



ความท้าทายระดับชาติและแนวทางแก้ไขเชิงกลยุทธ์ของ PLUVIA

การปฏิรูปสู่ระบบดิจิทัลสำหรับปฏิบัติการฝนหลวง จากวิธีดั้งเดิมสู่ระบบบัญชาการทางอากาศที่ขับเคลื่อนด้วย IoT ปัญญาประดิษฐ์
เรดาร์ และข้อมูลโทรมาตรการบิน Big Data

⚠ ข้อจำกัดของปฏิบัติการแบบดั้งเดิม

อุปสรรคสำคัญในการดับไฟป่าหมอกควันและภัยแล้ง

- 01
- จุดบอดการสื่อสารทางอากาศ (Blind-Spot)
ศูนย์ควบคุมภาคพื้นดินขาดการมองเห็นสภาพจริงของเครื่องบินเมื่อบินเข้าสู่กลุ่มเมฆพายุฟ้าคะนองหนาทึบ (Cumulonimbus).
- 02
- การบันทึกปริมาณสารเคมีโปรยฝนแบบแมนนวล
ไม่สามารถตรวจสอบปริมาณสารดูดความชื้น (NaCl/CaCl2) ที่โปรยออกไปได้อย่างแม่นยำ ส่งผลให้เกิดความสิ้นเปลืองงบประมาณ.
- 03
- การประเมินผลหลังภารกิจล่าช้า
การไม่มีระบบกล่องดำและบันทึกโทรมาตร ทำให้การตรวจสอบประสิทธิภาพปริมาณน้ำฝนต้องใช้เวลาหลายวัน.

83.4%

อัตราความสำเร็จในการทำฝน

< 350ms

ความหน่วงโทรมาตรดาวเทียม

🌟 โซลูชันบูรณาการครบวงจรของ PLUVIA

สถาปัตยกรรมบัญชาการยุคใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

- 01
- ระบบสื่อสารไฮบริด (Starlink + Iridium + 4G)
ถ่ายทอดสดวิดีโอ 4 มุมกล้องจากเครื่องบินและส่งข้อมูลโทรมาตรการบินมากกว่า 20 พารามิเตอร์อย่างต่อเนื่องครอบคลุมทุกพื้นที่.
- 02
- แผงควบคุมในห้องนักบินความแม่นยำสูง (EFB HUD)
นักบินมีอินเทอร์เฟซดิจิทัลสำหรับเปิด-ปิดวาล์วพ่นสารเคมี และควบคุมอัตราการไหล (ลิตร/ชม.) แบบเรียลไทม์อัตโนมัติ.
- 03
- ระบบเล่นซ้ำภารกิจและวิเคราะห์เรดาร์ AI
จำลองเส้นทางการบินย้อนหลังวินาทีต่อวินาที เชื่อมโยงจังหวะการโปรยสารเคมีเข้ากับระดับความเข้มข้นของเรดาร์ฝนทันที.

100%

บันทึกประวัติสารเคมีโปรยฝน

โครงสร้างสิทธิ์การเข้าถึงและบทบาทผู้ใช้งาน 7 ระดับ (7 Roles)

ผู้ปฏิบัติงานแต่ละภาคส่วนมีเวิร์กสเตชันและฟังก์ชันการทำงานที่ออกแบบมาเฉพาะด้าน เพื่อความปลอดภัย ความลับข้อมูล และการประสานงานที่มีประสิทธิภาพ

บทบาท (Role)	กลุ่มผู้ใช้งาน	โมดูลหลักที่เข้าถึงได้	หน้าที่เชิงกลยุทธ์และความรับผิดชอบ	ระดับสิทธิ์
COMMANDER	ผู้บัญชาการภารกิจ / ผู้นำ หน่วยงาน (ปภ., ทอ., กรมฝน หลวง)	GCR, Analytics, Mission Replay, รายงานผู้บริหาร, Audit Log	อนุมัติการสั่งการฝูงบิน ประเมินงบประมาณ ตรวจสอบกล้องดำยอนหลัง และลงนามรับรองแผนปฏิบัติการ.	เชิงกลยุทธ์
OPERATOR	เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการการบิน ประจำห้องควบคุม GCR	GCR, วิดีโอสด, สตริมโทรมาตร, แผนที่ฝูงบิน, สั่งการภารกิจ	ติดตามเครื่องวัดประกอบการบิน ตรวจสอบกล้อง 4 ทิศทาง จัดการระบบเตือนภัยฉุกเฉิน และควบคุมความถี่สื่อสาร.	ยุทธวิธี
PILOT	นักบินปฏิบัติการ / นักบิน ทดสอบ (Casa C-212 / Piper)	แผงควบคุมนักบิน EFB HUD, ระบบส่งข้อความ, ข้อมูลสภาพอากาศ	ควบคุมการเปิดวาล์วโปรยสารเคมี นำร่องเข้าสู่แนวเมฆเป้าหมาย และยืนยันสถานะความปลอดภัยของเครื่องบิน.	นักบิน
WEATHER ANALYST	นักอุตุนิยมวิทยา / ผู้ เชี่ยวชาญฟิสิกส์เมฆ	เรดาร์ดอปเพลอร์, วิเคราะห์เมฆ Cb, ดัชนีความพร้อมทำฝน	วิเคราะห์ทิศทางลม กระแสอนุภาคเมฆ และกำหนดพิกัดตำแหน่งโปรยสารเคมีให้ตรงเป้าหมายสูงสุด.	วิชาการ
MAINTENANCE	วิศวกรซ่อมบำรุงอากาศยาน และช่างเทคนิคเอวีโอนิกส์	บันทึกซ่อมบำรุง, ชั่วโมงเครื่องยนต์, สถานะ Starlink และเซนเซอร์	ตรวจสอบความพร้อมของโครงสร้างเครื่องยนต์ ตรวจสอบระบบสื่อสาร Iridium และสอบเทียบหัวฉีดสารเคมี.	เทคนิค
ADMIN	ผู้ดูแลระบบสูงสุดและความ ปลอดภัยทางไซเบอร์	การจัดการผู้ใช้, รีเซตรหัสผ่าน, บันทึกการตรวจสอบ, ภาษา	จัดการบัญชีผู้ใช้งาน ควบคุมสิทธิ์การเข้าถึง ตรวจสอบบันทึก IP ย้อนหลัง และตั้งค่าระบบหลายภาษา.	ผู้ดูแลระบบ
VIEWER	ผู้ว่าการจังหวัด ผู้แทน หน่วยงาน และผู้ สังเกตการณ์	แผนที่ฝูงบิน (ดูอย่างเดียว), สถานะภารกิจรวม, แผนที่สภาพอากาศ	ติดตามสถานการณ์แบบเรียลไทม์เพื่อความโปร่งใส โดยไม่มีสิทธิ์แก้ไขการตั้งค่าหรือสั่งการโปรยสาร.	ดูอย่างเดียว

COMMANDER: การบัญชาการเชิงกลยุทธ์ การวิเคราะห์ และเล่นซ้ำภารกิจ

แดชบอร์ดระดับผู้บริหารเพื่อติดตามประสิทธิภาพการนำพลหลวง การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง สารเคมีสะสม และการจำลองเที่ยวบิน 3 มิติ
ย้อนหลัง

https://pluvia.system/analytics



PLUVIA

Mission System

SISTEM ONLINE

UTAMA

Ground Control Room

MISI

Manajemen Misi

OPERASIONAL

Armada

Live Video

Telemetry

Cuaca & Radar

47

TOTAL MISI

83%

TINGKAT SUKSES

342.5

JAM TERBANG

MISI PER BULAN



Bulan	Misi Perencanaan	Misi Selesai
Jan	5	4
Feb	7	6
Mar	8	7
Apr	6	5
Mei	9	8
Jun	12	9

PENGUNAAN



Indikator	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
Bahan Kimia	1500	1600	1700	1800	1900	2000
Bahan Bakar	600	700	800	900	1000	1100

OPERATOR: ศูนย์ควบคุมภาคพื้นดิน (GCR) และกล้อง 4 ทิศทาง

ศูนย์บัญชาการยุทธวิธีภาคพื้นดิน แสดงภาพถ่ายทอดสาดจากกล้องบนอากาศยาน 4 มุมมอง (หัวเครื่อง, ใต้ท้องเครื่อง, ปีกซ้ายพลุ
สารเคมี, ปีกขวาหัวฉีดสเปรย์) พร้อมข้อมูลโทรมาตรความเร็วสูง

<https://pluvia.system/gcr>

อินเทอร์เน็ตในเครื่องบินที่ออกแบบสำหรับแท็บเล็ต Electronic Flight Bag (EFB) รองรับแรงสั่นสะเทือนขณะบินเข้ากลุ่มเมฆ พร้อมปุ่มกดดิจิทัลสั่งการพ่นสารเคมี

<https://pluvia.system/pilot-control>

PLUVIA

Mission System

SISTEM ONLINE

UTAMA

Ground Control Room

MISI

Manajemen Misi

OPERASIONAL

Armada

Live Video

Telemetri

Cuaca & Radar

PANEL KONTROL PILOT

Simulasi kontrol kokpit pesawat, aktivasi nozzle penyemai awan, dan komunikasi real-time dengan Ground Control.

KONTROL SISTEM PENYEMAIAN AWAN

Aktivasi Burner Utama

Semburan garam higroskopis

Status Nozzle:

ACTIVE – IGNITED

Suhu Burner:

112 °C

Tekanan Tangki Gas:

4.2 bar

Dispenser Flare

Lontaran garam bertekanan tinggi

LUNCURKAN 1 FLARE

Peringatan: Gunakan hanya jika berada di dalam awan target p

VOLUME ALIRAN DISPERSI SEMAI

0 L/M (MIN)

5.0 L/M (RATA-RATA)

4.2 Li

WEATHER ANALYST: เรดาร์ดอปเพลอร์และการตรวจจับกลุ่มเมฆ AI

ระบบวิเคราะห์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาขั้นสูง ผสานข้อมูลการสะท้อนของเรดาร์ดอปเพลอร์ ข้อมูลดาวเทียม Himawari และการประเมินศักยภาพการก่อตัวของเมฆคิวมูโลนิมบัส (Cb)

https://pluvia.system/weather



PLUVIA

Mission System

SISTEM ONLINE

UTAMA

Ground Control Room

MISI

Manajemen Misi

OPERASIONAL

Armada

Live Video

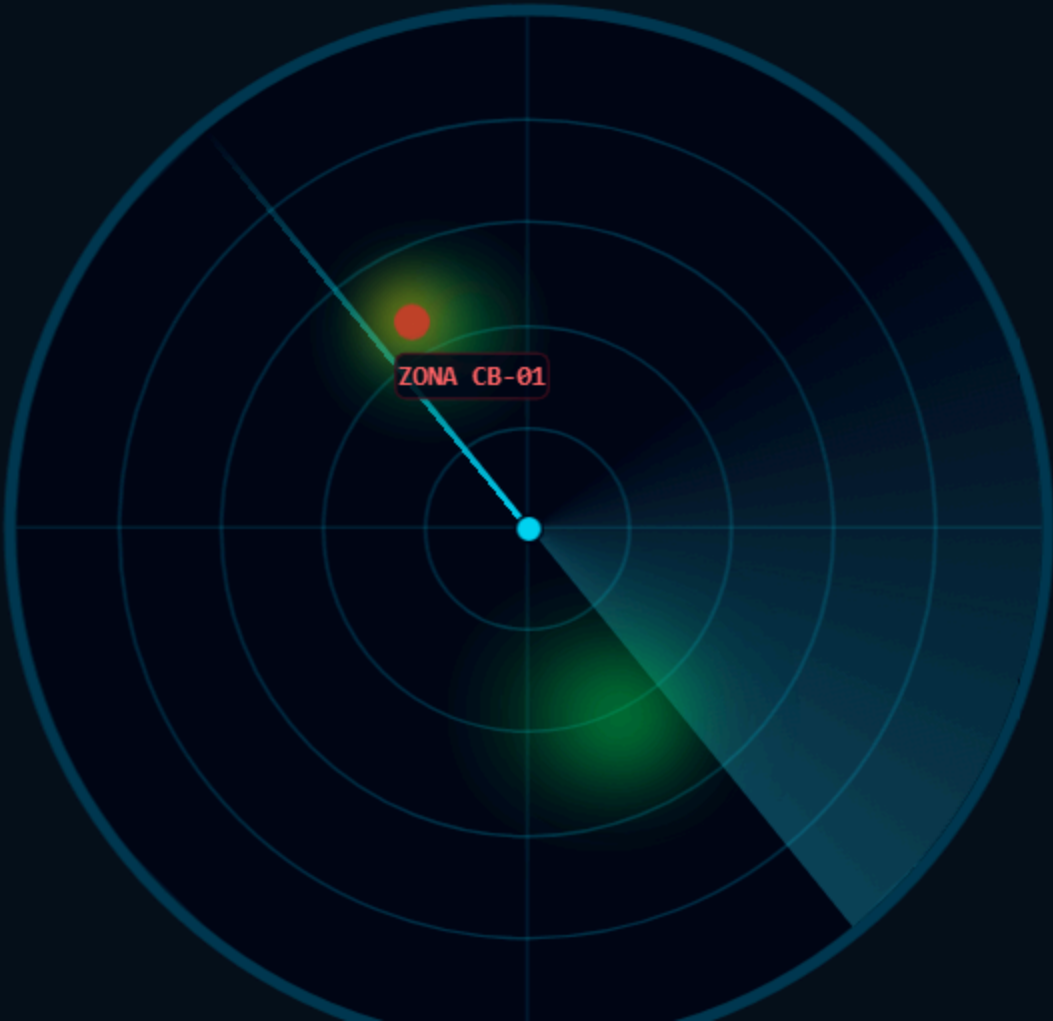
Telemetry

Cuaca & Radar

CUACA & RADAR METEOROLOGI

Pantau intensitas curah hujan, persebaran awan Cumulonimbus, dan kondisi atmosfer darat secara real-time.

MOCK RADAR NOWCASTING (HALIM 200KM RANGE)



MAINTENANCE: การซ่อมบำรุงอากาศยาน สภาพเครื่องบิน และ SATCOM

ระบบบริหารจัดการความสมบูรณ์พร้อมบินเชิงป้องกัน ตรวจสอบชั่วโมงการทำงานของเครื่องยนต์ การสอบเทียบหัวฉีดสารเคมี และการวินิจฉัยอุปกรณ์สื่อสาร Starlink และ ADS-B

<https://pluvia.system/maintenance>



PLUVIA

Mission System

 SISTEM ONLINE

Ground Control Room

© **Manajemen Misi**

✈ Armada

 Live Video

 **Telemetri**

Cuaca & Radar



MODUL MAINTENANCE PESAWAT

Pantau jam terbang, jadwal inspeksi, kalibrasi perangkat, dan status komponen seluruh armada.



4
TOTAL ARMADA



2
NORMAL



1

PERINGATAN



T1 — Casa C-212

ID: ac-t1

JAM OPERASI & JADWAL

```
Jam Mesin: 1245.6 jam
```

```
Jam Oli: 124.2 jam
```

🕒Inspeksi Terakhir: 30 Sep 2026, 20.46

 STATUS PERAI

 Kamera:

⌘ Satcom:

Starlink:

ADMIN & VIEWER: การบริหารระบบ ความปลอดภัยไซเบอร์ และบันทึกประวัติ

การจัดการผู้ใช้งานระดับองค์กรพร้อมบันทึกประวัติการใช้งานที่ไม่สามารถแก้ไขได้ (Immutable Audit Trail) และการรองรับหลายภาษา (ไทย, อังกฤษ, อินโดนีเซีย)

https://pluvia.system/admin/users



PLUVIA

Mission System

SISTEM ONLINE

UTAMA

Ground Control Room

MISI

Manajemen Misi

OPERASIONAL

Armada

Live Video

Telemetry

Cuaca & Radar

ADMIN PANEL

Manajemen User

Buat, kelola, dan atur akses user sistem

8

TOTAL USER

8

AKTIF

Cari username atau email...

USERNAME	EMAIL	ROLE	STATUS
AD admin	admin@drmaa.go.id	ADMIN	AKTIF
OP operator01	operator01@drmaa.go.id	OPERATOR	AKTIF
OP operator02	operator02@drmaa.go.id	OPERATOR	AKTIF
PI pilot.t1	pilot.t1@drmaa.go.id	PILOT	AKTIF

แผนที่ยุทธวิธีนำไฟฟ้า GIS และการติดตามพิกัดฝูงบิน

การติดตามตำแหน่งของเครื่องบินทุกลำพร้อมกันบนแผนที่ภูมิสารสนเทศความละเอียดสูง พร้อมเส้นขอบเขตพื้นที่การกิจ จุดเป้าหมายกลุ่มเมฆ และเวกเตอร์ทิศทางบิน

<https://pluvia.system/map>



PLUVIA

Mission System

SISTEM ONLINE

UTAMA

Ground Control Room

MISI

Manajemen Misi

OPERASIONAL

Armada

Live Video

Telemetri

Cuaca & Radar

NAVIGASI PETA ARMADA

Cari registrasi / tipe ...

T1 (Casa C-212)

AKTIF – SEEDING

LIVE

T2 (Piper PA-34)

TRANSIT

TELEMETRY

T3 (Cessna 172)

STANDBY

STANDBY

T4 (Cessna 172)

OFFLINE

OFFLINE

T1

การตรวจวัดโทรมาตรการบิน (Telemetry) ความเร็วสูงระดับต่ำกว่าวินาที

การสตรีมข้อมูลเครื่องวัดประกอบการบินและสภาพบรรยากาศในก้อนเมฆตรงสู่ศูนย์ควบคุมภาคพื้นดินด้วยความหน่วงต่ำกว่าวินาที
ผ่านช่องทางที่เข้ารหัสปลอดภัย

https://pluvia.system/telemetry

SISTEM ONLINE

UTAMA

Ground Control Room

MISI

Manajemen Misi

OPERASIONAL

Armada

Telemetry

Cuaca & Radar

ALTITUDO

8.500 kaki

MSL (Mean Sea Level)

KECEPATAN UDARA

165 knot

IAS (Indicated Airspeed)

GROUND SPEED

145 knot

GSP (Ground Speed)

TEMP. UDARA LUAR

-12 °C

OAT (Outside Air Temp)

KELEMBABAN

85 %

RH (Relative Humidity)

TEKANAN

264 hPa

Barometric Pressure

SEMAI TERLEPAS

14.5 Liter

NaCl / CaCl2 Released

LAJU DISPERSI

4.2 L/mnt

Bahan Penyemai Awan

SISA BAHAN BAKAR

72 %

Fuel Percentage Remaining

วงจรกิจปฏิบัติการทำฝนหลวง 9 ขั้นตอนมาตรฐาน (9 – Stage SOP)

กระบวนการทำงานดิจิทัลแบบครบวงจรตั้งแต่การวางแผน การบินโปรยสารเคมี ไปจนถึงการตรวจสอบปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นจริง

01
PLANNED (การวางแผน)
นักวิเคราะห์ประเมินเมฆเป้าหมาย คำนวณปริมาณสารดูดความชื้น และกำหนดแบบเครื่องบินปฏิบัติการ (T1/T2).

04
ENROUTE (การบินเข้าพื้นที่)
เครื่องบินมุ่งหน้าสู่พื้นที่เป้าหมาย เจ้าหน้าที่ GCR ตรวจสอบพารามิเตอร์เครื่องยนต์และสถานะการเชื่อมต่อดาวเทียม.

07
RETURN & LANDING (บินกลับ)
เครื่องบินกลับสู่ฐานบินหลังเสร็จสิ้นการโปรยสาร ตรวจสอบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงคงเหลือและถอดแผงพลูเพื่อความปลอดภัย.

02
BRIEFING (สรุปแผนการบิน)
ประชุมเชิงค้ข้อมูลระหว่างนักบินกับเจ้าหน้าที่ GCR เกี่ยวกับทิศทางลม แนวบินที่ปลอดภัย และกรอบเวลาปฏิบัติการ.

05
CLOUD SEARCH (การค้นหาเมฆ)
นักบินและนักอุตุนิยมวิทยาค้นหากลุ่มเมฆ Cumulus Congestus ที่มีกระแสลมยกตัวแรงที่ความสูง 8,000–10,000 ฟุต.

08
COMPLETED (ภารกิจสมบูรณ์)
เรดาร์ตรวจพบฝนตกในพื้นที่เป้าหมาย บันทึกภารกิจถูกล็อคด้วยระบบดิจิทัลและลงนามอนุมัติโดยผู้บัญชาการ.

03
TAXI & TAKEOFF (การวิ่งขึ้น)
เปิดใช้งานระบบส่งสัญญาณ Starlink/4G ที่รันเวย์ ตรวจสอบภาพถ่ายทอดสอดและส่งสัญญาณโทรมาตรชุดแรกสู่ GCR.

06
SEEDING (การโปรยสารฝนหลวง)
นักบินกดเปิดวาล์วโปรยสาร กล้องที่ปีกบันทึกการจุดพลุและสเปรย์สาร ปริมาณสารเคมีที่ใช้จะถูกหักลบในระบบทันที.

09
AUDIT & REPLAY (การตรวจสอบ)
จัดเก็บข้อมูลการบินเข้าสู่โมดูล Mission Replay เพื่อการศึกษาวិจัยทางวิชาการและรายงานงบประมาณภาครัฐ.

ข้อมูลจำเพาะทางเทคนิคและสถาปัตยกรรมความปลอดภัยระดับสูง

พัฒนาบนเฟรมเวิร์กคลาวด์สมรรถนะสูง พร้อมความสามารถในการติดตั้งแบบแยกอิสระบนระบบคลาวด์ หรือหน่วยบัญชาการเคลื่อนที่ภาคสนาม (TMCU)



สถาปัตยกรรมเว็บยุคใหม่

ขับเคลื่อนด้วย **Next.js 16 (Turbopack Engine)** และ TypeScript แท้ เพื่อการตอบสนองที่รวดเร็วไร้อาการกระตุกบนหน้าจอ multi-monitor ของ GCR.

- ✓ Turbopack Sub-Second Compilation
- ✓ Tailwind CSS Native Dark UI Tokens
- ✓ React Server Components Performance
- ✓ Responsive Touch EFB Cockpit Mode



ฐานข้อมูลความพร้อมใช้งานสูง

สถาปัตยกรรมเชื่อมต่อคู่โดยใช้ **Prisma ORM** และ **PostgreSQL Enterprise** (Direct + Connection Pooler).

- ✓ Connection Pooling Transaction Mode
- ✓ Strict Foreign-Key Cascading Rules
- ✓ Automated Time-Series Telemetry Table
- ✓ Zero-Downtime Migration Pipeline



ความปลอดภัยไซเบอร์และดาต้าลิงก์

การเข้ารหัสข้อมูลจากต้นทางถึงปลายทาง เพื่อป้องกันการดักจับพิกัดอากาศยานและการแก้ไขข้อมูลบันทึกสารเคมีโดยไม่ได้รับอนุญาต.

- ✓ AES-256 Video Stream Encryption
- ✓ Dual-Failover Starlink to Iridium
- ✓ Hardware Security Module (HSM) Support
- ✓ Air-Gapped Local Deployment Support

เหตุผลที่ PLUVIA พร้อมเป็นมาตรฐานระดับชาติและภูมิภาคอาเซียน

โซลูชันที่ผ่านการทดสอบแล้ว พร้อมยกระดับประสิทธิภาพปฏิบัติการทำฝนหลวง ลดความสูญเสียจากไฟฟ้าและภัยแล้ง พร้อมสร้าง
อธิปไตยทางเทคโนโลยีการบิน

คุณประโยชน์เชิงยุทธศาสตร์:



ประหยัดงบประมาณสารโปรยฝนได้สูงสุด 35%

การระบุพิกัดเมฆที่แม่นยำช่วยลดการโปรยสารเคมีทิ้งในกลุ่มเมฆที่ไม่ก่อให้เกิดฝน ประหยัดสารดูดความชื้นได้หลายร้อยตันต่อปี.



ยกระดับความปลอดภัยของนักบินและอากาศยาน

เจ้าหน้าที่ GCR คอยแจ้งเตือนและนำทางนักบินหลบหลีกกระแสลมเฉือนรุนแรง (microburst) ก่อนเกิดอันตรายต่อโครงสร้างเครื่องบิน.



อธิปไตยทางเทคโนโลยีและพร้อมรองรับระดับสากล

ระบบพัฒนาขึ้นเองโดยอิสระ ไม่ผูกติดกับข้อจำกัดลิขสิทธิ์ต่างชาติ พร้อมตรวจสอบความปลอดภัยโดยหน่วยงานความมั่นคงภาครัฐ.

แผนการดำเนินงาน 3 ระยะ (3-Phase Roadmap):

ระยะที่ 1

การติดตั้งฝูงบินนำร่อง (เดือนที่ 1-2)

ติดตั้งฮาร์ดแวร์ดาต้าลิงก์เกตเวย์และฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ห้องควบคุม GCR สำหรับเครื่องบิน 4 ลำแรก.

ระยะที่ 2

ขยายผลสู่ฐานบินหลักทั่วประเทศ (เดือนที่ 3-4)

ขยายการติดตั้งสู่ฐานบินหลักทั่วประเทศเพื่อครอบคลุมพื้นที่การเกษตรและพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง.

ระยะที่ 3

ระบบปัญญาประดิษฐ์แนะนำแนวบินทำฝนอัตโนมัติ (เดือนที่ 5 เป็นต้นไป)

ประยุกต์ใช้โมเดล AI พยากรณ์เมฆขั้นสูงในการสร้างเส้นทางการบินโปรยสารให้ประสิทธิภาพสูงสุด.

ติดต่อสอบถามข้อมูลและนัดหมายสาธิตระบบ

contact@pluvia.system • +62 812-XXXX-XXXX

