

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

**PROJECTED FUTURE CHANGES OF UPWELLING AND WIND CHARACTERISTICS ALONG PENINSULAR MALAYSIA'S EAST COAST UNDER FUTURE EMISSION SCENARIOS RCP4.5 AND RCP8.5 USING CORDEX SOUTHEAST ASIA MULTI MODELS SIMULATION**

**FARIZ SYAFIQ BIN MOHAMAD ALI**

**MARCH 2023**

**Main Supervisor : Prof. Ts. Dr. Mohd Fadzil Mohd Akhir**

**Co-Supervisor : Dr Chung Jing Xiang**

**School/Institute : Institute of Oceanography and Environment**

Upwelling is a crucial process that influences primary productivity by bringing cooler and more nutrient-rich water from the deeper layers of the ocean to the surface. This process is essential for the survival of the regional ecosystem. However, climate change has been found to affect the mechanism of upwelling by increasing the intensity of upwelling due to global climate change. Therefore, this study aims to validate the products of the Coordinated Downscaling Experiment South East Asia (CORDEX-SEA) in terms of wind speed, wind stress curl and Upwelling Index (UI) at the east coast of Peninsular Malaysia (PMEC) and determine the impact of climate change on upwelling under two climate change scenarios as well as identify the period of the event and the most affected area of PMEC based on the results of CORDEX-SEA multi-model simulation. This study uses zonal and meridional wind dataset obtained from CORDEX-SEA to predict the future wind motion and upwelling in the region under two future emission scenarios (RCP4.5 and RCP8.5) (2010-2100). The results show that only four of the CORDEX-SEA products (HadGEM2-ES(RegCM4), HadGEM2-ES(RCA4), CSIRO-Mk3-6-0(RegCM4) and MPI-ESM-MR(RegCM4)) were able to simulate similar values for wind pattern and direction as the reference

data (ERA5), which are crucial for upwelling generation at the P MEC, albeit with biases. The four CORDEX-SEA products were then combined into a multi-model to project wind and upwelling at the P MEC. Based on the CORDEX-SEA multi-model simulation, it was found that there is an increasing trend in wind strength under both the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios, which in turn would also enhance upwelling at the P MEC. In terms of the respective coastlines, the upwelling index at the Middle Coast has the highest value of UI, which are  $265.97 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-1}$  and  $305.88 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-1}$  for RCP4.5 and RCP8.5 respectively by the late century, while the coast with the highest change (%) is the Southern Coast (15.9%) and Middle Coast (30.12%) for RCP4.5 and RCP8.5 respectively. Hence, it can be seen that there would be an intensification of upwelling at the P MEC due to an increase in the land-ocean temperature gradients.

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

**KAJIAN PENGARUH PERUBAHAN IKLIM TERHADAP PENGALIR ATASAN DAN CIRI ANGIN DI SEPANJANG PANTAI TIMUR SEMENANJUNG MALAYSIA DI BAWAH SENARIO PELEPASAN MASA HADAPAN RCP4.5 DAN RCP8.5 MENGGUNAKAN SIMULASI PELBAGAI MODEL CORDEX ASIA TENGGARA**

**FARIZ SYAFIQ BIN MOHAMAD ALI**

**MAC 2023**

**Penyelia** : **Prof. Ts. Dr. Mohd Fadzil Mohd Akhir**

**Penyelia Bersama** : **Dr Chung Jing Xiang**

**Pusat Pengajian/Institut** : **Institut Oseanografi dan Sekitaran**

Pengalir atasan ialah proses penting yang mempengaruhi produktiviti utama dengan membawa air yang lebih sejuk dan kaya dengan nutrient dari lapisan laut yang lebih dalam ke permukaan dan ini memberi manfaat kepada kebanyakan organisma lautan. Proses ini penting untuk kemandirian ekosistem tempatan. Walau bagaimanapun, perubahan iklim global dijangka boleh mempengaruhi mekanisme pengalir atasan yang mana perubahan iklim global akan meningkatkan keamatan proses pengalir atasan. Oleh itu, kajian ini bermatlamat untuk menunjukkan kesahihan produk Eksperimen Penskalaan Rendah di Asia Tenggara (CORDEX-SEA) mengenai kelajuan angin, keriting tekanan angin dan Indeks Pengalir atasan (UI) di Pantai Timur Semenanjung Malaysia(PMEC), serta untuk mengenal pasti tempoh kejadian dan kawasan paling terjejas PMEC berdasarkan keputusan simulasi pelbagai model CORDEX-SEA. Penyelidikan ini menggunakan set data angin dari kedua-dua arah zon dan meridional yang diperolehi daripada CORDEX-SEA untuk meramalkan corak angin dan peningkatan dalam tempoh mendatang (2010-2100) dalam rantau ini dalam dua senario masa hadapan yang berbeza, iaitu, RCP4.5 dan RCP8. 5. Keputusan menunjukkan bahawa hanya empat daripada produk CORDEX-SEA (HadGEM2-ES(RegCM4), HadGEM2-ES(RCA4), CSIRO-Mk3-6-0(RegCM4) dan MPI-ESM-

MR(RegCM4)) berjaya mencipta semula corak angin dan arah yang sama serta data rujukan (ERA5) yang penting untuk penjana pengalir atasan di P MEC walaupun hasilnya mempunyai tahap berat sebelah yang ketara. Empat daripada CORDEX-SEA produk kemudiannya digabungkan untuk mencipta pendekatan berbilang model untuk angin dan pengalir atasan di P MEC. Simulasi model berbilang CORDEX-SEA menunjukkan bahawa, di bawah kedua-dua senario RCP4.5 dan RCP8.5, angin akan menjadi lebih kuat dan ini seterusnya akan membawa kepada peningkatan dalam pengalir atasan di P MEC. Dari segi garis pantai masing-masing, UI di pantai tengah mempunyai nilai UI tertinggi iaitu  $265.97 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-1}$  dan  $305.88 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-1}$  untuk RCP4.5 dan RCP8.5 menjelang akhir abad. Pantai yang menunjukkan perubahan terbesar (%) ialah pantai selatan (15.9%) dan pantai tengah (30.12%) untuk RCP4.5 dan RCP8.5. Oleh yang sedemikian, boleh disimpulkan bahawa peningkatan kontras suhu darat ke lautan P MEC akan membawa kepada peningkatan kekuatan pengalir atasan.