

Proyeksi model WRF-Chem kualitas udara dan kondisi atmosfer di Sumatera Barat

Ramadhan Nurpambudi

Sekolah Tinggi Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, Tangerang.

Diterima: 21 Februari 2016 | Dicitak: 4 April 2016

Abstrak. WRF-Chem adalah bentuk model WRF (*Weather Research and Forecasting*) yang dikombinasikan dengan perhitungan kimia yang digunakan untuk mensimulasikan emisi, transpor, pencampuran, dan transformasi dari gas dan aerosol secara meteorologis. Penelitian ini menggunakan parameterisasi PBL10 (*TEMF Scheme*) dan PBL99 (*MFR Scheme*) yang kemudian dibandingkan dengan data observasi dari Stasiun Meteorologi Tabing Padang untuk data kecepatan angin dan dari GAW Kototabang untuk data karbon monoksida. Hasil yang didapat adalah parameter PBL yang paling mendekati keadaan sebenarnya untuk pengukuran kecepatan angin adalah PBL99 (*TEMF Scheme*). Walaupun begitu, masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemodelan di daerah Padang. **Kata kunci:** WRF-Chem, kecepatan angin, karbon monoksida, Sumatera Barat.

Abstract. WRF-Chem is a form of WRF (*Weather Research and Forecasting*) that combined with chemistry calculations, which could be used for emission, transportation, mixing, and transformation simulation from gases and aerosols meteorologically. This study uses two parameterization that are PBL10 (*TEMF Scheme*) and PBL99 (*MFR Scheme*), which is compared with observation data from meteorological office Tabing Padang for wind speed data and from GAW Kototabang for carbon monoxide data. The results are PBL99 produced a better prediction model data for wind speed data, although it still need further research to decide which parameterization is suited for modeling in Padang. **Keywords:** WRF-Chem, wind speed, carbon monoxide, West Sumatra.

Pendahuluan

Perkembangan jaman yang semakin pesat telah memungkinkan manusia mempelajari

keadaan atmosfer dengan menggunakan pendekatan-pendekatan matematis yang ada. WRF (*Weather Research and Forecasting*) memungkinkan penggunaannya mengetahui tentang bagaimana keadaan atmosfer baik keadaan dinamisnya atau keadaan fisisnya. Dalam perkembangannya, perhitungan unsur-unsur kimia dalam atmosfer juga dapat diperkirakan dengan menggunakan WRF-Chem (*Weather Research and Forecasting-Chemistry*). WRF-Chem merupakan kombinasi dari WRF dengan perhitungan kimia.

Penelitian ini mengambil lokasi di provinsi Sumatera Utara dan menggunakan data unsur kimia dari Stasiun GAW Kototabang serta data pengamatan sinoptik dari Stasiun Meteorologi Padang. Penelitian ini membandingkan 2 parameter PBL yang kemudian akan diverifikasi dengan data observasi. Parameterisasi PBL yang digunakan adalah PBL10 (*TEMF Scheme*) dan PBL99 (*MFR Scheme*). Parameter meteorologi yang dibandingkan adalah kecepatan angin dan unsur kimia atmosfer yang dibandingkan adalah karbon monoksida (CO).

WRF-Chem adalah bentuk model WRF (*Weather Research and Forecasting*) yang dikombinasikan dengan perhitungan kimia yang dikembangkan dengan kerjasama dari NCAR, ESRI, dan PNNL. Model ini mensimulasikan emisi, transpor, pencampuran, dan transformasi dari gas dan aerosol secara meteorologis dan simultan dan digunakan untuk meneliti kualitas udara dalam skala regional, analisis program lapangan, dan interaksi yang terjadi di dalam awan secara kimiawi.

Hasil dari WRF-Chem antara lain:

- Analisis (misalnya analisis pembentukan aerosol organik, penentuan sumber karbon hitam di daerah Asia Selatan, pembentukan ozon di lapisan troposfer atas di aliran keluar konvektif (*convective outflow*), dan pembentukan nitrogen oksida dari petir);

- Studi *Chemistry-Climate* di Amerika Utara dan Asia;
- Interkomparasi model;
- Prakiraan proyek lapangan (Ahmadov dan Peckham, 2014).

Metodologi

Data yang digunakan pada penelitian ini antara lain: data *reanalysis* dalam format FNL (*Final Reanalysis*) yang diperoleh dari situs rda.ucar.edu untuk tanggal 7-9 Mei 2013, data observasi dari Stasiun Meteorologi Tabin Padang untuk tanggal 7-9 Mei 2013, dan data pengamatan karbon monoksida (CO) dari GAW Kototabang untuk tanggal 7-9 Mei 2013.

Sedangkan langkah kerja yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

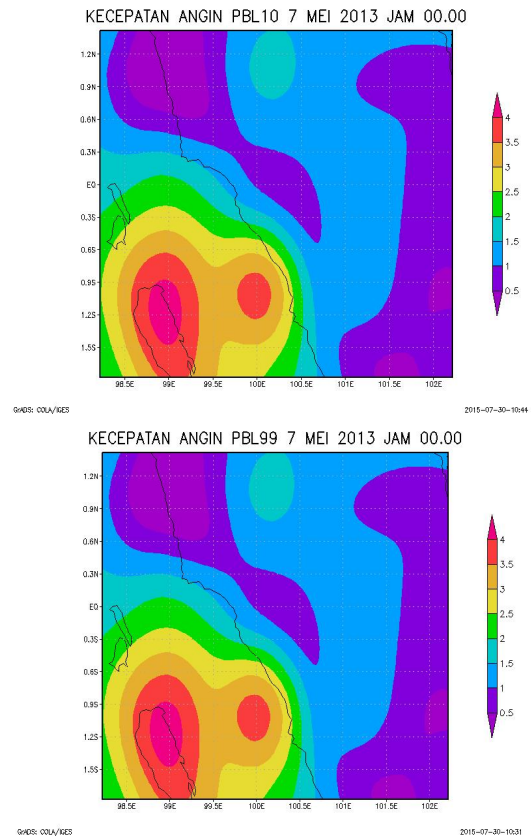
- Mengumpulkan data-data pendukung yang diperlukan;
- Mengunduh data FNL untuk tanggal 7-9 Mei 2013 dari rda.ucar.edu;
- Menjalankan proses *running* data FNL dengan menggunakan WRF-Chem, dimulai dengan menentukan domain tempat proses *running* akan dijalankan (Tabel 1). Pusat domain berada di Padang dengan koordinat 100.32°BT dan 0.20°LS;
- Memperoleh hasil keluaran model;
- Memvisualisasikan hasil keluaran model tersebut dengan menggunakan GrADS, serta mengeluarkan nilai data kecepatan angin dan CO yang ada pada keluaran model dan diolah dengan menggunakan Microsoft Excel;
- Mengolah dan membandingkan hasil keluaran kedua skema dengan data observasi;

Tabel 1. Konfigurasi domain WRF.

Konfigurasi	Skema I	Skema II
Resolusi	5 km	5 km
Mikrofisis	Lin et al. scheme	Lin et al. scheme
Shortwave radiation	RRTMG scheme	RRTMG scheme
Longwave radiation	RRTMG scheme	RRTMG scheme
Surface layer	TEMF Surface Layer (ARW only)	Revised MM5 Monin-Obukhov scheme
Land surface	Unified NOAH land-surface model	Unified NOAH land-surface model
Cumulus	Grell 3D Ensemble scheme	Grell 3D Ensemble scheme
PBL	TEMF (Total Energy Max Flux) scheme (10)	MRF scheme (99)

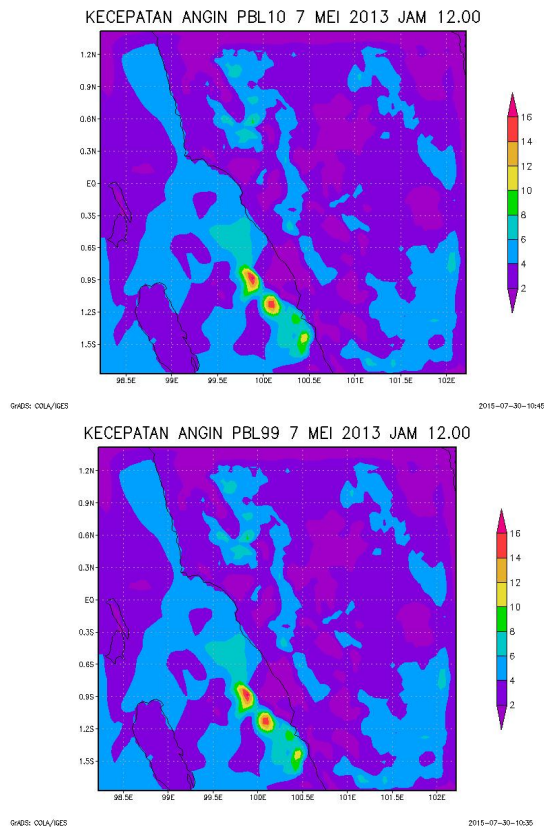
Hasil dan Pembahasan

Dari hasil *running* model diperoleh terhadap kecepatan angin 10 m, diperoleh hasil seperti yang terlihat pada Gambar 1 berikut.



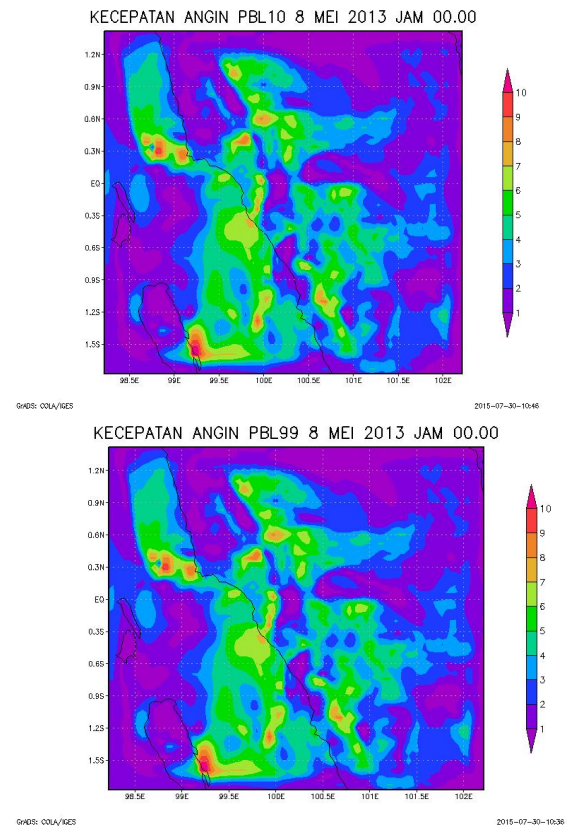
Gambar 1. Kecepatan angin 10 m untuk PBL Skema I (atas) dan Skema II (bawah) tanggal 7 Mei 2013 pukul 00.00 UTC.

Dari kedua gambar di atas dapat dilihat bahwa secara umum pola kecepatan angin yang dihasilkan oleh kedua parameterisasi cenderung sama, dengan daerah kecepatan angin tertinggi terdapat di sebelah barat daya kota Padang tepatnya pulau Siberut. Kecepatan pada pusatnya mencapai 4kt dan semakin mendekati kota Padang kecepatannya semakin melemah. Indikasi adanya pertumbuhan awan konvektif yang menghasilkan *downdraft* pada saat tersebut yang menghasilkan awan kencang terpusat pada Pulau Siberut.



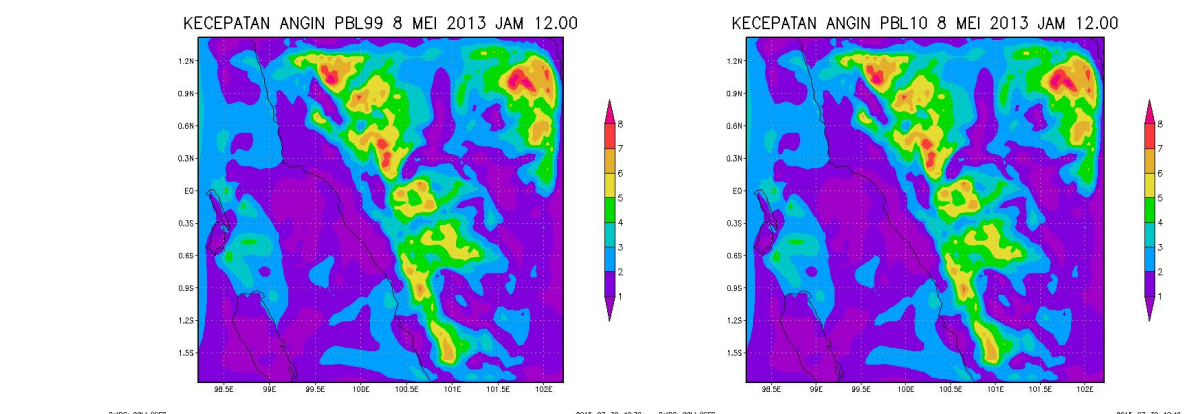
Gambar 2. Kecepatan angin 10 m untuk PBL Skema I (atas) dan Skema II (bawah) tanggal 7 Mei 2013 pukul 12.00 UTC.

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa terdapat persamaan dari hasil keluaran model antara kedua parameterisasi tersebut. Daerah dengan kecepatan yang tinggi masih belum berpindah masih terletak di sebelah barat daya dari kota Padang.



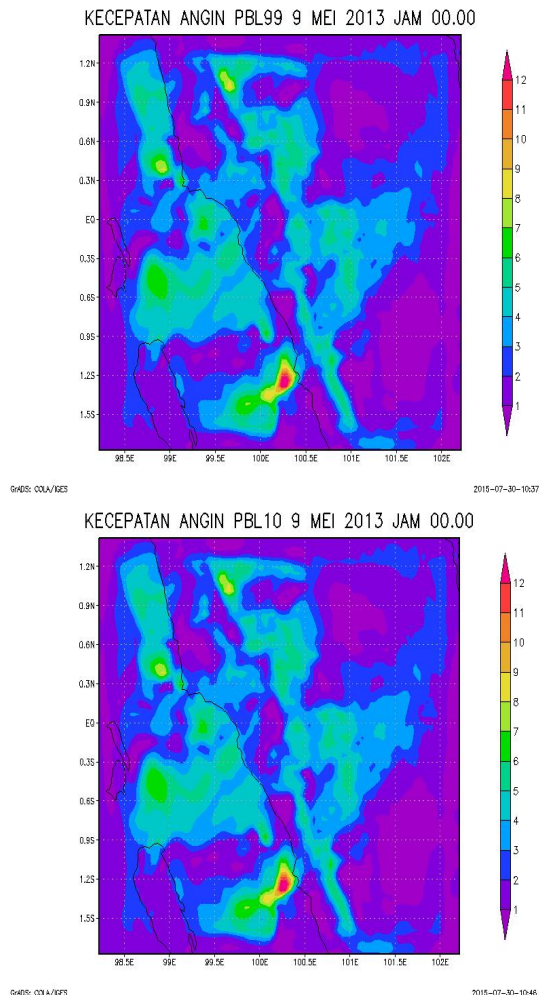
Gambar 3. Kecepatan angin 10 m untuk PBL Skema I (atas) dan Skema II (bawah) tanggal 8 Mei 2013 pukul 00.00 UTC.

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa secara umum pola kecepatan angin yang dihasilkan oleh kedua parameterisasi kembali cenderung menghasilkan pola yang sama. Daerah yang mempunyai kecepatan yang cukup tinggi masih terdapat pada sector barat daya, namun kini juga terdapat pada sector barat laut. Kecepatan maksimum pada lokasi tersebut mencapai 10kt. Luasan pada wilayah tersebut cenderung tidak luas namun banyak.



Gambar 4. Kecepatan angin 10 m untuk PBL Skema I (kiri) dan Skema II (kanan) tanggal 8 Mei 2013 pukul 12.00 UTC.

secara umum. Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa umum pola kecepatan angin yang dihasilkan oleh kedua parameterisasi juga cenderung sama. Daerah dengan kecepatan angin yang tinggi sudah tidak lagi terjadi pada Pulau Siberut dan berpindah ke arah utara kota Padang. Kecepatan angin berkisar 8kt dengan wilayah yang tidak terlalu luas.



Gambar 5. Kecepatan angin 10 m untuk PBL Skema I (atas) dan Skema II (bawah) tanggal 9 Mei 2013 pukul 00.00 UTC.

Dari kedua gambar di atas dapat dilihat bahwa secara umum pola kecepatan angin yang dihasilkan oleh kedua parameterisasi cenderung sama kembali. Dapat dikatakan kedua unsur PBL baik PBL10 (TEMF Scheme) maupun PBL99 (MFR Scheme) cenderung menghasilkan hasil yang serupa. Bisa dikatakan demikian dikarenakan setelah dilakukan pada beberapa waktu yang berbeda hasil yang ditampilkan cenderung sama. Pada tanggal 9 mei ini pusat daerah berkecepatan tinggi terdapat pada

sebelah selatan kota Padang dengan kecepatan ± 12 kt.

Pada Gambar 6, grafik perbandingan kecepatan angin pada ketinggian 10 meter untuk tanggal 7 Mei 2013 menunjukkan bahwa pola keluaran model dengan kedua parameterisasi yang berbeda memiliki pola perubahan yang berbeda. Apabila dibandingkan dengan keadaan sebenarnya (data observasi), hasil keluaran kedua model cenderung *over estimate* terhadap keadaan sebenarnya.

Selain dilakukan visualisasi perubahan data per jam dengan menggunakan grafik, verifikasi data juga dilakukan secara kuantitatif dengan cara menghitung nilai *root mean square error* (RMSE), nilai korelasi, serta nilai standar deviasi untuk masing-masing penggunaan parameter dan dibandingkan dengan data observasi. Adapun tabel nilai RMSE, korelasi, dan standar deviasi yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

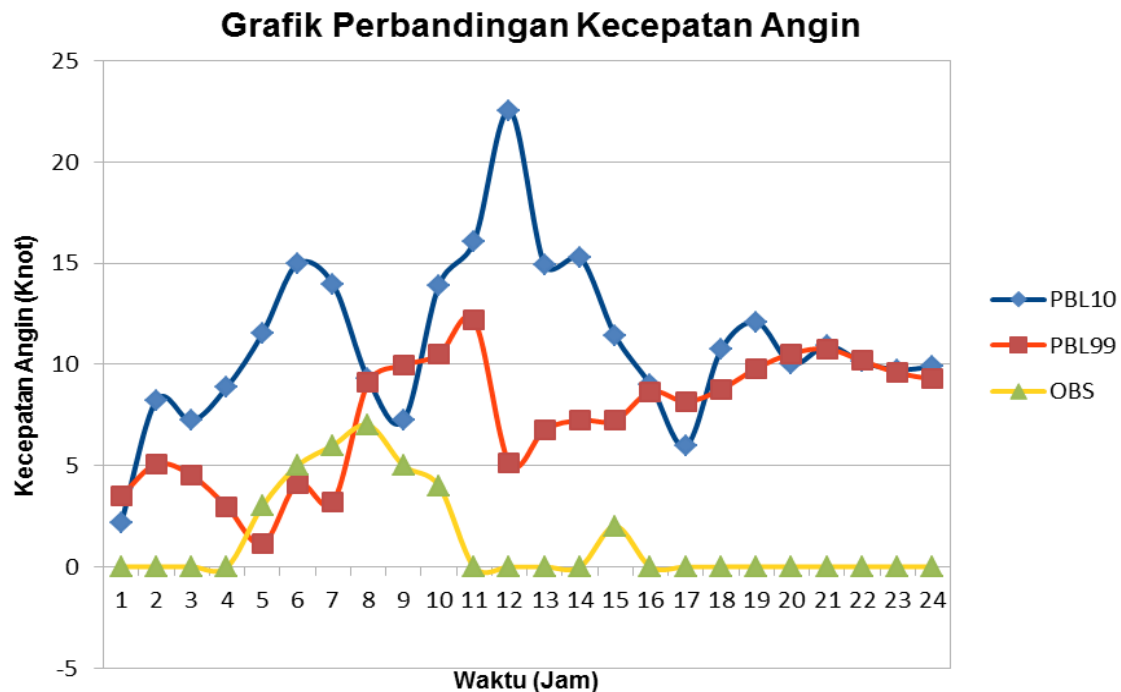
Tabel 2. Nilai RMSE, korelasi, dan standar deviasi untuk parameter kecepatan angina tanggal 7 Mei 2013.

Parameter	PBL10 (TEMF Scheme)	PBL 99 (MFR Scheme)
RMSE	10,71	7,28
Korelasi	0,08	0,73
Standar deviasi	5,92	4,07

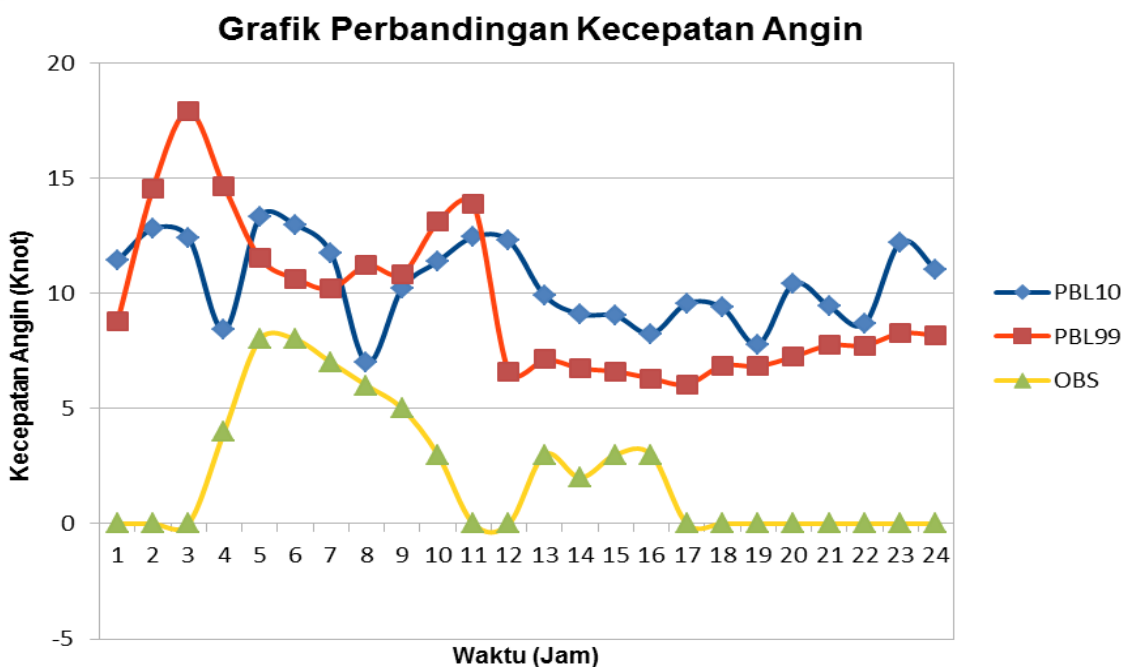
Hal yang sama juga dilakukan untuk tanggal 8 Mei 2013. Gambar 7 merupakan grafik perbandingan kecepatan angin untuk kedua parameter PBL dan data observasi. Pada gambar tersebut, grafik perbandingan kecepatan angin pada ketinggian 10m untuk tanggal 8 mei 2013 menunjukkan hal yang sama dengan gambar 4.6 bahwa pola keluaran model dengan kedua parameterisasi yang berbeda memiliki pola perubahan yang sama. Apabila dibandingkan dengan keadaan sebenarnya (data observasi), hasil keluaran kedua model juga cenderung bersifat *over estimate* terhadap keadaan sebenarnya. Adapun tabel nilai RMSE, korelasi, dan standar deviasi yang diperoleh dirangkum dalam Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Nilai RMSE, korelasi, dan standar deviasi untuk parameter kecepatan angina tanggal 7 Mei 2013.

Parameter	PBL10 (TEMF Scheme)	PBL 99 (MFR Scheme)
RMSE	8,8	8,3
Korelasi	0,08	0,21
Standar deviasi	4,8	4,8



Gambar 6. Grafik perbandingan kecepatan angin per jam pada ketinggian 10 m tanggal 7 Mei 2014.

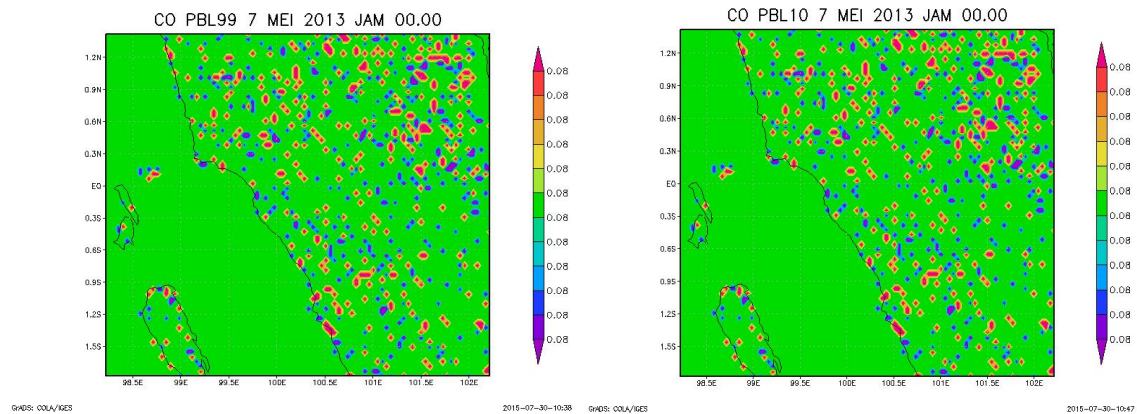


Gambar 7. Grafik perbandingan kecepatan angin per jam pada ketinggian 10 m tanggal 8 Mei 2014.

Untuk parameter unsur kimia yang dibandingkan pada tulisan ini adalah CO (karbon monoksida). CO merupakan salah satu gas polutan yang berperan penting dalam efek rumah kaca yang berperan dalam efek rumah kaca. CO dihasilkan dari emisi kendaraan bermotor akibat pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna.

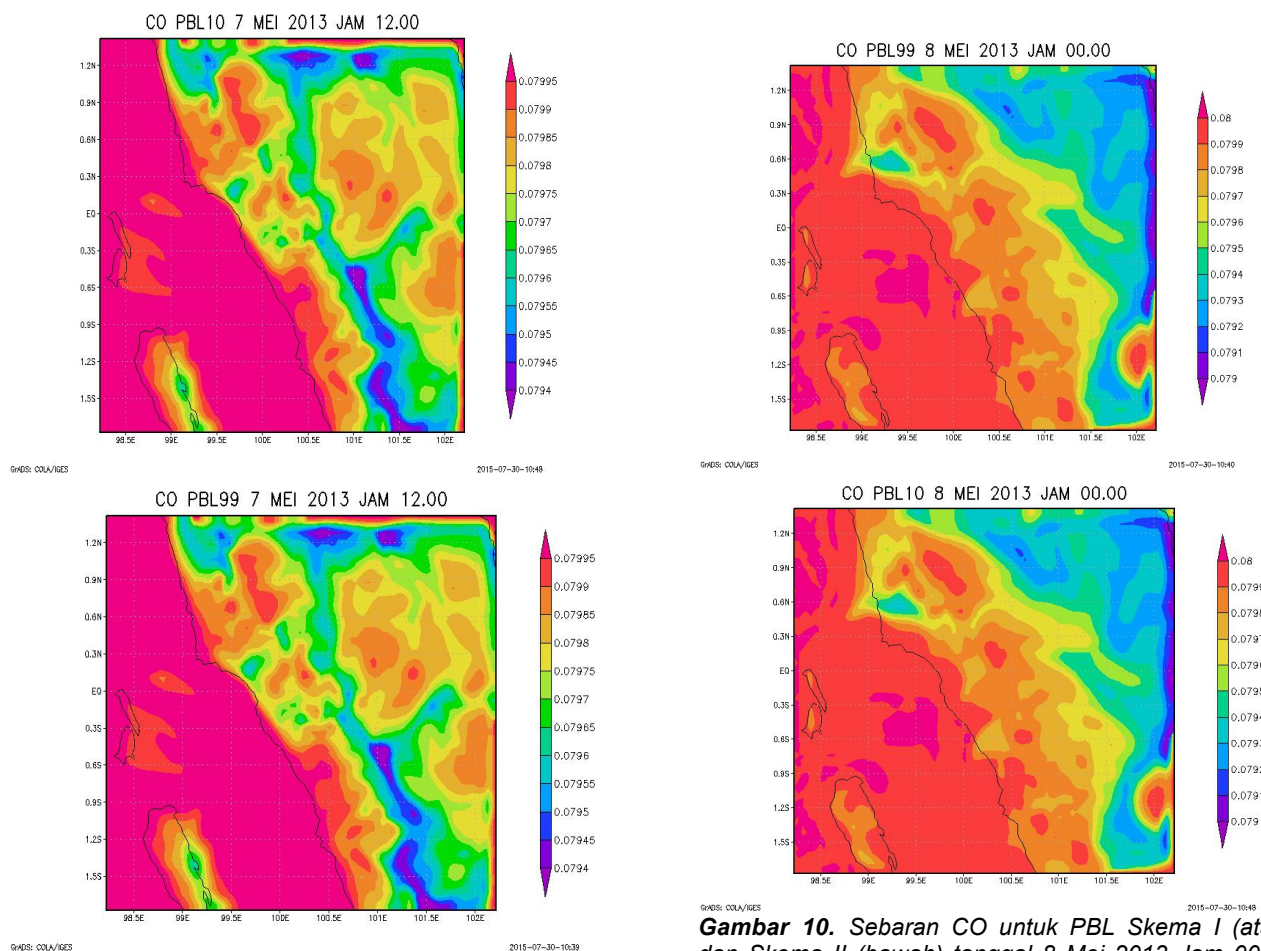
Tampilan spasial dari parameter kimia CO diperlihatkan pada Gambar 8.

Dari gambar 8 tersebut dapat dilihat bahwa secara umum pola sebaran CO yang dihasilkan oleh kedua parameterisasi cenderung sama. Sebaran CO sangat merata di wilayah sepanjang Provinsi Sumatera Selatan termasuk Pulau Siberut.

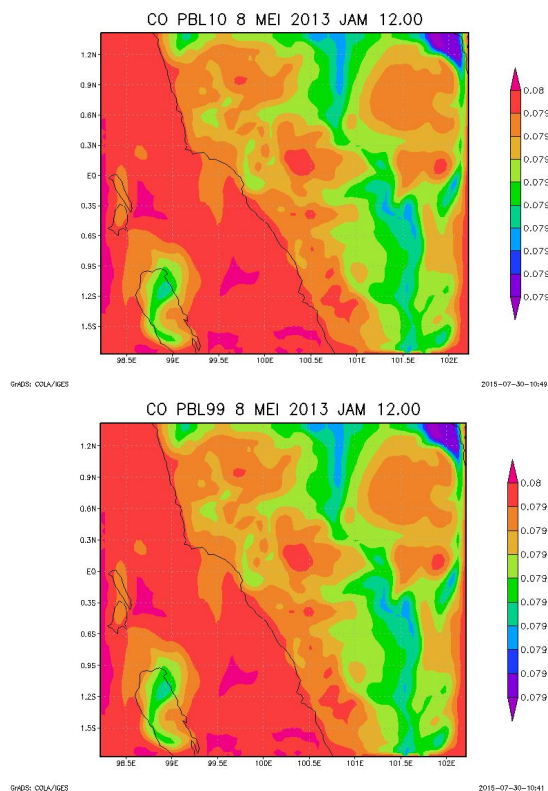


Untuk tanggal 7 Mei 2013 pukul 12.00 UTC, tampilan CO dapat dilihat pada Gambar 9. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa keluaran kedua model dengan parameterisasi tersebut cenderung sama. Hasil yang ditampilkan cenderung heterogen di bagian barat hingga utara kota Padang. Di bagian Pulau Siberut dan sekitarnya kondisi sebaran CO cenderung homogen.

Untuk tanggal 8 Mei 2013 pukul 00.00 UTC, tampilan CO dapat dilihat pada Gambar 10. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa keluaran kedua model dengan parameterisasi tersebut cenderung sama. Hasil yang ditampilkan cenderung heterogen di bagian barat hingga utara kota Padang. Di bagian Pulau Siberut dan sekitarnya kondisi sebaran CO cenderung homogen.

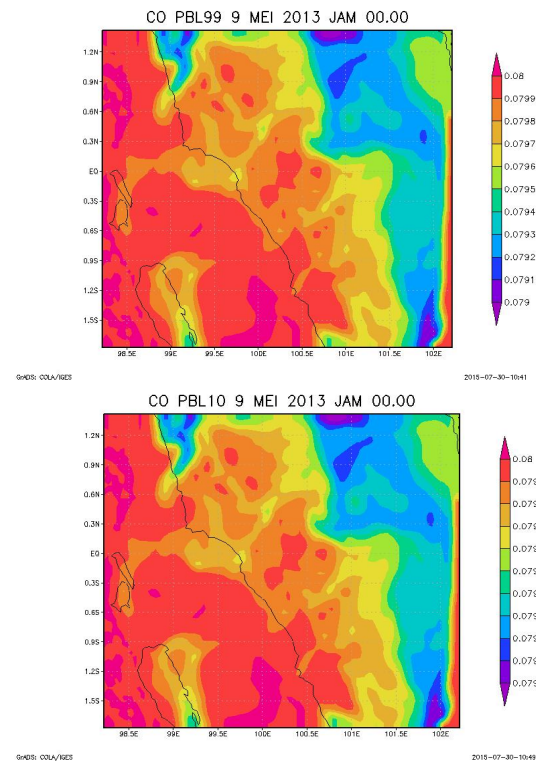


Gambar 11 memperlihatkan secara umum pola sebaran CO yang dihasilkan oleh kedua parameterisasi adalah sama. Polanya tetap sama dengan sebelumnya dimana di sepanjang pantai barat memiliki nilai yang heterogen. Lalu untuk di sekitar laut kondisinya cenderung homogen. Kondisi sebaran CO di Pulau Siberut kali ini tidak sehomogen sebelumnya, terdapat variasi yang bisa diakibatkan dengan meningkatnya aktivitas manusia pada saat itu. Emisi dari gas buang kendaraan bermotor dapat meningkatkan jumlah kandungan CO, jika secara bersamaan digunakan akan sangat terasa dampak perubahannya.



Gambar 11. Sebaran CO untuk PBL Skema I (atas) dan Skema II (bawah) tanggal 8 Mei 2013 Jam 12.00 UTC.

Sementara itu, dari Gambar 12 dapat dilihat bahwa secara umum pola sebaran CO yang dihasilkan oleh kedua parameterisasi cenderung sama. Dapat dikatakan baik untuk pola angin serta kandungan CO untuk kedua parameter PBL tersebut cenderung memberikan nilai yang seragam. Parameter PBL tidak mempengaruhi hasil secara besar atau signifikan sehingga tidak dapat dianalisis dengan baik perbedaan pada kedua parameter PBL tersebut. Pola sebaran CO pada tanggal 9 Mei diatas cenderung homogeny baik di pantai ataupun di sepanjang pantai barat. Kondisi di pagi hari dimana aktivitas manusia belum sepadat siang hari bisa membuat pola sebaran CO cenderung homogen.



Gambar 12. Sebaran CO untuk PBL Skema I (atas) dan Skema II (bawah) tanggal 9 Mei 2013 Jam 00.00 UTC.

Perbandingan nilai rata-rata, median, kuartil pertama, kuartil ketiga, nilai maksimum, nilai minimal, dan standar deviasi antara parameter PBL10 (TEMF Scheme), PBL99 (MFR Scheme), dan data observasi ditunjukkan pada Tabel 4. Dari hasil keluaran model dan perbandingannya terhadap data observasi maka dapat dilihat bahwa untuk parameter meteorologi kecepatan angin, parameterisasi yang paling mendekati dengan keadaan sebenarnya adalah parameterisasi PBL99 (MFR Scheme). Hal ini dapat dilihat dari Tabel 2 dan Tabel 3 di mana nilai korelasi antara parameterisasi PBL99 (MFR Scheme) dengan data observasi mencapai di atas 70% (73%). Perhitungan nilai RMSE serta standar deviasi juga mendukung penggunaan parameterisasi PBL99 (MFR Scheme) untuk memprakirakan kecepatan angin dengan menggunakan WRF-Chem karena hasil keluaran datanya mendekati keadaan sebenarnya.

Selain itu, apabila dilihat dari tampilan spasialnya, tidak dapat disimpulkan dengan baik dikarenakan hasil dari keduanya yang cenderung sama sehingga tidak dapat diketahui mana parameter PBL yang lebih baik untuk digunakan di Padang. Antara PBL99 (MFR Scheme) dan juga PBL10 (TEMF Scheme) hasil dari keduanya hampir tidak ada perbedaan baik dari luaran kecepatan angin maupun dari sebaran CO. Perlu untuk dikaji lagi dengan parameter PBL lainnya sehingga bisa didapat parameter yang terbaik untuk analisis kedepannya.

Tabel 4. Nilai rata-rata, median, kuartil pertama, kuartil ketiga, nilai maksimum, nilai minimum, dan standar deviasi untuk parameter kimia CO tanggal 7-8 Mei 2013

Parameter	7 Mei			8 Mei		
	PBL10	PBL99	OBS	PBL10	PBL99	OBS
Rata-rata	79,83	39,91	150,67	79,89	79,80	170,10
Median	79,84	39,88	145,75	79,91	79,84	149,69
Kuartil 1	79,76	0,00	136,37	79,87	79,76	143,50
Kuartil 3	79,91	79,81	165,53	79,94	79,89	203,85
Maksimum	80,00	79,91	192,51	79,96	79,91	230,42
Minimum	79,62	0,00	120,78	79,73	79,52	135,84
Standar deviasi	0,10	40,77	21,72	0,06	0,12	34,80

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari tulisan ini antara lain untuk parameter meteorologi kecepatan angin, penggunaan parameter PBL99 (*MFR Scheme*) menghasilkan keluaran yang lebih baik daripada PBL10 (*TEMF Scheme*) dengan menggunakan analisis korelasi. Untuk analisis spasial baik sebaran CO maupun kecepatan angin, terjadi kesamaan pada hasil pemodelan sehingga tidak dapat diketahui mana parameter yang lebih baik. Masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan parameterisasi PBL yang sesuai untuk daerah Padang.

Daftar Pustaka

- Ahmadov, R., Peckham, S. E., dkk. 2014. *Introduction to WRF-Chem*. <http://licimod.org>. Diakses pada tanggal 31 Juli 2015.
- Nugroho, A. W., dan Sofyan, A. 2010. *Sistem Pemodelan Terintegrasi dengan Menggunakan AERMOD, WRF-Chem, dan Python*. Bandung: ITB.
- WRF-Chem 3.6 User's Guide. 2014. <http://ruc.noaa.gov>. Diakses pada tanggal 31 Juli 2015.