UJI SKEMA PARAMETERISASI KUMULUS NEW-TIEDTKE PADA MODEL *WEATHER RESEARCH AND FORECASTING – ADVANCED RESEARCH WRF* (WRF – ARW) UNTUK PREDIKSI CURAH HUJAN DI KOTA PALEMBANG

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar

Sarjana Sains Bidang Studi Fisika

OLEH :

KURNIA RAHMASARI

08021181621062

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

INDRALAYA

2020

LEMBAR PENGESAHAN

UJI SKEMA PARAMETERISASI KUMULUS NEW-TIEDTKE PADA MODEL *WEATHER RESEARCH AND FORECASTING – ADVANCED RESEARCH WRF* (WRF – ARW) UNTUK PREDIKSI CURAH HUJAN DI KOTA PALEMBANG

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika

Oleh :

KURNIA RAHMASARI

08021181621062

Indralaya, September 2020

Menyetujui,

Pembimbing II	Pembimbing I
Drs. Arsali, M.Sc.	Drs. Octavianus C.S., M.T.
NIP. 195710121986031002	NIP. 196510011991021001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika

Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T.

NIP. 197009101994121001

LEMBAR PERSEMBAHAN

MOTTO

“Jangan Harus Tapi Ingin”

(Penulis, Kurnia)

“Terasa Sulit Ketika Merasa Harus Melakukan Sesuatu Tetapi Menjadi Mudah Ketika Menginginkannya”

(Penulis, Kurnia)

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

“Diriku sendiri yang telah menyelesaikan skripsi ini, Orang tuaku yang selalu mendukungku, Keluargaku, Sahabatku, Teman Seperjuanganku, Pembimbing, Almamater dan Seluruh pihak yang terkait dalam proses pembuatan skripsi ini. Untuk kepercayaannya, terima kasih”

UJI SKEMA PARAMETERISASI KUMULUS NEW-TIEDTKE PADA MODEL *WEATHER RESEARCH AND FORECASTING – ADVANCED RESEARCH WRF* (WRF – ARW) UNTUK PREDIKSI CURAH HUJAN DI KOTA PALEMBANG

OLEH:
KURNIA RAHMASARI
08021181621062

ABSTRAK

Model *Weather Research and Forecasting – Advanced Research WRF* (WRF-ARW) membutuhkan parameterisasi sebagai cara menghitung secara tidak langsung efek proses-proses fisis dengan variabel-variabel yang telah diperhitungkan dalam model. Salah satu parameterisasi di WRF-ARW adalah parameterisasi kumulus. Pada penelitian ini digunakan skema parameterisasi kumulus New Tiedtke (NT). Data *input* yang digunakan adalah data *Global Forecast System* (GFS) dengan resolusi spasial 0.25^o x 0.25^o dan resolusi temporal per 3 jam untuk periode bulan Desember 2018, Januari 2019, dan Februari 2019 di kota Palembang yang diwakili tiga titik pengamatan yaitu Bandara Sultan Mahmud Badaruddin 2 (SMB2), Stasiun Klimatologi Kenten (Kenten), dan Universitas Sriwijaya-Bukit Besar (UBB). Parameter kajian adalah curah hujan dengan metode analisis berupa uji dikotomi, uji korelasi dan simpangan *error* terhadap data observasi. Data pembanding curah hujan berupa data satelit TRMM dan data stasiun pengamatan BMKG. Prediksi curah hujan dikotomi *output* model WRF–ARW dengan skema NT untuk kategori curah hujan ringan dan hujan sedang lebih baik dibandingkan dengan prediksi curah hujan lebat dan curah hujan sangat lebat yang ditunjukkan dengan nilai 0 pada kejadian *hits* untuk ketiga titik pengamatan. Dalam penelitian ini *output* model WRF–ARW dengan skema NT belum mampu melakukan prediksi curah hujan dengan baik dikarenakan korelasi curah hujan yang dihasilkan secara umum lemah.

Kata Kunci : WRF-ARW, Curah Hujan, Skema NT, TRMM

TEST NEW-TIEDTKE CUMULUS PARAMETERIZATION SCHEME IN THE WEATHER RESEARCH AND FORECASTING - ADVANCED RESEARCH WRF (WRF - ARW) MODEL FOR RAINFALL PREDICTION IN PALEMBANG CITY

BY :

KURNIA RAHMASARI

08021181621062

ABSTRACT

The Weather Research and Forecasting - Advanced Research WRF (WRF-ARW) model requires parameterization as a way of indirectly calculating the effects of physical processes with variables that have been taken into account in the model. One parameterization in WRF-ARW is cumulus parameterization. In this study the New Tiedtke (NT) cumulus parameterization scheme was used. The input data used is Global Forecast System (GFS) data with spatial resolution of 0.25^o x 0.25^o and temporal resolution per 3 hours for the period December 2018, January 2019, and February 2019 in Palembang which are represented by three observation points namely Sultan Mahmud Badaruddin 2 Airport (SMB2), Kenten Climatology Station (Kenten), and University of Sriwijaya-Bukit Besar (UBB). The study parameter is rainfall with the analysis method in the form of dichotomy test, correlation test and error deviation of the observation data. Comparison of rainfall data in the form of TRMM satellite data and BMKG observation station data. The rainfall prediction dichotomy of the WRF-ARW model output with the NT scheme for the category of light rainfall and moderate rainfall is better than the prediction of heavy rainfall and very heavy rainfall as indicated by the value of 0 at the event hits for the three observation points. In this study the output of the WRF-ARW model with the NT scheme has not been able to predict rainfall well because the correlation of rainfall produced is generally weak.

Keywords: WRF-ARW, Rainfall, NT Scheme, TRMM

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji dan syukur penulis panjatkan atas karunia Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "**UJI SKEMA PARAMETERISASI KUMULUS NEW-TIEDTKE PADA MODEL *WEATHER RESEARCH AND FORECASTING – ADVANCED RESEARCH WRF* (WRF – ARW) UNTUK PREDIKSI CURAH HUJAN DI KOTA PALEMBANG".** Tugas Akhir ini dilaksanakan dengan tujuan memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Bidang Studi Fisika Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya, adapun dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini telah dilaksanakan di Laboratorium Fisika Atmosfer, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Selanjutnya penulis ingin menyampaikan banyak terimakasih atas bantuan serta dukungan dari berbagai pihak yang terkait, dimulai awal pelaksanaan Tugas Akhir sampai proses saat ini terselesainya skripsia. Penulis hanturkan banyak terimakasih teruntuk kedua dosen pembimbing Tugas Akhir, yaitu Bapak Drs. Octavianus Cakra Satya, M.T., dan Bapak Drs. Arsali, M.Sc. Selanjutnya secara khusus penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaf, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Azhar Kholiq., Bapak Drs. Muhammad Irfan. M.T., dan Ibu Netty Kurniawati, S.Si.,M.Si., selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran selama Tugas Akhir ini.
5. Bapak Drs. Octavianus Cakra Satya, M.T., selaku dosen pembimbing akademik di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen beserta Staff yang telah memberikan bantuan kepada penulis.
7. Keluarga tercinta terkhusus Bapak (Surawan), Ibu (Lindra Wati), Kakak (Adi Sucipto) dan Kedua adik penulis (Indah Rahmasari dan Anggun Kurniawan)

yang telah mendo'akan penulis disetiap jalannya, serta materi dan semangat kepada penulis hingga saat ini.

8. Yang terbaik dalam waktu hampir 5 tahun terakhir Afif Ahmad Nauval.
9. Kelompok mengerjakan Tugas Akhir ini Cica Monica, Dian Retno Sari dan Novia Alensi.
10. Sahabat penulis Fitri Feranita, Chandra Satya Bintara, Ayu Wandira, Devina Setya Dewi, dan Siti Jumiati, yang selalu memberikan semangat.
11. Kak Puad Maulana yang telah sabar mengajarkan dan membagi ilmunya.
12. Teman seperjuangan tugas akhir penulis Phuja Divtia Prima dan Seren Kristy tempat bertukar pikiran dan saran.
13. Keluarga seperjuangan FIGHTER (Fisika 2016) dan ELINKOMNUK 2016,
14. Rekan penulis Asisten Laboratorium FISIKA KOMPUTASI.

Penulis sadar bahwa penulisannya jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak agar tidak mengurangi esensi dan manfaat dari tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Wassalammu'alaikum Wr. Wb.

Indralaya, Agustus 2020

Penulis

Kurnia Rahmasari
NIM. 08021181621062

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
LEMBAR PERSEMBAHAN ii
ABSTRAK iii
ABSTRACT iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL x
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan 3
1.4. Batasan Masalah 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1. Jenis Prediksi Cuaca 4
2.2 Manfaat Informasi Cuaca 5
2.3 Hujan 5
2.4 Curah Hujan 8
2.5 Awan Kumulus 8
2.6. *Numerical Weather Prediction* (NWP) 11
2.7. *Weather Research and Forecasting* (WRF) 13
2.8. Skema Parameterisasi Kumulus 16
2.9. *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) 18
2.10. Metode Interpolasi *Inverse Distance Weighting* 19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 21
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian 21
3.2. Data Penelitian 21
3.3. Tahapan Penelitian 22
3.4. Diagram Alir Penelitian 27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 28
4.1. Visualisasi Curah Hujan 28

4.2. Perbandingan Curah Hujan Harian 30
4.3. Verifikasi Data Curah Hujan Harian..... 33
BAB V PENUTUP..... 41
5.1. Kesimpulan 41
5.2. Saran..... 41

DAFTAR PUSTAKA..... 43
LAMPIRAN 45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Siklus hidrologi. 6
Gambar 2.2. Proses konveksi 9
Gambar 2.3. Blok Diagram *Weather Reaserch And Forecasting* (WRF) V4..... 13
Gambar 2.4. Proses Aliran Data Program WPS..... 14
Gambar 2.5. Ilustrasi metode IDW 20
Gambar 3.1. Estimasi Daerah Domain Kajian Penelitian 22
Gambar 4.1. Titik koordinat acuan penelitian..... 28
Gambar 4.2. Curah hujan kumulatif bulanan 29
Gambar 4.3. Grafik Pola Curah Hujan Harian Pada Titik SMB2..... 30
Gambar 4.4. Grafik Pola Curah Hujan Harian Pada Titik Kenten..... 31
Gambar 4.5. Grafik Pola Curah Hujan Harian Pada Titik UNSRI Bukit Besar 32

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Batasan Masalah Penelitian 3
Tabel 2.1. Urutan pada operasional model prediksi cuaca numerik 4
Tabel 2.2. Karakteristik faktor pembobot 16
Tabel 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian 21
T abel 3.2. Konfigurasi Parameter Fisika Pada Model WRF..... 23
Tabel 3.3. Kategori prediksi hujan BMKG 24
Tabel 3.4. Tabel Kontijensi 25
Tabel 4.1. Keakuratan Prediksi Curah Hujan..... 33
Tabel 4.2. Uji Dikotomi WRF-TRMM Di Titik SMB2..... 33
Tabel 4.3. Uji Dikotomi WRF-TRMM Di Titik Kenten..... 34
Tabel 4.4. Uji Dikotomi WRF-TRMM Di Titik UNSRI Bukit Besar 34
Tabel 4.5. Uji Dikotomi WRF-Stasiun Pengamatan BMKG Di Titik SMB2..... 35
Tabel 4.6. Uji Dikotomi WRF-Stasiun Pengamatan BMKG Di Titik Kenten..... 34
Tabel 4.7. Uji Dikotomi WRF-Stasiun Pengamatan Di UNSRI Bukit Besar..... 34
Tabel 4.8. Uji Dikotomi TRMM-Stasiun Pengamatan BMKG Di SMB2..... 35
Tabel 4.9. Uji Dikotomi TRMM-Stasiun Pengamatan BMKG Di Kenten..... 36
Tabel 4.10. Uji Dikotomi TRMM-Stasiun Pengamatan BMKG Di UBB 36
Tabel 4.11. Uji Dikotomi curah hujan harian di Palembang WRF-TRMM 36
Tabel 4.12. Uji Dikotomi curah hujan harian di Palembang WRF-Stasiun BMKG ... 37
Tabel 4.13. Uji Dikotomi curah hujan di Palembang TRMM-Stasiun BMKG 37
Tabel 4.14. Perbandingan nilai akurasi prediksi WRF-TRMM 38
Tabel 4.15. Perbandingan nilai akurasi prediksi WRF- Stasiun BMKG 38
Tabel 4.16. Perbandingan nilai akurasi prediksi TRMM – Stasiun BMKG..... 39

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Cuaca adalah keadaan atmosfer di saat tertentu dan di wilayah tertentu yang relatif sempit. Manusia sudah seharusnya mempelajari ilmu mengenai keadaan cuaca, karena cuaca sangat berpengaruh dalam kehidupan manusia. Kebutuhan akan informasi cuaca ataupun prediksi cuaca seperti curah hujan merupakan salah satu bagian penting dalam EWS (*early warning system*) yang berkaitan dengan bencana hidrometeorologi sehingga informasi cuaca ataupun prediksi cuaca dituntut untuk memiliki tingkat ketepatan yang baik (Ismail dkk., 2018).

Prediksi cuaca numerik (numerical weather prediction) merupakan teknik prediksi cuaca yang dilakukan dengan menyelesaikan persamaan-persamaan numerik dari persamaan dasar pengendali atmosfer yang memuat bentuk – bentuk persamaan diferensial terhadap ruang dan waktu. Dalam pengertian sederhana, prediksi cuaca numerik merupakan prediksi terhadap unsur meteorologi misalnya curah hujan ataupun temperatur dengan penyelesaian numerik dari persamaan pengendali atmosfer. Prediksi cuaca numerik sangat menarik untuk dikembangkan agar prediksi cuaca semakin tepat (Warner, 2011).

Suatu model yang dapat menggambarkan kondisi alam yang sebenarnya untuk membantu agar informasi mengenai keadaan cuaca didapatkan dengan cepat dan tepat, yaitu dengan menggunakan model cuaca. Berbagai model prediksi cuaca telah dikembangkan oleh para ahli dengan pendekatan perhitungan yang bermacam-macam, baik untuk skala global yang mencakup kesuluruhan bumi maupun skala regional yang hanya mencakup sebagian. Contoh Model cuaca yang sudah banyak digunakan untuk skala regional adalah model cuaca numerik *Weather Research and Forecasting-Advanced Research WRF* (WRF-ARW).

Model *Weather Research and Forecasting-Advanced Research WRF* (WRF-ARW) adalah suatu mekanisme prediksi cuaca secara numerik dan simulasi pergerakan atmosfer yang dibuat baik untuk kebutuhan penelitian maupun operasional. Model cuaca WRF didesain sedemikian rupa agar fleksibel, efisien, dan *portable* untuk bermacam jenis komputasi. Akan tetapi model WRF-ARW tidak dapat menyelesaikan persamaan atmosfer secara sepenuhnya sehingga dibutuhkan parameterisasi yang mampu

menghitung kejadian di atmosfer tanpa harus membuat model secara langsung. Parameterisasi menyertakan secara statistik hubungan dari efek proses fisis yang dapat dinyatakan secara langsung dengan model (Pahlevi, 2016).

Pada bagian wilayah beriklim tropis, konveksi merupakan bagian penting dalam proses pembentukkan cuaca. Sehingga konveksi ini juga merupakan elemen penting dalam model cuaca numerik. Pemilihan parameterisasi kumulus menjadi salah satu bagian yang penting untuk dikaji untuk membuat prediksi terjadinya hujan. Pada penelitian ini penulis akan menggunakan skema parameterisasi kumulus New-Tiedtke yang dikembangkan oleh Zhang dan Wang (2017). Skema ini merupakan modifikasi dari Skema Tiedtke yang sebelumnya telah dikembangkan oleh Tiedtke (1989) dan Zhang dkk.,(2011).

Penelitian mengenai kesesuaian hasil prediksi curah hujan di wilayah kota Palembang dengan menggunakan WRF telah dilakukan oleh Novisha (2018) yaitu melakukan uji kesesuian untuk mengetahui tingkat akurasi *output* yang dihasilkan WRF dan dibandingkan dengan data ogimet untuk titik pengamatan Bandara Sultan Mahmud Badaruddin 2 (SMB2), Stasiun Klimatologi Kenten (Kenten), Universitas Sriwijaya – Bukit Besar (UBB), dan Universitas Bina Darma untuk periode bulan desember 2017. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa WRF belum mampu memprediksi curah hujan dengan baik.

Berdasarkan penelitian tersebut, untuk skema parameterisasi kumulus yang sama maka akan dilakukan uji kesesuaian untuk melihat tingkat akurasi *output* model WRF – ARW yaitu dengan memperbaiki beberapa kekurangan dari penelitian sebelumnya. Adapun sebagai data pembanding dari prediksi digunakan data satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) dan data stasiun pengamatan BMKG untuk Bandara Sultan Mahmud Badaruddin 2 (SMB2), Stasiun Klimatologi Kenten (Kenten), Universitas Sriwijaya – Bukit Besar (UBB) untuk periode bulan Desember 2018, Januari 2019, dan Februari 2019.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana penerapan skema parameterisasi kumulus “New Tiedtke” dalam model WRF -ARW untuk parameter curah hujan pada kota Palembang dan sekitarnya?

2. Bagaimana hasil perbandingan *output* WRF dengan data observasi untuk Bulan Desember 2018, Januari 2019, dan Februari 2019 untuk kota Palembang dan sekitarnya?
3. Bagaimana hasil uji kesesuaian model WRF – ARW terhadap data observasi BMKG dan data satelit TRMM untuk parameter curah hujan untuk kota Palembang dan sekitarnya?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Menghasilkan visualisasi curah hujan dari *output* WRF untuk Bulan Desember 2018, Januari 2019 dan Februari 2019;
2. Membandingkan *output* WRF terhadap data satelit TRMM dan data observasi BMKG untuk parameter curah hujan pada Bulan Desember 2018, Januari 2019 dan Februari 2019;
3. Menghasilkan nilai prediksi, korelasi dan simpangan *error output* WRF terhadap data satelit TRMM dan data observasi BMKG untuk parameter curah hujan pada Bulan Desember 2018, Januari 2019 dan Februari 2019;

1.4. Batasan Kajian

Penelitian ini dilakukan untuk menguji skema parameterisasi New Tiedtke pada model WRF-ARW untuk menguji curah hujan di kota Palembang bulan Desember 2018, Januari 2019, dan Februari 2019. Data observasi yang digunakan sebagai pembanding dari hasil prediksi WRF adalah data satelit TRMM dan data dari stasiun pengamatan BMKG. Data input WRF yang digunakan adalah GFS (*global forecast system*) dengan interval waktu per 3 jam. Wilayah kota Palembang di wakili oleh tiga titik masing – masing Titik Sultan Mahmud Badaruddin 2, Titik Kenten, dan Titik Universitas Sriwijaya – Bukit Besar.

DAFTAR PUSTAKA

Askin, Wahyuningsih, S., Ramdhani, D. W., dan Indarto. (2017). Variabilitas Spasial Hujan Di Wilayah UPT PSDA Di Malang. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, *6*(3), 171–180.

Fadholi, A., Sari, F. P., Aji, P., dan Dewi, R. (2014). *Pemanfaatan Model Weather Research and Forecasting (WRF) dalam Analisis Cuaca terkait Hujan Lebat Batam 30-31 Januari 2011*. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, *10*(1), 24.

Fadianika, A., dan Hariadi. (2015). *Uji Sensitivitas Skema Parameterisasi Cumulus untuk Prediksi Hujan di Wilayah Jawa Timur*. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*,

Fatkhuroyan. (2013). *Pemanfaatan Model Numerik WRF v3.4 untuk Informasi Cuaca Penerbangan*. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Multimedia STMIK AMIKOM Yogyakarta*, 1–4.

Gustari, I., Hadi, T. W., Hadi, S., dan Renggono, F. (2012). *Akurasi Prediksi Curah Hujan Harian Operasional Di Jabodetabek : Perbandingan Dengan Model WRF Jurnal Mkg*, *13*(2), 119–130.

Hadianti, R. (2009). *Menentukan Sifat Hujan Di Palembang Pada Bulan Januari - Oktober 2008.* Indralaya: Universitas Sriwijaya.

Irfan, M., Mardiansyah, W., dan Alhadi, Y. (2005). *Analisis Terhadap Korelasi antara Jumlah Curah Hujan dan Temperatur Udara* (pp. 35–41). pp. 35–41.

Ismail, P., Silitonga, A. K., dan Fadlan, A. (2018). *Performa Model WRF Asimilasi Data Satelit Cuaca Pada Kejadian Curah Hujan Lebat Di JABODETABEK*. *19*(2), 69–74.

Kurniawan, R., Hanggoro, W., Anggraeni, R., Noviati, S., Fitria, W., dan Sudewi, R. S. S. (2014). Penggunaan Skema Konvektif Model Cuaca WRF (Betts Miller Janjic, Kain Fritsch dan Grell 3D Ensemble) (Studi kasus: Surabaya dan Jakarta). *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, *15*(1), 25–36.

Novisha, B. (2018). *Tingkat Kesesuaian output WRF Terhadap Data Ogimet Pada Kasus Curah Hujan Di Daerah Palembang.* Indralaya: Universitas Sriwijaya.

Pahlevi, A. R. (2016). *Skema Parameterisasi Kumulus Untuk Prediksi Hujan Di Wilayah*

Bandar Lampung. *Prosiding SNSA*, 1–10.

Pagano, T., dan Sorooshian, S. 2002. *Hydrologic Cycle.* Chicester : John Wiley & Sons.

Stull, R. (2017). *Practical meteorology*. Canada : *University of British Columbia.*

Syaifullah, M. D. (2014). *Validasi Data TRMM terhadap Data Curah Hujan Aktual di Tiga DAS di Indonesia*. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, *15*(2), 109–118.

Tiedtke, M. (1989). *A comprehensive mass flux scheme for cumulus parameterization in large-scale models*. *Monthly Weather Review*, Vol. 117, pp. 1779–1800.

Triatmodjo, B. (2013). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.

Tjasyono, B. (2012). *Mikrofisika awan dan hujan*. Jakarta : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

Wang, W., Bruyere, C., Michael, D., Duhia, J., Dave, G., Kavulich, M., … Rizvi, S. (2019). *Weather Research & Forecasting Model, User´s Guide*. National Center for Atmospheric Research.

Warner, T. T. (2011). *Numerical weather and climate prediction*. New York : *Cambridge University Press.*

Zhang, C., dan Wang, Y. (2017). *Projected future changes of tropical cyclone activity over the Western North and South Pacific in a 20-km-Mesh regional climate model*. *Journal of Climate*, *30*(15), 5923–5941.

Zhang, C., Wang, Y., dan Hamilton, K. (2011). *Improved Representation of Boundary Layer Clouds over the Southeast Pacific in ARW-WRF Using a Modified Tiedtke Cumulus Parameterization Scheme* *. 3489–3513.