

Abstract of thesis presented to the Senate of Universiti Malaysia Terengganu in
fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science

**DEVELOPMENT OF ENERGY MONITORING AND DATA LOGGER
(EMDL) SYSTEM FOR STUDIES OF HOUSEHOLD APPLIANCE ENERGY
DISAGGREGATION USING NON-INTRUSIVE LOAD MONITORING
TECHNIQUE**

TAN RUI LIN

APRIL 2024

Main : Muhamad Zalani bin Daud, Ph.D
Supervisor

Co- Supervisor : Wan Hafiza binti Wan Hassan, Ph.D

Faculty : Faculty of Ocean Engineering Technology

In contemporary discussions, the issue of high electrical power consumption takes centre stage. Inefficient use of electrical energy leads to energy wastage that contributed by not only the electrical appliances, but also the behaviour of the users. To monitor and understand power usage, real-time energy monitoring and data logger (EMDL) system based on the Arduino is exploited. Using EMDL, energy consumption of a house was measured every 90 seconds (approximately 0.011 Hz) by the current sensor. Consumption data of a house electrical appliances is streamed in real-time through a web browser, while offline data is securely stored on a flash card. To understand the consumption behaviour of the different type loads, an in-depth analysis of the collected power consumption data to discern the on/off states of individual appliances using the Non-Intrusive Load Monitoring (NILM) disaggregation technique were carried out. The NILM disaggregation algorithm employs techniques such as feature extraction and graph plotting, classification learner application techniques, and analytical approach classification techniques to deconstruct the aggregated loads of data. Based on two months of continuous experimental measurement results, the total energy consumption closely matched the utility company's monthly bill. The percentage error between the experiment and the utility bill was consistently below 6% for both the online and offline EMDL systems. The results of the data analysis by three different classification methods showed that the analytical approach classification provided detailed information about electrical

appliance power consumption, including operation frequency, start and end times of load operation, and total usage time. In general, these processes enable a quick identification of the types of electrical appliances, operation status, usage time, start time and end time of load operation, and the total operation time.

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Malaysia Terengganu
sebagai memenuhi keperluan untuk Ijazah Sarjana Sains

**PEMBANGUNAN SISTEM PEMANTAUAN TENAGA DAN PEROLEHAN
DATA (EMDL) UNTUK KAJIAN PEMECAHAN TENAGA PERKAKASAN
RUMAH MENGGUNAKAN TEKNIK PEMANTAUAN BEBAN TANPA
GANGGUAN**

TAN RUI LIN

APRIL 2024

Penyelia Utama : Muhamad Zalani bin Daud, Ph.D

Penyelia Bersama : Wan Hafiza binti Wan Hassan, Ph.D

Fakulti : Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kelautan

Dalam perbincangan kontemporari, isu penggunaan tenaga elektrik yang tinggi menjadi tumpuan utama. Penggunaan tenaga elektrik yang tidak efisien mengakibatkan pembaziran tenaga, yang disumbangkan bukan sahaja oleh peralatan elektrik tetapi juga oleh tingkah laku pengguna. Bagi memantau dan memahami penggunaan kuasa, pemantauan tenaga dan perolehan data (EMDL) masa nyata berdasarkan Arduino telah dieksploitasi. Menggunakan EMDL, penggunaan tenaga sebuah rumah diukur setiap 90 saat (kira-kira 0.011 Hz) oleh pengesan arus elektrik. Data penggunaan peralatan elektrik rumah dipancarkan secara langsung melalui pelayar web, manakala data luar talian disimpan dengan selamat pada kad memori. Bagi memahami kelakuan penggunaan beban jenis yang berbeza, analisis mendalam terhadap data penggunaan tenaga yang dikumpulkan untuk memahami keadaan hidup/mati peralatan elektrik menggunakan teknik Pemantauan Beban Tanpa Gangguan (NILM) dilakukan. Algoritma pemecahan NILM menggunakan teknik seperti pengekstrakan ciri dan memplot graf, teknik aplikasi pembelajaran pengelasan, dan teknik pengelasan pendekatan analitik untuk menghurai data agregat. Berdasarkan hasil pengukuran eksperimen yang berterusan selama dua bulan, penggunaan tenaga keseluruhan didapati sepadan dengan bil bulanan syarikat utiliti. Peratusan ralat antara eksperimen dan bil utiliti adalah di bawah 6% secara konsisten untuk kedua-dua sistem EMDL dalam talian dan luar talian. Hasil analisis data menggunakan tiga kaedah klasifikasi yang berbeza menunjukkan bahawa klasifikasi pendekatan analitik menyediakan maklumat terperinci mengenai penggunaan kuasa peralatan elektrik,

termasuk frekuensi operasi, waktu mula dan tamat operasi beban, dan masa penggunaan keseluruhan. Secara umum, proses ini membolehkan pengenalan yang cepat bagi jenis peralatan elektrik, status operasi, masa penggunaan, waktu mula dan tamat operasi beban, dan masa operasi keseluruhan.