

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

**MAPPING AND ESTIMATING PADDY RICE EXTENT, GROWTH STAGES AND YIELD IN PENINSULAR MALAYSIA BY USING FUSION OF SENTINEL-1 AND SENTINEL-2 IN GOOGLE EARTH ENGINE**

**FATCHURRACHMAN**

**JULY 2023**

**Main Supervisor : Rudiyanto, Ph.D**

**Co-Supervisor : Norhidayah Che Soh, Ph.D**

**Faculty : Faculty of Fisheries and Food Science**

In response to food security, the Malaysian government has set a target of 70% self-sufficiency level in rice production. To achieve this goal, timely and accurate information on rice areas, yield forecasts, and production must be regularly updated. However, traditional field surveys are time-consuming and lack geographical details. Therefore, to address this challenge, this study utilized open-access satellite imagery and remote sensing technology to map and monitor paddy rice cultivation in Peninsular Malaysia. The study developed high-resolution maps of rice extent and cropping patterns in near-real-time by using integration of Sentinel-1 and Sentinel-2 time series data. Using the unsupervised classification results from the time-series data, clusters corresponding to rice fields and growth stages were identified and used for generating the extent, intensity, and cropping calendars of the rice fields. The results were validated with high-resolution street view images from Google Earth and local government granary data. The study also predicted the spatiotemporal distribution of rice growth stages by using Sentinel-1 data and machine learning algorithms. Four input data structures and four machine learning algorithms were evaluated. Representative Sentinel-1 VH-polarization spectra of rice field groups generated from the previous map were used as training data. Afterwards, the optimal model was deployed as an Earth Engine App, offering near real-time updates on paddy growth

stages at a 10-meter resolution. Furthermore, an automated mapping approach was developed to accurately track the temporal extent of rice cultivation in Peninsular Malaysia. This approach used the results of phenology-based method as training data for machine learning algorithms to map the temporal rice extent. The study also compared the performance of two time-series data (Sentinel-2 level 1C and 2A) and two regression models for rice yield estimation. The approach generated updated maps of rice cultivation areas, enabling the estimation of rice yield and production at the granary level. These findings can assist policymakers in achieving Malaysia's self-sufficiency target in rice production and addressing food security. Open-access satellite imagery and remote sensing technology provide a cost-effective and suitable solution for regional and national-scale crop monitoring, providing spatially distributed information on a large scale.

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

**PEMETAAN DAN ANGGARAN KELUASAN, TAHAP PERTUMBUHAN  
DAN TUAIAN PADI DI SEMENANJUNG MALAYSIA MENGGUNAKAN  
GABUNGAN SENTINEL-1 DAN SENTINEL-2 DI DALAM GOOGLE  
EARTH ENGINE**

**FATCHURRACHMAN**

**JULAI 2023**

**Penyelia** : **Rudiyanto, Ph.D**

**Penyelia Bersama** : **Norhidayah Che Soh, Ph.D**

**Fakulti** : **Fakulti Perikanan dan Sains Makanan**

Sebagai respon kepada sekuriti makanan, Kerajaan Malaysia telah menyasarkan 70% tahap sara diri dalam pengeluaran beras. Bagi mencapai matlamat ini, maklumat yang tepat dari segi masa, kawasan padi, ramalan hasil dan pengeluaran perlu sentiasa dikemaskini. Namun, tinjauan lapangan secara tradisional memakan masa dan kekurangan dari segi butiran geografi. Oleh itu, bagi menangani cabaran tersebut, kajian ini menggunakan imej satelit akses terbuka dan teknologi penderiaan jauh untuk memeta dan memantau penanaman padi di Semenanjung Malaysia. Kajian ini membangunkan peta resolusi tinggi bagi keluasan padi dan corak tanaman dalam masa yang hampir nyata dengan menggunakan integrasi data siri masa Sentinel-1 dan Sentinel-2. Melalui penggunaan hasil klasifikasi tanpa pengawasan daripada data siri masa, kumpulan yang berkaitan dengan sawah padi dan peringkat pertumbuhan telah dikenal pasti dan digunakan untuk menghasilkan keluasan, intensiti, dan kalendar penanaman sawah padi. Hasil telah disahkan dengan imej paparan jalan resolusi tinggi daripada Google Earth dan data jelapang kerajaan tempatan. Kajian ini juga meramalkan taburan spasiotemporal peringkat pertumbuhan padi dengan menggunakan data Sentinel-1 dan algoritma pembelajaran mesin. Empat struktur data input dan empat algoritma pembelajaran mesin telah dinilai. Spektra polarsiasi VH

Sentinel-1 yang mewakili kumpulan bidang padi yang dihasilkan daripada peta terdahulu telah digunakan sebagai data latihan. Seterusnya, model optimum telah digunakan sebagai Aplikasi Earth Engine, memberikan kemaskini hampir nyata tentang peringkat pertumbuhan padi pada resolusi 10 meter. Selanjutnya, satu pendekatan pemetaan automatik telah dibangunkan untuk mengesan keluasan padi temporal di Semenanjung Malaysia dengan tepat. Pendekatan ini menggunakan hasil kaedah berdasarkan fenologi sebagai data latihan untuk algoritma pembelajaran mesin bagi pemetaan keluasan padi temporal. Kajian ini juga membandingkan prestasi dua data siri masa (Sentinel-2 level 1C dan 2A) dan dua model regresi untuk anggaran hasil padi. Pendekatan ini telah menghasilkan peta kawasan penanaman padi yang dikemas kini, membolehkan anggaran hasil dan pengeluaran padi pada peringkat jelapang. Penemuan ini boleh membantu penggubal dasar untuk mencapai sasaran sara diri Malaysia dalam pengeluaran beras dan menangani sekuriti makanan. Imej satelit akses terbuka dan teknologi penderiaan jauh menyediakan penyelesaian dari segi kos yang efektif dan sesuai untuk pemantauan tanaman berskala serantau dan nasional, di samping menyediakan maklumat yang diedarkan secara spatial pada skala besar.