

## SIMULASI ANGIN RESOLUSI TINGGI MODEL ATMOSFER WRF UNTUK LOKASI ULUWATU-BALI

Halimurrahman<sup>1)</sup>, Suripno MS<sup>2)</sup> dan Mufti Purnama<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim-LAPAN

Jl. Dr. Djundjuran 133 Bandung 40173, Telp.: 022-6037-445; Fax: 022-6037-443

<sup>2)</sup>Pusat Teknologi Dirgantara Terapan-LAPAN

Email: [halimurrahman@yahoo.com](mailto:halimurrahman@yahoo.com)

### Abstract

To study the wind resource of Bali, we have assessed the wind of Uluwatu Bali (8°50'S, 115°07'E) using atmospheric model WRF (Weather and Forecasting Research) with a one-way nesting downscaling four stages/phases. The initial and boundary conditions are the global atmospheric reanalysis data produced by NCEP/NCAR with the horizontal grid resolution 2.5° x 2.5°. The sequence of downscaling stages are stage-1 (model grid with resolution 57.6 km x 57.6 km) covering the entire of Indonesia; stage-2 (model grid with resolution 19.2 km x 19.2 km) covers the southern part of Sumatra, Java, Bali, Nusa Tenggara, East Islands and parts of Kalimantan and Sulawesi; stage-3 (model grid with resolution 6.4 km x 6.4 km) includes Java, Bali and Nusa Tenggara; the last stage (model grid with resolution 2.1 km x 2.1 km) covering the entire island of Bali. The wind of Uluwatu Bali between 00UTC July 1, 2008 00UTC and July 2, 2008 the atmospheric model WRF with resolution 2.1 km x 2.1 km gave a reasonable comparison with observation. The observed wind speed and direction are 5.80 m/s and 185° and the model simulates 5.76 m/s and 131°.

Key words: wind, atmosphere modelling WRF

### Abstrak

Untuk kajian potensi angin daerah Bali, telah dilakukan simulasi angin Uluwatu Bali (8°50'LS, 115°07'BT) dengan menggunakan model atmosfer WRF (*Weather Research and Forecasting*). Simulasi ini hasil downscaling *one-way nesting* 4 tahap dengan *initial* dan *boundary condition* dari data atmosfer global / reanalisis NCEP/NCAR resolusi grid 2,5° menjadi grid horisontal 2,1 km. Tahap-1 (resolusi grid 57,6 km x 57,6 km) meliputi seluruh wilayah Indonesia; tahap-2 (resolusi grid 19,2 km x 19,2km) meliputi Sumatera bagian selatan, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Pulau Timur dan sebagian Kalimantan dan Sulawesi; tahap-3 (resolusi grid 6,4 km x 6,4 km) meliputi Jawa, Bali dan Nusa Tenggara; terakhir tahap-4 (resolusi grid 2,1 km x 2,1 km) meliputi seluruh Pulau Bali. Arah dan kecepatan angin lokasi Uluwatu - Pulau Bali antara 00UTC 01 Juli 2008 dan 00UTC 02 Juli 2008 dapat disimulasikan dengan baik oleh model atmosfer WRF resolusi 2,1km x 2,1 km. Perbandingan angin antara pengamatan dan simulasi adalah kecepatan angin rata-rata pengamatan 5,80 m/s arah 185° dan model 5,76 m/s arah 131°.

Kata kunci: angin, model atmosfer WRF

## 1. PENDAHULUAN

Energi angin adalah salah satu energi alternatif yang ramah lingkungan. Pemanfaatan potensi energi angin sangat tergantung pada ketepatan pemilihan lokasi. Untuk itu, sebagai bahan pertimbangan penerapan sistem konversi energi di Indonesia dibutuhkan peta potensi angin Indonesia. LAPAN telah melakukan riset dan pengembangan energi angin yang mencakup sumber daya, teknologi dan diseminasi pemanfaatan. Juga telah dilakukan upaya inventarisasi potensi wilayah energi angin di Indonesia, hanya penyebarannya tidak merata dan terkonsentrasi di wilayah timur

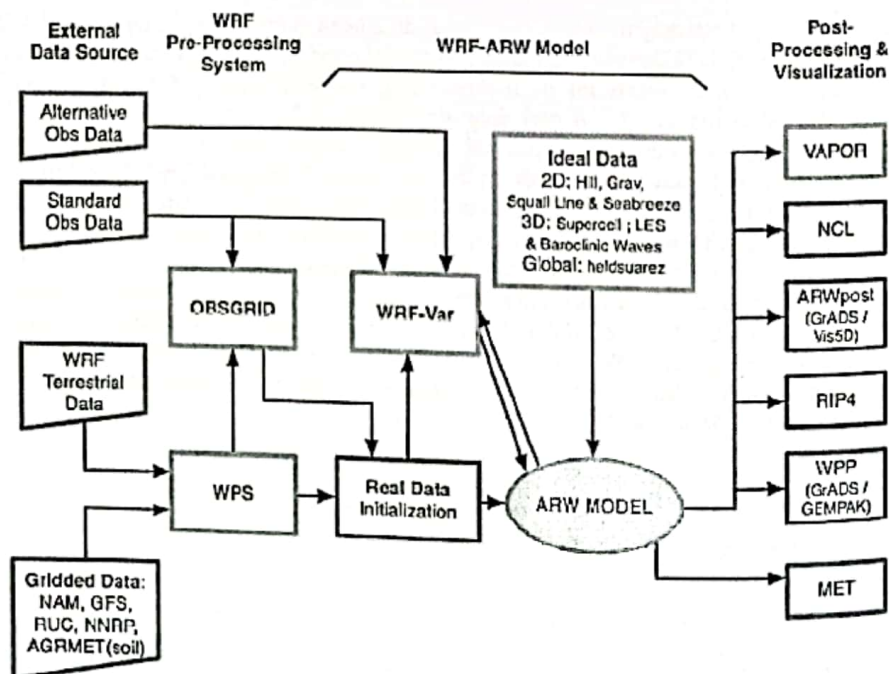
Indonesia. Salah satu metoda yang bisa digunakan untuk mengetahui kondisi angin suatu wilayah yaitu dengan menggunakan model atmosfer (Michael, 2004).

## 2. DATA DAN METODA

### 2.1 Model atmosfer WRF dan disain simulasi

Simulasi angin Uluwatu Bali (8°50' LS, 115°07' BT) menggunakan model atmosfer WRF (*Weather Research and Forecasting*) versi 3.1 dengan resolusi tinggi grid horisontal 2,1 km. Model atmosfer WRF dikembangkan oleh peneliti di *National Center for Atmospheric Research* (NCAR) bekerjasama dengan beberapa universitas dan lembaga (Skamarock, et.al. 2008). Gambar 2.1. menunjukkan diagram alir model WRF.

Simulasi angin lokasi Uluwatu-Bali diperoleh dengan metoda *dowscaling/ one way nesting* 4 tahap (Gambar 2.2.). Metoda *dowscaling/ one way nesting* adalah tahapan dalam model atmosfer untuk mempertinggi resolusi grid horisontal. Model WRF memiliki kemampuan simulasi atmosfer dengan metoda *dowscaling/ one way nesting* (David Gill, 2004). Dalam kajian ini 4 tahap *nesting* diatur sebagai berikut, domain ke-1 (D-01) memiliki resolusi grid 57,6 km meliputi seluruh wilayah Indonesia; domain ke-2 (D-02) memiliki resolusi grid 19,2 km meliputi Sumatera bagian selatan, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Pulau Timur dan sebagian Kalimantan dan Sulawesi; domain ke-3 (D-03) memiliki resolusi grid 6,4 km meliputi Jawa, Bali dan Nusa Tenggara; terakhir domain ke-4 (D-04) memiliki resolusi grid 2,1 km meliputi seluruh Pulau Bali. Secara vertikal, model menggunakan 50 level, dimana level 1 dan 7 masing-masing untuk permukaan dan ketinggian 50m di lokasi Uluwatu. *Initial dan boundary condition* (IC/BC) menggunakan data atmosfer global NCEP/NCAR *Global Final Analysis* resolusi 1°x1° setiap 6 jam waktu simulasi.

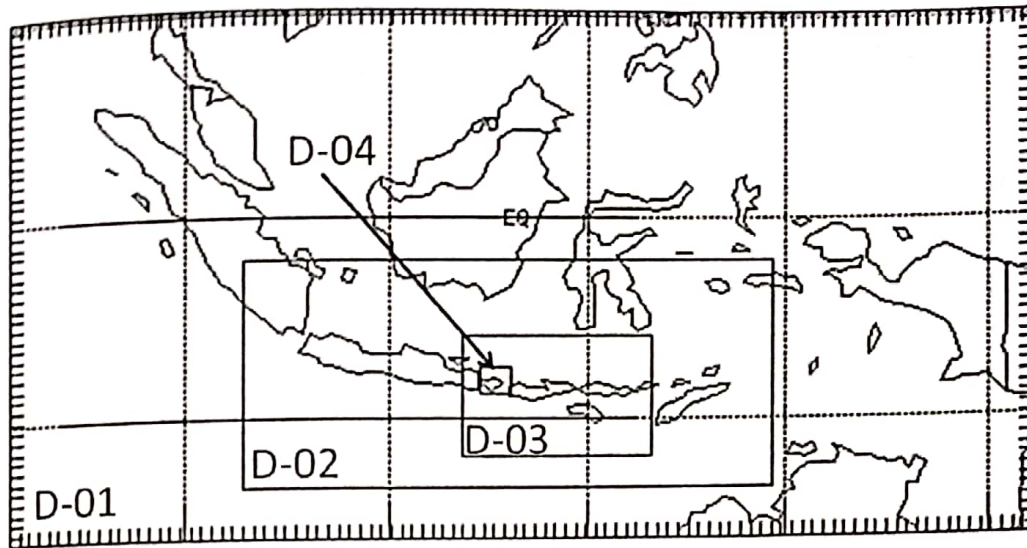


Gambar 2.1. Komponen Program Model Atmosfer WRF

Topografi model ditunjukkan di Gambar 2.3. Skema mikrofisis model di *set-up* untuk setiap domain. Rincian skema mikrofisis yang digunakan ditampilkan pada Tabel

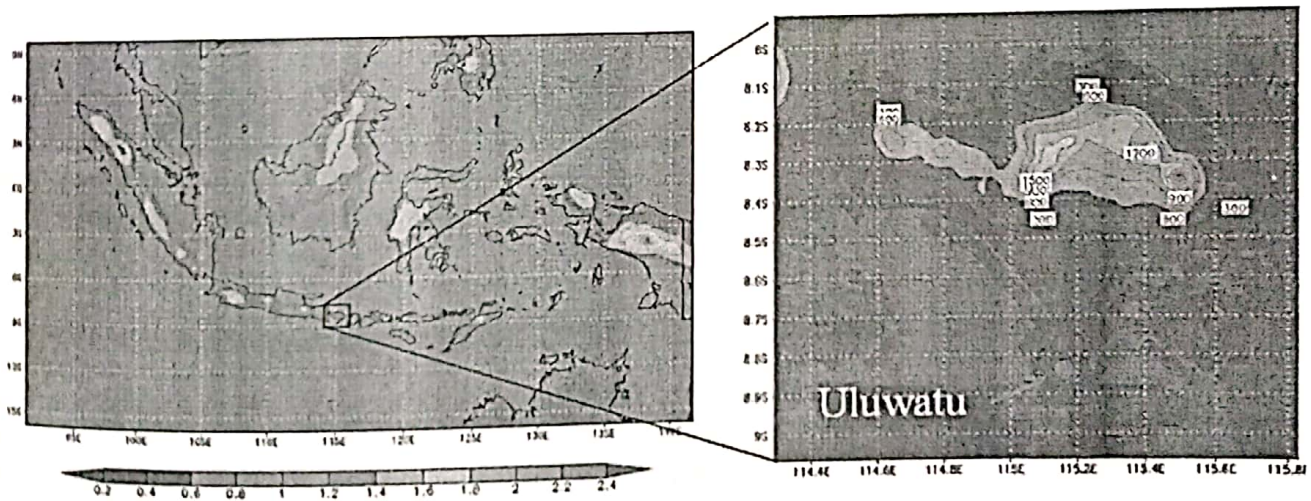


2.1. Skema integrasi waktu menggunakan Runge-Kutta orde 3. Model mengevaluasi suku difusi orde 2 pada koordinat permukaan untuk turbulensi, dan menggunakan orde 1 Smagorinsky untuk koefisien eddy.



Gambar 2.2. Domain nesting model.

Model dijalankan untuk waktu simulasi antara 00UTC 01 Juli dan 00UTC 02 Juli 2008, dan tahapan waktu integrasi setiap 90 detik simulasi. Output variable disimpan setiap 60 menit waktu simulasi.



Gambar 2.3. Topografi (mm) (a) Domain-01 (Indonesia), (b) Domain-04 (Pulau Bali) dan lokasi Uluwatu ( $8^{\circ} 50' \text{ LS}$ ,  $115^{\circ} 07' \text{ BT}$ ).

Tabel 2.1. Set-up Skema Fisis Model Atmosfer WRF

| Karakteristik                  | Domain-01  | Domain-02         | Domain-03         | Domain-04 |
|--------------------------------|--|-------------------|-------------------|-----------|
| Skema Mikrofisis               | Simple ice   | Simple ice        | Simple ice        | Ferrier   |
| Skema radiasi <i>longwave</i>  | Skema longwave radiation Rapid Radiative Transfer Model (RRTM) |                   |                   |           |
| Skema radiasi <i>shortwave</i> | Dudhia   | Dudhia            | Dudhia            | -         |
| Skema <i>land-surface</i>      | Thermal diffusion  | Thermal diffusion | Thermal diffusion | -         |
| Skema <i>boundary-layer</i>    | YSU  | YSU               | YSU               | -         |
| Skema <i>cumulus</i>           | Kain-Fritsch   | Kain-Fritsch      | No cumulus        | -         |

## 2.2 Data Pengamatan

Untuk memverifikasi angin permukaan hasil simulasi digunakan data satelit QuickSCAT resolusi 25km. Satelit QuickSCAT memuat sensor scatterometers yang menyediakan estimasi kecepatan dan arah angin permukaan seluruh lautan dunia (Jet Propulsion Laboratory, 2001). Satelit ini adalah satelit berorbit polar, frekuensi pengambilan data untuk satu lokasi tertentu hanya 2 kali dalam 24 jam. Pada tanggal 01 Juli 2008, QuickSCAT mengambil data angin lokasi sekitar Jawa dan Bali data jam 10:10 UTC dan 22:41 UTC. Untuk 2 waktu inilah, angin simulasi diverifikasi. Data satelit QuickSCAT disediakan oleh NASA *Ocean Vector Winds Science Team* di [www.remss.com](http://www.remss.com).

Data angin pengamatan lokasi Uluwatu-Bali ketinggian 50m antara jam 08:00 WITA /00 UTC 1 Juli 2008 dan 08:00 WITA/00 UTC 1 Juli 2008 dilakukan oleh Pusat Teknologi Dirgantara Terapan-LAPAN. Data pengamatan dicatat secara otomatis setiap 10 menit.

## 2.3 Metoda Evaluasi Kinerja Simulasi Angin

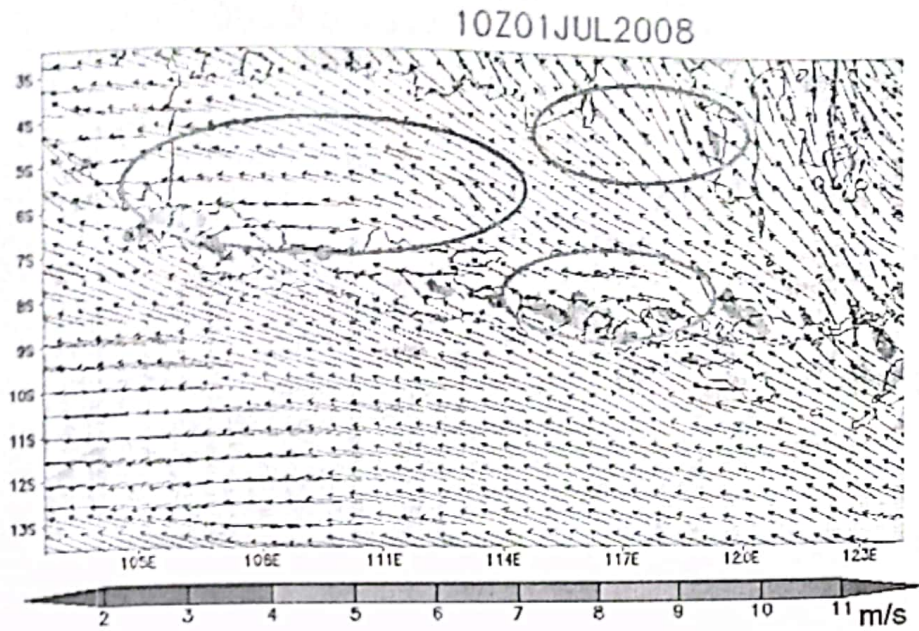
Evaluasi kinerja simulasi angin dibandingkan dengan data pengamatan. Simulasi angin permukaan Domain-2 jam 10 UTC dan 23:00 UTC tanggal 01 Juli 2008 dibandingkan dengan pengamatan satelit QuickSCAT/NASA untuk jam 10:10UTC dan 22:41 UTC. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan secara visual pola arah dan kecepatan angin.

Untuk simulasi angin pada ketinggian 50 m dibandingkan dengan data pengamatan yang dilakukan oleh Pusat Teknologi Dirgantara Terapan – LAPAN. Perangkat lunak WRPLOT View digunakan untuk menghitung statistik angin, yaitu frekuensi *wind class*, dan *wind rose*. *Wind class* menentukan kriteria kekuatan angin, yaitu rendah (2,5-4,0) m/s, sedang (4,0 – 5,0) m/s, dan tinggi lebih dari 5m/s. *Wind rose* menyatakan frekuensi kejadian angin pada setiap sektor arah angin, dan jumlah sektor angin dibuat pada evaluasi ini 16 sektor.

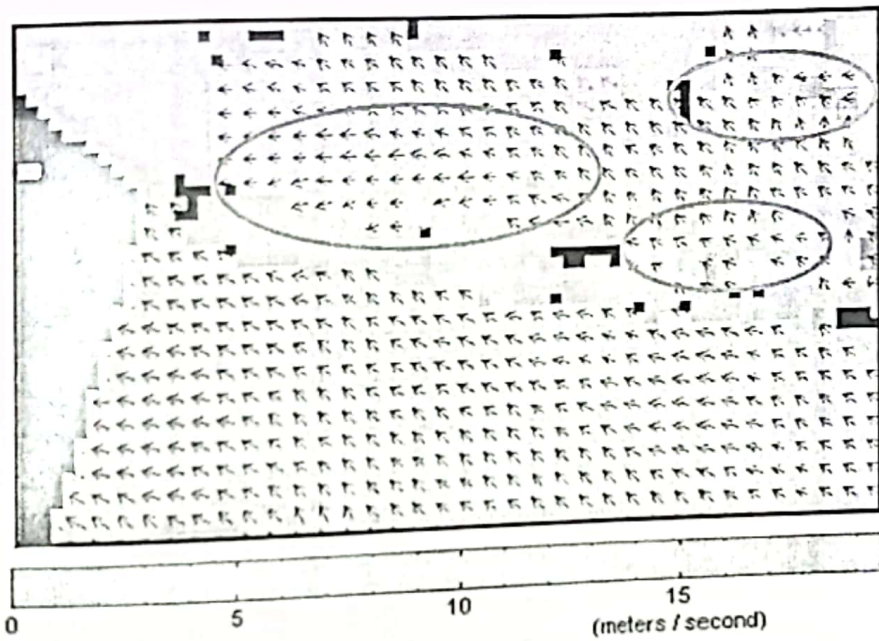
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3.1. menunjukkan angin permukaan regional hasil simulasi model atmosfer Domain-02 dan satelit QuickSCAT pada sore hari 10UTC 1 Juli 2008. Di laut Jawa, pengamatan menunjukkan angin timuran berhembus dengan kecepatan 6-8 m/s, dan model mensimulasikan angin seperti pengamatan yaitu angin berhembus dari tenggara dan timur dengan kecepatan 6-8 m/s. Di selat Ujung Pandang model mensimulasi kecepatan angin jauh lebih besar dari observasi satelit, namun untuk arah angin simulasi mengikuti pola observasi.





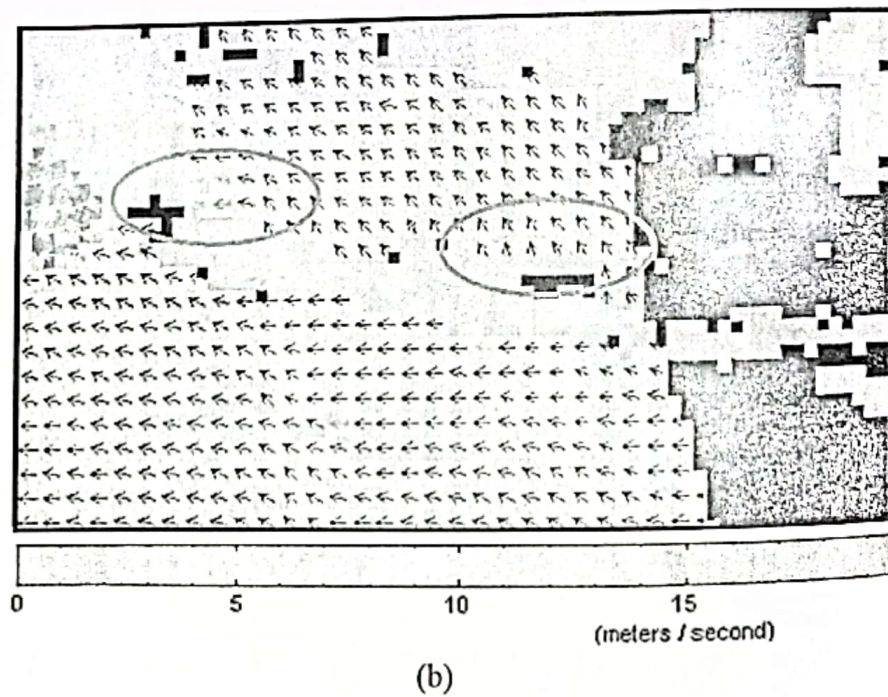
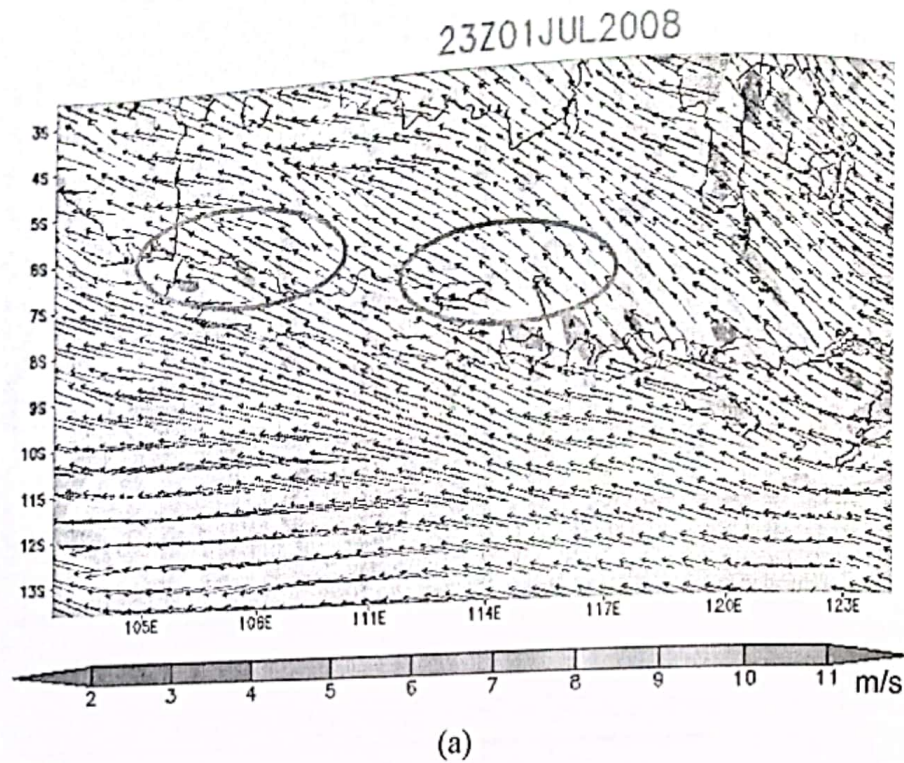
(a)



(b)

Gambar 3.1. Angin permukaan 1 Juli 2008 10UTC (a) simulasi D-02; (b) satelit QuickSCAT.

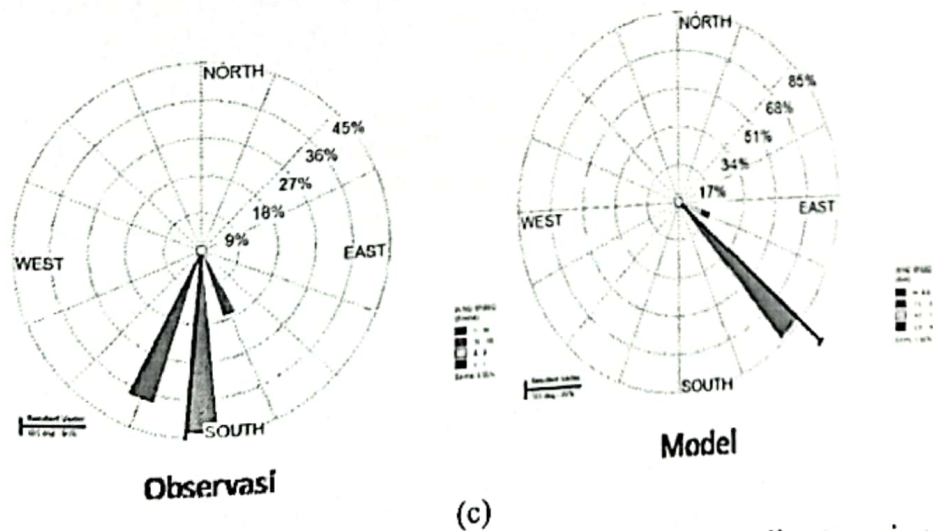
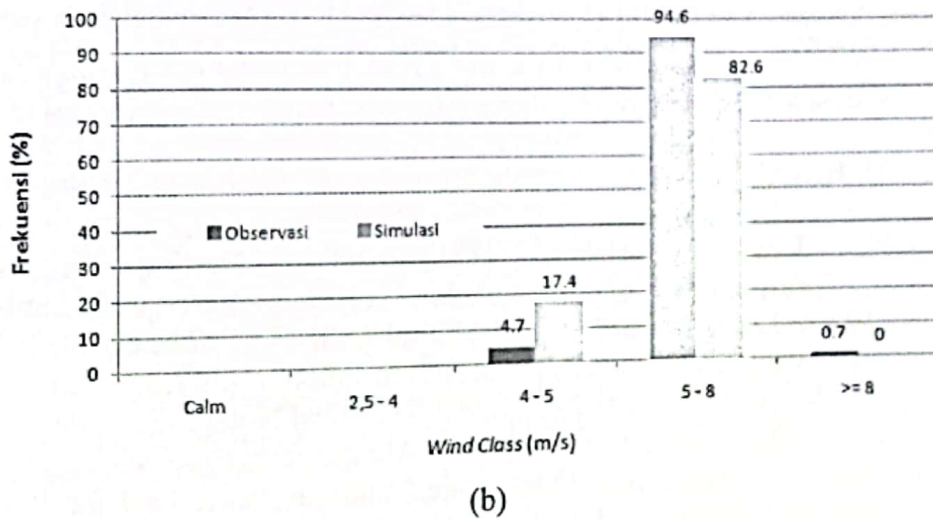
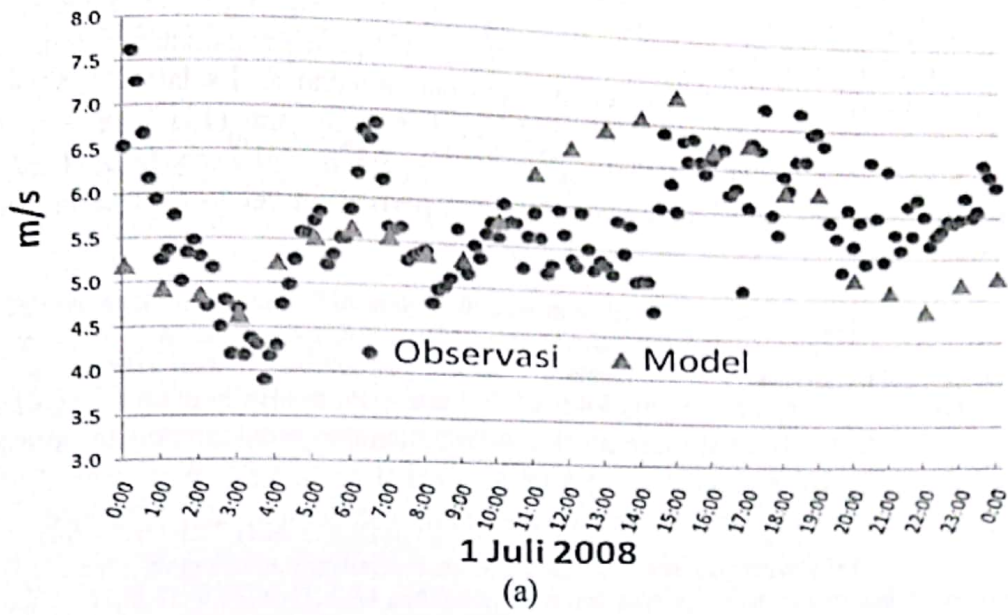
Untuk waktu pagi hari 23 UTC 1 Juli 2008 (Gambar 3.2.), di laut Jawa model mensimulasi angin secara konsisten terhadap pengamatan, yaitu angin dari arah tenggara dengan kecepatan 7 – 11 m/s. Termasuk peningkatan angin di sekitar teluk Jakarta tersimulasi dengan jelas.



Gambar 3.2. Angin permukaan 1 Juli 2008 23UTC (a) simulasi D-02; (b) satelit QuickSCAT.

Gambar 3.3. menunjukkan perbandingan antara simulasi model atmosfer WRF resolusi grid 2,1 km (D-04) terhadap hasil pengamatan selama 24 jam pada tanggal 1 Juli 2008 (UTC) untuk lokasi Uluwatu – Bali. Gambar (3.3.(a)) menunjukkan kecepatan angin pengamatan memiliki pola diurnal dimana kecepatan melemah di pagi hari dan sore hari dan menguat di siang dan malam hari. Model mensimulasi angin mengikuti pola pengamatan kecuali sore hari (10:00 – 15:00 UTC). Tampaknya hal ini terkait dengan perbedaan simulasi dengan pengamatan di daerah selat Ujung Pandang pada jam 10:00 UTC (Gambar 3.1.(a)).





Gambar 3.3. Perbandingan angin ketinggian 50m lokasi Uluwatu-Bali antara simulasi D-04 dan anemometer pada tanggal 1 Juli 2008 untuk (a) kecepatan, (b) frekuensi wind class, dan (c) wind rose.

Dengan software WINPLOT dihitung statistik angin. Gambar 3.3.(b) menunjukkan frekuensi kecepatan angin terhadap kelompok kecepatan angin. Dari gambar tersebut model mensimulasi pola kelompok kecepatan angin mengikuti pola pengamatan. Untuk arah angin (Gambar 3.3.(c)) menunjukkan resultan angin pengamatan dari selatan ( $185^{\circ}$ ) sebesar 5,8 m/s dan model mensimulasi resultan angin dari tenggara ( $131^{\circ}$ ) sebesar 5,76 m/s. Perbandingan ini menunjukkan bahwa resultan angin model berbeda 0,04 m/s terhadap pengamatan. Namun untuk arah angin terdapat perbedaan sebesar  $54^{\circ}$  antara model dan pengamatan.

#### 4. KESIMPULAN

Arah dan kecepatan angin lokasi Uluwatu – Pulau Bali antara 00Z 01 Juli 2008 dan 00Z 02 Juli 2008 dapat disimulasikan dengan menggunakan model atmosfer WRF resolusi tinggi 2,1km melalui *nesting* 4 tahap. Hasil perbandingannya adalah kecepatan angin rata-rata pengamatan 5,80 m/s dengan arah  $185^{\circ}$  dan model 5,76 m/s dengan arah  $131^{\circ}$ .

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada *NASA Ocean Vector Winds Science Team* atas produksi data satelit QuickSCAT di [www.remss.com](http://www.remss.com).

#### DAFTAR RUJUKAN

- David Gill, John Michalakes, et.al., 2004, Nesting in WRF 2.0, [http://www.mmm.ucar.edu/mm5/workshop/workshop-papers\\_ws04.html](http://www.mmm.ucar.edu/mm5/workshop/workshop-papers_ws04.html)
- Skamarock, W.C., J.B. Klemp, J. Dudhia, D.O. Gill, D.M. Barker, M.G. Duda, X.-Y. Huang, W. Wang, J.G. Powers, 2008: A description of the Advanced Research WRF Version 3. NCAR/TN-475+STR,; NCAR Technical Note, Mesoscale and Microscale Meteorology Division, National Center of Atmospheric Research
- Michael Brower, J.W. Zack, et.al., Mesoscale Modelling as a Tool for Wind Resource Assesment and Mapping, NREL, Golden, Colorado, 2004, 14th Conference on Applied Climatology, [http://ams.confex.com/ams/84Annual/techprogram/session\\_16648.htm](http://ams.confex.com/ams/84Annual/techprogram/session_16648.htm)
- Jet Propulsion Laboratory, 2001, SeaWinds on QuickSCAT Level 3 Daily, Gridded Ocean Wind Vecors (JPL SeaWinds Project), Physical Oceanography DAAC