

Informasi Cuaca Model WRF untuk Pariwisata

Dadang Subarna

Paradigma pariwisata berkelanjutan berkembang seiring dengan konsep pembangunan berkelanjutan secara menyeluruh. Kebutuhan terhadap layanan iklim-cuaca untuk pariwisata pun menjadi meningkat. Sementara itu, potensi penggunaan informasi iklim dan cuaca dalam sektor pariwisata sangat beragam. Skala temporal informasi iklim dan cuaca dari prakiraan saat ini (nowcasting, di atas 1 jam) sampai prakiraan jangka pendek dan menengah (1 dan 7 - 10 hari) serta sampai proyeksi perubahan iklim yang multidekade digunakan dalam cakupan yang luas oleh para pembuat keputusan oleh operator dan perencana pariwisata (Scott et al., 2011).

Kata kunci: Perubahan iklim, Adaptasi, Variabilitas iklim, cuaca, pariwisata, keberlanjutan

Apakah pariwisata berkelanjutan?

Pariwisata yang berkelanjutan (*sustainable tourism*) adalah pariwisata yang memanfaatkan jasa-jasa lingkungan untuk memenuhi kebutuhan wisatawan saat ini dan wisatawan generasi mendatang.

Paradigma pariwisata berkelanjutan berkembang seiring dengan konsep pembangunan berkelanjutan secara menyeluruh. Proses pemanfaatan jasa-jasa lingkungan tersebut berusaha memadukan ketiga aspek sasaran pembangunan yaitu aspek ekonomi, sosial dan lingkungan secara harmonis (Munasinghe, 1993).

Keseimbangan pengelolaan pariwisata antara pertumbuhan ekonomi, pemerataan pendapatan sosial dan sekaligus melestarikan lingkungan.

Sektor pariwisata adalah salah satu industri global yang tumbuh paling cepat dan paling besar serta mempunyai kontribusi yang signifikan terhadap ekonomi lokal dan nasional di dunia (Scott *et al.*, 2011).

Kepentingan ekonomi dari pariwisata di seluruh dunia ditunjukkan oleh perkiraan dari Dewan Pariwisata dan Perjalanan Dunia (2010) bahwa pada tahun 2008 industri perjalanan global dan pariwisata berkontribusi sekitar 9,6% GDP global dan 7,9% penyerapan tenaga kerja di seluruh dunia.

Menurut Organisasi Pariwisata Dunia PBB (UNWTO 2009) kedatangan wisatawan tumbuh dari hanya 200 juta di tahun 1980 menjadi 922 juta pada tahun 2008. Dan diperkirakan tumbuh 1,6 miliar kedatangan sampai 2010 (UNWTO 2001).

Sektor pariwisata adalah salah satu sektor ekonomi global terbesar yang mempunyai kontribusi vital bagi pembangunan ekonomi di beberapa negara dan sangat penting dalam membantu pembangunan dan penurunan angka kemiskinan di negara-negara berkembang. Gelombang gangguan ekonomi, politik dan alam yang utama telah menunjukkan bahwa sektor pariwisata relatif mempunyai kapasitas adaptasi yang tinggi.

Informasi Cuaca dan Iklim

Informasi cuaca-iklim sering menggambarkan pisau bermata dua. Satu sisi, informasi cuaca dan iklim yang akurat dapat menjadi nilai yang berharga bagi industri pariwisata.

Di sisi lain, informasi yang tak akurat yang menghalangi kunjungan wisatawan sering sangat 'mengganggu' daripada cuaca yang tidak bersahabat itu sendiri (Scott *et al.*, 2011).

Meskipun ketertarikan dalam hubungan antara iklim pariwisata telah meningkat selama dekade terakhir dengan meningkatnya publikasi ilmiah tentang pariwisata dan iklim dua kali lipat (dengan lebih fokus pada implikasi perubahan iklim) antara 1995-1999 dan 200-2004 (Scott *et al.*, 2005), namun komunitas ilmiah belum mampu mengevaluasi bagaimana revolusi dalam informasi iklim dan teknologi komunikasi informasi terwujud ke dalam pembuatan keputusan yang meningkat pula pada sektor pariwisata (Scott *et al.*, 2011).

Terdapat keterbatasan pemahaman tentang peranan informasi iklim pada proses-proses keputusan tertentu dalam sektor pariwisata (apakah sisi permintaan-pasokan), nilai pasar dan nonpasar jasa/layanan iklim untuk pengguna/masyarakat

atau cara yang paling efektif untuk mengomunikasikan informasi iklim ke pengguna pariwisata yang beragam.

Celah pengetahuan dasar ini harus diidentifikasi agar mampu memfasilitasi arus utama pertimbangan iklim untuk menurunkan risiko kontemporer akibat iklim dan mendukung adaptasi perubahan iklim dalam sektor pariwisata.

Hal ini hanya dapat diselesaikan melalui kolaborasi antar disiplin antara ABGC (akademisi-universitas, litbang-, bisnis-pariwisata-layanan meteorologi-jasa keuangan-, pemerintah dan masyarakat).

Jembatan antara iklim-cuaca dan pariwisata banyak segi dan sangat kompleks dengan signifikansi yang luas untuk pengeluaran pembuatan keputusan pariwisata seperti industri pemasaran dan operasional di seluruh dunia.

Dengan hubungan yang dekat antara pariwisata terhadap lingkungan dan iklim maka efek integrasi perubahan iklim adalah antisipasi untuk efek bisnis pariwisata dan tempat tujuan seperti pemilihan tujuan dan mobilisasi pariwisata individu dalam dekade ke depan.

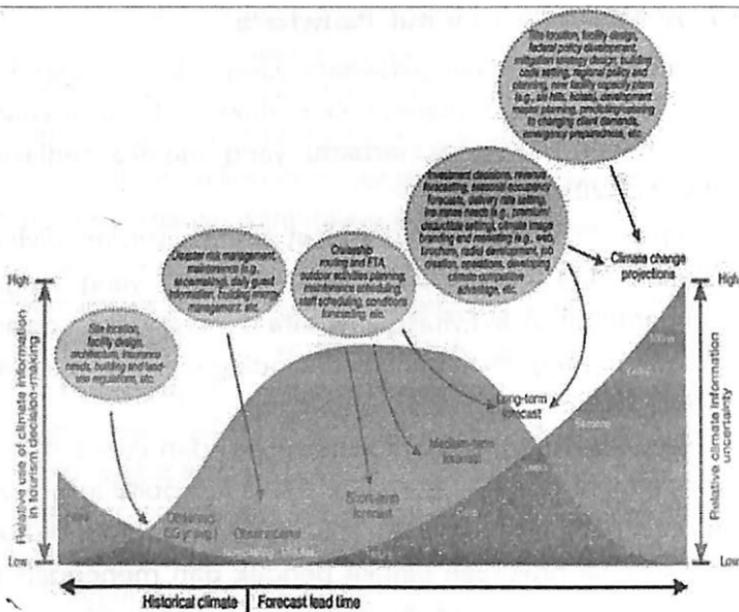
Layanan iklim-cuaca yang meningkat akan sangat penting untuk wisatawan dan bisnis pariwisata serta tempat tujuan untuk beradaptasi terhadap perubahan iklim dengan cara berkelanjutan dalam aspek lingkungan, sosial, ekonomi.

Aplikasi Model Cuaca untuk Pariwisata

Banyak perusahaan pariwisata yang tidak mengetahui dengan tepat, apakah mereka memerlukan informasi cuaca dan iklim untuk aktivitas tertentu yang mereka sediakan (Curtis *et al.* 2010).

Seperti di wilayah NTB, terdapat aktifitas *surfing, diving*. Perubahan iklim telah teramati sebagai sebab yang sangat berpengaruh untuk aktivitas pariwisata di masa depan dalam jangka waktu yang relatif pendek dibanding masalah-masalah lain (Hall, 2006).

Potensi penggunaan informasi iklim dan cuaca dalam sektor pariwisata sangat beragam. Skala temporal informasi iklim dan cuaca dari prakiraan saat ini (*nowcasting*, di atas 1 jam) sampai prakiraan jangka pendek dan menengah (1 dan 7 - 10 hari) serta sampai proyeksi perubahan iklim yang multidekade digunakan dalam cakupan yang luas oleh para pembuat keputusan oleh operator dan perencana pariwisata (Scott *et al.*,2011) dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Potensi penggunaan informasi iklim dan cuaca oleh perencana dan operator pariwisata, ETA *estimated time of arrival* (sumber: Scott *et al.*, 2011)

Iklim merupakan keadaan rata-rata dari kondisi cuaca pada waktu tertentu. Iklim dapat diturunkan dari model cuaca dengan cara merata-ratakannya pada selang tertentu.

Model WRF

Weather Research Forecasting (WRF) merupakan model atmosfer atau model cuaca yang dikembangkan oleh *National Cooperation Atmospheric Research* (NCAR) pada divisi *Mesoscale and Microscale Meteorology* (MMM) yang

merupakan generasi masa depan model prediksi atmosfer skala meso dan sistem asimilasi data yang saat ini sudah menggantikan model *NAM-Eta* di Amerika Serikat untuk keperluan operasional.

Model WRF didisain untuk menjadi fleksibel, *state of the art*, portabel untuk bermacam lingkungan komputasi paralel dan modular sehingga dapat dikonfigurasi untuk kepentingan riset ataupun operasional.

Prinsip komponen sistem WRF tertuang dalam konsep "*WRF Software Framework*" (WSF) yang menyediakan infrastruktur untuk mengakomodasi penyelesaian atau solusi banyak penyelesaian dinamika (*multiple dynamics solvers*) (Widiatmoko, et al, 2006).

Persamaan fisika tambahan dapat dimasukkan (*plugin*) pada bagian antarmuka fisik standar, program inisialisasi, dan sistem WRF variasional asimilasi data (*WRFVAR*). Pada saat ini WSF terbagi menjadi dua bagian penyelesaian dinamika (*dynamics solvers*) yaitu *Advanced Research WRF* (ARW) yang dikembangkan oleh NCAR dan *Nonhydrostatic Mesoscale Model* (NMM) oleh NCEP yang didukung oleh komunitas *Developmental Testbed Center* (DTC).

Oleh sebab keterbatasan kemampuan komputasi dan masalah-masalah fisika atmosfer yang tak terpecahkan, maka tidak mungkin untuk menggunakan hanya satu tipe model yang dapat menangkap cukup fenomena pada semua skala.

Untuk keperluan prakiraan cuaca yang merupakan suatu tugas yang kompleks dan sukar, maka model WRF ini memberikan solusi yang cukup baik.

Bagi instansi atau pihak-pihak yang memberikan layanan informasi tersebut, model WRF dapat memberikan pilihan yang fleksibel mulai dijalankan pada komputer PC tersendiri atau dengan berkelompok secara sistem kluster dan paralel.

Untuk prakiraan keadaan masa datang sirkulasi atmosfer dari pengetahuan keadaan saat ini yaitu dengan menggunakan persamaan-persamaan dinamik baik terhadap ruang maupun waktu.

Kemudian dilengkapi dengan beberapa komponen-komponen seperti:

- Keadaan awal atmosfer dan syarat batas.
- Sekumpulan persamaan-persamaan prediksi yang saling terkait yang menghubungkan variabel-variabel medan.
- Suatu metoda integrasi persamaan-persamaan tersebut dalam waktu untuk memperoleh keadaan masa datang dari variabel-variabelnya.

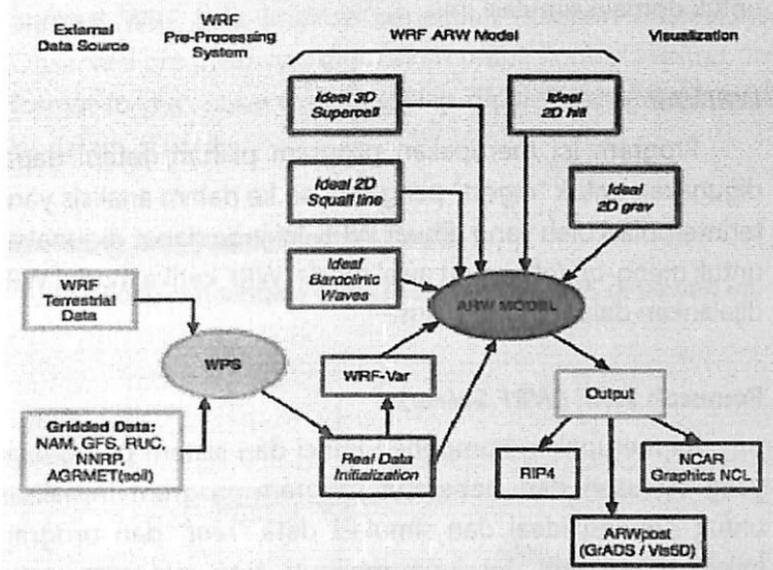
Keadaan awal dan syarat batas merupakan komponen dari sumber data dari luar yang dipersiapkan dalam sistem prapengolahan untuk inialisasi model atmosfer tersebut.

Sekumpulan persamaan-persamaan prediksi terdapat dalam *WRF ARW* model yang terdapat berbagai pilihan sesuai dengan fenomena yang akan dikaji.

Kemudian persamaan-persamaan ini diselesaikan dengan metode beda hingga, lalu hasilnya dapat divisualisasi dengan berbagai program tampilan seperti *NCAR Graphic NCL*, *RIP4*, *Grads*, dan lain-lain.

Diagram blok dari model *WRF* pada versi 2 adalah seperti terlihat pada gambar 2.

WRF ARW Modeling System Flow Chart (for WRFV2)



Gambar 2. Diagram blok dari model Weather Research Forecasting (WRF) versi 2 (sumber: *User's Guide ARW Version 2.2 Modeling System, NCAR*)

Sebagaimana diperlihatkan dalam diagram, sistem pemodelan WRF terdiri dari program-program utama berikut: sistem prapengolahan WRF (WPS), WRFVAR, pemecahan ARW, tool-tool Post-processing.

WRF Pre-Processing

Program ini digunakan utamanya untuk simulasi data nyata. Fungsinya meliputi: pendefinisian domain-domain simulasi, penginterpolasian data *terrestrial* (seperti: *terrain, landuse* dan jenis-jenis tanah) untuk domain simulasi,

degribbing dan interpolasi data meteo dari model yang lainnya untuk domain simulasi ini.

WRFVAR

Program ini merupakan program pilihan, tetapi dapat digunakan untuk "*ingest*" pengamatan ke dalam analisis yang terinterpolasi oleh yang dibuat WPS. Ini juga dapat digunakan untuk meng-*update* syarat awal model WRF ketika model WRF dijalankan dalam mode siklus.

Pemecah WRF (WRF Solver)

Ini merupakan komponen kunci dari sistem pemodelan yang tersusun dari beberapa program-program inisialisasi untuk simulasi ideal dan simulasi data "*real*" dan program integrasi numerik. Ini juga meliputi satu program untuk mengerjakan *1-way nesting*.

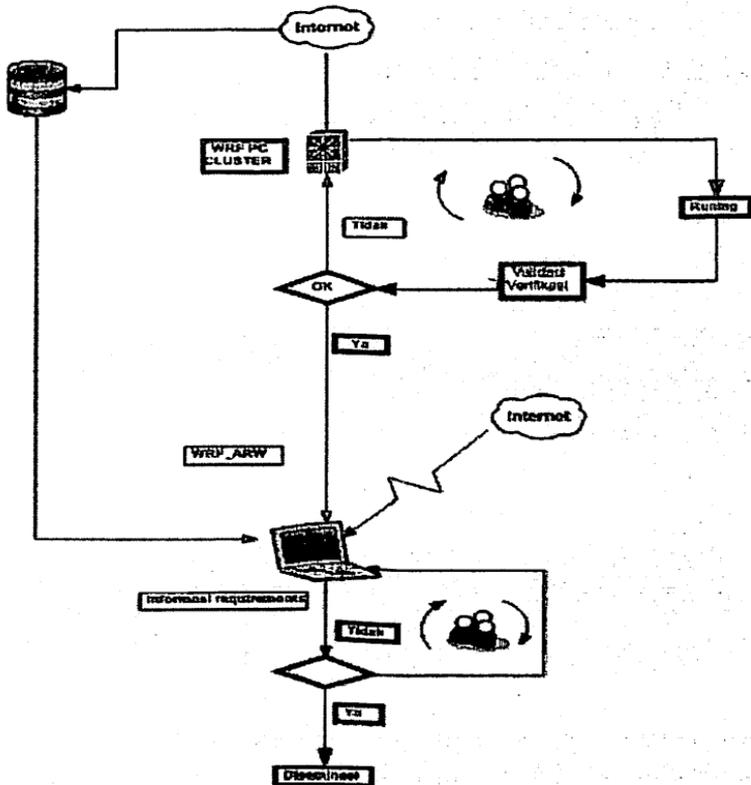
Gambaran kunci model WRF meliputi: persamaan non *hidrostatik* kompresibel secara penuh dengan pilihan *hidrostatik*, suku-suku kelengkungan dan koriolis secara komplet, *2-way nesting* dengan *nest*-ganda dan level-level *nest*, *1-way nesting*, *nest-nest* bergerak (*moving nests*), *terrain* berbasis masa yang mengikuti Koordinat (cat: inti dinamika berbasis ketinggian tidak lagi didukung), *grid* vertikal spasial dapat berubah dengan ketinggian, faktor-faktor skala peta untuk proyeksi konformal (polar *stereographic*, *Lambert-conformal*, *Mercator*), *arakawa C-grid staggering*, pilihan-pilihan *Range_kutta* orde 2 dan 3 "*timestep*".

Dalam makalah ini, dibicarakan masalah umum dalam asimilasi data yang kemudian dilanjutkan dengan asimilasi data variasional.

Motivasi dalam pengembangan sistem 3DVAR untuk aplikasi WRF baik lingkup penelitian maupun operasional. Observasi *pre-processor* digunakan untuk kontrol kualitas dan format-format observasi yang siap dipakai sebagai masukan ke dalam 3DVAR.

Rancang bangun Informasi Cuaca

Konsep rancangan WRF_PC, digambarkan di bawah ini,



Gambar 3. Konsep rancang bangun model aplikasi WRF_PC

Bacaan

- Curtis, S., Arrigo, J., Long, P. and Covington, R. 2010. *Climate, Weather and Tourism: Bridging Science and Practice*. Publication of the Center for Sustainable Tourism, Division of Research and Graduate Studies, East Carolina University, Greenville, NC
- Hall, C.M. 2006. *New Zealand Tourism Entrepreneur Attitudes and Behaviours with Respect to Climate Change Adaption and Mitigation*. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 1(3): 229-237.
- Scott., D. J., C. J. Lemieux.,L, Malone 2011. *Climate Services to Support Sustainable Tourism and Adaptation to Climate Change*. *Clim Res*. Vol. 47: 111-122.

Rekomendasi Kebijakan Sektor Pariwisata Terkait Cuaca dan Iklim

1. Informasi iklim, baik prediksi bulanan hingga tahunan, agar dipertimbangkan oleh *stakeholder* pariwisata dalam penyusunan kalender wisata yang bukan bersifat kultural atau reguler.
2. Dukungan informasi cuaca di lokasi obyek wisata tertentu.
3. Tersedianya media informasi manual untuk iklim dan cuaca di tempat-tempat publik (umum) yang berkaitan dengan pariwisata.
4. Harus ada komunikasi antara lembaga penelitian dan para *stakeholder* mengenai kebutuhan informasi cuaca dan iklim untuk mendukung pariwisata di Lombok dan Sumbawa.
5. Informasi hasil prediksi cuaca dan iklim dengan tingkat akurasi cukup baik digunakan untuk mendukung berbagai kegiatan pariwisata dan kebijakannya di Lombok dan Sumbawa. Informasi tersebut merupakan hasil model atmosfer yang disesuaikan dengan kemampuan lembaga penelitian terkait.
6. Mengundang lembaga lain yang berkompeten (LAPAN, BMKG) terkait masalah iklim dan cuaca dalam penyusunan kalender pariwisata tahunan.

7. Menggalakkan *home industry* untuk pembuatan *sunblock* dengan harga terjangkau untuk menangkai bahaya UV.
8. Menggalakkan *home industry* untuk pembuatan minuman penghangat yang praktis dengan harga terjangkau untuk menangkai cuaca yang dingin dan berangin.
9. Industri kreatif untuk mendukung pariwisata sebaiknya disesuaikan dengan potensi pariwisata di daerah setempat.
10. Membangun *capacity building* untuk memberikan pemahaman yang praktis mengenai penggunaan hasil model atmosfer (informasi cuaca dan iklim) untuk mendukung kegiatan pariwisata.
11. Dibangunnya suatu kerja sama antara dinas pariwisata, BMKG, dan LAPAN untuk mengenalkan informasi cuaca dan iklim dan prediksinya secara berkelanjutan.
12. Penyebarluasan iptek yang terkait sains atmosfer (cuaca dan iklim), seperti pameran dan diseminasi di Nusa Tenggara Barat.

Mataram, 24 Juli 2012

Mengetahui,

Yang merekomendasikan:

- 1. PSTA LAPAN**
- 2. Taman Nasional Gunung Rinjani**
- 3. ASITA (Association of Indonesia Travel Agency)**
- 4. BASARNAS**
- 5. Dinas Perhubungan, Komunikasi dan Informasi NTB**
- 6. HPI (Himpunan Pramuwisata Indonesia)**
- 7. Bappeda NTB**
- 8. Rinjani Trek Management Board**
- 9. Dinas Kebudayaan dan Pariwisata NTB**
- 10. Dinas Kebudayaan dan Pariwisata Lombok Timur**
- 11. Dinas Pariwisata Lombok Barat**
- 12. Dinas Pariwisata Lombok Tengah**
- 13. Dinas Perhubungan, Pariwisata, Komunikasi dan Informasi Lombok Utara**
- 14. Badan Ketahanan Pangan NTB**

Biodata Penulis

Dadang Subarna, M.Si.



Lahir pada tanggal 24 Maret 1968. Penulis bekerja sebagai peneliti sains atmosfer di Bidang Pemodelan Atmosfer Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, LAPAN sejak tahun 1996. Lulusan S-1 Fisika UNPAD, S-2 Sains Atmosfer ITB. Peneliti sains atmosfer ini banyak melakukan penelitian terkait metode asimilasi data untuk meningkatkan kinerja model atmosfer. Saat ini penulis sedang melanjutkan program doktoralnya di IPB. Komunikasi dengan penulis dapat dilakukan melalui *dangsub@yahoo.com*.

Erma Yulihastin, S.Si.



Lahir pada tanggal 4 Juli 1979 di Lamongan, Jawa Timur. Bungsu dari dua bersaudara ini menamatkan sekolah hingga SMU di Lamongan. Senang menulis karangan sejak SD. Pada tahun 1997 ia melanjutkan pendidikan ke Institut Teknologi Bandung Jurusan Geofisika dan Meteorologi. Sejak Januari 2008 ia bekerja di LAPAN sebagai Peneliti Bidang Pemodelan Atmosfer Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer. Beberapa karya tulis ilmiah yang telah diterbitkan terkait dengan kepakarannya sebagai Peneliti Sains Atmosfer, antara lain: 1) Variabilitas OLR Sebagai Indikasi Onset Monsun di Jawa, Prosiding Nasional, ISBN 978-979-1458-33-7 (2009), 2) Pengaruh El Nino 1997 terhadap Variabilitas Ozon Total Indonesia, Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara, ISSN 1907-0713 (2009), 3) *Contribution Of Shallow Rain To Develop Local Rainfall Type over Maritime Continent Based on TRMM PR Data, International Preceeding,*

ISBN 978-602-95634-1-2 (2010), 4) Penentuan Indeks Monsun Indonesia Berdasarkan Angin Zonal, Jurnal Teknologi Indonesia, Volume 34, Edisi Khusus, 2011, ISSN 0126-153. Saat ini penulis sedang menyelesaikan S-2 di Sains Atmosfer ITB. Komunikasi dengan penulis dapat dilakukan melalui *email*: *erma.yulihastin@gmail.com*.

Haries Satyawardhana, S.Si.



Lahir di Nganjuk (Jawa Timur), 29 April 1983, penulis hanya sebentar bertempat tinggal di kota kelahirannya, dikarenakan orang tua yang mendapat tugas dinas di Lampung. Menyelesaikan sekolah di SD Bungamayang (Lampung Utara), penulis melanjutkan SMP di Bandar Lampung yaitu di SMP Al-Kautsar dan lulus tahun 1998. Setelah itu melanjutkan di SMA Al-Kautsar dan lulus pada tahun 2001. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di IPB (Institut Pertanian Bogor) dengan jalur USMI (Undangan Seleksi Masuk IPB) dengan mengambil program studi Meteorologi di FMIPA IPB dan lulus tahun 2006. Penulis bekerja di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) Bandung pada Januari 2008 hingga sekarang sebagai staf peneliti di Bidang Pemodelan Atmosfer. Saat ini penulis sedang melanjutkan pendidikan di ITB (Institut Teknologi Bandung) dengan mengambil subprogram studi Sains Atmosfer. Komunikasi dengan penulis dapat disampaikan melalui: *haries_satha@yahoo.com*.

Drs. Nurzaman Adikusumah, M.Si.



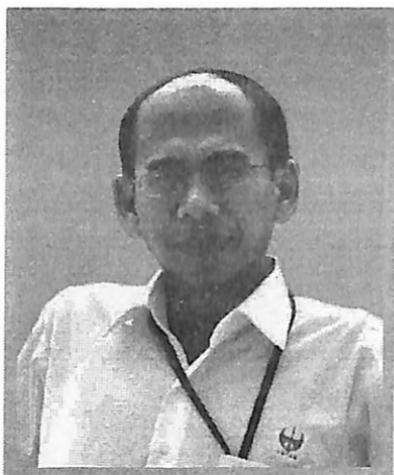
Pria yang lahir di Ciamis pada tanggal 12 Desember 1959 ini telah bekerja sebagai peneliti sains atmosfer di Bidang Pemodelan Atmosfer Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, LAPAN sejak tahun 1992. Lulusan S-1 Fisika ITB dan Pascasarjana (S-2) Sains Atmosfer ITB ini telah banyak melakukan penelitian terkait monsun dan sirkulasi atmosfer regional. Komunikasi dengan penulis dapat disampaikan melalui nza1959@gmail.com.

Dra. Sumaryati, M.T.



Lahir di Sleman Yogyakarta 12 Juni 1967. Menamatkan pendidikannya dari SD sampai Sarjana (S1) di Yogyakarta. Menyelesaikan program S1 Jurusan Fisika dari Universitas Gadjah Mada tahun 1992, dan dua tahun kemudian masuk di Bidang Potensi Energi dan Polusi Atmosfer, LAPAN di Bandung. Kesempatan S2 diperoleh di ITB jurusan Teknik Lingkungan. Saat ini bergabung di Bidang Komposisi Atmosfer, LAPAN yang mengkaji dinamika komposisi atmosfer terkait dengan emisi, transportasi dan transformasi polutan di atmosfer yang didukung oleh faktor meteorologi seperti angin, hujan, dan radiasi matahari. Komunikasi dengan penulis dapat dilakukan melalui: *sumary.bdg@gmail.com*.

Dr. Teguh Harjana, M.Sc.



Pria berkacamata ini lahir di Klaten pada tanggal 29 November 1964. Penulis bekerja sebagai peneliti sains atmosfer di Bidang Pemodelan Atmosfer Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, LAPAN sejak tahun 1991. Lulusan S-1 Matematika UGM, S-2 Earth and Planetary Sciences Kyoto University, dan doktor dari Earth and Planetary System Sciences Kobe University. Peneliti sains atmosfer ini banyak melakukan penelitian terkait variabilitas klimatologi di wilayah tropis. Sejak 2010 hingga sekarang, penulis menjabat sebagai Kepala Bidang Pemodelan Atmosfer, Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, LAPAN. Komunikasi dengan penulis dapat dilakukan melalui teghar120@yahoo.co.id.

MODEL ATMOSFER UNTUK PARIWISATA

Para wisatawan, khususnya dari mancanegara, sangat menaruh perhatian terhadap keadaan cuaca dan iklim di daerah pariwisata setempat. Hal ini karena cuaca yang cerah merupakan faktor utama pendukung kenyamanan dalam suatu kegiatan wisata terutama kegiatan yang bersifat outdoor.

Di sisi lain, pemerintah dalam hal ini Dinas Pariwisata terkait, tampak belum memiliki kesadaran yang tinggi bahwa informasi mengenai kondisi dan prediksi cuaca dan iklim sangat dibutuhkan oleh para wisatawan. Hal ini tercermin dalam website Dinas Pariwisata yang sebagian besar tidak menyediakan konten mengenai keadaan cuaca di lokasi pariwisata setempat. Padahal, teknologi terkait model prediksi cuaca dan iklim saat ini telah berkembang pesat sehingga semestinya dapat digunakan untuk mendukung pariwisata.

Buku ini memuat delapan karya ilmiah hasil penelitian "Aplikasi Model Atmosfer untuk Mendukung Pariwisata di Nusa Tenggara Barat," yang tergabung dalam paket IPKPP (Insentif Peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perakayasa) yang dibiayai oleh Kementerian Negara Riset dan Teknologi pada tahun 2012.



PENERBIT ELMATERA

Jl. Waru 73 Kav 3 Sambilegi Baru

Maguwoharjo Yogyakarta

Telp: (0274) 4332287

E-mail: penerbitelmaterra@yahoo.co.id

(Anggota IKAPI)

ISBN 978-979-16160-8-9



9 789791 616089