

# **Web Application Development of Secondary Education Carbon Footprint Monitoring System**

**IEEE ICAICTA 2024**

**Authors:** Jeanne D'Arc Amara Hanieka, Kridanto Surendro  
**Institution:** Institut Teknologi Bandung (ITB), Indonesia

## 1. Introduction - Problem Statement

### ปัญหาที่ต้องการแก้ไข

- โรงเรียนมัธยมใช้ไฟฟ้าจำนวนมาก แต่ ขาดระบบติดตามการปล่อยคาร์บอน
- การตัดสินใจจัดซื้ออุปกรณ์ ไม่มีข้อมูลสนับสนุน (data-driven)
- ผลลัพธ์: ปล่อยคาร์บอนโดยไม่จำเป็น และ สิ้นเปลืองบประมาณ

### Context

- Scope 2 emissions (electricity) เป็นแหล่งปล่อยคาร์บอนหลักในโรงเรียน
- การติดตามด้วยมือ (spreadsheets) มีข้อผิดพลาดสูง
- ไม่มีเครื่องมือตัดสินใจสำหรับ procurement ที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม

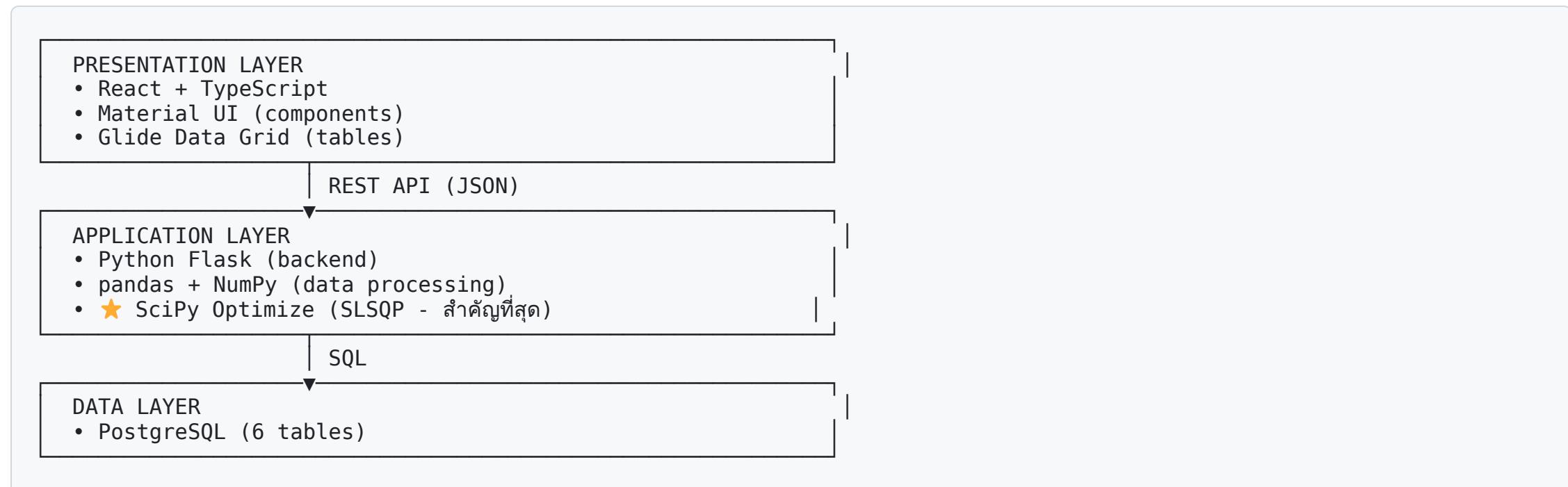
## 2. Research Questions

### คำถามวิจัย (Research Questions)

RQ	คำถาม
RQ1	ระบบ web-based สามารถคำนวณ carbon footprint ของโรงเรียนมัธยมจากข้อมูลที่มีอยู่ได้อย่างไร?
RQ2	ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ใดที่สามารถ optimize การตัดสินใจด้วยอุปกรณ์เพื่อลดการปล่อยคาร์บอน โดยอยู่ภายในบประมาณ?
RQ3	ระบบสามารถให้คำแนะนำที่ใช้ได้จริง (actionable) เพื่อลดการปล่อยคาร์บอน โดยไม่รบกวนกิจกรรมการเรียนการสอนได้อย่างไร?

### 3. System Architecture Overview

#### 3-Tier Architecture



## 4. Database Design (ER Model)

6 Core Tables + 2 Junction Tables

Table	รายละเอียด
School	ข้อมูลโรงเรียน, emission_factor
Room	ห้องเรียน, ห้องปฏิบัติการ
Class	กลุ่มนักเรียน (section)
Device	อุปกรณ์, power_watts, priority_score
Room_Class	Junction: ระบบ "Moving Class"
Room_Device	Junction: อุปกรณ์ในห้อง

### Key Design Decision

"Moving Class" System:

- หนึ่งห้องสอนหลายกลุ่มนักเรียน (ต่างเวลา)
- หนึ่งกลุ่มนักเรียนใช้ห้องที่ต่างกัน
- อุปกรณ์ share กันได้ระหว่างห้อง

## 5. Data Collection Methodology

### แหล่งข้อมูล (Data Sources)

ประเภท	แหล่งที่มา	รายละเอียด
<b>Electricity bills</b>	ใบเสร็จค่าไฟฟ้า	Monthly consumption (kWh)
<b>Device specs</b>	Manufacturer	Power ratings (watts)
<b>Class schedules</b>	ตารางสอน	Room usage patterns
<b>Procurement records</b>	การจัดซื้อย้อนหลัง	Historical purchases

### การตรวจสอบข้อมูล (Validation)

- Range checking (power > 0)
- Format validation (CSV/Excel/PDF)
- **⚠️ ข้อจำกัด:** ไม่มี statistical validation ที่เข้มงัน

## 6. Carbon Calculation - Scope 2

### สูตรการคำนวณ

$$E = 0.7848 \times P \times t$$

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
E	Carbon emissions	kg CO <sub>2</sub> e
0.7848	Indonesia grid emission factor	kg CO <sub>2</sub> e/kWh
P	Power consumption	kW
t	Time duration	hours

### ขั้นตอนการคำนวณ

- แปลง power เป็น kW:  $P(\text{kW}) = \text{Watts} / 1000$
- คำนวณพลังงาน:  $\text{Energy (kWh)} = P \times t$
- คำนวณ emissions:  $\text{Emissions} = \text{Energy} \times 0.7848$

### Emission Scopes

Scope	รวม?	รายละเอียด
Scope 1 (Direct)	✗	Fuel combustion - ยกเว้น
Scope 2 (Indirect)	✓ หลัก	Electricity - เน้น

## 7. Optimization Model ★

จุดขายหลักของงานวิจัย (KEY SELLING POINT)

ปัญหา: มีอุปกรณ์หลายตัวที่อาจซื้อ/อัปเกรด ควรเลือกตัวไหนดี?

### Mathematical Formulation

#### Decision Variable:

$$x_i \in \{0, 1\}$$

- $x_i = 1 \rightarrow$  เลือกซื้อ/อัปเกรดอุปกรณ์  $i$
- $x_i = 0 \rightarrow$  ไม่เลือก

#### Objective Function:

$$\text{Maximize: } \sum \text{priority}_i \times x_i$$

หรือสำหรับ SLSQP:

$$\text{Minimize: } -\sum \log(1 + \text{priority}_i) \times x_i$$

## 7. Optimization Model (ต่อ)

### Constraints (ข้อจำกัด)

1. Budget Constraint:  
 $\sum \text{cost}_i \times x_i \leq \text{Budget\_Max}$
2. Emission Reduction Target:  
 $\sum \text{reduction}_i \times x_i \geq \text{Min\_Target}$
3. Binary Constraint:  
 $x_i \in \{0, 1\}$

### Implementation: SciPy SLSQP

```
from scipy.optimize import minimize

# Objective: ลบค่า priority (เพื่อจะ minimize)
def objective(x, priorities):
    return -np.sum(np.log(1 + priorities) * x)

# Solve
result = minimize(objective, x0, method='SLSQP',
                  bounds=[(0,1)]*n, constraints=constraints)

# ปัดเป็นค่า binary
selected = (result.x > 0.5).astype(int)
```

### ทำไมถึงเลือก SLSQP?

## 7. Optimization Model (ต่อ) - ประโยชน์

### ตัวอย่างการใช้งาน

#### สถานการณ์:

- งบประมาณ: \$10,000
- เป้าหมาย: ลดคาร์บอน 500 kg CO<sub>2</sub>e
- มีอุปกรณ์ 50 ตัวให้เลือก

#### ผลลัพธ์จากระบบ:

- เลือกอุปกรณ์ 12 ตัวที่ optimal
- ใช้เงิน: \$9,850
- ลดคาร์บอนได้: 620 kg CO<sub>2</sub>e (เกินเป้า!)

### เปรียบเทียบ: แบบดั้งเดิม vs แบบมีระบบ

Traditional	With Optimization System
ตัดสินใจจาก gut feeling	ตัดสินใจจากข้อมูล
ซื้อตาม vendor แนะนำ	เลือกตาม cost-effectiveness
อาจเกินงบประมาณ	อยู่ในงบที่กำหนด
ไม่แน่ใจว่าลดคาร์บอนได้เท่าไหร่	รู้ล่วงหน้าว่าลดได้เท่าไหร่

## 8. System Features

### ฟีเจอร์หลักของระบบ

ฟีเจอร์	รายละเอียด
<b>Dashboard</b>	Real-time carbon tracking, แสดงผลกราฟ
<b>Recommendation Engine</b>	แนะนำอุปกรณ์ที่ optimal สำหรับการซื้อ
<b>Scenario Planning</b>	"What-if" analysis - ลองเปลี่ยนอุปกรณ์ดูผล
<b>Report Generation</b>	Export PDF/Excel

### Screenshots (ถ้ามีใน paper)

- Dashboard view
- Optimization results page
- Report sample

## 9. Results & Validation

### การทดสอบ

**Test Site:** โรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งใน Jakarta, Indonesia

**Method:** Case study (before/after comparison)

### ผลลัพธ์ที่ได้

Metric	ผลลัพธ์	ความหมาย
<b>Electricity Reduction</b>	<b>15%</b>	ลด Scope 2 emissions สำเร็จ
<b>Waste Reduction</b>	<b>25%</b>	แผนการใช้ทรัพยากรดีขึ้น
<b>Budget Compliance</b>	<b>✓</b>	อยู่ในงบประมาณที่กำหนด

### User Feedback

- ผู้ใช้พอใจกับ decision support features
- ระบบช่วยให้เห็นภาพรวมของ carbon footprint

## 9. Results & Validation - Limitations

### ข้อจำกัดของการทดสอบ

ข้อจำกัด	ผลกระทบ
<b>Single case study</b>	ไม่สามารถ generalize ไปยังโรงเรียนอื่นได้
<b>No control group</b>	ไม่แน่ใจว่าผลลัพธ์เกิดจากระบบจริง ๆ
<b>Short duration</b>	ไม่ทราบผลระยะยาว
<b>No statistical testing</b>	ไม่มี confidence intervals

### สิ่งที่ควรทำเพิ่มเติม (สำหรับงานวิจัยในอนาคต)

1. ทดสอบหลายโรงเรียน (3-5 แห่ง)
2. มี control group เปรียบเทียบ
3. ศึกษาระยะยาว 12+ เดือน
4. มี external auditor ตรวจสอบ

## 10. Conclusion & Future Work

### สรุปผลงาน (Achievements)

- ✓ ระบบติดตาม carbon footprint ที่ใช้งานได้จริง สำหรับโรงเรียนมัธยม
- ✓ Data-driven procurement optimization ด้วย Binary Optimization + SLSQP
- ✓ ผลลัพธ์เชิงบวก: ลดไฟฟ้า 15%, ลด waste 25%

### จุดเด่น (Differentiators)

- ไม่ใช่แค่ "แสดงผล" แต่ "ช่วยตัดสินใจ"
- Binary optimization ในบริบทการศึกษา (หายาก)
- ใช้งานจริงได้ (real deployment) ไม่ใช่แค่ simulation

### Future Work

ทิศทาง	รายละเอียด
Expand Scopes	เพิ่ม Scope 1 (direct) และ Scope 3 (supply chain)
IoT Integration	Real-time monitoring ด้วย sensors
Mobile App	รองรับการเข้าถึงผ่านมือถือ
ML Enhancement	ใช้ Machine Learning ปรับปรุงการทำงาน

## **Q & A**

**ขอบคุณสำหรับการรับฟัง**

**Web Application Development of Secondary Education Carbon Footprint Monitoring System**

**IEEE ICAICTA 2024**

## References

1. Hanieka, J.D.A.A. & Surendro, K. (2024). *Web Application Development of Secondary Education Carbon Footprint Monitoring System*. IEEE ICAICTA 2024. DOI: 10.1109/ICAICTA63815.2024.10763248
2. SciPy Optimize Documentation: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/optimize.html>
3. GHG Protocol: <https://ghgprotocol.org/>
4. Indonesia Ministry of Energy and Mineral Resources (2023). National Grid Emission Factor.

## Speaker Notes Summary (สำหรับการฝึกซ้อม)

### โครงสร้างเวลา 10 นาที

เวลา	สไลด์	เน้น
0:00-1:00	1-2	Intro + Problem
1:00-1:30	3	Research Questions
1:30-2:30	4-5	Architecture + Database
2:30-4:00	6	Carbon Calculation
<b>4:00-6:00</b>	<b>7</b>	<b>★ Optimization Model</b>
6:00-7:00	8	Features
7:00-8:00	9	Results + Limitations
8:00-9:30	10	Conclusion + Future Work
9:30-10:00	11	Q&A

### คำถามที่คาดว่าจะถูกถาม

1. Q: ทำไมถึงเลือก SLSQP ไม่ใช่ ML/DL?

A: SLSQP เหมาะกับ constrained optimization มีความเร็วสูง ไม่ต้องการ training data มาก

2. Q: ถ้าอยากรันในไทยต้องเปลี่ยนอะไร?

A: Emission factor ต้องเปลี่ยนเป็น 0.56 kg CO<sub>2</sub>e/kWh (ค่าไทย) แทน 0.7848 ของอินโดนีเซีย

3. Q: ระบบนี้ deploy ยากไหม?

答: ใช้ Docker และ Kubernetes จัดการ deployment ทำให้สามารถ scale ได้ตามต้องการ