilitas refueling.

Contoh simulasi:

Saya mau menjalankan misi dari Timika di 5 titik yang berbeda dengan mengutamakan payload namun juga mempertimbangkan keamanan serta cuaca dengan 1 pesawat cessna dan 1 heli caracal.

Artinya:

Flow 1

Agent harus menghitung skoring objective dari user. Misalkan masuk pada 3 objective yang berbeda:

1. Delivery and payload (Utama)
2. Safety and Environment Risk (Pertimbangan Kedua)

Dibelakang layar, sistem akan memperhitungkan pembobotan untuk masing masing objective (diawal), meskipun pada akhirnya threshold bisa dicustom.

Flow 2

Agent harus mempertimbangkan pesawat yang digunakan, sebagai filter awalan cukup hanya dengan hard filter (filter dari jenis pesawatnya saja)

Untuk sementara cukup gunakan:

Payload	Fixed Wing	Rotary wing
Runway	Runway_Length ≥ Minimum_Takeoff_Distance Runway_Length ≥	Density_Altitude ≤ Hover_Ceiling_OGE

	Minimum_Landing_Distance	
Fuel	Max_Fuel_Capacity \geq Estimated_RoundTrip_Fuel + Reserve	Max_Fuel_Capacity \geq Estimated_RoundTrip_Fuel + Reserve
Payload	Grossweight \leq MTOW	Grossweight \leq MTOW

Flow 3

Agent mempertimbangkan semua rute, dimana setiap rute:

1. Simulasi dilakukan secara leg-by-leg
2. Setiap leg memperbarui (Gross weight, Payload sisa, Fuel sisa, dan CG position)

OUTPUT:

Agent Mission Planner hanya menampilkan maksimal tiga (3) rekomendasi misi terbaik berdasarkan objective yang dipilih pengguna dan hasil evaluasi seluruh kombinasi rute serta alokasi pesawat.

Output setidaknya bisa menjawab:

Name	Detail	Tujuan
Summary Global	<ul style="list-style-type: none"> • Total payload delivered (kg) • Total fuel burn (kg) • Total mission time (menit) • Total distance (NM/km) • Total risk index • operational_status (GO / NO-GO) • Primary Reason • Objective 	Memberikan overview cepat kepada pengambil keputusan tanpa perlu membaca detail teknis.
Executive Summary	<ul style="list-style-type: none"> • supporting_factors • attention_factors, • key_mitigations 	Menjelaskan singkat pendukung dan titik kritis
Aircraft Allocation	<ul style="list-style-type: none"> • Jenis pesawat • Jumlah pesawat digunakan • Urutan rute per pesawat • Titik yang dilayani oleh masing-masing pesawat • Jumlah payload yang dibawa dan diturunkan per pesawat 	Menjelaskan pembagian misi antar armada secara transparan dan operasional.

Margin Minimum (Critical Safety Margin)	<ul style="list-style-type: none"> • Minimum climb margin (%) • Minimum runway margin (m atau %) • Minimum OGE margin (%) untuk rotary wing • Minimum fuel reserve margin (%) • Lokasi atau leg dimana margin minimum terjadi 	Menunjukkan titik paling kritis dalam misi dan seberapa dekat terhadap batas fisik
Hard Gate Summary (verification checks)	<ul style="list-style-type: none"> • Hard_gate_overall_status • mass_check • CG_check • runway_check • climb_check • OGE_check • fuel_check • security_check 	Memberikan detail checks (Sudah ada yang kemarin, hanya tinggal penambahan ketika jenis pesawatnya rotary wings)
Score Breakdown	<ul style="list-style-type: none"> • objective_mode • weight • value 	Skoring per objektif yang telah disepakati oleh user
tactical layer	<ul style="list-style-type: none"> • Hostpost proximity • Summary_risk • Threat level 	Menjelaskan faktor keamanan yang menambahkan evaluasi rekomendasi
environmental _conditions	<ul style="list-style-type: none"> • temperature_range_c • max_density_altitude_ft • avg_wind_kts • visibility_km • daylight_window_min • weather_trend 	Menjelaskan bagaimana kondisi lingkungan rute mulai dari tempat awal hingga tujuan akhir

Detail Fleet:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1jqXbzRDMI_BUKFXTMStHEb0ZNUjKoW7NEAQuNG0smUQ/edit?usp=sharing

Detail Params Simulasi beserta rumus:

<https://github.com/ridhwancahyadi/Simulation-Agent-Aerobridge.git>

PENAMBAHAN INPUT DAN OUTPUT UNTUK AGENT

INPUT

1. Bagian mission_id boleh dari sisi agent atau backend untuk di generate

```
"mission": {  
  "mission_id": "demo-001",  
  "origin": "timika",  
  "deliveries": [  
    {  
      "destination": "wamena",  
      "weight_kg": 300  
    },  
    {  
      "destination": "ilaga",  
      "weight_kg": 200  
    }  
  ]  
},
```

2. Deliveries di detailkan, **payloadnya** dari mana kemana, membawa barang apa, seperti **agent sebelumnya**. Ini akan berguna kedepan untuk mengetahui lebih efisien manakah rute dari banyaknya payloads dan rekomendasi agent ketika barang yang dibawa bisa basi atau membawa barang elektronik misalkan. Gambar hanyalah rekomendasi, boleh disesuaikan

```
{  
  "delivery_manifest": [  
    {  
      "delivery_id": "DLV-001",  
      "item_name": "Obat malaria",  
      "weight_kg": 300,  
      "origin": "timika",  
      "destination": "wamena"  
    },  
    {  
      "delivery_id": "DLV-002",  
      "item_name": "Semen bangunan",  
      "weight_kg": 200,  
      "origin": "timika",  
      "destination": "ilaga"  
    }  
  ]  
}
```


3. Menambahkan informasi jumlah unit untuk masing-masing jenis pesawat, beserta jumlah bahan bakar awal yang dibawa oleh setiap unit. Asumsi sekarang (default) bahwa setiap bandara menyediakan fasilitas pengisian bahan bakar (refueling) dan setiap fleet yang dibawa memiliki **initail_fuel** yang berbeda.

```
"assigned_fleet": [  
  {  
    "unit_id": "CESSNA-01",  
    "aircraft_type": "Cessna 208B",  
    "category": "Fixed Wing",  
    "initial_fuel_kg": 800  
  },  
  {  
    "unit_id": "CARACAL-01",  
    "aircraft_type": "EC725 Caracal",  
    "category": "Rotary Wing",  
    "initial_fuel_kg": 1200  
  },  
  {  
    "unit_id": "CARACAL-02",  
    "aircraft_type": "EC725 Caracal",  
    "category": "Rotary Wing",  
    "initial_fuel_kg": 1000  
  }  
]
```

4. Sekalian ditambahkan daftar alternate airports untuk setiap lokasi, sebagai antisipasi skenario terburuk (misalnya cuaca memburuk, fuel kritis, atau kegagalan hard gate). Contoh input bisa dibuat seperti dibawah (boleh disesuaikan)

```
"alternate_airports": {  
  "ILAGA": [  
    { "name": "MULIA", "distance_km": 47.97 },  
    { "name": "ILLAGA III", "distance_km": 9.58 },  
    { "name": "BEOGA", "distance_km": 27.85 },  
    { "name": "LUMO", "distance_km": 40.3 },  
    { "name": "ALAMA", "distance_km": 43.76 },  
    { "name": "JILA", "distance_km": 30.09 },  
    { "name": "AGANDUGUME", "distance_km": 35.96 },  
    { "name": "WANGBE", "distance_km": 20.61 },  
    { "name": "SINAK", "distance_km": 29.9 },  
    { "name": "BINA", "distance_km": 32.63 }  
  ]  
}
```

QUERY SQL (Kalau diperlukan)

```
SELECT jsonb_build_object(  
  kbu.nama_bandar_udara,  
  jsonb_agg(  
    jsonb_build_object(  
      'name', kbut.bandar_udara,
```

```

        'distance_km', kbut.jarak_km
    )
    ORDER BY kbut.jarak_km ASC
)
) AS alternate_airports
FROM bronze.kemenhub_bandar_udara kbu
JOIN bronze.kemenhub_bandar_udara_metadata kbum
    ON kbu.id_metadata_bandara = kbum.id
JOIN bronze.kemenhub_bandar_udara_terdekat kbut
    ON kbut.id_metadata_bandara = kbum.id
WHERE kbu.nama_bandar_udara = 'ILAGA'
GROUP BY kbu.nama_bandar_udara;

```

5. Bagian objective yang semula seperti ini, boleh di tweak sedikit dengan menambahkan referensi dari dokumen berikut:

https://docs.google.com/document/d/1LMl8Sl1P6G5bmek2_X4dCA7gEiFkwOEOZgxAFmxhjn4/edit?usp=sharing

```

    "objective_mode": "Delivery",
    "objective_weights": {
        "delivery": 0.3,
        "environmental": 0.15,
        "fuel_efficiency": 0.2,
        "safety": 0.15,
        "temporal": 0.2
    }
},

```

Bedanya apa? Jadi yang semula hanyalah perumusan matematis dan sifatnya satu satu (single-objective), kita berikan beberapa skenario yang mengambil dari dokumen tersebut berbasis skenario operasional. yang merepresentasikan pola pengambilan keputusan yang berbeda.

Misalkan yang semula ada 5 objective (payloads, environmental, fuel_efficiency, safety, temporal) maka kombinasi dari objektif tersebut menghasilkan skenario dalam dokumen:

Nama Skenario	Safety (w1)	Time Temporal (w2)	Payload Delivery (w3)	Cost Fuel Efficency (w4)	Karakter Utama
Emergency/ Medivac	0.35	0.4	0.05	0.05	Cepat & Selamat adalah segalanya.
Logistic Max (Wait)	0.2	0.1	0.5	0.2	Sabar nunggu demi muatan

					penuh.
High-Risk Weather	0.6	0.15	0.15	0.1	Prioritas mutlak agar pesawat tidak jatuh.
Budget Route	0.2	0.1	0.2	0.5	Cari rute paling irit bensin.
Balanced/Routine	0.25	0.25	0.25	0.25	Semua aspek dianggap sama penting.

Jadi tabel diatas adalah **default skenario**, namuin nantinya user bisa meng customize sendiri pembobotan dari masing masing objektif. Ini nanti bisa divisualisasikan seperti kemarin (Visualisasi hanyalah sample, bisa berubah):

SELECT STRATEGY

Early Departure
Depart 06:00. Optimal Density Altitude.

REC
85

Standard Profile
Depart 10:00. Balanced risk/reward.

61

Split Payload
Two sorties. Max Safety Margin.

92

Hold Mission
Wait for visibility > 8km.

40

OUTPUT:

1. Boleh dipastikan bahwa sisi agent bisa menyesuaikan rute mana saja yang paling optimal dan fleet apa yang cocok untuk dalam misi itu. Ketika ada 2 fleet untuk 5 rute yang berbeda, agent harus memikirkan **rute** mana paling tepat, **fleet** mana yang bisa digunakan, apakah kedua pesawat diterbangkan secara **bersamaan** dengan rute yang **terpisah**, atau bisa hanya dengan **1 fleet** saja?
Jadi pada output nanti, bisa diberikan bahwa ternyata kita bisa menggunakan dua fleet, dengan konsekuensi apa, secara skoringnya berapa

```
"agent_analysis": [
  {
    "aircraft_name": "EC725 Caracal",
    "aircraft_type": "rotary",
    "route_overview": {
      "route_sequence": [
        "Timika to Wamena",
        "Wamena to Ilaga"
      ],
      "mission_status": "PASS",
      "combined_score": 0.61494,
      "key_constraints": [
        "margin minimum",
        "ketersediaan bahan bakar",
        "kondisi cuaca"
      ]
    }
  },
]
```

2. Menambahkan toleransi minimum margin sebagai output
Sepertinya untuk ini sudah ada namun di **level detail** dan belum muncul di summary global dan belum dijelaskan maksud dari margin ini secara analisis.

```
"recommendation_text": "Disarankan untuk berangkat  
pagi untuk menghindari suhu tinggi dan memastikan  
margin yang cukup.",
"evidence": [
  {
    "path": "$.simulation_result[0].simulation.legs  
[0].computed.density_altitude_ft",
    "value": "6677.73952"
  },
  {
    "path": "$.simulation_result[0].simulation.legs  
[0].min_margin",
    "value": "0.144778481035972"
  }
]
```

```
"simulation": {
  "mission_status": "PASS",
  "fuel_used": 1109.7,
  "time_hr": 1.466,
  "distance_nm": 205.24,
  "payload_delivered": 500,
  "min_margin": 0.144778481035972,
}
```

3. Beberapa rekomendasi tambahan output yang boleh bisa dimasukkan:

a. Detail summary misi

Memberikan secara singkat, **rekomendasi strategi/skenario terbaik**, **fleet** yang digunakan, **rutenya** kemana saja, **risikonya** seperti apa, **skoringnya** berapa

Name	Detail	Tujuan
Summary Global	<ul style="list-style-type: none">• Total payload delivered (kg)• Total fuel burn (kg)• Total mission time (menit)• Total distance (NM/km)• Total risk index• operational_status (GO / NO-GO)• Primary Reason• Objective (Scenario)	Memberikan overview cepat kepada pengambil keputusan tanpa perlu membaca detail teknis.
Executive Summary	<ul style="list-style-type: none">• supporting_factors• attention_factors,• key_mitigations	Menjelaskan singkat pendukung dan titik kritis
Aircraft Allocation	<ul style="list-style-type: none">• Jenis pesawat• Jumlah pesawat digunakan• Urutan rute per pesawat• Titik yang dilayani oleh masing-masing pesawat• Jumlah payload yang dibawa dan diturunkan per pesawat	Menjelaskan pembagian misi antar armada secara transparan dan operasional.
environmental_conditions	<ul style="list-style-type: none">• temperature_range_c• max_density_altitude_ft• avg_wind_kts• visibility_km• daylight_window_min• weather_trend	Menjelaskan bagaimana kondisi lingkungan rute mulai dari tempat awal hingga tujuan akhir

b. Bisa menambahkan what-if skenario atau rekomendasi bandara terdekat, apabila **risiko penerbangan tinggi**, misalkan karena cuaca, kkb, dan lainnya.

