



Komparasi Data Pemantauan Cuaca antara Stasiun Meteorologi Di Tapak RDNK dan KNS untuk Proses Perizinan

Arif Yuniarto^{*1}, Deni Septiadi²

¹Pusat Pendayagunaan Informatika dan Kawasan Strategis Nuklir, BATAN, Kawasan PUSPIPTEK Tangerang Selatan, Indonesia

²Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, BMKG, Pondok Betung, Tangerang Selatan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima:

02 Desember 2019

Diterima dalam bentuk revisi:

04 Februari 2020

Disetujui:

13 Maret 2020

Kata kunci:

Meteorologi

RDNK

KNS

Perizinan

ABSTRAK

KOMPARASI DATA PEMANTAUAN CUACA ANTARA STASIUN METEOROLOGI DI TAPAK RDNK DAN KNS UNTUK PROSES PERIZINAN. Kajian aspek meteorologi dalam rencana pembangunan Reaktor Daya Non Komersial (RDNK) merupakan salah satu hal penting dalam proses perizinan tapak, tahap konstruksi, komisioning dan operasi. Dalam rangka pemenuhan aspek tersebut, Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) membangun stasiun meteorologi di tapak RDNK pada tahun 2018. Hasil evaluasi data cuaca pada stasiun meteorologi RDNK kurang representatif karena pengamatan data dilakukan dalam rentang waktu yang pendek sehingga perlu pengumpulan data cuaca dari stasiun meteorologi lain, yaitu stasiun meteorologi di tapak Kawasan Nuklir Serpong (KNS). Penelitian ini bertujuan membandingkan data cuaca hasil pengukuran dari kedua stasiun meteorologi di tapak KNS dan tapak RDNK sehingga dapat dijadikan justifikasi dalam proses evaluasi tapak RDNK, serta kegiatan evaluasi lanjutan dalam proses perizinan. Parameter cuaca yang diamati dalam penelitian ini meliputi temperatur, tekanan, kelembaban relatif, radiasi matahari dan curah hujan selama satu tahun. Data cuaca yang telah lolos penyaringan dibandingkan pada waktu yang sama. Data tersebut dianalisis menggunakan statistik deskriptif, box-plot, korelasi *Pearson*, *Root Mean Square Error* (RMSE), *Mean Absolute Error* (MAE), analisis regresi linier dan analisis kecenderungan. Hasil kajian menunjukkan adanya korelasi positif yang sangat kuat dan kecenderungan yang sama dari waktu ke waktu antara parameter cuaca di kedua stasiun meteorologi tersebut. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tapak RDNK memiliki karakteristik meteorologi yang sama dengan tapak KNS.

ABSTRACT

COMPARISON OF WEATHER MONITORING DATA BETWEEN METEOROLOGICAL STATIONS IN RDNK AND KNS SITES FOR LICENSING PROCESSES. The study of meteorological aspects in Non-Commercial Power Reactor (RDNK) development plan is one of the important things in process of site licensing, construction, commissioning and operation stage. In order to fulfill these aspects, National Nuclear Energy Agency of Indonesia (BATAN) built a meteorological station on RDNK site in 2018. The evaluation results of weather data at the RDNK meteorological station are less representative because observations of the data are carried out in a short range of time so it is necessary to collect weather data from another meteorological station, that is meteorological station in Serpong Nuclear Area (KNS). This study aims to compare weather data from two meteorological stations on KNS and RDNK site so that they can be justified in RDNK site evaluation process and further evaluation activities in the licensing process. Weather parameters observed in this study include temperature, pressure, relative humidity, solar radiation and rainfall for one year. Weather data that have passed filtering are compared at the same time. The data were analyzed using descriptive statistics, box-plot, Pearson correlation, root mean square error (RMSE), mean absolute error (MAE), linear regression analysis and trend analysis. The results of study showed a very strong positive correlation and the same tendency over time between weather parameters at two meteorological stations. It can be concluded that RDNK site has the same meteorological characteristics as KNS site.

Keywords: meteorology, RDNK, KNS, licensing process

© 2019 Jurnal Pengembangan Energi Nuklir. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) merencanakan untuk membangun Reaktor Daya Eksperimental (RDE) atau Reaktor Daya Non Komersial (RDNK). Teknologi yang dipilih adalah reaktor tipe *High Temperature Gas Cooled Reactor* (HTGR) dengan kapasitas daya

10 MWt. Berdasarkan studi awal tapak, lokasi tapak RDNK terletak di Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Kelurahan Muncul, Kecamatan Setu, Kota Tangerang Selatan di Provinsi Banten. Pemilihan lokasi tersebut telah melalui beberapa kajian, meliputi aspek geologi dan kegempaan, aspek tata guna lahan, aspek bahaya eksternal dan penerimaan

* Penulis korespondensi.

E-mail: arif_y@batan.go.id

masyarakat[1-6]. Lokasi tersebut berdekatan dengan fasilitas nuklir BATAN Kawasan Nuklir Serpong (KNS), yang meliputi Reaktor Serbaguna G. A. Siwabessy, instalasi elemen bahan bakar nuklir eksperimental, instalasi radiometalurgi, instalasi radioisotop dan radiofarmaka, serta instalasi pengolahan limbah radioaktif.

Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) Nomor 4 Tahun 2018 tentang Ketentuan Keselamatan Evaluasi Tapak Instalasi Nuklir menyatakan bahwa evaluasi aspek meteorologi meliputi nilai ekstrem parameter meteorologi dan fenomena cuaca ekstrem untuk menentukan nilai parameter dasar desain[7]. Hal ini juga mengacu pada Standar Keselamatan *International Atomic Energy Agency* (IAEA) tentang evaluasi tapak untuk instalasi nuklir[8]. Selain itu, data meteorologi juga digunakan dalam evaluasi aspek dispersi zat radioaktif, terutama lepasan melalui udara secara atmosferik, baik dalam kondisi operasi normal[9] maupun kecelakaan[10-12].

Pada tahun 2018, BATAN membangun stasiun meteorologi di tapak RDNK untuk memperoleh data cuaca spesifik tapak. Evaluasi aspek meteorologi dalam tahap izin tapak, konstruksi, komisioning dan operasi memerlukan data cuaca dengan rentang pengamatan data historis yang panjang sehingga stasiun meteorologi alternatif perlu ditentukan terkait dengan kecukupan data evaluasi.

Stasiun meteorologi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) di sekitar Kawasan PUSPIPTEK Serpong, seperti stasiun meteorologi Curug, Pondok Betung dan Cengkareng dapat digunakan sebagai alternatif pengumpulan data cuaca historis. Namun demikian, jarak stasiun meteorologi tersebut dengan tapak RDNK berkisar lebih dari 10 km sehingga representasi data cuaca yang bersifat lokal kurang dapat terpenuhi.

Stasiun meteorologi di KNS telah direvitalisasi pada akhir tahun 2009 untuk menyediakan data cuaca spesifik tapak yang digunakan dalam kajian dispersi zat radioaktif dan dampak radiologi fasilitas nuklir terhadap pekerja dan masyarakat. Stasiun meteorologi tersebut telah dievaluasi kinerjanya terkait pengukuran parameter cuaca di KNS[13].

Dalam konteks historis, seperti pada program evaluasi tapak RDNK, representasi stasiun meteorologi di KNS terhadap kondisi cuaca di tapak RDNK menjadi hal penting yang perlu dijawab. Saat ini, setelah sekitar setahun stasiun meteorologi di tapak RDNK beroperasi, dapat dilakukan suatu analisis perbandingan parameter cuaca dengan stasiun meteorologi di KNS.

Penelitian ini bertujuan membandingkan data cuaca hasil pengukuran dari kedua stasiun meteorologi di tapak KNS dan tapak RDNK. Jika terdapat kemiripan data dan/atau kesamaan kecenderungan, dapat dinyatakan bahwa stasiun meteorologi di kedua tapak tersebut dapat saling mensubstitusi. Hal tersebut dapat dijadikan sebagai justifikasi penggunaan data cuaca KNS dalam proses evaluasi tapak RDNK yang telah dilaksanakan serta kegiatan evaluasi dalam proses perizinan tahap berikutnya, seperti kajian dispersi atmosferik zat radioaktif untuk analisis keselamatan dan kesiapsiagaan kedaruratan nuklir pada tahap konstruksi, komisioning dan operasi. Dalam konteks yang lain, hal ini juga dapat dijadikan justifikasi dalam substitusi data jika salah satu dari kedua stasiun meteorologi tersebut mengalami kegagalan operasi akibat kerusakan sensor atau kerusakan komponen pendukung lainnya.

2. METODOLOGI

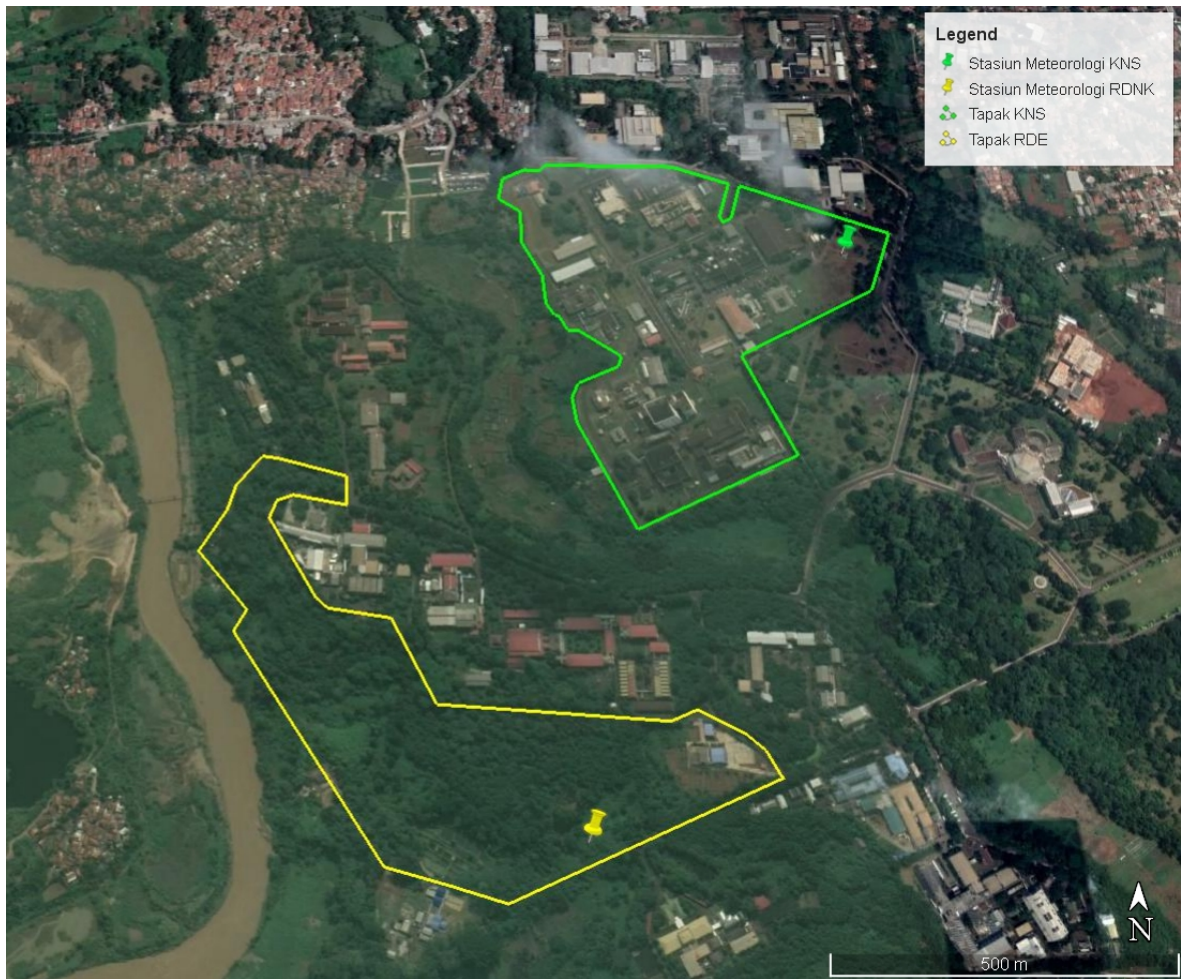
2.1. Deskripsi Stasiun Meteorologi

Kawasan Nuklir Serpong (KNS) dan tapak RDNK berada di dalam Kawasan Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PUSPIPTEK) yang berlokasi di Desa Muncul, Kecamatan Setu, Kota Tangerang Selatan. Stasiun meteorologi KNS terletak pada 6°20'58.17" LS dan 106°39'57.41" BT, sedangkan stasiun meteorologi RDNK terletak pada 6°21'30.13" LS dan 106°39'41.53" BT. Deskripsi lokasi stasiun meteorologi KNS dan RDNK ditunjukkan pada Gambar 1. Jarak garis lurus antara kedua stasiun meteorologi tersebut sekitar 1,11 km.

Pemantauan parameter cuaca pada stasiun meteorologi KNS dan RDNK menggunakan *automatic weather system* (AWS). Penggunaan AWS telah secara luas diimplementasikan pada pengukuran parameter

cuaca [14]. Spesifikasi sensor yang digunakan dalam pemantauan parameter cuaca di stasiun

meteorologi KNS dan tapak RDNK ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Lokasi Stasiun Meteorologi RDNK dan KNS

Tabel 1. Parameter Cuaca, Spesifikasi Sensor dan Jumlah Data yang Diobservasi

Parameter	Stasiun RDNK	Stasiun KNS	Jumlah Pasangan Data Harian yang Diobservasi dalam satu tahun (365 hari)
Temperatur	Vaisala WXT536[15]	Vaisala WXT520[16]	336 (92,05%)
Tekanan	Vaisala WXT536	Vaisala WXT520	343 (93,97%)
Kelembaban relatif	Vaisala WXT536	Vaisala WXT520	338 (92,60%)
Radiasi matahari	Kipp & Zonen SMP3[17]	Adcon Pyranometer SP-Lite[18]	352 (96,44%)
Curah hujan	Adcon RG1[19]	Pronamic Rain-O-Matic [20]	365 (100,00%)

2.2. Pengumpulan dan Penyaringan Data

Parameter cuaca yang diamati dalam penelitian ini meliputi temperatur, tekanan, kelembaban relatif, radiasi matahari dan curah hujan, pada stasiun meteorologi di KNS dan tapak RDNK dalam periode 1 September 2018 sampai dengan 31 Agustus 2019. Parameter cuaca pada kedua stasiun meteorologi tersebut dikirimkan dari lokasi tapak ke ruang pusat data secara terus

menerus (kontinyu) dengan interval waktu 10 menit.

Data tersebut disaring menggunakan kriteria yang direkomendasikan oleh *United States Environmental Protection Agency*[21]. Data yang tidak sesuai dengan kriteria tersebut diberi tanda dan tidak digunakan dalam penelitian ini[22]. Data tiap 10 menit diolah menjadi data harian dalam bentuk rata-rata (temperatur, tekanan, kelembaban relatif dan radiasi matahari), serta jumlah akumulasi (curah hujan).

2.3. Komparasi Data Meteorologi

Data cuaca yang telah lolos penyaringan dibandingkan pada waktu yang sama sehingga diperoleh pasangan data. Data tersebut dianalisis menggunakan beberapa metode, yaitu:

- Statistik deskriptif: menampilkan data minimum, rata-rata, maksimum dari keseluruhan data yang diobservasi[23].
- *Box-Plot*: menggambarkan dalam grafik nilai tengah (median), minimum, maksimum dengan mempertimbangkan data yang bersifat pencilan (*outlier*)[24].
- Korelasi Pearson: mengukur ketergantungan linier antara data yang dibandingkan[25].
- *Root mean square error* (RMSE): mengukur secara absolut dari kesalahan menyeluruh dalam perkiraan relatif terhadap data observasi[25].
- *Mean absolute error* (MAE): menghitung rata-rata error secara intuitif dengan memberikan bobot yang sama untuk seluruh data[26].
- Analisis regresi linier: memprediksi data kuantitatif menggunakan koefisien estimasi untuk membentuk persamaan regresi[25].
- Analisis kecenderungan: menampilkan grafik kecenderungan dua variabel berpasangan[26].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif data observasi, seperti ditunjukkan pada Tabel 2, memperlihatkan bahwa pengukuran temperatur, tekanan, radiasi matahari dan curah hujan pada stasiun meteorologi KNS cenderung menghasilkan nilai yang lebih tinggi daripada stasiun meteorologi RDNK. Data kelembaban relatif menunjukkan hal yang sebaliknya.

Analisis statistik tersebut menggambarkan kesesuaian fenomena cuaca

yang sesuai dengan teori. Suatu area yang menerima radiasi matahari lebih besar cenderung memiliki temperatur dan tekanan yang lebih besar, serta memiliki kelembaban relatif yang lebih kecil.

Kecenderungan cuaca yang diketahui dari analisis statistik ini disebabkan oleh kondisi stasiun meteorologi di masing-masing tapak. Dari aspek jarak pemasangan sensor cuaca terhadap tinggi halangan terdekat, stasiun meteorologi KNS lebih baik daripada stasiun meteorologi di tapak RDNK.

Di sekitar stasiun meteorologi KNS tidak terdapat halangan yang signifikan yang dapat mengganggu pengukuran parameter cuaca. Keberadaan halangan di sekitar stasiun meteorologi RDNK cenderung lebih banyak, misalnya pohon-pohon yang tinggi. Pohon-pohon tersebut merupakan upaya penghijauan di kawasan PUSPIPTEK dan bahkan beberapa pohon merupakan spesies yang harus dilindungi. Hal ini menyebabkan stasiun meteorologi RDNK belum memenuhi standar *World Meteorological Organization* (WMO), terutama dari aspek jarak pemasangan sensor cuaca terhadap tinggi halangan terdekat[27].

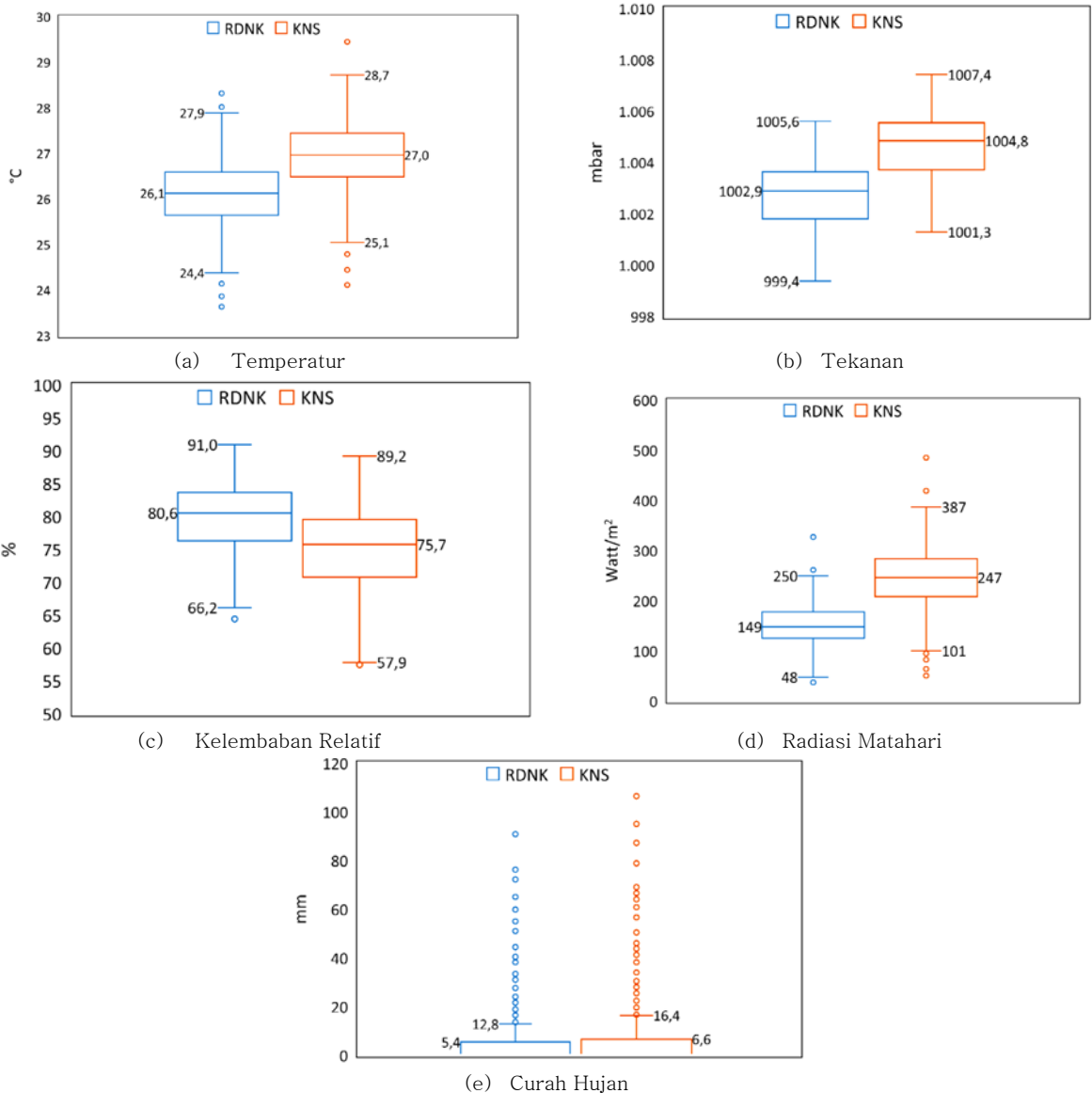
3.2. *Box-Plot*

Analisis *box-plot* pada Gambar 2 menunjukkan fenomena serupa dengan analisis statistik deskriptif. Selain parameter tekanan, analisis *box-plot* pada parameter cuaca memunculkan nilai pencilan yang berarti nilainya berada di luar rentang $1,5 \times$ nilai IQR (*inner quartile range*). Nilai IQR merupakan selisih kuartil ketiga dan pertama yang ditandai dengan area kotak. Nilai pencilan bukan berarti kesalahan pengukuran, melainkan frekuensi kejadiannya sangat sedikit secara statistik.

Analisis *box-plot* pada parameter curah hujan menunjukkan bahwa ketiadaan hujan (0 mm) lebih sering terjadi. Hal ini menyebabkan cukup banyak nilai pencilan akibat kejadian hujan. Hal ini sekaligus mengkonfirmasi hasil analisis statistik deskriptif bahwa nilai rata-rata curah hujan lebih dekat ke nilai minimum dan sangat jauh dari nilai maksimum[28]

Tabel 2. Statistik Deskriptif Data Observasi

Parameter	Statistik	RDNK	KNS
Temperatur (°C)	Minimum	23,6	24,1
	Rata-rata	26,1	27,0
	Maksimum	28,3	29,5
Tekanan (mbar)	Minimum	999,4	1001,3
	Rata-rata	1002,8	1004,7
	Maksimum	1005,6	1007,4
Kelembaban relatif (%)	Minimum	64,4	57,5
	Rata-rata	79,8	75,1
	Maksimum	91,0	89,2
Radiasi matahari (Watt/m ²)	Minimum	38	51
	Rata-rata	153	247
	Maksimum	327	486
Curah hujan (mm)	Minimum	0	0
	Rata-rata	6,6	7,2
	Maksimum	90,8	106,4



Gambar 2. Analisis *Box-Plot* Data Observasi

3.3. Korelasi Pearson, RMSE dan MAE

Analisis korelasi Pearson, RMSE dan MAE hubungan antara stasiun meteorologi RDNK dan KNS ditunjukkan pada Tabel 3. Koefisien korelasi (R^2) Pearson menunjukkan nilai di atas 0,70 untuk semua parameter cuaca. Berdasarkan data tersebut dapat dinyatakan bahwa parameter cuaca dari kedua stasiun meteorologi memiliki korelasi yang sangat kuat [29, 30].

Analisis RMSE dan MAE menggambarkan secara umum selisih pengukuran parameter cuaca antara stasiun meteorologi RDNK dan KNS. Selisih tersebut dianalisis lebih lanjut dengan persamaan regresi linier dari *scatter plot*.

3.4. Regresi Linier

Gambar 3 merupakan *scatter plot* hubungan pasangan data pada waktu yang sama untuk tiap parameter cuaca antara stasiun meteorologi RDNK (sumbu horizontal) dan stasiun meteorologi KNS (sumbu vertikal). *Scatter plot* parameter temperatur, tekanan dan radiasi matahari lebih banyak berada di atas garis rasio 1:1 karena parameter cuaca tersebut cenderung memiliki nilai yang lebih tinggi pada stasiun meteorologi KNS daripada RDNK. Sebaliknya dengan parameter kelembaban relatif, *scatter plot* lebih banyak berada di bawah garis rasio 1:1. Meskipun curah hujan di area KNS lebih besar daripada di tapak RDNK, namun hubungan pasangan data keduanya tidak terlalu signifikan berada di atas garis rasio 1:1, bahkan garis kecenderungan liniernya hampir berimpit dengan garis rasio 1:1.

Gradien garis kecenderungan untuk tiap parameter cuaca bernilai positif, artinya semakin besar nilai parameter cuaca di stasiun meteorologi RDNK, semakin besar pula nilai parameter cuaca di stasiun meteorologi KNS. Koefisien korelasi (R^2)

parameter temperatur, tekanan, kelembaban relatif dan curah hujan bernilai di atas 0,70 sehingga dapat disimpulkan memiliki korelasi sangat kuat. Untuk parameter radiasi matahari, koefisien korelasi bernilai 0,69 atau dapat disimpulkan memiliki korelasi kuat (lebih dari 0,50) [31].

Dari analisis regresi linier juga diperoleh persamaan hubungan antara tiap parameter cuaca di stasiun meteorologi RDNK dan KNS. Persamaan tersebut dapat digunakan untuk memprediksi data dari salah satu stasiun meteorologi jika di stasiun tersebut terjadi kekosongan data.

3.5. Analisis Kecenderungan

Dari pasangan data dalam waktu yang berurutan selama satu tahun, terlihat bahwa terdapat kesamaan kecenderungan antara data stasiun meteorologi RDNK dan KNS, seperti ditunjukkan pada

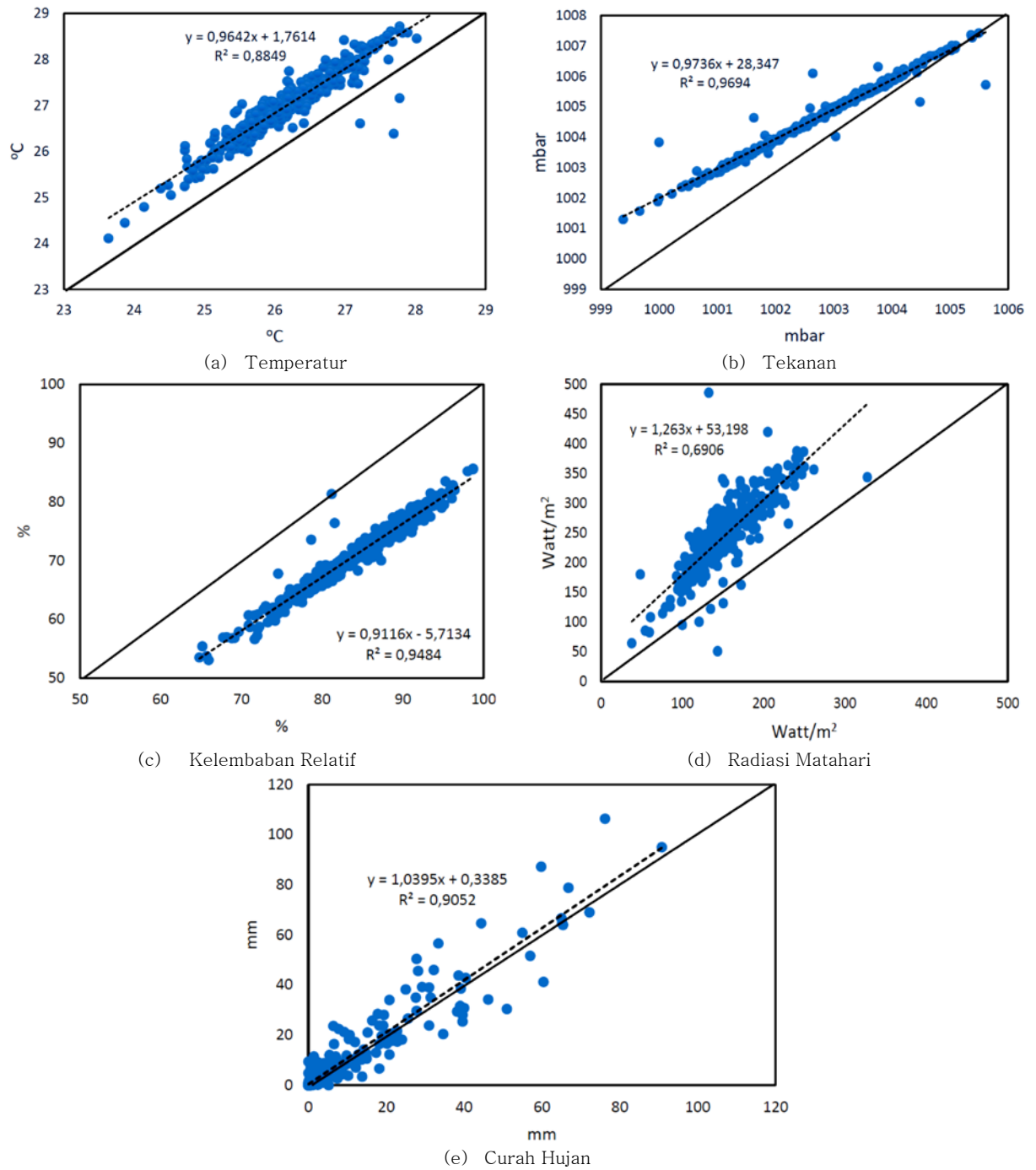
Gambar 4. Fluktuasi peningkatan dan penurunan nilai dari waktu ke waktu untuk tiap parameter cuaca antara kedua stasiun meteorologi cenderung sama. Garis hitam putus-putus merupakan garis kecenderungan dari tiap parameter cuaca dengan persamaan polynomial orde 6 (Gambar 4(a), (b), (c), dan (d)).

Dalam hal melihat kesamaan kecenderungan parameter curah hujan, cukup sulit untuk membuat garis kecenderungan karena data dengan nilai 0 mm lebih banyak dibandingkan kejadian hujan. Oleh karena itu, selain memplotkan data harian secara berurutan untuk melihat kesamaan kecenderungan (Gambar 4(e)), juga dilakukan konfirmasi terhadap curah hujan akumulasi dalam satu tahun (Gambar 4(f)).

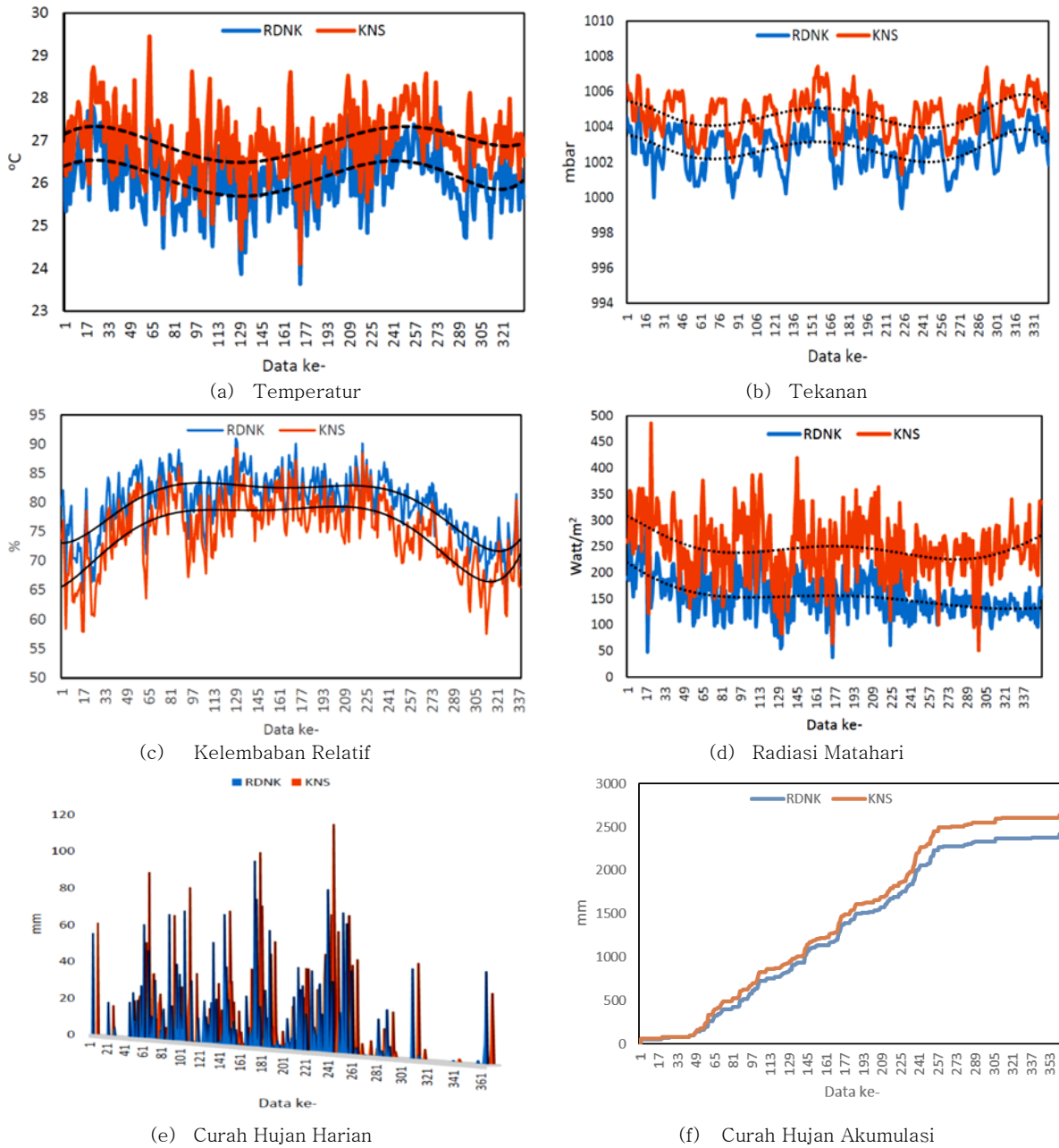
Kesamaan kecenderungan data tiap parameter cuaca antara kedua stasiun meteorologi menunjukkan bahwa area tapak RDNK dan KNS memiliki kesamaan karakteristik meteorologi.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Korelasi Pearson, RMSE dan MAE Data Observasi

Parameter	Korelasi Pearson	RMSE	MAE
Temperatur	0,94	0,9 °C	0,8 °C
Tekanan	0,98	1,9 mbar	1,9 mbar
Kelembaban relatif	0,96	5,1 %	4,7 %
Radiasi matahari	0,83	100 Watt/m ²	94 Watt/m ²
Curah hujan	0,95	4,9 mm	2,1 mm



Gambar 3. Analisis Regresi Linier Data Observasi



Gambar 4. Analisis Kecenderungan

4. KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan adanya korelasi yang sangat kuat antara parameter cuaca di kedua stasiun meteorologi, yaitu KNS dan RDNK. Korelasi tersebut merupakan korelasi yang bersifat positif, artinya semakin besar nilai parameter cuaca di stasiun meteorologi RDNK, semakin besar pula nilai parameter cuaca di stasiun meteorologi KNS, dan demikian sebaliknya. Selain korelasi positif yang sangat kuat, juga diperoleh bahwa data cuaca di kedua stasiun

meteorologi memiliki kecenderungan sama dari waktu ke waktu. Berdasarkan hal tersebut dapat dinyatakan bahwa tapak RDNK memiliki karakteristik cuaca yang sama dengan tapak KNS.

Jika stasiun meteorologi di tapak RDNK akan digunakan dalam analisis keselamatan akibat dispersi zat radioaktif secara atmosferik, perbaikan terhadap aspek jarak pemasangan sensor cuaca terhadap tinggi halangan terdekat perlu dilakukan. Hal ini penting dalam penyusunan laporan analisis keselamatan dan program kesiapsiagaan

ke daruratan nuklir sebagai bagian dari persyaratan izin konstruksi, komisioning dan operasi RDNK.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan dan rekan-rekan di Pusat Pendayagunaan Informatika dan Kawasan Strategis Nuklir (PPIKSN), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) atas dukungan teknisnya, serta Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah memberikan dana penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Suntoko and Supartoyo, "Konfirmasi Patahan Permukaan Awal Berdasarkan Data Geologi dan Data Gempa Daerah Kawasan Puspipstek Serpong," *J. Pengemb. Energi Nukl.*, vol. 18, no. 1, pp. 1–10, 2016.
- [2] H. Susiati and H. Subagio, "Aplikasi Penginderaan Jauh Dalam Pemetaan Penggunaan Lahan Detil Tapak RDE, PUSPIPTEK Serpong," *J. Pengemb. Energi Nukl.*, vol. 18, no. 2, pp. 101–112, 2016.
- [3] S. Alimah and June Mellawati, "Study of Dispersion Hazard Potential of The LPG Stations Around The RDE Site in Rainy and Dry Season," *J. Pengemb. Energi Nukl.*, vol. 20, no. 1, pp. 17–24, 2018.
- [4] Yarianto S B S, S. Alimah, and June Mellawati, "Kajian Probabilitas Jatuhnya Pesawat Terbang Di Area Tapak Reaktor Daya Eksperimental (RDE) PUSPIPTEK Serpong," *J. Pengemb. Energi Nukl.*, vol. 18, no. 2, pp. 67–73, 2017.
- [5] D. Priambodo, "Penentuan Nilai Jarak Aman Sumber Tidak Bergerak: Skenario Kebakaran dan Ledakan pada SPBU dan SPPBE di Sekitar Tapak RDE," *J. Pengemb. Energi Nukl.*, vol. 20, no. 1, pp. 9–16, 2018.
- [6] S. Alimah, H. Susiati, D. Irawan, and M. Bustomi, "Penerimaan Masyarakat Sekitar Puspipstek Serpong Terhadap Rencana Pembangunan Reaktor Daya Eksperimental," *J. Pengemb. Energi Nukl.*, vol. 20, no. 2, pp. 105–110, 2019.
- [7] Badan Pengawas Tenaga Nuklir, "Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2018 Tentang Ketentuan Keselamatan Evaluasi Tapak Instalasi Nuklir," Jakarta, 2018.
- [8] International Atomic Energy Agency, *IAEA Safety Standards Series No. NS-R-3 (Rev. 1) Site Evaluation for Nuclear Installations*. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency, 2016.
- [9] A. Yuniarto, G. Soedarmini, and S. Syahrir, "Pengaruh Tinggi Lapisan Efektif Terhadap Dispersi Atmosferik Zat Radioaktif (Studi Kasus: Calon Tapak Pltn Bangka Belitung)," *J. Teknol. Pengelolaan Limbah*, vol. 17, no. 1, pp. 62–70, 2014.
- [10] A. Yuniarto and M. C. C. Hikmat, "The Study of Atmospheric Dispersion Model on Accident Scenario of Research Reactor G. A. Siwabessy using HotSpot Codes as A Nuclear Emergency Decision Support System," *Tri Dasa Mega*, vol. 21, no. 1, pp. 1–8, 2019.
- [11] A. Pirouzmand, Z. Kowsar, and P. Dehghani, "Atmospheric dispersion assessment of radioactive materials during severe accident conditions for Bushehr nuclear power plant using HYSPLIT code," *Prog. Nucl. Energy*, vol. 108, no. October 2017, pp. 169–178, 2018.
- [12] G. Wotawa, "Special issue ' WMO task team on meteorological analyses for Fukushima Daiichi nuclear power plant accident ,' " *J. Environ. Radioact.*, vol. 139, no. 1120, p. 171, 2015.
- [13] A. Yuniarto, Untara, and Budi Hari Hadipriyanto, "Evaluasi Data Meteorologi Kawasan Nuklir Serpong," *J. Teknol. Pengelolaan Limbah*, vol. 16, no. 3, pp. 195–204, 2013.
- [14] M. Nsabagwa, M. Byamukama, E. Kondela, and J. S. Otim, "Towards a robust and a ff ordable Automatic Weather Station," *Dev. Eng.*, vol. 4, no. May 2018, p. 100040, 2019.
- [15] Vaisala, *User Guide Vaisala Weather Transmitter WXT530 Series*. Helsinki, Finland: Vaisala Oyj, 2017.
- [16] Vaisala, *User's Guide Vaisala Weather Transmitter WXT520*. Helsinki, Finland: Vaisala Oyj, 2008.
- [17] Kipp & Zonen, *Instruction Manual SMP Series Smart Pyranometer*. Delft, Netherlands: Kipp & Zonen B.V., 2017.
- [18] ADCON Telemetry, *Pyranometer SP-Lite Datasheet*. Klosterneuburg, Austria: ADCON Telemetry, 2015.
- [19] ADCON Telemetry, *Technical Data RG1 Rain Gauge, 200cm2, 0.2mm*. Klosterneuburg, Austria: ADCON Telemetry, 2019.
- [20] Pronamic, *Technical Specifications Pronamic Rain-O-Matic Professional Rain Gauge*. Ringkobing, Denmark: Pronamic.
- [21] US EPA, *EPA Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Applications Meteorological Monitoring Guidance*. US EPA, 2000.
- [22] J. Estévez, P. Gavilán, and J. V. Giráldez, "Guidelines on validation procedures for meteorological data from automatic weather stations," vol. 402, pp. 144–154, 2011.
- [23] K. Aprilina, T. A. Nuraini, and A. Sopaheluwakan, "Kajian Awal Uji Statistik Perbandingan Suhu Udara dari Peralatan Pengamatan Otomatis dan Manual," *J. Meteorol. dan Geofis.*, vol. 18, no. 1, pp. 13–20, 2017.
- [24] E. Bailey, C. Fuhrmann, J. Runkle, S. Stevens, M. Brown, and M. Sugg, "Wearable sensors for personal temperature exposure assessments: A comparative study," *Environ. Res.*, no. July, p. 108858, 2019.
- [25] J. M. Colston *et al.*, "Evaluating meteorological data from weather stations , and from satellites and global models for a multi-site epidemiological study," *Environ. Res.*, vol. 165, no. February, pp. 91–109, 2018.

- [26] F. Lin, K. Huang, T. Lin, and R. Hwang, "Science of the Total Environment Generating hourly local weather data with high spatially resolution and the applications in bioclimatic performance," *Sci. Total Environ.*, vol. 653, pp. 1262-1271, 2019.
- [27] World Meteorological Organization, *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*, no. 8. Geneva, Switzerland: WMO, 2017.
- [28] E. Adrian, E. E. S. Makmur, R. P. Pradana, R. Satyaningsih, and J. Rizal, "Perbandingan Data Pengamatan Parameter Meteorologi Antara Metode Manual," *Lap. Tah. Has. Penelit. PUSLITBANG 2014*, pp. 61-71, 2014.
- [29] C. S. Populasi, P. Palloan, N. Ihsan, J. Fisika, and U. Negeri, "Studi tentang komparasi data tekanan udara pada barometer digital dan automatic weather sistem (awos) di stasiun meteorologi hasanuddin makassar," *J. Sains dan Pendidik. Fis.*, vol. 8, no. 3, pp. 297-302, 2012.
- [30] D. A. de Vaus, *Surveys in Social Research*, Fifth. Allen & Unwin, 2005.
- [31] A. C. Almeida and J. J. Landsberg, "Evaluating methods of estimating global radiation and vapor pressure deficit using a dense network of automatic weather stations in coastal Brazil," *Agric. For. Meteorol.*, vol. 118, pp. 237-250, 2003.