

PERBANDINGAN INDEKS FINE FUEL MOISTURE CODE (FFMC) DAN FIRE WEATHER INDEX (FWI) PADA SISTEM PERINGKAT BAHAYA KEBAKARAN HUTAN/LAHAN LUARAN WRF DENGAN OBSERVASI (PERIODE: JUNI - AGUSTUS 2013)

COMPARISON OF FINE FUEL MOISTURE CODE INDEX (FFMC) AND FIRE WEATHER INDEX (FWI) ON LAND/FOREST FIRE DANGER RATING SYSTEM WRF OUTPUTS WITH OBSERVATION (PERIOD TIME: JUNE – AUGUST 2013)

Eko Heriyanto^{1*}, Lailan Syaufina² dan Sobri Effendy³

¹Puslitbang, BMKG

²Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB

³Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas MIPA, IPB

^{*}E-mail: e.heriyanto@gmail.com

Naskah masuk: 02 Juni 2014; Naskah diperbaiki: 05 Nopember 2014; Naskah diterima: 20 Nopember 2014

ABSTRAK

Pengembangan Sistem Peringkat Bahaya Kebakaran Hutan/Lahan (SPBK) dilakukan dengan memanfaatkan luaran WRF resolusi 9 km. Indeks *Fine Fuel Moisture Code* (FFMC) atau tingkat kemudahan terjadinya kebakaran dan *Fire Weather Index* (FWI) atau tingkat kesulitan pengendalian kebakaran disusun menggunakan parameter cuaca, seperti suhu, kelembapan, kecepatan dan arah angin, serta curah hujan kumulatif. Kondisi klimatologis periode bulan Juni – Agustus 2013 pada umumnya normal, tanpa dipengaruhi El-Nino maupun La-Nina. Dilakukan verifikasi parameter cuaca luaran WRF terhadap data observasi. Indeks FFMC dan FWI luaran WRF dibandingkan dengan hasil observasi pada 8 (delapan) lokasi yang tersebar di Sumatera dan Kalimantan. Hasil verifikasi luaran WRF menunjukkan korelasi yang kuat – sangat kuat dengan rentang nilai 0.53 – 0.80 untuk semua parameter penyusun indeks. Perbandingan indeks FFMC dan FWI luaran WRF dengan observasi mempunyai korelasi diatas 0.56 dengan maksimum persentase kesalahan sebesar 0.57. Berdasarkan hasil verifikasi, luaran WRF dapat digunakan untuk menyusun indeks FFMC dan FWI pada Sistem Peringkat Bahaya Kebakaran Hutan/Lahan.

Kata kunci: SPBK, indeks FFMC, indeks FWI, WRF.

ABSTRACT

Development of Land/Forest Fire Danger Rating System (SPBK) is done using WRF output resolution 9 km. Fine Fuel Moisture Index Code (FFMC) or a level of ease of fire and the Fire Weather Index (FWI) or the level of difficulty of fire control were prepared using weather parameters, such as temperature, humidity, wind speed and direction, as well as the cumulative rainfall. Climate conditions in the period June to August 2013 at the generally normal, independent of the El-Nino and La-Nina. The WRF output weather parameters has been verified with observation data. FFMC and FWI index WRF outputs compared with observations at 8 (eight) locations are covered in Sumatra and Kalimantan. Result of verification WRF outputs showed a strong - very strong correlation with a value range 0.53-0.80 for all parameters making up the index. Comparison of FFMC and FWI index WRF outputs with observation have correlation above 0.56 with a maximum percentage error of 0.57. Based on the results of verification of WRF outputs can be used to index FFMC and FWI Land/Forest Fire Danger Rating System.

Keywords: SPBK, FFMC index, FWI index, WRF.

1. Pendahuluan

Indonesia salah satu negara tropis yang memiliki wilayah hutan terluas kedua di dunia, dan dijuluki sebagai paru-paru dunia karena jumlah vegetasi

kawasan hutan ini bisa mendaur ulang udara dan menghasilkan lingkungan yang lebih sehat bagi manusia, namun akhir-akhir ini kebakaran hutan di Indonesia semakin sering terjadi.

Upaya mencegah kebakaran hutan/lahan yang telah dilakukan dengan mengembangkan Sistem Peringkat Bahaya Kebakaran hutan/lahan (SPBK) atau *Fire Danger Rating System* (FDRS) yang diadopsi dari Kanada [1]. SPBK dikembangkan melalui penerapan sistem *Fire Weather Index* (sistem indeks cuaca kebakaran, FWI). Sistem ini dibangun sebagai peringatan dini dan mitigasi kebakaran hutan/lahan yang biasanya disertai dengan masalah asap (*smoke*) yang serius.

Selama periode April sampai Oktober, Indonesia dipengaruhi oleh angin Tenggara yang relatif kering berasal dari Australia. Pengaruh angin Tenggara ini dimulaidi sebelah Tenggara Indonesia setelah ITCZ bergerak ke Utara. Pada bulan Mei aliran udara kering melingkupi hampir seluruh bagian Indonesia. Rata-rata curah hujan pada periode Juni, Juli, Agustus masih di bawah 100 mm.

SPBK menggunakan indeks cuaca kebakaran telah berhasil diterapkan di beberapa negara, diharapkan juga dapat berhasil diterapkan di Indonesia sebagai salah satu masukan untuk pengelolaan kebakaran yang telah ada [2]. Luaran SPBK diantaranya peta indeks *Fine Fuel Moisture Index* (FFMC) dan *Fire Weather Index* (FWI). FFMC merupakan potensi kemudahan terjadinya kebakaran hutan/lahan dan FWI merupakan potensi tingkat kesulitan pengendalian kebakaran hutan/lahan yang ditinjau dari parameter cuaca [3].

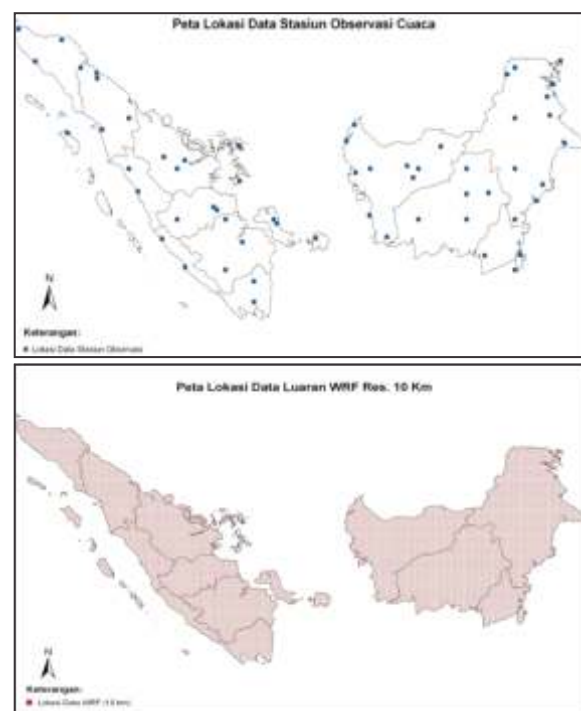
SPBK menyediakan peringkat potensikebakaran berdasarkan parameter data cuaca, kode FWI biasanya dihitung dari titik-titik pengamatan dengan *input* parameter suhu udara, kelembapan udara, kecepatan angin, arah angin, curah hujan kumulatif. SPBK milik BMKG menggunakan data observasi cuaca di 331 titik pengamatan yang tersebar di Asia Tenggara, digunakan untuk menghitung kode-kode FWI masih berbasis titik [3].

Untuk menjadikan suatu informasi spasial (keruangan) memerlukan teknik interpolasi, dan hal ini dapat menimbulkan kesalahan terutama apabila jarak titik stasiun sangat berjauhan dan tidak mewakili topografi wilayah [4]. Untuk suatu wilayah yang luas seperti Sumatera dan Kalimantan diperlukan jaringan stasiun cuaca yang terdistribusi homogen, sehingga dapat mewakili seluruh wilayah di Sumatera dan Kalimantan [5].

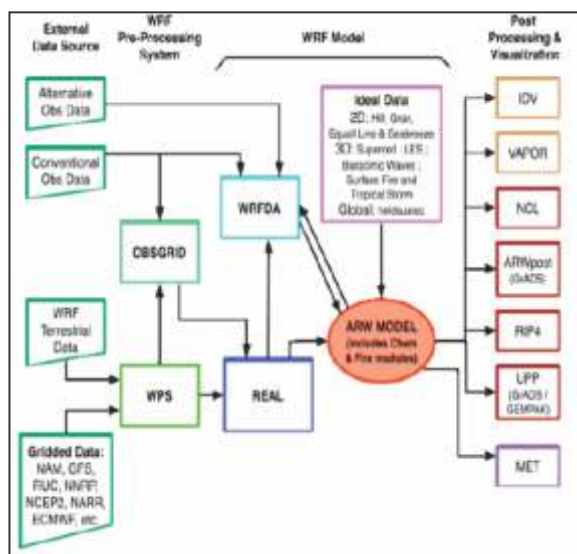
Salah satu cara mengatasi keterbatasan data dengan memanfaatkan data luaran model *Numerical Weather Prediction* (NWP). Luaran model NWP merupakan suatu data yang potensial untuk memprediksi unsur-unsur cuaca sebagai database sistem peringkat bahaya kebakaran hutan/lahan. Pada wilayah dimana

lokasi stasiun cuaca tidak terjangkau, data model dapat digunakan untuk menyediakan informasi spasial lebih rapat, lengkap dan homogen.

Weather Research & Forecasting Environmental Model System (WRF-EMS) merupakan model *Numerical Weather Prediction* (NWP) yang lengkap dan relatif lebih mudah digunakan. WRF adalah salah satu model prediksi cuaca numerik skala meso yang saat ini sering digunakan secara luas dalam prediksi cuaca di seluruh dunia. Model ini dikembangkan oleh *National Weather Service* (NWS), *Science Operation Officer* (SOO), dan *Science and Training Resource Center* (STRC) yang merupakan gabungan dari *Advanced Research WRF* (WRF-ARW) yang dikembangkan oleh *National Center for Atmospheric Research* (NCAR) dan *National Center for Environmental Prediction* (NCEP). Model WRF-EMS dapat dijalankan baik pada *single* komputer maupun pada komputer *cluster*. Gambar 1 menunjukkan perbandingan distribusi sebaran data cuaca observasi dengan data luaran model. Gambar 2 adalah diagram alur kerja model WRF-EMS



Gambar 1. Distribusi sebaran data observasi cuaca (atas) dan data luaran WRF resolusi 9km (bawah).



Gambar 2. Diagram alur model WRF[6]

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data observasi stasiun cuaca milik BMKG periode Juni-Juli-Agustus 2013. Digunakan juga data *Global Forecast System* (GFS) yang kemudian di *downscale* ke resolusi 9 km x 9 km dengan menggunakan model WRF-EMS. Data peta administrasi wilayah dan topografi dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dalam format *shape files*.

Alat yang digunakan untuk melakukan *running* model WRF adalah *High Performance Computing* (HPC), dibutuhkan juga software *Spatial Fire Management System* (SFMS), ArcView, dan *Microsoft Database Acces* untuk mengolah dan membuat peta indeks FFMC dan FWI.

Metodologi yang digunakan untuk penelitian ini terbagi menjadi 3 (tiga) tahap, yaitu:

Inventori Data Observasi Cuaca dan Data Luaran WRF. Data observasi yang digunakan sebagai verifikator adalah data pengamatan sinoptik permukaan skala harian pada pukul 13.00 WIB (sesuai format masukan data SPBK atau FDRS-BMKG). Data pengamatan tersebut terdapat di 8 (delapan) lokasi stasiun observasi meteorologi yang berada di wilayah Sumatera dan Kalimantan.

Data *Global Forecast System* (GFS) merupakan model *spectral* beresolusi T574 yang dijalankan secara *real time* 4 (empat) kali sehari oleh *National Center of Environmental Prediction –National Oceanic and Atmospheric Administration* (NCEP-NOAA). Data GFS memiliki resolusi spasial yang rendah (0.5° x 0.5°), untuk memperoleh kualitas prediksi cuaca yang lebih akurat, resolusi spasial ditingkatkan (*downscaling*) menggunakan model prediksi cuaca numerik regional (skala meso) WRF. Teknik *downscaling* dilakukan sampai resolusi spasial 9 km, dengan interval waktu 1 (satu) jam. Skema parameterisasi fisik kumulat menggunakan *Grell 3D Ensemble*, dan *Lin et al* untuk skema mikrofisik dan *Monin-Obukhov* untuk skema lapisan permukaan.

Pengolahan Data Peta Indeks FFMC dan FWI SPBK. Pengambilan nilai data luaran WRF dilakukan pada setiap grid domain ukuran 9 km x 9 km berupa data suhu, kelembapan, kecepatan dan arah angin, dan curah hujan kumulatif, yang digunakan untuk menyusun peta indeks FFMC dan FWI. Inisial waktu yang digunakan pukul 13.00 WIB dengan asumsi bahwa waktu tersebut mewakili kondisi suhu puncak dan kelembapan terendah serta berpotensi tinggi terjadinya kebakaran hutan/lahan. Dalam proses pembuatan peta indeks FFMC dan FWI digunakan teknik pembobotan (*scoring*) dan interpolasi dalam pengolahan spasial, serta proses tumpang tindih (*overlay*). Format data dan klasifikasi indeks yang digunakan untuk menyusun SPBK terdapat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Format data untuk menyusun indeks FFMC dan FWI SPBK

STATION	DATE	YYYY	MM	DD	REC_INSERT	TEMP	RH	WD	WD	RAIN	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI
	LST	LST	LST	LST	TIME	12	12	SPD	DIR	0UTC						

Tabel 2. Klasifikasi indeks FFMC (kiri) dan FWI (kanan)

Kelas	FFMC	Warna	Kelas	FWI	Warna
Rendah	0 - 36	Biru	Rendah	0 - 1	Biru
Sedang	36 - 39	Hijau	Sedang	1 - 5	Hijau
Tinggi	69 - 83	Kuning	Tinggi	6 - 13	Kuning
Ekstrim	➤ 83	Merah	Ekstrim	➤ 13	Merah

Analisis dan Verifikasi. Dalam penelitian ini dilakukan analisis secara kuantitatif dengan metodologi deskriptif dan korelasi. Analisis dan verifikasi dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi luaran WRF resolusi 9 km terhadap observasi. Verifikasi terbagi menjadi 2 (dua) tahapan yaitu verifikasi parameter cuaca luaran WRF terhadap data observasi dan verifikasi peta indeks FPMC dan FWI luaran WRF dengan observasi di 8 (delapan) lokasi di wilayah Sumatera dan Kalimantan. Lokasi pengambilan nilai indeks FPMC dan FWI ditunjukkan pada Gambar 3.

Metode verifikasi menggunakan pendekatan secara statistik dengan perhitungan korelasi dan *Root Mean Square Error* (RMSE), ditunjukkan dengan persamaan Kyun [7].

$$Corr = \frac{\sum_{n=1}^N (F_n - \bar{F}) \times (O_n - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{n=1}^N (F_n - \bar{F})^2 \times \sum_{n=1}^N (O_n - \bar{O})^2}} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (F_n - O_n)^2} \quad (2)$$

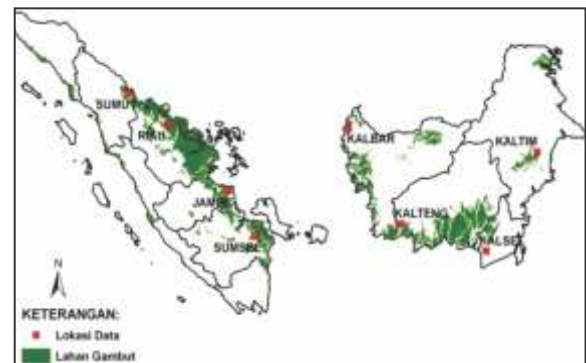
Dengan F = *forecast* (nilai prediksi model) dan O = *observation* (nilai pengamatan), metode prakiraan dikatakan baik jika memiliki nilai korelasi yang tinggi dan nilai RMSE yang rendah. Untuk mengetahui persentase kesalahan (*percent error*) antara hasil model dan observasi menurut Hanke [8] menggunakan perhitungan sebagai berikut;

$$E = \frac{(O - F) \times 100\%}{O} \quad (3)$$

Dimana: O adalah data hasil observasi dan F adalah hasil simulasi model, dan E merupakan hasil persentase kesalahan. Verifikasi parameter curah hujan kumulatif menggunakan metode pengukuran dengan *Threat Score* (TS) yaitu untuk mengukur ketepatan prakiraan antara model dan observasi.

Perhitungan nilai TS digunakan metode Saito *et al.* [9] sebagai berikut:

$$Threat\ Score = \frac{N_{hit}}{N_{hit} + N_{pass} + N_{false}} \quad (4)$$



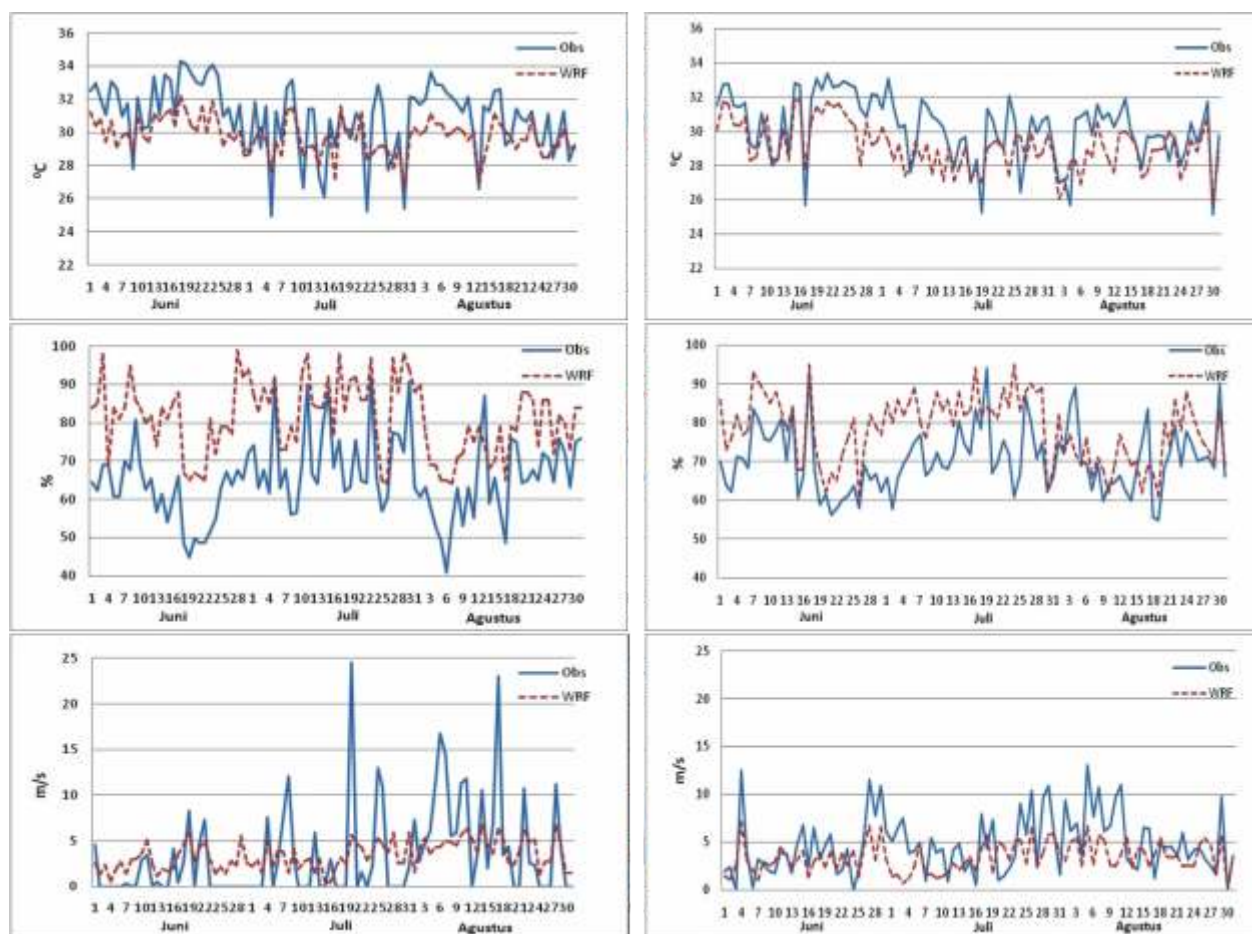
Gambar 3. Lokasi pengambilan nilai indeks FPMC dan FWI

N_{hit} = jumlah *hit*, N_{pass} = jumlah *pass*, dan N_{false} = jumlah *false alarm*. *Hit* adalah kondisi apabila hasil model dan observasi dalam waktu observasi sesuai. *Pass* adalah kondisi apabila kejadian tidak terprakiraan oleh model, namun teramati dalam waktu observasi. Sedangkan *false alarm* adalah kondisi apabila kejadian terprakiraan di model, namun tidak teramati dalam waktu observasi. Adapun untuk Prosentase Hit adalah *Threat Score* dikalikan 100. Hasil dari metode verifikasi akan didapatkan nilai korelasi, *error*, dan tingkat akurasi data model terhadap data observasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis dan Verifikasi Luaran WRF Terhadap Data Observasi Cuaca. *Running* model WRF menghasilkan data prakiraan cuaca bulan Juni – Agustus 2013 menggunakan resolusi spasial 9 km dengan domain $5^{\circ}57' 53.58''$ - $5^{\circ}42'57.32''$ LS dan $95^{\circ}5'16.41''$ - $119^{\circ}4'5.81''$ BT. Hasil luaran model diperoleh parameter suhu, kelembapan, kecepatan dan arah angin, dan curah hujan kumulatif. Perbandingan dilakukan menggunakan inisial waktu 13.00 WIB (sesuai inisial waktu yang digunakan SPBK). Gambar 4 adalah grafik perbandingan parameter suhu udara, kelembapan dan kecepatan angin luaran WRF dengan data observasi cuaca di wilayah Riau dan Kalimantan Barat.

Pola parameter suhu, angin dan kelembapan berfluktuasi sepanjang periode JJA-2013. Di wilayah Riau puncak suhu maksimum observasi terjadi pada bulan Juni dengan nilai 34°C , sedangkan data WRF 32°C . Kelembapan terendah hasil observasi terjadi pada bulan Agustus sebesar 40% dan 65% untuk data WRF.



Gambar 4. Perbandingan parameter suhu udara, kelembapan, dan kec. angin wilayah Riau (kiri) dan Kalbar (kanan) periode JJJ-2013

Nilai korelasi dan *RMSE* antara observasi dan WRF untuk parameter suhu udara adalah 0.73 dan 1.85, parameter kelembapan mempunyai korelasi 0.66 dan *RMSE* sebesar 17.56, nilai korelasi parameter kecepatan angin 0.56 dan *RMSE* sebesar 4.43. Di wilayah Kalbar puncak suhu maksimum data observasi terjadi pada bulan Juni dengan nilai 33°C, sedangkan data WRF 32°C. Kelembapan terendah terjadi pada pertengahan Agustus dengan nilai hasil

observasi sebesar 55% sedangkan data WRF 61%. Nilai korelasi dan *RMSE* data observasi dan WRF untuk parameter suhu udara adalah 0.70 dan 1.94, parameter kelembapan mempunyai korelasi 0.58 dan *RMSE* sebesar 11.01, nilai korelasi parameter kecepatan angin 0.55 dan *RMSE* sebesar 3.15. Hasil nilai korelasi, *RMSE*, dan persentase kesalahan untuk semua lokasi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai korelasi, persentase kesalahan, *RMSE*, dan akurasi

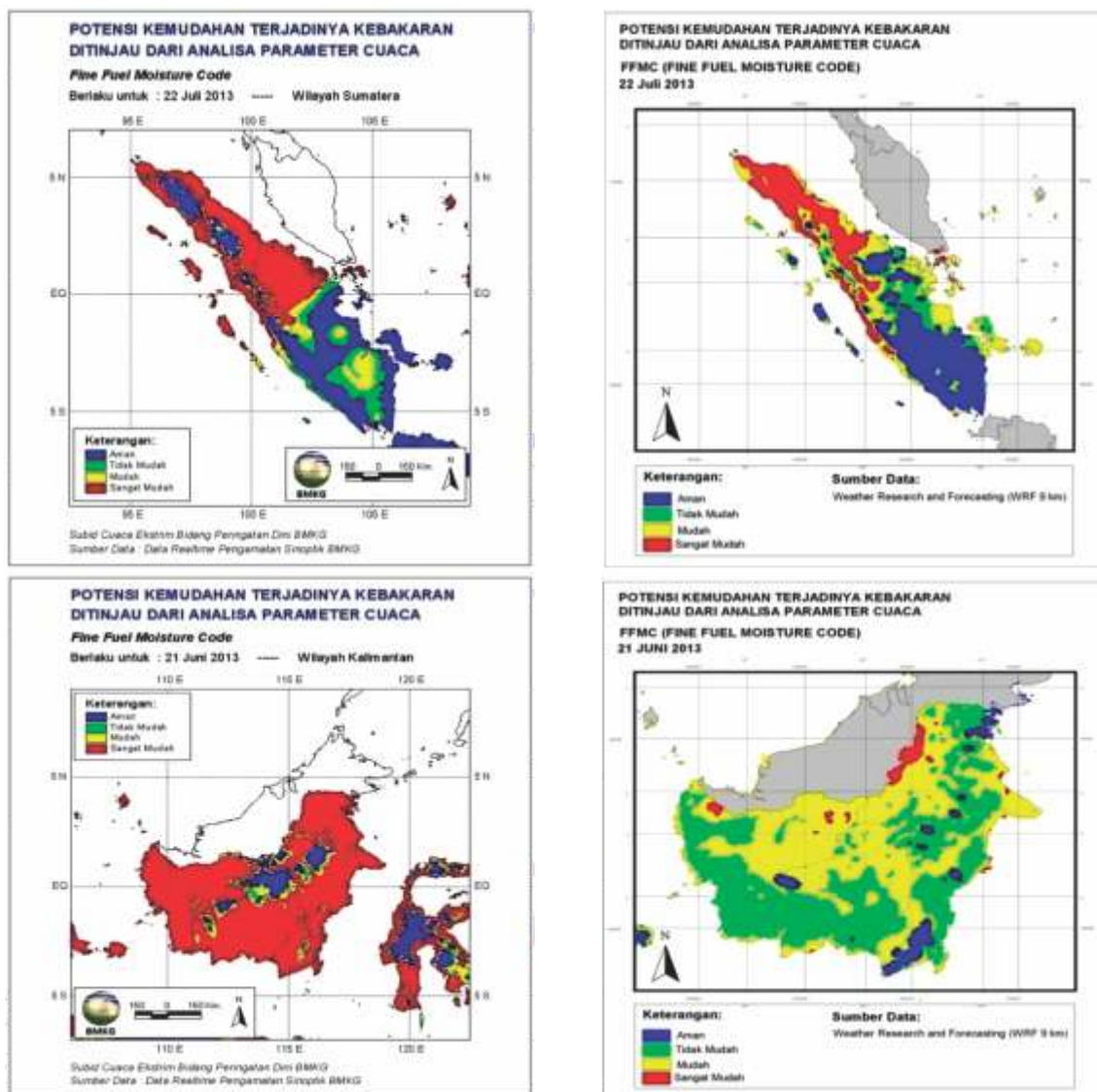
LOKASI	Suhu			Kelembapan			Kec. Angin			Curah Hujan	
	R	Percent error	RMSE	R	Percent error	RMSE	R	Percent error	RMSE	Percent error	Akurasi
SUMUT	0.77	0.85	1.09	0.76	-9.52	8.64	0.53	-1.95	2.41	38.30	65.21
RIAU	0.73	3.67	1.85	0.66	-23.74	17.56	0.56	1.17	4.43	-21.14	68.47
JAMBI	0.75	2.90	1.48	0.63	-21.71	16.28	0.57	27.47	3.93	43.57	66.30
SUMSEL	0.80	3.71	1.40	0.66	-17.06	12.54	0.56	46.35	4.92	21.15	62.98
KALBAR	0.70	3.64	1.94	0.58	-11.02	11.01	0.55	27.95	3.15	22.99	61.90
KALTENG	0.71	2.96	1.47	0.66	-14.91	11.90	0.69	31.34	3.00	24.96	64.07
KALSEL	0.72	3.93	1.83	0.68	-18.65	14.63	0.60	34.33	3.88	-21.61	60.81
KALTIM	0.74	2.97	1.59	0.73	-12.58	10.49	0.53	32.00	2.91	-10.86	65.16

Persentase kesalahan parameter kelembapan mempunyai nilai negatif di semua lokasi, artinya prediksi kelembapan model WRF masih diatas observasi (*over forecasting*). *Over forecasting* parameter kecepatan angin hasil model juga terjadi di wilayah Sumut. Di wilayah Riau, Kalsel, dan Kaltim terjadi *over forecasting* pada parameter curah hujan. Rentang nilai RMSE parameter suhu antara 1.09 – 1.94, parameter kelembapan mempunyai nilai 8.64 – 17.56, sedangkan parameter kecepatan angin mempunyai RMSE antara 2.41 – 4.92.

Hasil RMSE menunjukkan selisih nilai antara model dan observasi cukup besar terutama untuk parameter

kelembaban. Akurasi dari metode *Threat Score* pada parameter curah hujan antara 60.81 – 68.47, hal ini menunjukkan prediksi curah hujan model WRF terhadap observasi mempunyai akurasi yang baik.

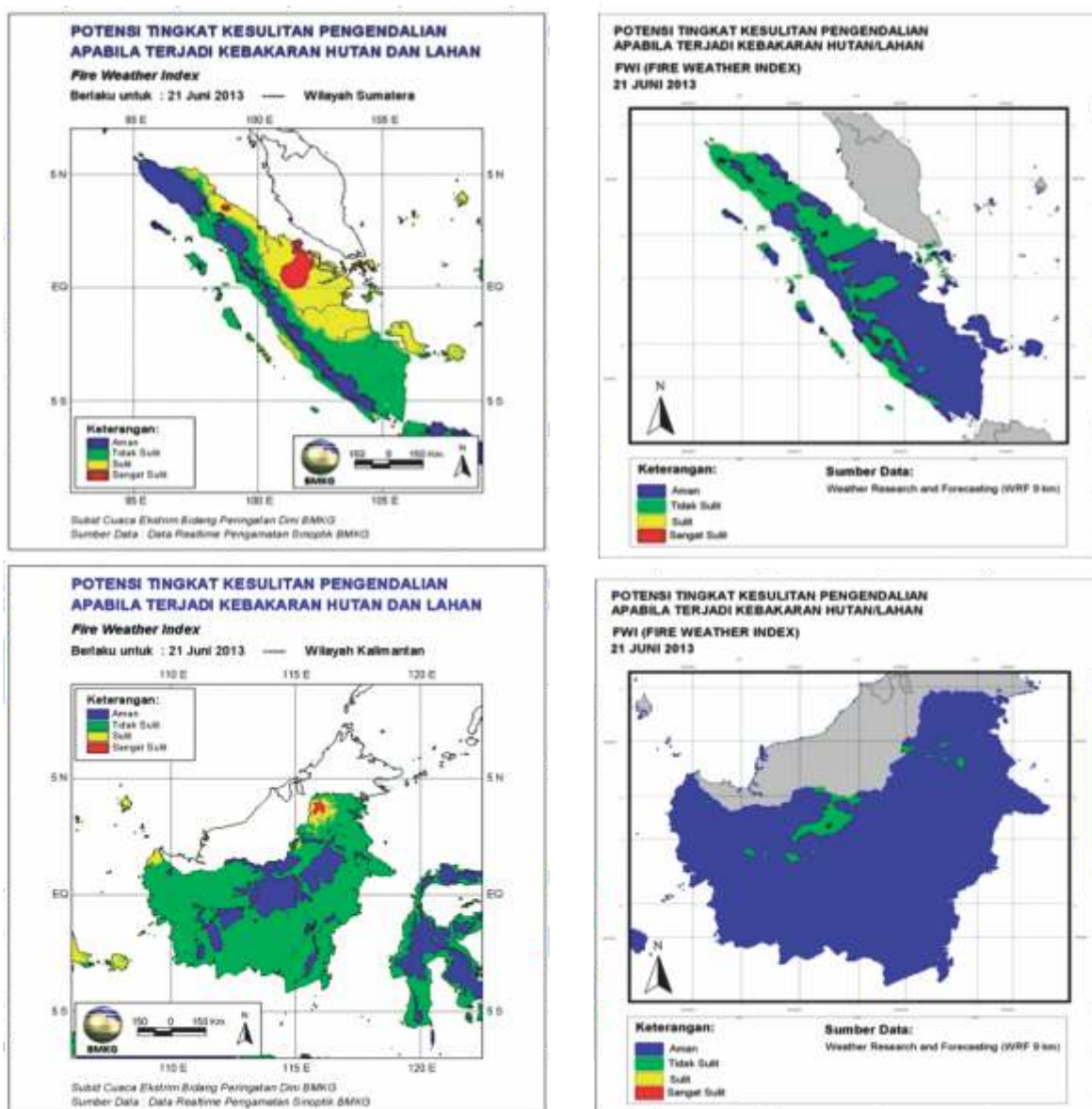
Analisis dan Verifikasi Peta Indeks FFMC dan FWI SPBK. Gambar 5 adalah contoh hasil peta indeks FFMC dan FWI wilayah Sumatera dan Kalimantan yang disusun menggunakan parameter suhu udara, kelembapan, kecepatan dan arah angin, serta curah hujan kumulatif hasil luaran WRF resolusi 9 km yang dibandingkan dengan data observasi cuaca milik BMKG.



Gambar 5. Peta indeks FFMC observasi (kiri) dan WRF (kanan) pada tanggal 22 Juli 2013 (atas) dan 21 Juni 2013 (bawah) wilayah Sumatera dan Kalimantan

Indeks FFMC observasi tanggal 22 Juli 2013 menunjukkan bagian tengah Sumatera sampai ujung utara dominan berwarna merah dan masuk kategori sangat mudah terbakar, sedangkan indeks FFMC WRF mempunyai kategori mudah – sangat mudah terbakar. Tanggal 21 Juni 2013 indeks FFMC observasi menunjukkan sebagian besar Kalimantan mempunyai kategori sangat mudah terbakar, sedangkan indeks FFMC WRF didominasi warna hijau dan kuning yang berindikasi tidak mudah – mudah terbakar. Hasil contoh peta indeks FFMC menunjukkan bahwa indeks FFMC WRF lebih mempunyai pola dan kategori indeks yang lebih bervariasi dibandingkan indeks FFMC data observasi. Gambar 6 menunjukkan peta indeks FWI

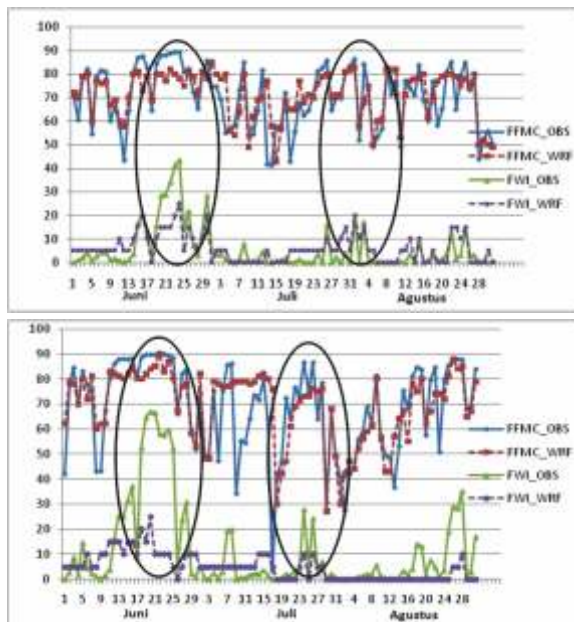
observasi dan WRF pada tanggal 21 Juni 2013. Peta indeks FWI observasi menunjukkan bagian timur Sumatera didominasi kategori sulit - sangat sulit dikendalikan, sedangkan indeks FWI WRF didominasi kategori aman - tidak sulit dikendalikan. Pada periode waktu yang sama peta indeks FWI observasi wilayah Kalimantan didominasi warna biru dan hijau menunjukkan kategori tidak sulit – sulit dikendalikan, sedangkan peta indeks FWI WRF didominasi warna biru yang mengindikasikan aman untuk dikendalikan jika terjadi kebakaran hutan/lahan. Peta indeks FWI WRF mempunyai kategori lebih rendah 1 (satu) sampai 2 (dua) tingkat dibandingkan peta indeks FWI observasi.



Gambar 6. Peta indeks FWI observasi (kiri) WRF (kanan) pada tanggal 21 Juni 2013 wilayah Sumatera dan Kalimantan

Hasil perbandingan nilai indeks FFMC dan FWI antara luaran WRF dan observasi periode Juni-Juli-Agustus 2013 cukup berfluktuasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa indeks FFMC dan FWI berkorelasi, pada saat nilai indeks FFMC mengalami kenaikan diikuti juga oleh nilai indeks FWI (ditandai lingkaran hitam).

Perbandingan nilai indeks FFMC dan FWI ditunjukkan pada Gambar 7 (dilakukan pembesaran 5 kali terhadap nilai indeks FWI). Hasil korelasi, persentase error, dan RMSE indeks FFMC dan FWI di wilayah Sumatera dan Kalimantan ditunjukkan pada Tabel 4.



Gambar 7. Perbandingan nilai indeks FFMC dan FWI (x5) periode JJA-2013 wilayah Riau (atas) dan Kalbar (bawah).

Tabel 4. Hasil korelasi, Persentase kesalahan, dan RMSE

Nilai	SUMUT		RIAU		JAMBI		SUMSEL	
	FFMC	FWI	FFMC	FWI	FFMC	FWI	FFMC	FWI
Korelasi	0.71	0.85	0.70	0.62	0.65	0.69	0.69	0.87
Perc. error	0.04	0.35	-0.01	0.57	-0.02	0.44	0.10	0.42
RMSE	10.99	1.18	13.04	3.27	13.25	2.86	10.97	1.94

Nilai	KALBAR		KALTENG		KALSEL		KALTIM	
	FFMC	FWI	FFMC	FWI	FFMC	FWI	FFMC	FWI
Korelasi	0.62	0.78	0.66	0.72	0.78	0.88	0.56	0.77
Perc. error	-0.02	-0.07	-0.50	0.23	-0.01	0.47	-0.06	-0.14
RMSE	11.53	1.192	12.85	0.94	13.53	2.35	19.77	0.65

Berdasarkan Sarwono (2006)[10] hasil kategori korelasi indeks FFMC observasi dengan WRF mempunyai nilai 0.56 – 0.78 yang menunjukkan tingkat hubungan kuat – sangat kuat. Indeks FWI mempunyai korelasi sebesar 0.62 – 0.87 dan masuk dalam kategori korelasi kuat – sangat kuat. Hasil korelasi menunjukkan peta indeks FFMC dan FWI yang dibangun menggunakan parameter cuaca model WRF mempunyai hasil prediksi yang mendekati data observasi.

Over forecasting nilai persentase kesalahan indeks FFMC terjadi di wilayah Riau, Jambi, Kalteng, dan Kalsel. Di provinsi Kalbar dan Kaltim indeks FFMC dan FWI juga mengalami *over forecasting* dengan rentang RMSE antara 0.65 – 19.77. Nilai RMSE yang besar menunjukkan selisih perbedaan nilai indeks antara FFMC/FWI observasi dengan model WRF.

4. Kesimpulan

Pengembangan Sistem Peringkat Bahaya Kebakaran Hutan/Lahan (SPBK) menggunakan parameter cuaca model WRF resolusi 9 km dapat digunakan sebagai pilihan solusi keterbatasan data observasi cuaca yang ada saat ini. Parameter cuaca luaran WRF mempunyai tingkat korelasi kuat–sangat kuat terhadap data observasi. Parameter kelembapan luaran model mempunyai nilai lebih tinggi (*over forecasting*) pada semua lokasi.

Peningkatan nilai indeks FFMC diikuti juga kenaikan pada nilai indeks FWI, hal tersebut menunjukkan bahwa indeks FFMC berkorelasi terhadap indeks FWI. Hasil verifikasi peta indeks FFMC dan FWI luaran WRF dengan observasi memiliki tingkat korelasi kuat–sangat kuat, namun masih memiliki *error* tinggi, hal ini disebabkan perbedaan distribusi sebaran data cuaca antara model dengan observasi yang mempengaruhi hasil interpolasi.

Perbandingan data observasi dan luaran model dilakukan hanya pada periode Juni-Agustus 2013 dimana kondisi klimatologis wilayah Sumatera dan Kalimantan umumnya dipengaruhi sifat hujan normal. Hasil perbandingan luaran model dan observasi belum dapat dimanfaatkan pada kondisi klimatologis yang dipengaruhi kejadian ekstrim, seperti pengaruh El-Nino dan La-Nina, dan masih perlu dikaji lebih lanjut.

Daftar Pustaka

- [1] Field RD, Yonghe W, Roswintiarti O, & Guswanto. (2004). A Drought-Based Predictor of Recent Haze Events in Western Indonesia. *Atmospheric Environment*. 38, 1869–1878.

- [2] Noviar, H., M. R. Khomarudin, & O. Roswintarti. (2005). *Operasionalisasi Sistem Peringatan Dini Bahaya Kebakaran Hutan/Lahan Dengan Data NOAA-AVHRR*. Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV "Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh Untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa", Surabaya, 14 – 15 September 2005.
- [3] ([http://meteo.bmkg.go.id/peringatan dini/kebakaran hutan](http://meteo.bmkg.go.id/peringatan_dini/kebakaran_hutan)). Diakses 11 Nopember 2013.
- [4] Narasimhan B, & Srinivasan R. (2002). *Determination of Regional Scale Evapotranspiration of Texas from NOAA-AVHRR Satellite*. Final Report Submitted to Texas Water Resources Institute. March 5, Texas. USA.
- [5] Khomarudin MR, Roswintarti O, & Tjahjaningsih A. (2005). *Estimasi Unsur-Unsur Cuaca untuk Mendukung Sistem Peringkat Bahaya Kebakaran Hutan/Lahan dengan Data MODIS*. Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV "Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh Untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa", Surabaya, 14 – 15 September 2005.
- [6] ARW User Guide_V3. (2011). *Modeling System*, National Center for Atmospheric Research.
- [7] Kyun RD. (2002). *Training course on weather forecasting for operational meteorologist post processing*. Meteorological Training Division, Korea Meteorological Administration. 217-272.
- [8] Hanke, John E. (1992). *Business Forecasting*. 8th Edition. New Jersey. Pearson Education International.
- [9] Saito K, Kato T, Eito H, & Muroi C. (2001). *Documentation of the Meteorological Research Institute / Numerical Prediction Division unified nonhydrostatic model*. Tech. Rep. MRI. 42: 133pp.
- [10] Sarwono J. (2006). *Metode penelitian kuantitatif & kualitatif*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [11] Fuller M. (1991). *Forest Fire : An Introduction to Wildland Fire Behaviour, Management, Fire Fighting and Prevention*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [12] Glover D, & Jessup T. (2002). *Mahalnya Harga Sebuah Bencana; Kerugian Lingkungan Akibat Kebakaran dan Asap di Indonesia*. Penerbit ITB Bandung.