



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, Indonesia

Analyzed by: KoongAI 



สารบัญ (Outline)

1. ภาพรวมงานวิจัย (Research Overview)
2. เป้าหมายและขอบเขต (Objectives & Scope)
3. สถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture)
4. ฐานข้อมูลและ ER Model (Database Design)
5. อัลกอริทึมและสูตรคำนวณ (Algorithm & Formulas)
6. เทคโนโลยีที่ใช้ (Tech Stack)
7. จุดเด่นและความแตกต่าง (Key Contributions)
8. ผลการทดลอง (Results)
9. ข้อจำกัดและงานวิจัยต่อไป (Limitations & Future Work)
10. สรุป (Conclusion)

1 ภาพรวมงานวิจัย

Research Overview



งานวิจัยนี้ทำอะไร?

นำเสนอ Web Application สำหรับติดตามและจัดการ Carbon Footprint ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา

แรงจูงใจ (Motivation)

- รัฐบาลอินโดนีเซียลงทุน 3 พันล้าน IDR สำหรับ ICT ในการศึกษา (2019)
- อุปกรณ์เทคโนโลยีในโรงเรียนเพิ่มขึ้น → Carbon Emissions เพิ่มขึ้น
- ขาดระบบติดตามผลกระทบสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ

ปัญหาที่แก้

- การใช้เทคโนโลยีในโรงเรียน → ไม่ทราบผลกระทบสิ่งแวดล้อม
- การจัดซื้ออุปกรณ์ → ไม่คำนึงถึงความยั่งยืน
- ขาดเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support)



เป้าหมายหลัก (Primary Objectives)

1. หลัก: ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

จากการใช้เทคโนโลยีในโรงเรียน

2. รอง:

- ช่วยตัดสินใจจัดซื้ออุปกรณ์โดยคำนึงถึงความยั่งยืน
- จัดการสินค้าคงคลัง (Inventory Management)
- วิเคราะห์รูปแบบการใช้งานอุปกรณ์
- ลด Carbon Footprint ของสถานศึกษา

🏆 ผลลัพธ์ที่ได้ (Results)

Web Application ที่มีฟีเจอร์:

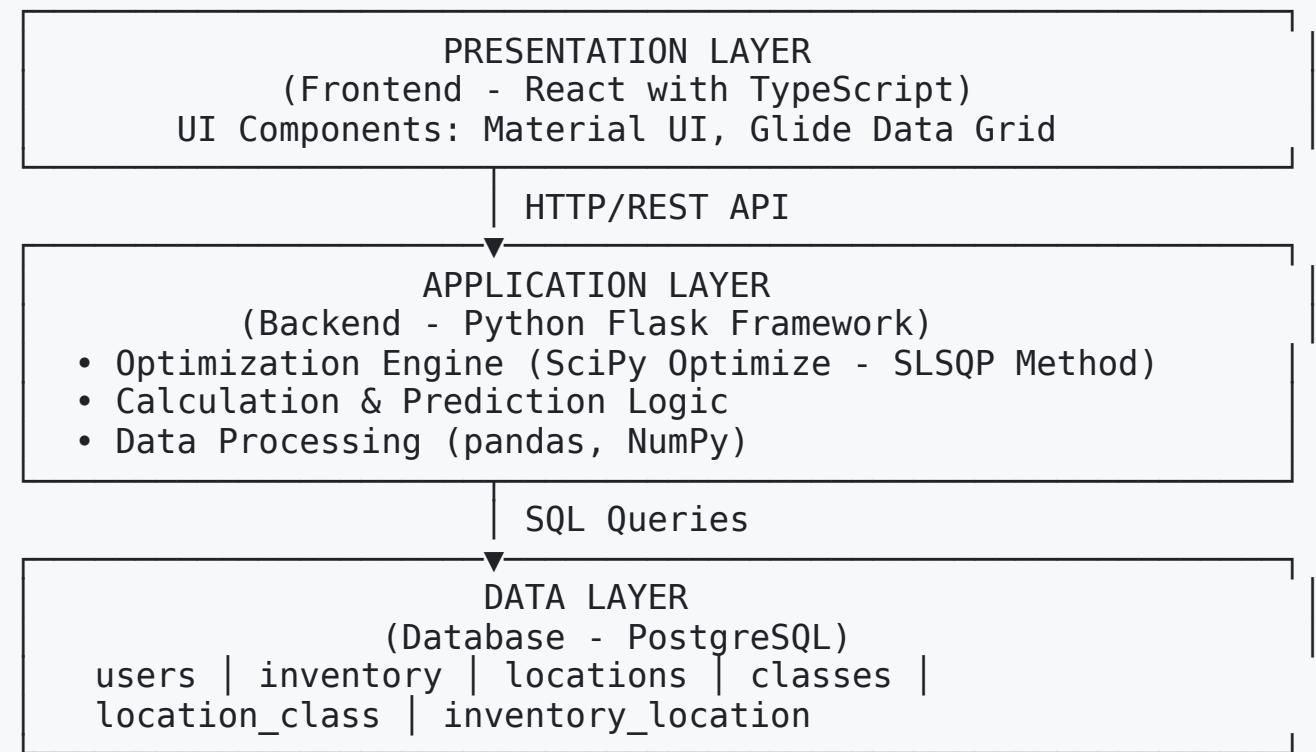
ฟีเจอร์	รายละเอียด
 Carbon Calculation	คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า
 Purchase Optimization	ระบบช่วยตัดสินใจจัดซื้ออุปกรณ์
 Dashboard	แดชบอร์ดแสดงผลการใช้งานและ Emission
 Prediction	ทำนายการปล่อย Carbon ในอนาคต
 Inventory Management	จัดการสินค้าคงคลัง

2 สถาปัตยกรรมระบบ

System Architecture

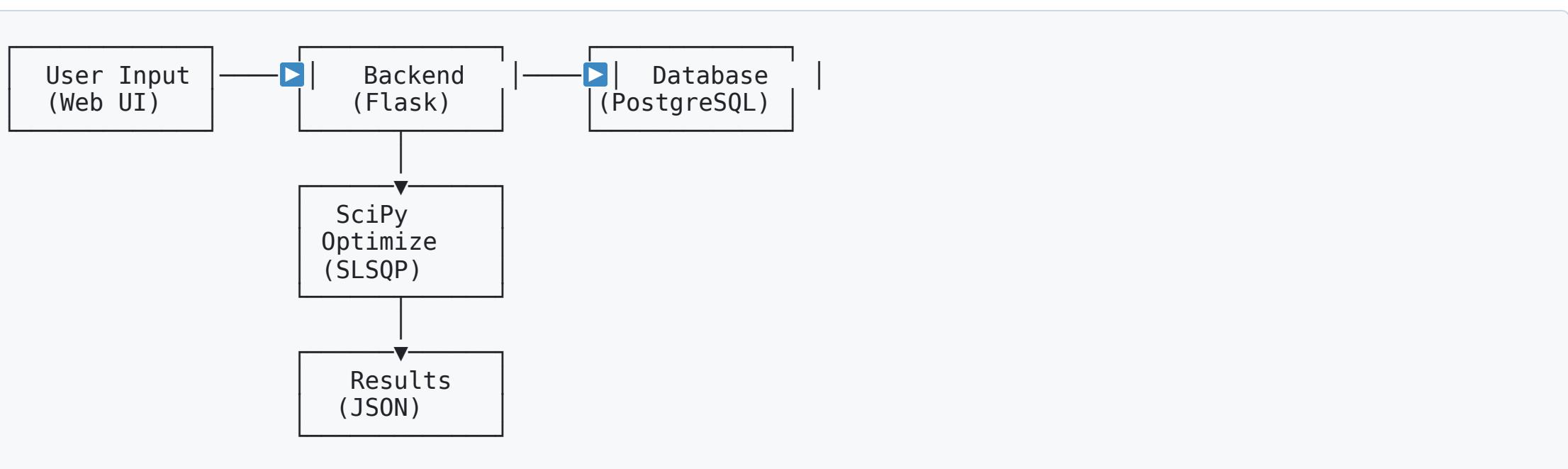


3-Tier Architecture





Data Flow Diagram



3 ฐานข้อมูลและ ER Model

Database Design

Database Schema (PostgreSQL)

6 Tables หลัก:

Table	หน้าที่
users	จัดการ Authentication
inventory	ข้อมูลอุปกรณ์ของโรงเรียน
locations	ข้อมูลห้อง/สถานที่
classes	ข้อมูลชั้นเรียน
location_class	ตารางไข้ห้อง (Many-to-Many)
inventory_location	อุปกรณ์ในห้อง (Many-to-Many)

● ER Diagram - Core Entities

Room (ห้อง)

- `room_name` (PK, string)
- ใช้สำหรับกิจกรรมการศึกษา

Class (ชั้นเรียน)

- `class_name` (PK, string)
- `number_of_students` (string)

Device (อุปกรณ์)

- `device_name` (PK, string)
- `device_brand` (string)
- `price` (float)
- `watt` (float) ← สำคัญ!

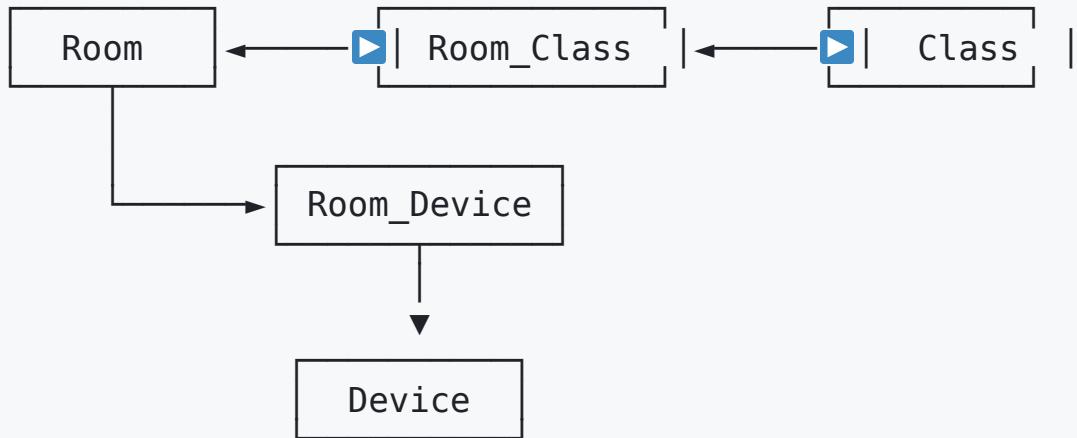
Room_Class (ตารางใช้ห้อง)

- `room_name` (FK)
- `day` (string)
- `start_time` (string)
- `end_time` (string)
- `class_name` (FK)

Room_Device (อุปกรณ์ในห้อง)

- `room_name` (FK)
- `device_name` (FK)
- `device_brand` (string)
- `device_quantity` (string)

Entity Relationships



Key Design: Many-to-Many Relationships

- ห้องเดียว → ใช้สอนหลายชั้น (Moving Class System)
- ห้องเดียว → มีอุปกรณ์หลายชนิด

4 อัลกอริทึมและสูตรคำนวณ

Algorithm & Formulas



สูตรคำนวณ Carbon Emission

Scope ที่ใช้: Scope 2 (Indirect Emissions from purchased electricity)

$$E_{\text{electricity}} = Ef_{\text{electricity}} \times P \times t$$

ตัวแปร	คำอธิบาย	ค่าที่ใช้
$E_{\text{electricity}}$	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	kg CO2e
$Ef_{\text{electricity}}$	Electricity Grid Emission Factor	0.7848 kg CO2e/kWh
P	กำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์	Watt
t	เวลาการใช้งาน	hours



หมายเหตุ: Emission Factor 0.7848 เป็นค่าของอินโดนีเซียปี 2022

⚡ Greenhouse Gas Protocol - 3 Scopes

Scope	ประเภท	ตัวอย่าง
Scope 1	Direct Emissions	เชื้อเพลิงที่เผาไหม้ภายใน, รถโรงเรียน
Scope 2 ★	Indirect Emissions (Purchased Energy)	ไฟฟ้าที่ซื้อจากภายนอก
Scope 3	Other Indirect Emissions	Supply chain, E-waste, Business travel

งานวิจัยนี้โฟกัสเฉพาะ Scope 2 (การใช้ไฟฟ้า) เนื่องจากเป็นส่วนใหญ่ในโรงเรียน

Optimization Model

Binary Optimization ด้วย SciPy Optimize (SLSQP Method)

Decision Variables:

$x_i \in \{0, 1\}$ (ซื้อ = 1, ไม่ซื้อ = 0)

Objective Function:

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

 เป้าหมาย: Maximize Priority ของอุปกรณ์ที่ซื้อ



Constraints (ข้อจำกัด)

1. Budget Constraint (งบประมาณ)

$$\sum (\text{price}_i \times x_i) \leq \text{Max Budget}$$

2. Emission Constraint (เป้าหมาย Emission)

$$\sum (\text{E_electricity}_i \times x_i) + \text{Total Emissions} \leq \text{Max Emissions}$$

Example Result:

```
Status: Infeasible
Purchase_('Class103', 'Komputer') = 1.0
Purchase_('Class103', 'Smartboard') = 3.0
```

5 เทคโนโลยีที่ใช้

Tech Stack



Technology Stack

Frontend (Presentation Layer)

Technology	Purpose
React	Framework หลัก
TypeScript	Type Safety
Material UI (MUI)	UI Components
Glide Data Grid	Interactive Tables

Backend (Application Layer)

Technology	Purpose
Python Flask	Web Framework
SciPy Optimize	Optimization Engine
pandas	Data Manipulation
NumPy	Numerical Computing

Database

- PostgreSQL - Relational Database

Development Tools

- Jupyter Notebook - Prototyping & Data Processing



System Features

ฟีเจอร์	รายละเอียด
User Management	ลงทะเบียน/เข้าสู่ระบบ
Inventory Management	ดู/อัปโหลด/แก้ไขข้อมูลอุปกรณ์
Room Scheduling	จัดการตารางใช้ห้อง
Emission Dashboard	ดู Carbon Emission ระดับโรงเรียน/ห้อง
Prediction	ทำนาย Emission อนาคต
Purchase Optimization	คำแนะนำการจัดซื้ออุปกรณ์

6 จุดเด่นและความแตกต่าง

Key Contributions

★ ความแตกต่างจากการอื่น

งานวิจัยอื่น	งานวิจัยนี้
Schools4Future Tool [4] - Excel-based	Web Application แบบ Real-time
Bulancak High School Study [5] - ประเมินครั้งเดียว	ระบบติดตามต่อเนื่อง + Optimization
เน้น ประเมินและสร้างความตระหนัก	เน้น การตัดสินใจเชิงปฏิบัติ (DSS)
ไม่มีระบบจัดการ	มี Inventory + Purchase Optimization



Innovation / Novel Approach

1. Integration of Optimization in Education

- นำ Binary Optimization มาใช้กับการตัดสินใจจัดซื้ออุปกรณ์ในโรงเรียนเป็นครั้งแรก
- ผสมผสาน Cost + Emission + Priority ใน Objective Function เดียว

2. Data-Driven Approach

- ใช้ข้อมูลที่มีอยู่แล้ว (ตารางสอน, inventory, ข้อมูลพลังงาน)
- ไม่ต้องติดตั้ง Hardware เพิ่ม

3. Moving Class System Support

- รองรับระบบ "Moving Class" (ห้องเรียนเคลื่อนที่)
- ห้องเดียวใช้สอนหลายชั้น/หลายวิชา

4. Scope 2 Emission Focus

- โฟกัสเฉพาะ Emission จากการใช้ไฟฟ้า (Scope 2)

7 ผลการทดลอง

Results & Evaluation



Case Study

โรงเรียน X - Junior High School ในกรุงจาการ์ตา, อินโดนีเซีย

ข้อมูลที่ใช้ทดสอบ:

ข้อมูล	รูปแบบ
Room Usage Schedule	PDF
Class Data	Spreadsheet
Inventory of Items	PDF

Optimization Results

ตัวอย่างผลลัพธ์:

```
Status: Infeasible  
Purchase_('Class103', 'Komputer') = 1.0  
Purchase_('Class103', 'Smartboard') = 3.0
```

ความหมาย:

- Status: Infeasible → ไม่สามารถตอบสนอง Constraints ทั้งหมดได้
- แต่ระบบยังให้ คำแนะนำอุปกรณ์ที่ควรซื้อ และจำนวน
- ช่วยให้ผู้ใช้ทราบว่าเป้าหมายเริ่มต้นอาจไม่บรรลุ แต่มีทางเลือกอื่น



Web Application Screenshots

1. Purchase Decision Page

- แสดงผลการคำนวณ Optimization
- แสดงสถานะ (Feasible/Infeasible)
- แสดงรายการอุปกรณ์ที่แนะนำให้ซื้อ

2. Usage Page

- แสดงการใช้งานอุปกรณ์ทุกห้อง
- จำนวนห้องที่ใช้งาน
- จำนวนอุปกรณ์ที่ใช้งาน
- Carbon Emission รวม

8 ข้อจำกัดและงานวิจัยต่อไป

Limitations & Future Work

⚠️ ข้อจำกัด (Limitations)

1. No Formal User Requirements

- ✗ ไม่ได้เก็บข้อมูลความต้องการผู้ใช้อย่างเป็นทางการ
- อิงจากข้อมูลโรงเรียน X เท่านั้น

2. No User Testing

- ✗ ไม่มีการทดสอบกับผู้ใช้จริง (School Administrators)

3. Limited Scope

- ✗ ไฟกัสเฉพาะ Scope 2 (Electricity)
- ไม่รวม Scope 1 (Direct emissions) และ Scope 3 (Supply chain)

4. Single Case Study

- ✗ ทดสอบกับโรงเรียนเดียวในอินโดนีเซีย

5. Static Emission Factor



แนวทางพัฒนาต่อไป (Future Work)

ด้าน	ที่ควรพัฒนา
User-Centered	Requirement Gathering + Usability Testing
Expand Scope	Scope 1 + Scope 3 Emissions
IoT Integration	Smart Meters สำหรับ Real-time Monitoring
Multi-School	ทดสอบหลายโรงเรียนในหลายภูมิภาค
ML Enhancement	Time-series forecasting (ARIMA, Prophet)
Optimization	Multi-objective optimization (NSGA-II)
Mobile App	iOS/Android Application

9 สรุป

Conclusion



สรุปงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็น "Proof of Concept" ที่ดีสำหรับระบบ Monitoring Carbon Footprint ในโรงเรียน

จุดแข็ง:

- ✓ ใช้ Binary Optimization ช่วยตัดสินใจจัดซื้อ
- ✓ สถาปัตยกรรมชั้นเดียว (3-Tier)
- ✓ ER Model ออกแบบดี (รองรับ Moving Class)
- ✓ Tech Stack ทันสมัย (React + Flask + PostgreSQL)

จุดที่ควรปรับปรุง:

- ⚠️ ยังเป็นระดับ MVP (Minimum Viable Product)
- ⚠️ ไม่มี Real-time Data (ใช้ PDF/Excel upload)
- ⚠️ ไม่ครอบคลุม ทุก Scope ของ Carbon Footprint
- ⚠️ ไม่มี User Testing



บทเรียนที่ได้ (Lessons Learned)

สำหรับการพัฒนาต่อ:

1. การออกแบบ Database

- Many-to-Many relationships ผ่าน junction tables
- รองรับ Moving Class System

2. Optimization Approach

- Binary Optimization เหมาะสำหรับปัญหา Purchase Decision
- SLSQP Method จาก SciPy ใช้งานง่ายและมีประสิทธิภาพ

3. Data Integration

- รวมข้อมูลหลายแหล่ง (ตารางสอน + inventory + energy data)



Thank You

Questions & Discussion



References

1. F. Mikre (2011) - The Roles of ICT in Education
2. Sekretariat GTK (2019) - Digitalisasi Sekolah Indonesia
3. N. Selwyn (2018) - EdTech Is Killing the Planet
4. O. Wagner et al. (2021) - Schools4Future Tool
5. P. Rüya Uludağ & B. Kılıç Taşeli (2023) - Carbon Footprint of a High School
6. IPCC (2014) - Climate Change 2014 Synthesis Report
7. University of Michigan (2023) - Carbon Footprint Factsheet
8. GHG Protocol (2011) - Scope 3 Accounting Standard
9. Carbon Footprint Ltd (2022) - Country Specific Electricity Grid Factors
10. B. Guenin et al. (2014) - A Gentle Introduction to Optimization
11. Kemendikbudristek (2023) - Standar Sarana dan Prasarana Pendidikan



Analyzed by: KoongAI 

Original Paper: IEEE ICAICTA 2024

Authors: Jeanne D'Arc Amara Hanieka, Kridanto Surendro

Institution: Institut Teknologi Bandung, Indonesia

