

ANALISIS DATA METEOROLOGI DARI PEMANTAU CUACA OTOMATIS BERBAGAI ELEVASI DAN DATA RADIOSONDE DI PAPUA

METEOROLOGICAL DATA ANALYSIS
BASED ON AUTOMATIC WEATHER STATIONS AT DIFFERENT ELEVATION AND
RADIOSONDES DATA IN PAPUA

Donaldi Sukma Permana

Puslitbang BMKG, Jl. Angkasa 1 No.2 Kemayoran Jakarta Pusat 10720

E-mail: donaldi.permana@bmg.go.id

ABSTRAK

Iklim regional Papua dipengaruhi oleh Zona Konvergensi Inter-tropis (ITCZ). Tiga sirkulasi utama yang mengendalikan ITCZ di wilayah tersebut meliputi sirkulasi meridional Hadley, palung meridional kutub (South Pacific Convergence Zone) dan sirkulasi zonal Walker. Sirkulasi angin permukaan di Papua dipengaruhi oleh angin pasat tenggara dan angin pasat timur laut serta angin monsun barat-an. Akan tetapi di wilayah dataran tinggi, iklim Papua juga dipengaruhi oleh proses konvektif dan sirkulasi angin lokal. Pada studi ini, kami memaparkan analisis data meteorologi Papua menggunakan data pemantau cuaca otomatis (AWS) dari berbagai elevasi dan data radiosonde sebagai pembanding. Data AWS diperoleh dari PT. Freeport Indonesia (PTFI) yang terpasang mulai dari pesisir selatan Papua sampai ke dataran tinggi dekat pegunungan Puncak Jaya serta data stasiun BMKG Timika. Analisis menunjukkan bahwa laju susut temperatur permukaan sekitar $5^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Rentang temperatur harian semakin besar pada ketinggian dibawah $\sim 2.500\text{ m d.p.l}$ dan diatas $\sim 3.500\text{ m d.p.l}$. Total presipitasi tahunan tertinggi terjadi pada ketinggian sekitar 617 m d.p.l ($\sim 12.500\text{ mm/tahun}$). Diatas ketinggian $\sim 600\text{ m d.p.l}$, total curah hujan siang hari lebih tinggi dari curah hujan malam hari dan sebaliknya dibawah $\sim 600\text{ m d.p.l}$.

Kata kunci: meteorologi, AWS, Radiosonde, Papua, Indonesia

ABSTRACT

Regional climate setting of Papua is mainly controlled by the intertropical convergence zone (ITCZ). Three major circulation systems control the ITCZ in the region including the meridional Hadley circulation, the South Pacific Convergence Zone and the zonal Walker circulation. Surface wind system over Papua is affected by easterlies trade winds and the equatorial or monsoon westerlies. However, in highland of Papua, its climate is dominated by local convective processes and local wind circulation. Here, we present meteorological data analysis based on automatic weather stations (AWS) data from different elevation and radiosondes data in Papua. AWS data were acquired from PT. Freeport Indonesia (PTFI) who installed automatic weather stations from southern coast of Papua to highland of Papua near Puncak Jaya Mountains as well as from BMKG station in Timika. Analysis of the data shows that the surface temperature lapse rate is about $5^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Greater diurnal temperature differences are identified at below $\sim 2,500\text{ m a.s.l}$ and at above $\sim 3,500\text{ m a.s.l}$. The highest annual precipitation of $\sim 12,500\text{ mm/year}$ is recorded at an elevation of 617 m . At above $\sim 600\text{ m a.s.l}$, the daytime precipitation is higher than during the night and vice versa at below $\sim 600\text{ m a.s.l}$.

Keywords: meteorology, AWS, Radiosonde, Papua, Indonesia

Naskah masuk : 1 Agustus 2011

Naskah diterima : 13 September 2011

I. PENDAHULUAN

Papua merupakan provinsi terbesar dan paling timur dari 33 provinsi di Republik Indonesia. Sebelum tahun 2002, Provinsi Papua dan Papua Barat masih menjadi satu dengan nama provinsi Irian Jaya. Irian Jaya mencakup bagian barat dari pulau New Guinea dengan luas area 410.600 km² berada pada 0°19'-10°45' LS dan 130°45'-141°48' BT¹⁾. Pulau New Guinea merupakan pulau terbesar kedua di dunia setelah Greenland. Provinsi Papua berbatasan dengan negara Papua New Guinea (PNG) di sebelah timur, dan Provinsi Papua Barat di sebelah barat, serta berbatasan Samudra Pasifik di sebelah utara dan Laut Arafura di sebelah selatan. Vegetasi alami di wilayah ini terdiri dari hutan hujan tropis di dataran rendah dan pegunungan, walaupun daerah padang rumput (savana) juga terdapat di pesisir bagian selatan yang memiliki iklim musim berbeda²⁾. Daerah pegunungan di Papua berada di bagian tengah yang memanjang dari arah barat - barat laut ke arah timur - tenggara dengan ketinggian yang kebanyakan melebihi 3.500 m di atas permukaan laut (d.p.l) dan memiliki puncak di Puncak Jaya (4°04' LS; 137°09' BT; 4.884 m d.p.l) (Gambar 1)^{3),4)}.

1.1. Sirkulasi Utama di Papua

Karena posisinya di ekuator, iklim regional di Papua sangat dipengaruhi oleh Zona Konvergensi Inter-tropis (*Intertropical Convergence Zone*, ITCZ), yakni daerah pertemuan (konvergensi) antara angin pasat timur laut di belahan bumi utara (BBU) dan angin pasat tenggara di belahan bumi selatan (BBS). Ada tiga sistem sirkulasi utama yang mengendalikan ITCZ di wilayah New Guinea^{4),5)}. Pertama, sirkulasi meridional Hadley yang disebabkan oleh perbedaan suhu antara wilayah ekuator dan wilayah subtropis. Angin permukaan menuju ekuator, lalu masa udara naik di dekat ekuator dan angin di udara atas mengalir menuju kutub dan turun kemudian di wilayah tekanan tinggi subtropis. Kedua, palung meridional kutub (*meridional polar troughs*). Palung lintang menengah yang paling berpengaruh di wilayah Papua adalah Zona Konvergensi Pasifik Selatan (*South Pacific Convergence Zone*, SPCZ). Ketiga, sirkulasi zonal Walker yang disebabkan oleh perbedaan suhu permukaan laut (SPL) di sepanjang samudra Pasifik tropis. ITCZ bergerak ~15° ke utara dan selatan dari garis ekuator dalam setahun sesuai dengan SPL terpanas.

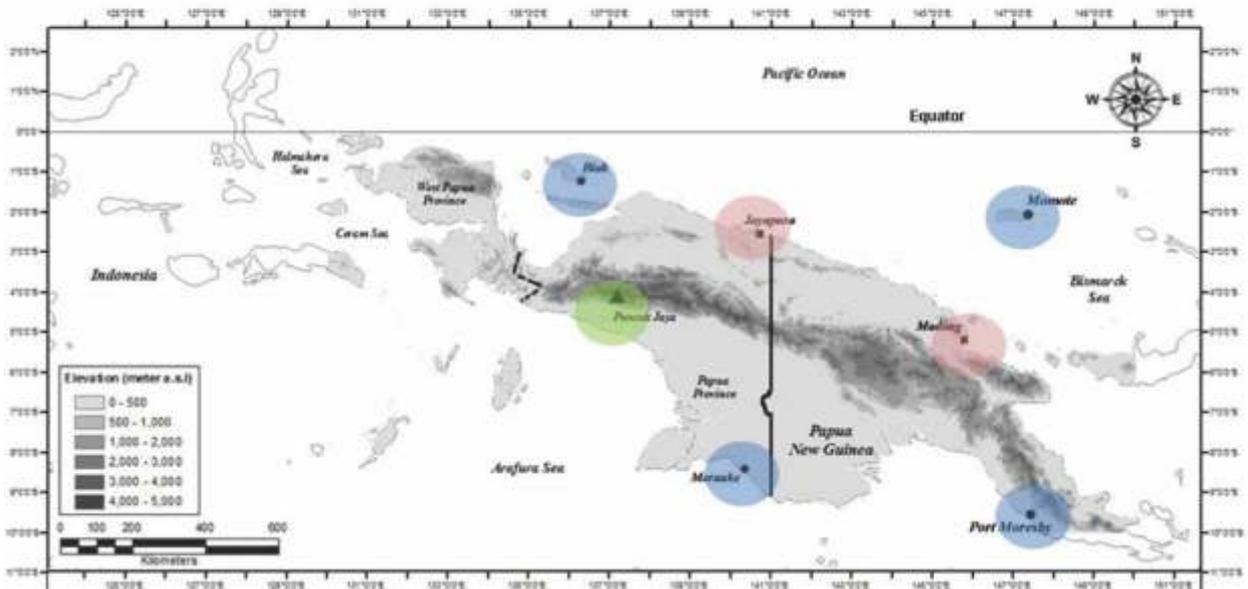
Sirkulasi angin permukaan di pulau New Guinea dipengaruhi oleh angin pasat tenggara dan timur laut serta angin monsun barat-an yang bergantung pada arah gradien tekanan permukaan antara dua garis geser angin (*shear line*), yakni *North Monsoon Shear Line* (NMSL) dan *South Monsoon Shear Line* (SMSL) (Gambar 2), selain itu juga bergantung pada jarak dengan garis ekuator. Akan tetapi, pada dataran tinggi Papua, iklim dipengaruhi oleh konvektif lokal karena angin pasat dan monsun terhalang daerah pegunungan⁴⁾.

1.2. Kondisi Iklim Papua

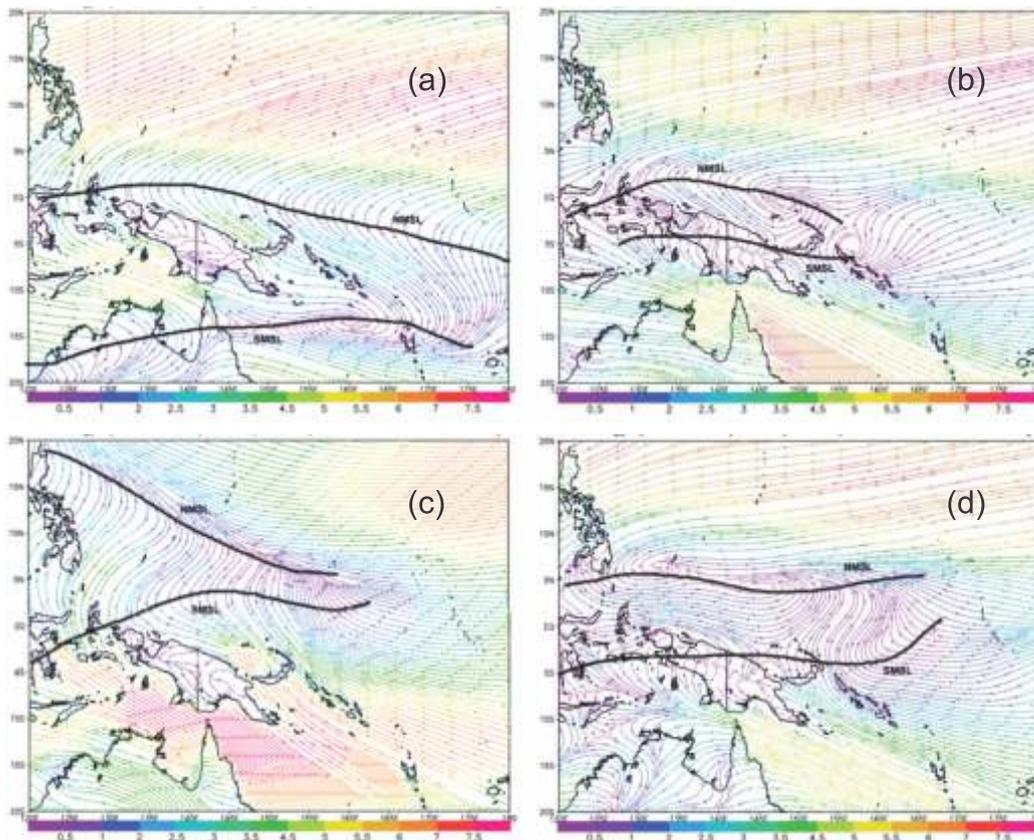
Pola temperatur di wilayah Papua bersifat ekuatorial dengan sedikit variasi antar musim dan memiliki temperatur yang cukup tinggi di ketinggian permukaan laut. Perbedaan temperatur yang cukup mencolok dalam variasi temporal berkaitan dengan siklus diurnal antara siang dan malam hari, sedangkan dalam variasi spasial berkaitan dengan perubahan ketinggian dan posisi lintang⁵⁾. Prentice & Hope⁴⁾ melaporkan bahwa rentang temperatur diurnal pada ketinggian dibawah 1.500 m d.p.l lebih besar dari pada diatasnya, terutama pada bulan Januari, dan juga rentang temperatur musiman lebih besar pada ketinggian dibawah 2.000 m d.p.l daripada diatasnya. Laju penurunan temperatur dengan naiknya ketinggian (*lapse rate*) di wilayah Puncak Jaya bagian selatan adalah 5,3 °C/km di atas 2.500 m d.p.l yang menunjukkan udara yang sangat lembab dan 7 °C/km dibawah 2.500 m d.p.l untuk temperatur maksimum bulanan berdasarkan data AWS PTFI tahun 1994-2003. Batas ketinggian 2.500 m d.p.l diidentifikasi sebagai batas teratas dari lapisan batas atmosfer (*atmospheric boundary layer*, ABL) di wilayah Papua⁴⁾. Sebelumnya, Pusat Pengolahan Data dan Pemetaan, Departemen Pekerjaan Umum¹⁾ menyatakan bahwa temperatur menurun dengan laju 6 °C/km dari tinggi permukaan laut ke dataran tinggi di wilayah Papua.

Papua adalah salah satu wilayah di bumi dengan tingkat presipitasi tertinggi, dengan banyak daerah menerima 2.500 - 4.500 mm per tahun⁴⁾. Secara umum, curah hujan tertinggi terjadi pada elevasi menengah di lereng kemiringan baik bagian utara dan selatan wilayah pegunungan Papua; di wilayah tersebut, curah hujan tahunan dapat mencapai 4.000 mm dan pada wilayah yang sangat basah dapat mencapai lebih dari 10.000 mm per tahun⁵⁾.

● FREEPORT AWS
 ● NOAA/ERSL RAOBS
 ● GNP IAEA/WMO



Gambar 1. Peta area studi provinsi Papua, Indonesia beserta lokasi data meteorologi di wilayah Papua⁶⁾.



Gambar 2. Rata-rata vektor angin 10 meter pada bulan (a) Februari, (b) April, (c) Juli dan (d) November menggunakan data reanalisis GMAO/GEOS-5 MERRA dari Jan 1979 - Apr 2011. Kurva hitam mengilustrasikan NMSL dan SMSL. Daerah diantara NMSL dan SMSL dipengaruhi oleh angin monsun barat-an. Satuan unit dalam meter/detik⁶⁾.

Lokasi Papua yang berada dekat ekuator dan dalam wilayah kolam air hangat Pasifik Barat (*Western Pacific Warm Pool*, WPWP) menyebabkan perbedaan curah hujan antar musim tidak terlalu mencolok dan dapat digambarkan sebagai "cukup basah" dan "sangat basah". Untuk sebagian besar wilayah di Papua, curah hujan maksimum terjadi antara bulan Januari dan April (musim barat laut) dan minimum terjadi antara bulan Mei dan Agustus (musim tenggara). Akan tetapi, wilayah dengan curah hujan tertinggi justru terjadi pada daerah dengan pola musim yang berkebalikan, yakni dengan curah hujan maksimum terjadi pada musim tenggara (Mei - Agustus). Daerah ini dipengaruhi oleh angin permukaan yang berbelok karena efek friksi permukaan yang menghasilkan angin naik pada lereng kemiringan di bagian selatan pegunungan Papua. Hal ini ditunjukkan dengan curah hujan musiman maksimum yang berubah pada ketinggian ~2.000 m d.p.l (batas elevasi pengaruh angin pasat tenggara)⁴⁾. Daerah tersebut juga teridentifikasi pada tiga wilayah curah hujan dominan di Indonesia dengan curah hujan maksimum pada Juni - Juli (sekitar 300 mm/bulan) dan minimum antara November - Februari⁷⁾. Selain itu, uap air dalam jumlah besar juga dihasilkan secara kontinu melalui proses evaporasi dari lautan tropis di sekitar dan permukaan tanah serta dari transpirasi tanaman didalamnya.

Stasiun Meteorologi BMKG di Papua lebih banyak berlokasi di dataran rendah, sedangkan stasiun pengamatan cuaca di wilayah dataran tinggi Papua masih cukup jarang. PT. Freeport Indonesia (PTFI) mengoperasikan pemantau cuaca otomatis (AWS) mulai dari pesisir selatan sampai dengan dataran tinggi dekat pegunungan Puncak Jaya untuk memantau kondisi lingkungan di wilayah tersebut.

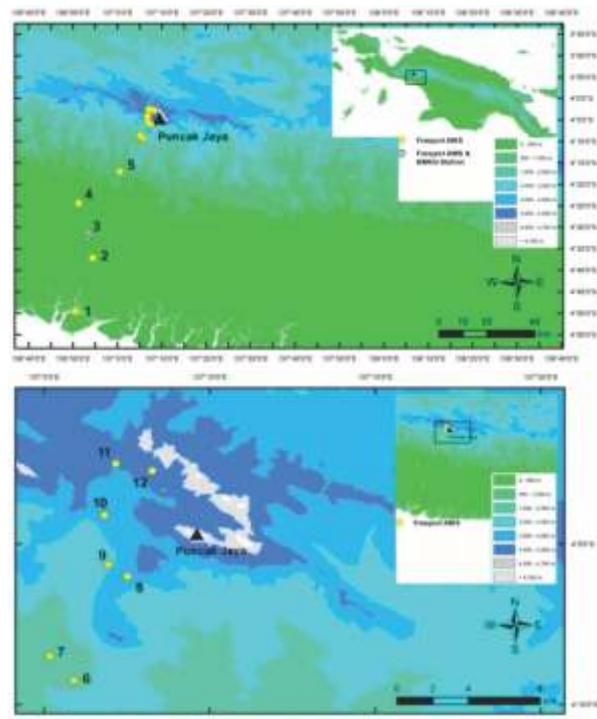
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis data meteorologi yang terdapat di wilayah Papua dan sekitarnya menggunakan data pemantau cuaca otomatis (AWS) yang dioperasikan oleh PT. Freeport Indonesia dan data BMKG serta data radiosonde untuk lebih memahami kondisi iklim di provinsi Papua, terutama di bagian selatan.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Stasiun Pemantau Cuaca Otomatis (AWS) PTFI

Dalam kerjasama internasional mengenai

penelitian paleoiklim berdasarkan inti es gletser dekat Puncak Jaya antara BMKG, The Ohio State University, dan Columbia University, PTFI membantu dalam penyediaan logistik selama ekspedisi lapangan tahun 2010⁶⁾. Selain itu, PTFI juga menyediakan data meteorologi berupa data sistem AWS yang menutupi wilayah mulai dari pesisir pantai bagian selatan sampai daerah ketinggian dekat gletser. PTFI telah mengoperasikan jaringan AWS sejak tahun 1990-an untuk kepentingan pengawasan lingkungan. Beberapa AWS mulai dipasang tahun 2000-an. Total AWS berjumlah 11 unit. Jaringan AWS PTFI diilustrasikan pada Gambar 3 dengan penjelasan pada tabel 1. Data tiap AWS disimpan tiap 15 menit sekali, meliputi temperatur permukaan (°C), kelembapan relatif (%), presipitasi (mm), intensitas matahari (W/m²), kecepatan (m/s), arah angin (°) dan tekanan udara (mbar). Periode koleksi data pada tiap stasiun berbeda dan tiap stasiun memiliki nilai-nilai kosong untuk parameter yang berbeda. Proses pengolahan data dilakukan dengan menghilangkan data pencilan (*outlier*) dan menghitung rata-rata bulanan untuk tiap parameter.



Gambar 3. a) Peta lokasi AWS PTFI (b) Peta lokasi AWS PTFI di daerah ketinggian. Penjelasan nomor stasiun diberikan pada tabel 1. Stasiun nomor 7 telah dipindahkan ke stasiun nomor 6 sejak Februari 2008.

Tabel 1. Periode Data jaringan AWS PTFI berdasarkan ketinggian. Stasiun PORT tidak memiliki data pada tahun 2007.

No	Stasiun	Kode	Elevasi (m d.p.l)	Periode
1	Portsite (04,83 LS; 136,84 BT)	PORT	9	Jan 2004 – Des 2010
2	Mile 21 (04,62 LS; 136,91 BT)	MP21	27	Jan 2004 – Okt 2010
3	Timika (04,53 LS; 136,89 BT)	TMK	37	Jan 2000 – Des 2010
4	Kuala Kencana (04,41 LS; 136,86 BT)	KK	67	Jan 2004 – Feb2010
5	Mile 50 (04,28 LS; 137,01 BT)	MP50	617	Jan 2005 – Jul 2009
6	Mile 66 (04,15 LS; 137,10 BT)	MP66	2350	Mar 2008 – Des 2009
7	Tembagapura (04,14 LS; 137,09 BT)	TPRA	1900	Jan 1999 – Feb 2008
8	Ridgecamp (04,10 LS; 137,13 BT)	RCMP	2410	Jan 2004 – Des 2010
9	Mile 74 (04,09 LS; 137,12 BT)	MP74	2750	Jan 2004 – Des 2010
10	Dispatch Tower (04,07 LS; 137,11 BT)	DISP	4109	Jan 1999 – Des 2010
11	Grasberg-Nursery (04,04 LS; 137,12 BT)	GRB	3945	Jan 2000 – Des 2010
12	Alpine (04,05 LS; 137,14 BT)	ALP	~4400	Jan 2000 – Apr 2009

BMKG memiliki beberapa stasiun meteorologi di wilayah Papua. Akan tetapi, pada penelitian ini hanya digunakan data stasiun meteorologi Timika, yang lokasinya berdekatan dengan AWS PTFI di Timika. Periode data stasiun Timika lebih panjang dari periode data AWS PTFI. Parameter data meteorologi BMKG Timika terdiri atas temperatur udara permukaan (Januari 1996 - Agustus 2010), kelembapan relatif (Januari 1996 - Agustus 2010), curah hujan (Januari 1983 - Agustus 2010), total hari hujan (Januari 1997 - Agustus 2010), kecepatan angin (Januari 1996 - Agustus 2010) dan arah angin (Januari 1996 - Agustus 2010).

2.3. Data Radiosonde National Oceanic dan Atmospheric Administration/ Earth System Research Laboratory (NOAA/ESRL)

Data radiosonde NOAA/ESRL diproduksi oleh ESRL *Global System Division (GSD)*. Data terbaru diperoleh dari *National Climatic Data Center/ Integrated Global Radiosonde Archive (NCDC/IGRA)*. Parameter yang diamati meliputi tekanan, temperatur, tinggi geopotensial, depresi *dewpoint*, kecepatan angin dan arah angin. Data diperbaharui tiap hari dan dapat diakses secara *online*. Data ini dapat diunduh dari <http://www.esrl.noaa.gov/raobs>.

Untuk wilayah Papua, ada empat stasiun yang menyediakan data tersebut. Deskripsi tiap stasiun dapat dilihat pada tabel 2 dan lokasi dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 2. Periode Data Radiosonde di wilayah Papua. Titik lokasi dapat dilihat pada Gambar 1.

Lokasi Stasiun	Elevasi (m d.p.l)	Periode
Biak (01,18 LS; 136,12 BT)	11	Apr 1994 – Mei 2011
Merauke (08,47 LS; 140,38 BT)	3	Apr 1994 – Mei 2011
Momote (02,07 LS; 147,03 BT)	5	Des 1997 – Feb 2011
Port Moresby (09.43 LS; 147,20 BT)	49	Des 1999 – Feb 2011

2.4. Data *Global Network of Isotopes in Precipitation - International Atomic Energy Agency / World Meteorological Organization (GNIP - IAEA/WMO)*

IAEA dan WMO melalui GNIP melakukan survey komposisi isotop oksigen dan hidrogen presipitasi di lebih dari 800 stasiun meteorologi diseluruh dunia sejak tahun 1961. Data GNIP terdiri atas data meteorologi dan data isotop presipitasi. Penelitian ini hanya berfokus pada data meteorologi yang meliputi total bulanan presipitasi (mm), tipe presipitasi, rata-rata bulanan temperatur permukaan ($^{\circ}\text{C}$) dan rata-rata bulanan tekanan uap air (mb). Ada dua stasiun GNIP di pulau New Guinea, yakni di Jayapura, Indonesia (2.53 LS; 140.72 BT; 3 m d.p.l) dan di Madang, Papua New Guinea (5.22 LS; 145.80 BT; 49 m d.p.l) (Gambar 1). Secara umum, periode data untuk stasiun Jayapura dan Madang masing - masing adalah 1960 - 1984 dan 1968 - 1982.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk meningkatkan pemahaman kondisi iklim di wilayah Papua, analisis meteorologi telah dilakukan berdasarkan data jaringan AWS PTFI, stasiun meteorologi BMKG Timika, GNIP IAEA/WMO, dan data radiosonde NOAA-ESRL. Data AWS PTFI, stasiun meteorologi BMKG Timika, dan data radiosonde di Merauke dan Port Moresby memberikan informasi meteorologi di bagian selatan Papua. Di bagian utara, informasi meteorologi diperoleh dari data radiosonde di Biak dan Momote serta data GNIP IAEA/WMO di Jayapura dan Madang.

3.1. Temperatur

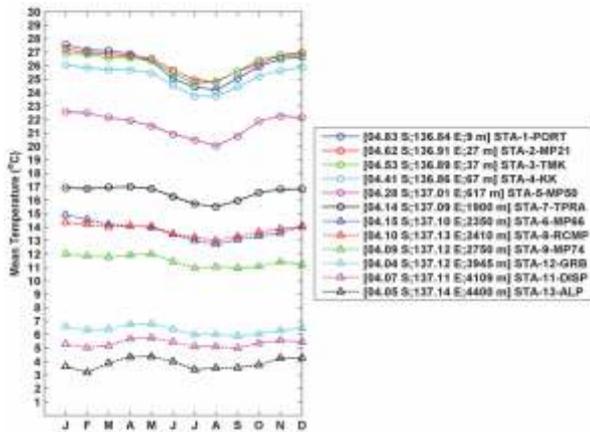
Temperatur rata-rata bulanan dari AWS PTFI dapat dilihat pada Gambar 4. Temperatur rata-rata bulanan maksimum terjadi pada bulan Januari dan minimum pada bulan Juli-Agustus untuk elevasi di bawah 2.500 m d.p.l (PORT, MP21, TMK, KK, MP50, TPRA, MP66, RCMP), tetapi untuk elevasi di atas 2.500 m d.p.l (MP74, GRB, DISP, ALP), terdapat dua rata-rata maksimum pada bulan Mei dan November dan minimum pada bulan Februari dan Juli. Dua nilai temperatur maksimum pada stasiun di dataran tinggi mungkin mencerminkan lintasan dua kali matahari yang melewati wilayah ekuator yang intensitasnya semakin kuat ketika mendekati ekuator. Adanya dua puncak maksimum

juga teridentifikasi pada data observasi lainnya di bagian utara pulau New Guinea (BIAK, MOMOTE) (Gambar 5). Di sisi lain, variasi temperatur rata-rata bulanan AWS PTFI di dataran rendah memiliki kemiripan dengan data observasi di bagian selatan pulau New Guinea (MERAUKE, PORT MORESBY), yakni memiliki satu puncak maksimum saat musim panas di BBS (November - Februari).

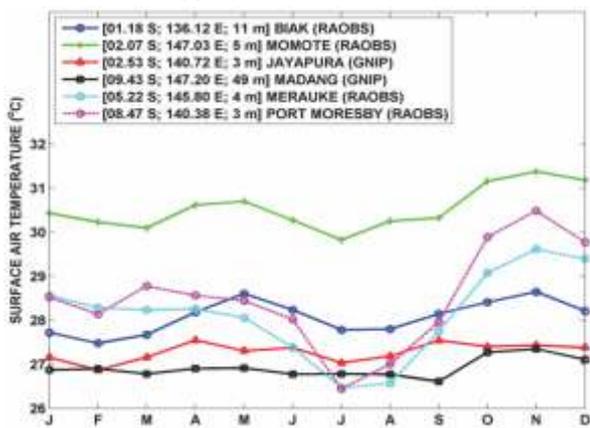
Jaringan AWS PTFI menunjukkan bahwa rentang temperatur harian (perbedaan rata-rata temperatur maksimum dan minimum harian) lebih besar pada elevasi dibawah 2.500 m d.p.l dan diatas 3.500 m d.p.l daripada diantaranya (Gambar 6). Di bawah 2.500 m d.p.l, rentang temperatur harian berkisar antara $\sim 8^{\circ}$ - 14°C dan diatas 3.500 m d.p.l, berkisar antara $\sim 9^{\circ}$ - 12°C . Sedangkan pada elevasi 2.500 - 3.500 m d.p.l, rentang temperatur harian berkisar antara ~ 6 - 8°C .

Selain itu, rentang temperatur harian hampir selalu lebih kecil pada bulan Juli dan lebih tinggi pada bulan Januari pada tiap elevasi. Akan tetapi, rentang temperatur harian terbesar pada AWS PTFI tertinggi (ALP) terjadi pada bulan Mei yang bertepatan dengan saat temperatur maksimum terjadi. Besarnya rentang temperatur harian dapat disebabkan oleh tingginya absorpsi radiasi matahari oleh bumi saat siang hari dan reradiasi bumi saat malam hari. Rentang temperatur harian yang lebih kecil mungkin dapat disebabkan rendahnya absorpsi radiasi matahari oleh bumi saat siang hari karena adanya tutupan awan. Hasil ini sedikit berbeda dengan hasil yang diperoleh Prentice dan Hope ⁴⁾, yang menyatakan bahwa rentang temperatur harian di bagian selatan Papua lebih besar pada ketinggian dibawah 1.500 m d.p.l daripada diatasnya.

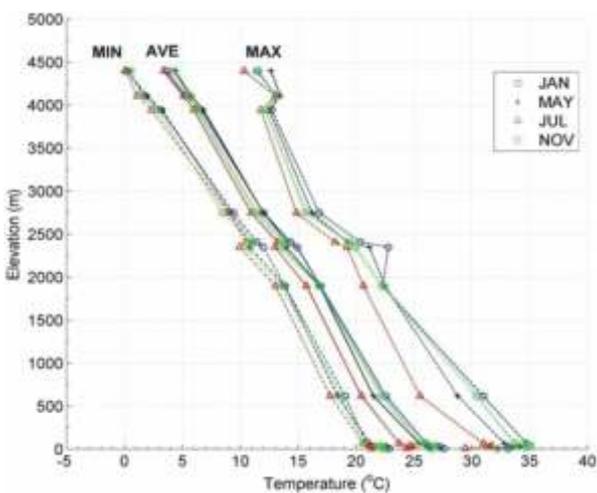
Data AWS PTFI juga mengindikasikan rentang temperatur musiman (perbedaan rata-rata temperatur bulanan dalam setahun) lebih besar pada elevasi dibawah 2.500 m d.p.l daripada diatasnya (Gambar 6). Hal ini dapat disebabkan karena perbedaan yang cukup besar antara temperatur maksimum bulanan dibawah 2.500 m d.p.l, misalnya pada bulan Januari dan Juli. Peningkatan rentang temperatur musiman dibawah elevasi ~ 2.500 m d.p.l ini juga ditunjukkan oleh temperatur atmosfer yang tercatat pada radiosonde diatas Merauke dan Port Moresby di bagian selatan pulau New Guinea (Gambar 7 bagian atas).



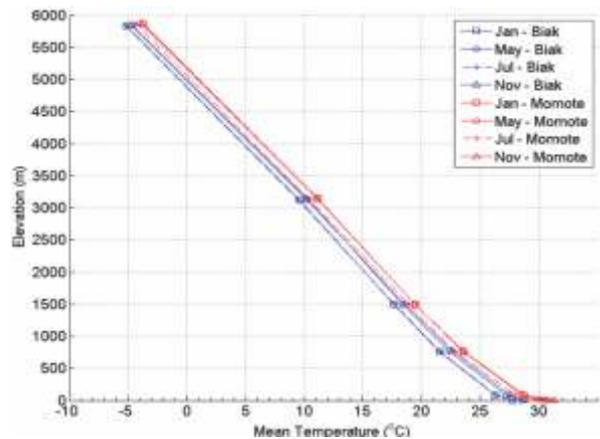
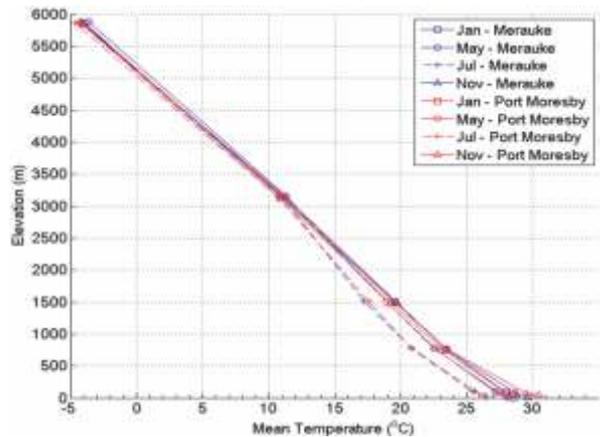
Gambar 4. Temperatur rata-rata bulanan AWS PTFI per ketinggian.⁶⁾



Gambar 5. Temperatur rata-rata bulanan pada situs lokasi di bagian utara dan selatan wilayah New Guinea. Garis penuh menyatakan situs lokasi di bagian utara dengan dua puncak maksimum sedangkan garis putus-putus (merah muda dan biru muda) menyatakan situs lokasi di bagian selatan dengan satu puncak maksimum⁶⁾.



Gambar 6. Temperatur bulanan maksimum (MAX), rata-rata (AVE) dan minimum (MIN) AWS PTFI.



Gambar 7. Temperatur rata-rata bulanan pada level tekanan standar (ketinggian geopotensial) tercatat oleh radiosonde yang dilepaskan pada 00:00 GMT (07:00 WIB) dari Merauke dan Port Moresby di bagian selatan New Guinea (atas) serta Biak dan Momote di bagian utara New Guinea (bawah)⁶⁾.

Di sisi lain, rentang temperatur musiman sebesar $\sim 1^\circ\text{C}$ antara bulan Mei dan Juli pada AWS PTFI diatas ketinggian 2.500 m d.p.l serupa dengan rentang temperatur atmosfer musiman yang tercatat pada radiosonde di atas Biak dan Momote di bagian utara New Guinea (Gambar 7 bagian bawah). Hasil ini mengindikasikan adanya kesamaan variasi temperatur antara AWS PTFI di bawah ketinggian 2.500 m d.p.l dengan wilayah selatan New Guinea dan AWS PTFI di atas ketinggian 2.500 m d.p.l dengan wilayah utara New Guinea.

Berdasarkan hasil analisis AWS PTFI, laju susut (*lapse rate*) temperatur rata-rata di wilayah ini sekitar $5,0^\circ\text{C}/\text{km}$ dari lokasi terendah sampai tertinggi. Nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan rata-rata laju susut temperatur atmosfer yang tercatat pada radiosonde di 4 lokasi disekitarnya

(5,5 °C/km). Diatas ketinggian 2.500 m d.p.l, laju susut sekitar 4,6 °C/km untuk temperatur rata-rata bulanan. Sedangkan untuk elevasi dibawahnya, laju susut temperatur lebih tinggi (5,2 °C/km untuk temperatur rata-rata bulanan dan 5,8 °C/km untuk temperatur maksimum bulanan), yang merefleksikan radiasi panas dari bumi yang cukup kuat pada siang hari dan memanaskan lapisan udara yang dekat dengan permukaan serta pelepasan panas laten ke bumi akibat kondensasi yang sedikit pada siang hari. Laju susut untuk temperatur minimum bulanan sekitar 4,7 °C/km yang mungkin disebabkan radiasi pendinginan oleh bumi pada saat malam hari.

3.2. Kelembapan Relatif

Variasi kelembapan relatif pada AWS PTFI dibagi menjadi dua pola seperti digambarkan pada Gambar 8. Pola pertama diidentifikasi pada ketinggian dibawah 2.500 m d.p.l dengan maksimum kelembapan relatif pada bulan Juli (86-96%) dan minimum pada bulan Januari (78-91%). Pola kedua diidentifikasi pada ketinggian diatas 2.500 m d.p.l, dengan maksimum kelembapan relatif terjadi pada bulan Februari - April (85-93%) dan minimum pada bulan Agustus (77-89%). Variasi kelembapan relatif pada pola pertama mungkin disebabkan oleh meningkatnya uap air di udara dari Laut Arafura selama musim tenggara serta uap air tambahan dari proses evaporasi hutan pegunungan. Sedangkan variasi pada pola kedua mungkin disebabkan oleh meningkatnya uap air di udara yang berasal dari Samudra Pasifik selama musim barat laut (monsun barat-an). Rentang kelembapan relatif harian semakin besar dibawah ketinggian 2.500 m d.p.l dari pada diatasnya (Gambar 9). Sedangkan, rentang kelembapan relatif musiman meningkat pada ketinggian dibawah 2.500 m d.p.l dan diatas 3.500 m d.p.l⁶⁾.

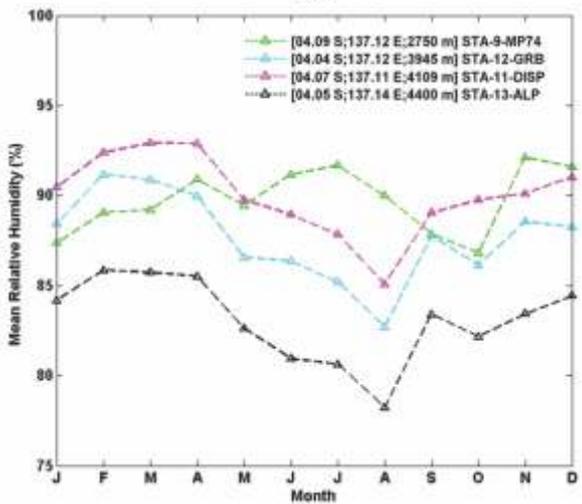
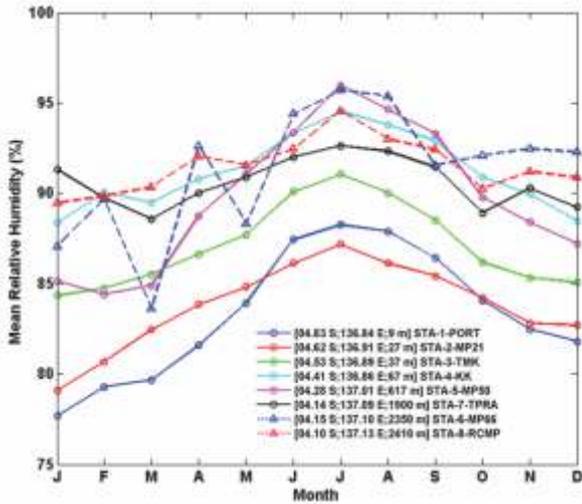
3.3. Presipitasi

Pada sebagian besar wilayah Papua, curah hujan maksimum terjadi antara bulan Januari dan April (musim barat laut) dan minimum antara bulan Mei dan Agustus (musim tenggara). Akan tetapi, AWS PTFI dan stasiun BMKG di Timika berada pada wilayah dengan curah hujan tertinggi dengan pola curah hujan yang berkebalikan, curah hujan maksimum terjadi pada bulan Juni-Agustus (> 400 mm/bulan). Wilayah ini dipengaruhi oleh angin

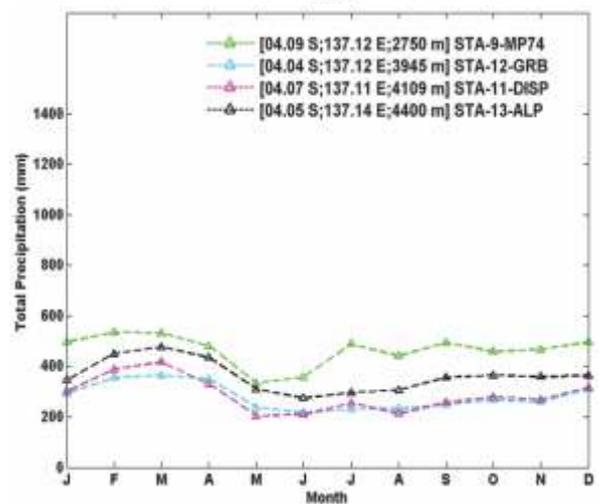
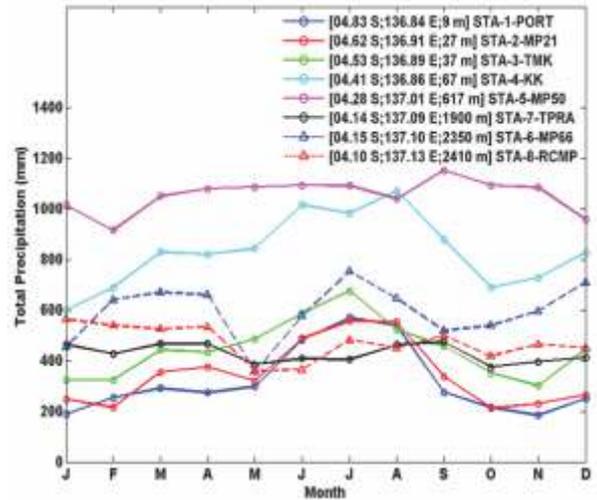
permukaan yang membelok karena efek friksi permukaan, menyebabkan angin naik pada kemiringan di bagian selatan pegunungan. Gambar 10 menyatakan curah hujan rata-rata bulanan AWS PTFI. Pada stasiun dibawah ketinggian 2.500 m d.p.l, curah hujan maksimum terjadi pada bulan Juni-Agustus (400 - 1.100 mm/bulan) dan minimum pada bulan November-Februari (150 - 600 mm/bulan). Hal ini sejalan dengan pola kelembapan relatif tipe pertama yang dikendalikan oleh angin pasat tenggara. Total presipitasi tahunan tertinggi (~12.500 mm/thn) tercatat di stasiun MP50 (617 m d.p.l) dengan pola musiman yang lemah. Hal ini mungkin disebabkan oleh efek orografis, yakni uap air naik pada kemiringan yang sangat tajam dan kemudian berkondensasi menghasilkan curah hujan yang sangat tinggi (~1.000 mm/bulan). Diatas ketinggian 2.500 m d.p.l, curah hujan maksimum terjadi pada bulan Februari-April (350-500 mm/bulan) dan minimum pada bulan Mei - Agustus (200-400 mm/bulan). Pola ini juga konsisten dengan variasi kelembapan relatif pada ketinggian tersebut.

Seperti digambarkan pada Gambar 11, data AWS PTFI juga menunjukkan bahwa total curah hujan tahunan saat malam hari (06:00 sore - 06:00 pagi) lebih tinggi daripada saat siang hari (06:00 pagi - 06:00 sore) pada elevasi dibawah ~600 m d.p.l. Sebaliknya, diatas ~600 m d.p.l, total curah hujan tahunan saat siang hari lebih tinggi daripada saat malam hari. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh rentang kelembapan relatif harian yang lebih besar pada elevasi dibawah ~600 m d.p.l daripada diatasnya.

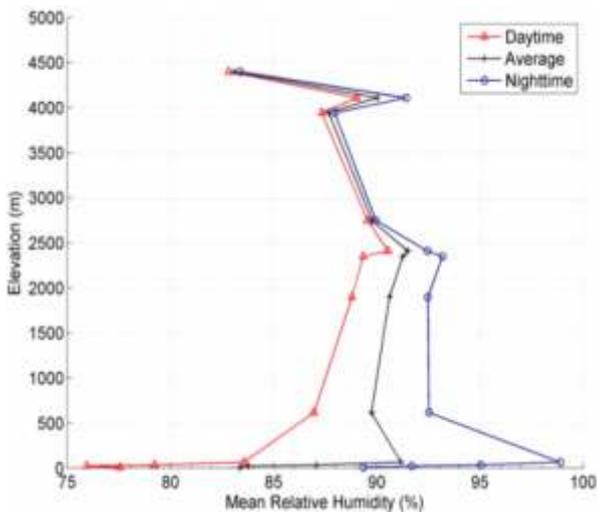
Dibawah elevasi ~600 m d.p.l, kelembapan relatif rata-rata saat malam hari lebih tinggi dari pada saat siang hari (Gambar 9), yang menyebabkan kemungkinan curah hujan pada malam hari lebih tinggi. Sedangkan diatas 600 m d.p.l, rentang kelembapan relatif harian semakin mengecil. Tambahan uap air dari transpirasi tanaman saat siang hari juga memicu tingginya curah hujan siang hari dibandingkan dengan saat malam hari. Karena lokasinya di kolam hangat Pasifik Barat, Papua dipengaruhi oleh kejadian El Niño Southern Oscillation (ENSO). Amplitudo curah hujan musiman mengalami perubahan signifikan pada saat kejadian tersebut⁴⁾. Sebagai contoh, curah hujan di stasiun BMKG Timika mengalami penurunan saat kejadian El Niño (Gambar 12).



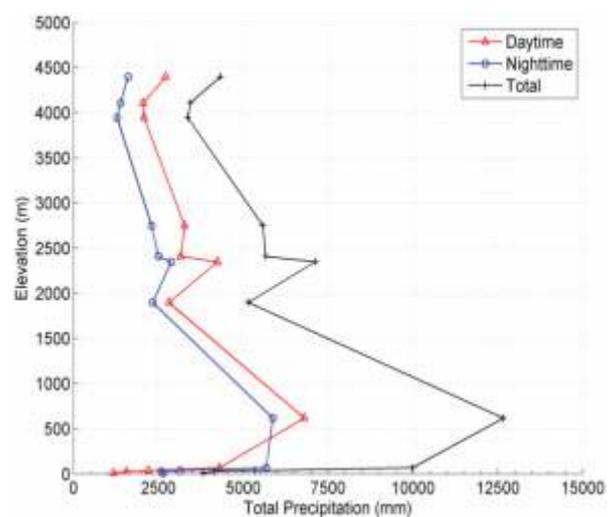
Gambar 8. Kelembapan relatif rata-rata bulanan pada AWS PTFI.



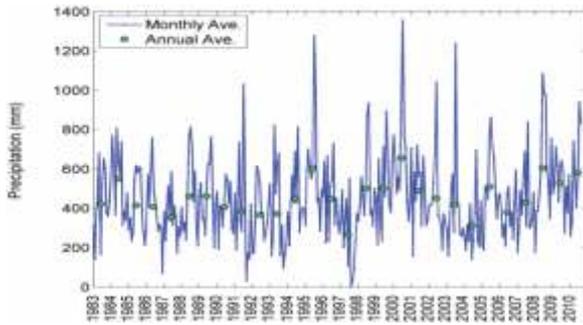
Gambar 10. Curah hujan rata-rata bulanan pada AWS PTFI.



Gambar 9. Kelembapan relatif tahunan rata-rata (*average*), saat siang hari (*daytime*) dan saat malam hari (*nighttime*) AWS PTFI.



Gambar 11. Total presipitasi tahunan (*total*), saat siang hari (*daytime*) dan saat malam hari (*nighttime*) AWS PTFI.



Gambar 12. Total curah hujan bulanan dan tahunan pada stasiun BMKG Timika periode Januari 1983 - Agustus 2010.

3.4. Kecepatan dan Arah Angin

Kecepatan angin di wilayah ini cukup rendah⁴⁸⁾. Angin pasat tenggara bergerak dengan kecepatan sekitar 10 - 20 km/jam di pantai bagian selatan sedangkan angin barat-an bertiup lebih lambat saat musim barat-laut. Angin yang kuat mungkin saja terjadi saat sistem angin lokal bertemu dengan puncak pegunungan, termasuk angin katabatik dan angin gunung pada saat malam hari. Angin diurnal darat dan laut dapat terjadi di sekitar daerah pantai. Kadangkala, wilayah pesisir pantai bagian selatan juga dipengaruhi oleh angin kencang dan hujan badai akibat siklon tropis di BBS.

Sirkulasi angin utama tercatat pada empat radiosonde di wilayah New Guinea. Secara umum, arah angin saat monsun barat-an berasal dari barat - barat laut pada bulan Januari dan Februari, setidaknya sampai elevasi ~3.000 m d.p.l. Akan tetapi pada bagian selatan New Guinea, sampai mencapai ketinggian ~6.000 m d.p.l. Pada bulan-bulan tersebut, kecepatan angin barat-an berkurang pada elevasi antara ~3.000 - 6.000 m d.p.l dan digantikan oleh angin timur-an. Pada bulan Juli dan Agustus, angin berasal dari arah tenggara-timur sampai elevasi 6.000 m d.p.l, menyatakan angin tropis timur-an. Data radiosonde menyatakan bahwa angin monsun barat-an lebih lemah dari pada angin pasat timur-an, kecuali pada situs Port Moresby. Hal ini disebabkan karena angin monsun barat-an berasal dari angin pasat timur laut yang berbelok menghasilkan kecepatan angin yang lebih rendah, terutama di bagian utara Papua.

Pada AWS PTFI, sirkulasi angin utama juga teridentifikasi dari pola arah angin tahunan di beberapa lokasi AWS. Akan tetapi, pada beberapa lokasi AWS lainnya, sirkulasi angin lokal lebih

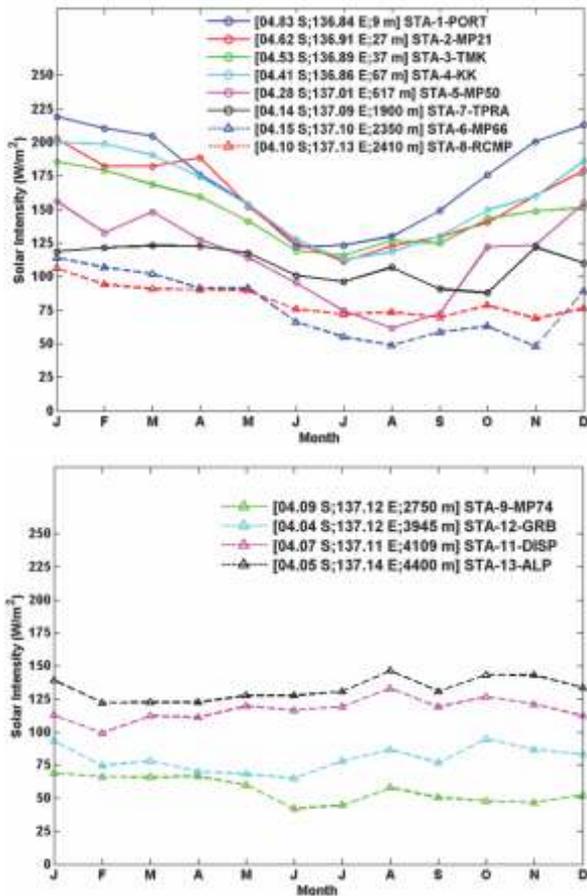
dominan. Sebagai contoh, pada stasiun PORT (9 m d.p.l) yang berjarak ~9.5 km dari Laut Arafura, rata-rata bulanan arah angin mengindikasikan sirkulasi angin utama. Akan tetapi, variasi harian juga dapat dilihat dari efek sistem angin darat/laut yang mempengaruhi stasiun tersebut. Pada stasiun MP50 dan RCMP, sirkulasi angin lokal lebih dominan daripada sirkulasi angin utama. Pada stasiun dengan elevasi tertinggi (ALP), arah angin berasal dari barat daya - barat - barat laut mulai November sampai April dan timur laut - timur mulai Mei sampai Oktober.

Kecepatan angin yang tercatat pada AWS PTFI lebih rendah daripada kecepatan angin yang tercatat pada stasiun observasi radiosonde. Hal ini disebabkan karena besarnya resistansi friksi permukaan seperti kekasaran permukaan (*surface roughness*) ketika angin bertiup masuk ke daratan.

3.5. Intensitas Radiasi Matahari

Intensitas radiasi matahari rata-rata bulanan untuk AWS PTFI dapat dilihat pada Gambar 13. Pada stasiun dibawah elevasi ~2.500 m d.p.l, terdapat pola musiman intensitas radiasi matahari yang diterima oleh bumi. Intensitas tertinggi terjadi pada bulan Oktober - April (~75 - 225 W/m²) dan intensitas terendah terjadi pada bulan Juni - September (50-125 W/m²). Pada rentang elevasi ini, rata-rata intensitas matahari menurun seiring dengan meningkatnya elevasi. Hal ini dapat disebabkan meningkatnya tutupan awan dan curah hujan pada elevasi yang lebih tinggi yang menghalangi masuknya radiasi matahari. Variasi tersebut berkaitan dengan posisi jarak dengan matahari. Karena posisi pulau New Guinea berada di BBS maka jarak terdekat dengan matahari terjadi pada bulan November dan Februari dan terjauh pada bulan Juni-Agustus.

Pada stasiun yang berlokasi pada ketinggian diatas ~2.500 m d.p.l, intensitas radiasi matahari mempunyai pola musiman yang lemah sepanjang tahun. Hal ini mungkin berkaitan dengan tingginya tutupan awan dan curah hujan karena tingginya uap air lokal sepanjang tahun. Pada rentang elevasi ini, intensitas radiasi matahari yang diterima lebih meningkat seiring dengan peningkatan elevasi. Hal ini mungkin berkaitan dengan berkurangnya kelembapan dan curah hujan pada rentang elevasi tersebut (Gambar 8, 10), sehingga menyebabkan peningkatan rentang temperatur harian pada ketinggian diatas ~2.500 m d.p.l (Gambar 6).



Gambar 13. Intensitas radiasi matahari rata-rata bulanan pada AWS PTFI.

IV. KESIMPULAN

Data meteorologi diperoleh dari jaringan AWS yang dioperasikan oleh PTFI dan dipasang mulai dari pesisir pantai selatan Papua (9 m d.p.l) sampai dengan ~4.400 m d.p.l dekat pegunungan Puncak Jaya dan data radiosonde dari empat lokasi di wilayah New Guinea sebagai pembanding. Analisis data meteorologi AWS PTFI menghasilkan informasi berikut:

- Temperatur maksimum rata-rata terjadi bulan Januari dan minimum pada bulan Juli untuk elevasi dibawah 2.500 m d.p.l (batas atas lapisan batas atmosfer), sedangkan diatas elevasi tersebut, dua puncak maksimum teridentifikasi pada bulan Mei dan November. Rentang temperatur harian lebih besar pada elevasi dibawah 2.500 m d.p.l (8-14 °C) dan diatas 3.500 m d.p.l (9-12 °C). Rentang temperatur musiman juga teridentifikasi pada elevasi dibawah 2.500 m d.p.l daripada

diatasnya. Terdapat indikasi kemiripan variasi temperatur antara AWS PTFI dibawah elevasi 2.500 m d.p.l dengan pengamatan radiosonde di bagian selatan New Guinea dan antara AWS PTFI diatas elevasi 2.500 m d.p.l dengan pengamatan radiosonde di bagian utara New Guinea. Laju susut permukaan sekitar 5°C/km dengan 5.2°C/km dibawah elevasi 2.500 m d.p.l dan 4.6°C/km diatas elevasi 2.500 m d.p.l.

- Dibawah elevasi ~2.500 m d.p.l, kelembapan relatif maksimum terjadi pada bulan Juli dan minimum pada bulan Januari sedangkan diatas ~2.500 m d.p.l, kelembapan relatif maksimum terjadi pada Februari-Mei dan minimum pada bulan Agustus. Rentang kelembapan relatif harian lebih besar pada elevasi di bawah 2.500 m d.p.l daripada diatasnya.
- Total presipitasi tahunan tertinggi tercatat pada stasiun MP50 (617 m d.p.l). Dibawah 600 m d.p.l, maksimum presipitasi terjadi pada bulan Juli dan minimum pada November-Februari. Diatas ketinggian ~2.500 m d.p.l, maksimum presipitasi terjadi pada Februari-April dan minimum pada Mei-Agustus. Total presipitasi saat siang hari lebih tinggi daripada saat malam hari diatas elevasi ~600 m d.p.l dan sebaliknya dibawah ~600 m d.p.l.
- Sirkulasi angin utama di wilayah Papua terekam pada beberapa AWS PTFI, sementara yang lain merekam sirkulasi angin lokal.
- Terdapat pola musiman intensitas radiasi matahari pada elevasi dibawah ~2.500 m d.p.l dengan intensitas maksimum pada bulan Oktober-April dan intensitas minimum pada bulan Juni-September. Diatas elevasi ~2.500 m d.p.l, intensitas matahari mempunyai pola musiman yang lemah karena tingginya tutupan awan dan curah hujan sepanjang tahun.

V. SARAN

Untuk penelitian lebih lanjut, BMKG mempunyai beberapa stasiun meteorologi yang tersebar di wilayah Papua, walaupun lokasinya lebih banyak berada pada elevasi rendah. Integrasi data meteorologi dari stasiun-stasiun tersebut dengan data meteorologi dari PTFI yang mewakili wilayah dataran tinggi akan meningkatkan pemahaman terhadap kondisi iklim di Papua.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan penulis kepada PT Freeport Indonesia (PTFI) atas ketersediaan data meteorologi AWS untuk pemahaman kondisi meteorologi di wilayah Papua. Akses data tersebut merupakan hasil kerjasama internasional dalam penelitian paleoklim berdasarkan inti es gletser dekat Puncak Jaya antara BMKG, Byrd Polar Research Center-The Ohio State University (Dr. Lonnie G. Thompson), Lamont Doherty Earth Observatory (Dr. Dwi Susanto) dan PTFI.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- ¹⁾ DPU. (1997). *Pengembangan Sistem Informasi ke-PU-an di Daerah Propinsi Irian Jaya - Proyek Peningkatan Pembinaan dan Pengembangan Informasi Literal dan Spasial*. Pusat Pengolahan Data dan Pemetaan.
- ²⁾ Bowler, J. M., Hope, G. S., Jennings, J. N., Singh, G., & Walker, D. (1976). Late Quaternary Climates of Australia and New Guinea. *Quaternary Research*, 6(3), 359-394.
- ³⁾ Allison, I. (1974). Morphology and Dynamics of the Tropical Glaciers of Irian Jaya. *Zeitschrift Für Gletscherkunde Und Glazialgeologie*, 10, 129-152.
- ⁴⁾ Prentice, M. L., & Hope, G. S. (2007). Climate of Papua. In A. J. Marshall, & B. M. Beehler (Eds.), *The Ecology of Papua: Part one* (pp. 177-195). Singapore: Periplus Editions.
- ⁵⁾ McAlpine, J. R., Keig, G., & Falls, R. (1983). *Climate of Papua New Guinea*. Canberra, Australia; Miami, Fla., USA: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization in association with Australian National University Press.
- ⁶⁾ Permana, D. S. (2011). Climate, Precipitation Isotopic Composition and Tropical Ice Core Analysis of Papua, Indonesia. Thesis, The Ohio State University.
- ⁷⁾ Aldrian, E., & Dwi Susanto, R. (2003). Identification of Three Dominant Rainfall Regions within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature. *International Journal of Climatology*, 23(12), 1435-1452.
- ⁸⁾ Allison, I., & Bennett, J. (1976). Climate and Microclimate. In G. S. Hope, J. A. Peterson, U. Radok & I. Allison (Eds.), *The Equatorial Glaciers of New Guinea: Results of the 1971-1973 Australian Universities Expeditions to Irian Jaya: Survey, Glaciology, Meteorology, Biology and Palaeoenvironments* (pp. 61-80). Rotterdam: A. A. Balkema