

Profil Cuaca Situs Stasiun Bumi Jatiluhur untuk Persiapan Teleskop Radio VLBI Indonesia

S. Ramadhan^{1,2*}, T. Hidayat^{1,2}, I. Nurul Huda^{1,2}, P. W. Premadi^{1,2}, B. Dermawan^{1,2}, L. Puspitarini^{1,2}, A. T. Jaelani^{1,2}, K. Vierdayanti^{1,2}, M. Irfan^{1,2}, M. Yusuf^{1,2}, M. Hafieduddin^{1,2}, H. R. T. Wulandari^{1,2}, Z. L. Dupe³, dan C. Kunjaya^{1,2}

¹Kelompok Keahlian Astronomi, FMIPA ITB, Jl. Ganesha 10 Bandung, Indonesia

²Observatorium Bosscha, FMIPA ITB, Lembang, Indonesia

³Kelompok Keahlian Sains Atmosfer, FITB ITB, Jl. Ganesha 10 Bandung, Indonesia

*E-mail: ramadhan.sahlan@gmail.com

ABSTRAK

Stasiun Bumi Jatiluhur milik PT Indosat Ooredoo mempunyai beberapa antenna berdiameter cukup besar yang sudah tidak digunakan lagi sebagai antenna telekomunikasi. Melalui kerja sama ITB dengan Indosat, dua antenna ini diusulkan untuk dikonversi menjadi teleskop radio untuk program VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*) di Indonesia, untuk aplikasi astronomi dan geodesi. Berbeda dengan fungsinya dahulu sebagai pengendali satelit yang cenderung tidak bergerak (statis), antenna yang berfungsi sebagai teleskop radio akan selalu bergerak ketika sedang melakukan *tracking* objek langit. Berbagai studi persiapan tengah dilakukan yang salah satunya adalah pengamatan cuaca di lokasi tersebut. Oleh karena daerah Jatiluhur memiliki medan yang berbukit, keberadaan angin menjadi hal yang penting untuk diperhatikan karena antenna tersebut memiliki struktur yang cukup besar dan berat. Sejak September 2019 yang lalu telah dipasang sebuah stasiun cuaca otomatis atau AWS (*Automatic Weather Station*) untuk memperoleh data dasar cuaca seperti temperatur, tekanan udara, curah hujan, arah dan kecepatan angin, dan sebagainya. Instrumen tersebut dihubungkan pada komputer mini Raspberry Pi 3 agar dapat menyimpan database cuaca secara kontinu. Hasil pengamatan selama kurang lebih setahun dipaparkan dalam makalah ini. Studi pemantauan cuaca ini masih terus dilanjutkan untuk mendapatkan profil cuaca yang lebih lengkap guna mendukung beroperasinya teleskop radio VLBI Indonesia di masa datang.

Kata Kunci: cuaca – stasiun – VLBI

1 PENDAHULUAN

Program konversi antenna telekomunikasi yang sudah tidak terpakai menjadi teleskop radio telah dan sedang dilakukan di beberapa negara seperti di Jepang, Australia, Inggris, Yunani, Ghana, Meksiko, dan masih banyak lagi. Indonesia, melalui kerjasama antara ITB dengan PT Indosat Ooredoo, tengah memulai langkah serupa untuk membangun stasiun VLBI (*Very-Long Baseline Interferometry*) di Jatiluhur, Purwarkarta, Jawa Barat (Hidayat et al. 2021).

Setidaknya terdapat dua antenna yang akan dikonversi untuk menjadi teleskop radio, yaitu antenna JAH-2A berdiameter 32-m yang diproyeksikan untuk aplikasi astronomi dan JAH-5A berdiameter 18-m yang diproyeksikan untuk aplikasi geodesi. Kedua antenna besar ini dahulu digunakan sebagai pengendali satelit.

Untuk merealisasikan program ini, sejumlah studi persiapan telah dan sedang dilakukan, salah satunya adalah pemantauan kondisi cuaca lokal dengan menggunakan AWS. Hal ini menjadi penting, mengingat pengamatan astronomi, apapun panjang gelombangnya, akan sangat dipengaruhi oleh kondisi atmosfer setempat. Khususnya, pola

keberadaan angin akan menjadi hal yang sangat berpengaruh terhadap kinerja teleskop radio berdiameter besar, karena struktur antenna yang besar dan berat.

Oleh karena itu, pola angin dan cuaca secara umum sangat penting untuk diketahui dan dipantau secara berkelanjutan. Makalah ini memaparkan studi pendahuluan profil cuaca di Stasiun Bumi Indosat Jatiluhur dari data yang telah didapatkan selama sekitar satu tahun. Data yang telah dibatasi pada enam parameter dasar, yaitu: temperatur, tekanan udara, kelembaban, presipitasi, titik embun, dan profil angin.

2 LANDASAN TEORI

Pemantauan cuaca secara kontinu pada suatu observatorium merupakan suatu hal yang lazim dilakukan di berbagai tempat, khususnya observatorium radio. Salah satunya, observatorium radio di Green Bank, West Virginia, Amerika Serikat telah membuat beberapa catatan penting terkait pengaruh cuaca dan atmosfer pada pengamatan astronomi radio (Maddalena & Morgan, 2011). Perlu dicatat bahwa pengukuran oleh AWS memberikan parameter data secara langsung, oleh sensor atau divais yang dimiliki, yaitu besaran misalnya temperatur, tekanan udara, curah hujan,

kecepatan dan arah angin, dan sebagainya. Selanjutnya, dari parameter tersebut dapat diperoleh beberapa besaran turunan yang penting bagi astronomi radio. Berikut ini dibahas beberapa parameter tersebut.

2.1 Angin dan temperatur udara

Kecepatan angin, diukur pada tiga nilai: kecepatan angin rata-rata di permukaan, di ketinggian 75-m, dan 'gust' atau tiupan angin secara mendadak, bersamaan dengan temperatur, dicatat dan dilaporkan sebagai fungsi waktu sehingga pengamat dapat menghindari waktu-waktu yang kurang baik untuk melakukan pengamatan. Misalnya, cuaca terlalu dingin atau terlalu berangin sehingga dapat membahayakan instrumen.

2.2 Opasitas

Opasitas merupakan besaran turunan yang diintegrasikan, yang dipengaruhi oleh kerapatan udara pada setiap lapisan atmosfer. Semakin banyak uap air atau awan yang terbentuk, maka semakin tinggi nilai opasitasnya, yang nantinya akan mempengaruhi hasil pengamatan.

2.3 Temperatur Sistem

Jika opasitas telah diperhitungkan untuk setiap lapisan atmosfer, maka pengamat dapat menghitung melalui prosedur transfer radiatif untuk memperoleh temperatur sistem (T_{sys}). Besaran ini merupakan gabungan dari kontribusi atmosfer serta derau peralatan. Oleh karena itu, nilai T_{sys} secara langsung menentukan nilai derau pengamatan.

2.4 Refraksi

Selain hal-hal yang telah disebutkan di atas, pengamat juga perlu memperhitungkan nilai refraksi atau indeks bias. Nilai ini akan berbeda-beda bergantung lapisan atmosfer di atasnya. Hal ini menjadi penting karena ketika teleskop diarahkan ke suatu koordinat objek, ada kemungkinan arah tersebut tidak tepat pada posisi objek yang sesungguhnya dikarenakan sinyal dibelokkan akibat refraksi. Oleh karena itu, refraksi penting untuk koreksi arah teleskop.

3 METODOLOGI

Pengukuran dilakukan sejak September 2019 dengan menggunakan instrumen AWS Davis™ Vantage Vue yang dipasang pada salah satu menara antenna di area Stasiun Bumi Jatiluhur (lihat Gambar 1). Instrumen ini secara otomatis akan mengirimkan data cuaca ke perangkat *receiver* yang disimpan di dalam ruangan, yang selanjutnya dihubungkan



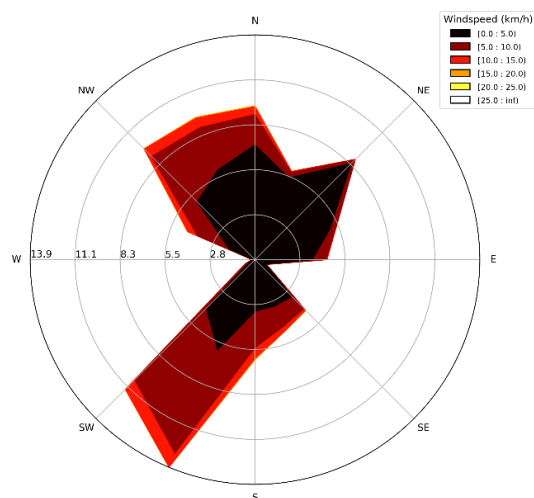
Gambar 1. AWS diletakkan pada salah satu menara antenna. Inset: AWS Davis™ Vantage Vue dan perangkat *receiver*-nya.

dengan komputer mini Raspberry Pi 3 agar dapat menyimpan hasil pengukuran cuaca secara kontinu, yang dipilih untuk setiap lima menit.

Terdapat gangguan teknis pada beberapa pekan pertama pengukuran sehingga data tidak berhasil terekam. Data baru tersimpan secara kontinu mulai Oktober 2019 hingga saat ini, tetapi hasil yang disajikan pada makalah ini hanya sampai September 2020 saja.

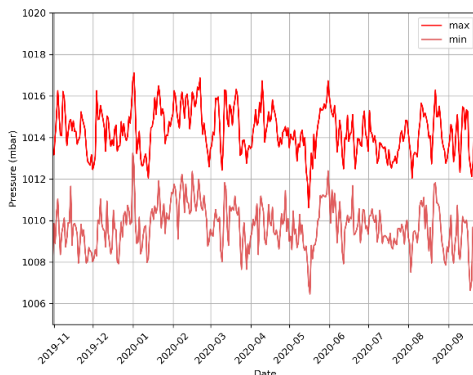
4 HASIL DAN ANALISIS

Sebagai analisis pendahuluan, hasil pengukuran disajikan dalam enam parameter cuaca: profil angin, tekanan udara, temperatur, kelembaban, presipitasi, dan titik embun.

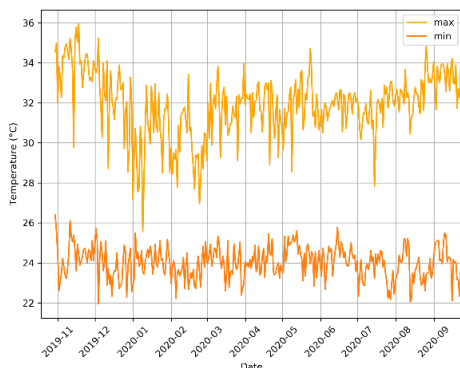


Gambar 2. Diagram *wind-rose* yang menggambarkan profil kecepatan angin rata-rata pada arah tertentu. Perbedaan warna menandakan perbedaan kecepatan, sedangkan nilai yang tertulis pada sumbu radial menyatakan persentase banyaknya angin.

Profil angin ditunjukkan sebagai diagram mawar pada Gambar 2 yang merupakan profil rata-rata selama durasi pengukuran. Secara umum, angin banyak berembus dari arah selatan barat-daya (SSW), dengan kecepatan rata-rata dalam rentang antara 10 – 14 km/jam. Angin cukup dominan terjadi pada rentang bulan November hingga Maret, yang berarti pada musim hujan. Kecepatan angin maksimum yang terukur adalah sebesar 33,33 km/jam (31 Desember 2019, 08:35:00 UT). Menurut manual antenna JAH-2A (Comsat 1996), kecepatan angin maksimum untuk *tracking* antenna adalah 130 km/jam, dan kecepatan maksimum untuk survive antenna dalam posisi parkir (*stow*) adalah 190 km/jam. Oleh karena itu, dengan profil angin yang telah diperoleh ini, pengoperasian antenna 32 m dan 18,5 m cukup terjamin karena kecepatan angin maksimum yang tercatat hanya sekitar 34 km/jam, jauh di bawah limit kecepatan pengamanan antenna.



Gambar 3. Variasi tekanan udara harian (dalam milibar), ditunjukkan dalam nilai maksimum (merah) dan minimum (merah muda).

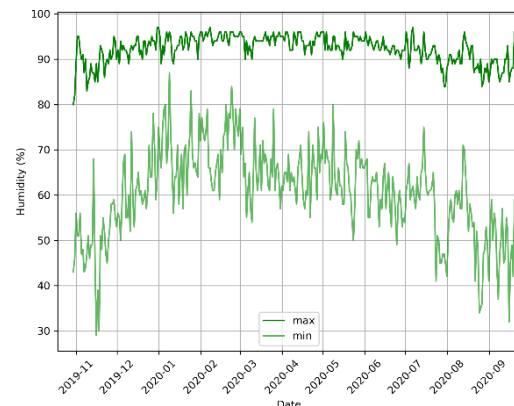


Gambar 4. Variasi nilai temperatur harian (dalam °C), ditunjukkan dalam nilai maksimum (kuning) dan minimum (jingga).

Besaran tekanan udara, temperatur, kelembaban, dan titik embun ditunjukkan masing-masing pada Gambar 3, 4, 5, dan 6. Semua parameter ini terkait dengan lokasi Jatiluhur yang terletak pada

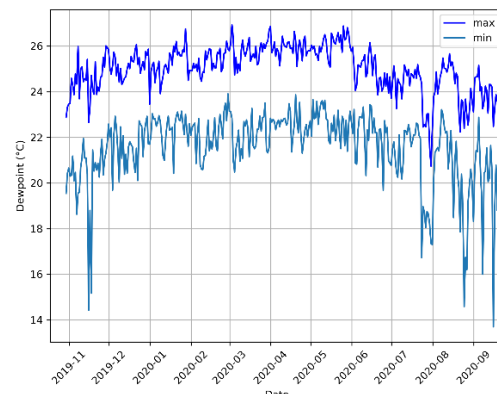
ketinggian 140 mdpl, dengan variasi tekanan udara antara 1010 – 1015 mbar, dan hanya berjarak sekitar 42 km dari pantai utara Jawa, dan di dekatnya terdapat danau dari Bendungan Jatiluhur (2,5 km).

Profil iklim tropis terlihat dengan jelas dan hal ini sangat penting diketahui untuk perawatan dan operasi teleskop. Temperatur harian bervariasi antara 24 hingga ~32 °C, sehingga terdapat variasi sebesar 8 °C, yang relatif stabil. Temperatur terpanas terjadi di musim hujan, mencapai 34 °C. Kestabilan nilai tekanan udara dan temperatur tampak terlihat dari Gambar 3 dan 4.



Gambar 5. Variasi nilai kelembaban harian (dalam %), ditunjukkan dalam nilai maksimum (hijau) dan minimum (hijau muda).

Nilai kelembaban relatif (dalam %) sangat penting diketahui, mengingat peralatan pendukung teleskop radio merupakan peralatan elektronik sensitif, yang harus disimpan dalam ruangan yang terjaga dengan nilai kelembaban yang rendah dan temperatur yang stabil. Kelembaban yang tinggi merupakan kondisi khas iklim tropis yang tidak terhindarkan. Dari Gambar 5, secara rerata, variasi nilai kelembaban harian di musim kemarau berkisar

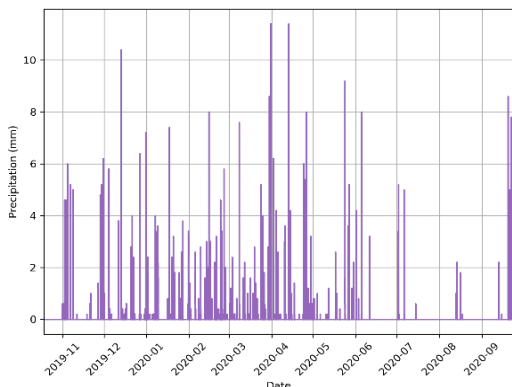


Gambar 6. Variasi nilai titik embun harian (dalam °C), ditunjukkan dalam nilai maksimum (biru) dan minimum (biru tua).

sekitar 30% dan membesar di musim hujan sampai sekitar 50%, dengan nilai akurasi sekitar 15%.

Variasi harian nilai titik embun (dalam °C) ditunjukkan pada Gambar 6 merentang antara 21 hingga 25 °C. Nilai ini, bersama dengan nilai kelembaban relatif, dapat dikonversi menjadi besaran *pwv* (*precipitable water vapor*) yang berguna untuk menentukan kandungan uap air terintegrasi (Hidayat et al. 2010). Selanjutnya, nilai tersebut dapat digunakan untuk menentukan nilai opasitas untuk menentukan transmitansi ataupun serapan atmosfer, maupun untuk kalibrasi sinyal. Perlu pula dicatat bahwa teleskop radio yang diusulkan akan bekerja pada frekuensi kurang dari 25 GHz, sehingga relatif tidak rentan terhadap variasi perubahan kandungan uap air.

Selanjutnya, Gambar 7 memberikan pola perubahan musim di Jatiluhur, antara musim hujan (dengan presipitasi sekitar 12 mm) dan musim kemarau. Musim hujan dapat dikatakan berlangsung antara bulan Oktober sampai dengan April, dan dilanjutkan dengan musim kemarau antara Mei sampai dengan akhir September, dengan Juli – Agustus nyaris tanpa hujan. Pola ini sangat khas daerah tropis, tidak berbeda dengan umumnya daerah lain di Indonesia. Dari data ini, Jatiluhur juga dapat dikatakan sebagai daerah yang relatif kering.



Gambar 7. Pola presipitasi harian (dalam mm) di Jatiluhur.

5 PENUTUP

Berdasarkan data cuaca yang terukur selama hampir setahun, terlihat bahwa Stasiun Bumi Jatiluhur memiliki profil cuaca yang relatif stabil. Kecepatan angin yang menjadi *concern* utama karena antenanya cukup besar, didapati hasil yang tidak mengkhawatirkan untuk keamanan beroperasinya teleskop. Hasil pengukuran awal ini dapat menjadi salah satu pertimbangan untuk mempersiapkan fasilitas pendukung untuk keperluan stasiun VLBI, sambil melanjutkan pengukuran dalam jangka waktu yang lebih panjang.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih secara khusus kepada Indosat Ooredoo yang mendukung keberlangsungan proyek ini. Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada M. F. Nashiruddin dan Agus T. P. Jatmiko atas diskusinya yang bermanfaat.

6 PUSTAKA

- Anonim, 2009, *User's Guide to WeeWX* <<http://www.weewx.com/docs/usersguide.htm>>
- Anonim. Vantage Vue® Console Manual
- Comsat RSI, 1996, *Earth Station Monitor and Control System, Operation and Maintenance Manual*, Jatiluhur
- Hidayat, T., Mahasena, P, dan Dermawan, B., 2010, Search for New Astronomical Site in Indonesia: I. Global Atmospheric Parameters, *Jurnal Matematika dan Sains*, 15, P. 16-22
- Hidayat, T., Nurul Huda, I., Ramadhan, S., Premadi, P. W., Dermawan, B., Puspitarini, L., Jaelani, A. T., Vierdayanti, K., Irfan, M., Yusuf, M., Hafieduddin, M., Wulandari, H. R. T., dan Kunjaya, C., 2021, dalam *Proceedings* ini.
- Maddalena, R. J. dan Morgan, L., 2011, *High Frequency Weather Forecasts* <<https://www.gb.nrao.edu/~rmaddale/Weather/index.html>>