



ABSTRACT

Drinking water dispenser has become a basic necessity and has been a common sight in private properties and public places in Taiwan. Typical drinking water dispenser in Taiwan provides 3 levels of water temperature: hot, warm, and cold. Even though it is found to be convenient for the user, providing various temperature of water that can be readily available on demand makes drinking water dispenser the 5th most electricity-consuming household appliances in Taiwan. High energy consumption comes from the process of heating and cooling to maintain water temperature in the tank. Repeated processes of cooling and heating may generate energy waste when there is no demand for drinking water at some periods of time.

This study proposes data-driven control strategies for drinking water dispenser. Control strategies discussed in this study are constructed based on available data collected from sensors and smart meter installed on the dispenser along with related external data. Based on available data, five prediction models are built: electrical power usage, hot water consumption status, cold water consumption status, hot water temperature, and cold water temperature. Electrical power usage and water temperature prediction models are constructed using Multi-Layer Perceptron (MLP) method while water consumption status prediction model is built using random forest technique. These five prediction models are used to construct an optimization model to minimize electrical power usage with consideration of water temperature and water consumption constraints by scheduling heating and cooling processes. The optimization model is solved using Particle Swarm Optimization (PSO) method.

A case study has been conducted to evaluate the performance of the proposed model. Peak hours' data on 14 January 2019 used in the case study. The results show 6.3% energy-savings could be achieved while still maintaining satisfaction level of cold water at 100% and hot water satisfaction level at 95.83%.

Keywords: Water Dispenser, Energy Conservation, Multi-Layer Perceptron, Random Forest Classifier, Particle Swarm Optimization



INTISARI

Dispenser air minum merupakan salah satu kebutuhan dasar dan telah menjadi pemandangan umum dalam ruang privat maupun publik di Taiwan. Dispenser air minum yang umum digunakan di Taiwan memiliki tiga tingkatan temperatur air, yaitu: panas, hangat, dan dingin. Tiga tingkatan temperatur air tersebut membantu pengguna untuk mendapatkan air dengan temperatur yang diinginkan secara mudah dan cepat. Namun, ketersediaan tiga tingkatan temperature air tersebut menjadikan dispenser air minum sebagai peringkat ke-5 dalam peralatan rumah tangga yang paling banyak mengonsumsi listrik di Taiwan. Pemakaian energi yang tinggi berasal dari proses pemanasan dan pendinginan yang dilakukan secara berulang untuk menjaga temperatur air. Proses pemanasan dan pendinginan yang dilakukan secara berulang tersebut dapat menimbulkan pemborosan energi ketika air yang telah dijaga suhunya tidak dikonsumsi oleh pengguna.

Penelitian ini mengusulkan kontrol strategi berbasis data dengan tujuan mengurangi pemakaian listrik untuk dispenser air minum. Kontrol strategi yang dibahas dalam penelitian ini dirancang menggunakan data hasil rekaman sensor dan *smart meter* yang telah dipasang pada dispenser air minum serta data eksternal terkait. Berdasarkan data yang tersedia, lima model prediksi dibangun, yaitu: penggunaan daya listrik, status konsumsi air panas, status konsumsi air dingin, temperatur air panas, dan temperatur air dingin. Model prediksi penggunaan daya listrik dan temeperatur air dibangun menggunakan metode *Multi-Layer Perceptron* (MLP) sedangkan model prediksi status konsumsi air minum dibangun menggunakan metode *random forest*. Lima model prediksi tersebut digunakan untuk membangun model optimasi dengan fungsi tujuan minimasi penggunaan daya listrik dengan menjadwalkan proses pemanasan dan pendinginan dengan mempertimbangkan batasan temperatur air dan status konsumsi air minum. Model optimasi yang dibangun diselesaikan dengan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO).

Sebuah studi kasus telah dilakukan untuk mengevaluasi performansi dari model yang telah dibangun. Data yang dikumpulkan pada jam sibuk di tanggal 14 Januari 2019 digunakan dalam studi kasus. Hasil dari studi kasus menunjukkan penurunan konsumsi listrik sebesar 6,3% dapat dicapai dengan tetap menjaga tingkat kepuasan pengguna air dingin di 100% dan kepuasan pengguna air panas di 95,83%.

Kata Kunci : Dispenser Air Minum, Konservasi Energi, *Multi-Layer Perceptron*, *Random Forest Classifier*, *Particle Swarm Optimization*