

# SIDARMA: SISTEM INTEGRASI DATA RADAR CUACA MANDIRI BERBASIS *WEB-GIS* DAN APLIKASI ANDROID

(*SIDARMA: Web-GIS and Android Application Based In-House Weather Radar Integration System*)

Abdullah Ali<sup>1</sup>, Iddam Hairuly Umam<sup>1</sup>, Henrikus Jatining Wahyu Argo<sup>1</sup>, Haryadi<sup>1</sup>, Deni Permana<sup>1</sup>, Gumilang Deranadyan<sup>1</sup>, Alif Adiyasa<sup>1</sup>, Nanda Winata<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Meteorologi Publik, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika

<sup>2</sup>Stasiun Geofisika BMKG Kupang

Jl. Angkasa I No. 2 Kemayoran Jakarta Pusat

E-mail: [abdullah.ali@bmgk.go.id](mailto:abdullah.ali@bmgk.go.id)

Diterima: 03 November 2022; Direvisi: 22 Mei 2023; Disetujui untuk Dipublikasikan: 29 Mei 2023

## ABSTRAK

Radar cuaca merupakan salah satu instrumen penginderaan jauh yang penting dalam pengamatan kondisi cuaca terkini. Resolusi spasial dan temporal yang tinggi memberikan keuntungan dalam merepresentasikan struktur suatu sistem presipitasi secara lebih detail jika dibandingkan dengan satelit cuaca. Salah satu tantangan terbesar dalam pengoperasian radar cuaca di Indonesia adalah wilayah yang luas sehingga memerlukan lebih dari satu radar cuaca untuk dapat mencakup seluruh wilayah Indonesia. Kondisi tersebut mengharuskan adanya suatu sistem untuk mengintegrasikan seluruh hasil pengamatan radar cuaca. Selain itu, kemudahan dalam pengoperasian untuk petugas operasional dan publik menjadi suatu tuntutan dalam era industri 4.0. Penelitian ini bertujuan untuk mengulas dan mengevaluasi penggunaan Sistem Integrasi Data Radar Cuaca Mandiri (SIDARMA) yang merupakan *in house system* Sub-Bidang Pengelolaan Citra Radar Cuaca BMKG berbasis web-GIS dan aplikasi Android. Tampilan interaktif web-GIS menampilkan citra integrasi 41 lokasi radar (*mosaic*) dan citra tunggal (*single site*) radar cuaca dengan produk *reflectivity*, *rain rate*, *radial velocity*, dan *quantitative precipitation estimation* (QPE) untuk akumulasi 1 jam dan 24 jam. Aplikasi Android dikemas lebih sederhana untuk memudahkan pengguna dalam memilih dan membaca jenis citra. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan uji *usability* suatu *website* dan aplikasi. Hasil *usability web-GIS* dan aplikasi Android SIDARMA mencapai nilai 88% yang dapat dikategorikan sangat baik.

**Kata kunci:** aplikasi android, radar cuaca, sistem integrasi, *web-GIS*

## ABSTRACT

*Weather radar is one of the most important remote sensing instruments in observing current weather conditions. High spatial and temporal resolution provides an advantage in representing the structure of a precipitation system in more detail when compared to weather satellites. One of the biggest challenges in operating weather radars in Indonesia is the size of the area, so that more than one weather radar is absolutely needed to cover the entire territory of Indonesia, so an integration system for all existing weather radars is needed. In addition, ease of operation for both operational officers and the public is a demand in the industrial era 4.0. This study aims to review and evaluate the use of the Independent Weather Radar Data Integration System (SIDARMA), which is an in-house system for the BMKG Weather Radar Image Management Sub Division based on web-GIS and android applications. The interactive web-GIS display displays an integrated image of 41 radar locations (mosaic) and a single site image of a weather radar with products of reflectivity, rain rate, radial velocity, and quantitative precipitation estimation (QPE) for 1 hour and 24 hours accumulation. The android application is packaged in a simpler way to make it easier for users to select and read types of images. The evaluation is done by using the usability test of a website and application. The results of the usability of the web-GIS and the SIDARMA android application reached a value of 88% which could be categorized as very good.*

**Keywords:** android application, weather radar, integration system, *web-GIS*

## PENDAHULUAN

Radar cuaca memiliki peran vital dalam kegiatan operasional meteorologi dan hidrologi maupun keperluan penelitian (Krajewski & Smith, 2002). Hal ini mengharuskan adanya suatu sistem

integrasi yang bertujuan untuk menampilkan seluruh hasil pengamatan radar cuaca dalam periode pengamatan yang sama untuk mendapatkan informasi yang lebih komprehensif. *The European Weather Radar Network* (OPERA) merupakan salah satu sistem integrasi radar cuaca

yang dibangun melalui konsep *in house production* (Holleman et al., 2008). Pengembangan sistem dengan konsep *in house production* ini didasari oleh perbedaan sistem, perangkat lunak pengolahan data, hingga format data radar cuaca yang berbeda-beda. Banyak data radar cuaca yang ditulis dalam format yang kompleks, ditulis dalam format biner yang membutuhkan banyak ahli untuk dapat membacanya, hingga penggunaan aplikasi pengolahan radar cuaca yang bersifat komersil. Terlebih lagi sistem informasi geografis (SIG) pada umumnya menggunakan sistem koordinat Kartesian, sedangkan hasil pengamatan radar cuaca ditulis dalam sistem koordinat bola (Heistermann et al., 2013).

Berbagai kesulitan dalam pengolahan data radar cuaca tersebut mendorong para ahli untuk membuat suatu *library* pengolahan data radar cuaca berbasis *open source*. Pada tahun 2011, sebuah perangkat lunak *The Hydro-NEXARD* diluncurkan untuk mengatasi kendala tersebut, namun hanya diperuntukan untuk jaringan pengamatan radar cuaca NEXRAD di Amerika Serikat (Krajewski et al., 2011). Setahun kemudian, terdapat *open source software* dan *library* pengolahan radar cuaca, yaitu BALTRAD (Michelson et al., 2018) dan *library wradlib* yang digunakan pada bahasa pemrograman *Python* (Heistermann et al., 2013). Munculnya *open source software* dan *library* pengolahan data radar cuaca ini sangat memudahkan pengguna dalam merancang suatu sistem berbasis *in house production*. Beberapa keuntungan dari *in house production system* adakah kemudahan dalam pemeliharaan, pembaharuan produk, hingga membangun suatu kemandirian.

Hingga saat ini, jaringan radar cuaca Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) hingga tahun 2021 berjumlah 42 (**Gambar 1**), dimana 38 radar merupakan tipe *C-Band*, dan 5 radar tipe *X-Band*. Terdapat 20 radar dengan usia operasi lebih dari 10 tahun, 20 radar dengan usia operasi 5-10 tahun, dan 1 radar dengan usia operasi kurang dari 5 tahun. Tipe polarisasi didominasi oleh polarisasi tunggal, hanya terdapat 5 lokasi dengan polarisasi ganda yaitu radar cuaca Sintang, Majene, Masamba, Wamena, dan Palu (Ali et al., 2021). Pada tahun 2009, BMKG membangun sistem integrasi menggunakan sistem *The HydroMet Decision Support System* (HDSS) dimana jumlah radar pada awal pembangunan adalah 28 (Conway, 2007; Conway & Eilts, 2004). Namun pada tahun 2018 BMKG memutuskan untuk tidak melanjutkan kontrak, dan menyiapkan pembangunan sistem integrasi berbasis *in house production* sejak tahun 2016 (Ali & Sa'adah, 2021). Peralihan sistem integrasi radar cuaca dimulai sejak lisensi sistem HDSS dinyatakan habis dan tidak dapat beroperasi,

hingga pada tahun 2018 sistem integrasi mandiri tersebut dinamakan SIDARMA (Ali et al., 2022). Makalah ini bertujuan untuk mengulas dan mengevaluasi penggunaan SIDARMA dalam versi *web-GIS* dan aplikasi Android.

## METODE

Salah satu cara dalam mengulas dan mengevaluasi sebuah sistem berbasis web atau *desktop* adalah dengan mengukur pengalaman pengguna (*user experience*) yang mulai diperkenalkan oleh Donald Norman pada tahun 1990-an (Farida, 2016; Gube, 2010). Menurut Rubinoff, (2004), *user experience* terdiri atas empat elemen yang saling berkaitan. *Branding*, mencakup semua hal yang terkait dengan estetika dan desain yang ada dalam website; *Usability*, secara umum mensyaratkan kemudahan pengguna terhadap komponen dan fitur yang ada; *Functionality*, mencakup semua hal teknik dan proses yang melatarbelakangi aplikasinya; *Content*, mengacu pada konten yang sebenarnya dari sebuah situs (teks, multimedia, dan gambar) serta struktur atau arsitektur informasinya.

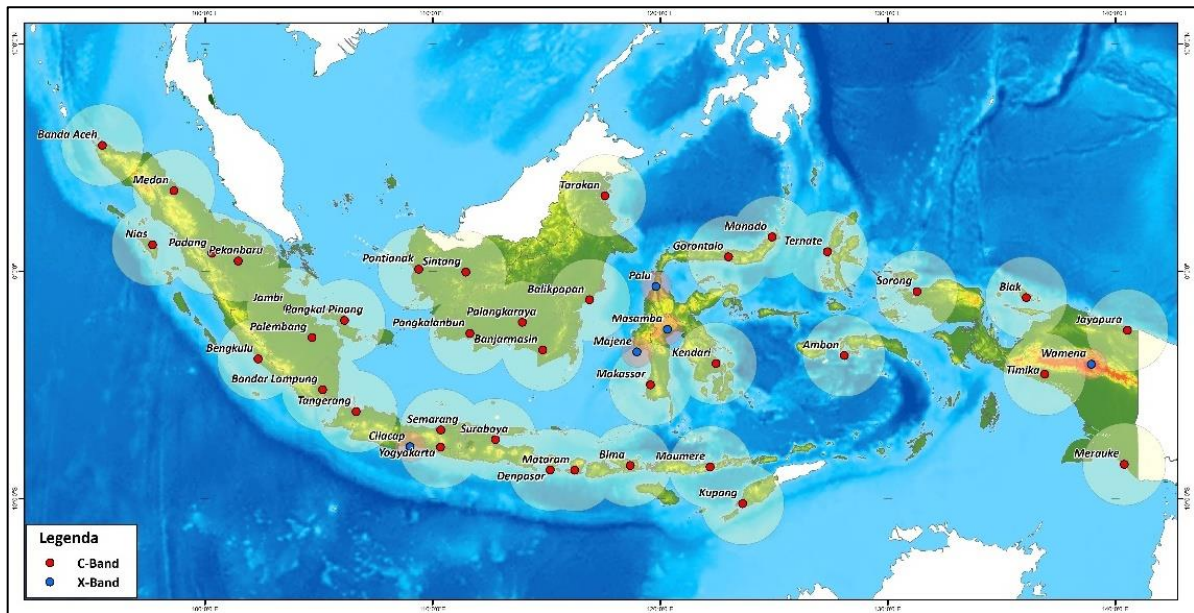
Ulasan dilakukan pada unsur *branding*, *functionality*, dan *content*, sedangkan evaluasi dilakukan pada unsur *usability*. *Usability* dapat digunakan sebagai ukuran kualitas pengalaman pengguna ketika berinteraksi dengan sebuah antarmuka, termasuk sebuah *website*, aplikasi perangkat lunak, teknologi bergerak maupun peralatan-peralatan lain yang dioperasikan oleh pengguna (Tullis & Stetson, 2004). Uji *usability* dilakukan dengan melibatkan 30 responden pengguna SIDARMA, terdiri atas petugas operasional meteorologi BMKG, dosen Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG), peneliti, pejabat di Pusat Meteorologi Publik BMKG, serta masyarakat publik sebagai pengguna aplikasi Android.

Pertanyaan diberikan dengan pilihan jawaban "ya" dengan skor 1 dan "tidak" dengan skor 0. Perhitungan jumlah skor pada tiap pertanyaan dihitung dengan **Persamaan 1**. Sedangkan untuk nilai rata-rata *usability* dihitung dengan **Persamaan 2**.

$$skor = \frac{\text{jumlah skor responden} \times 100\%}{\text{jumlah responden}} \dots\dots\dots(1)$$

$$usability = \frac{\text{jumlah skor seluruh pertanyaan}}{\text{jumlah pertanyaan}} \dots\dots\dots(2)$$

Menurut Suharsimi (2006) klasifikasi kualifikasi dan hasil *usability* dikategorikan menjadi 4 kelas, yaitu sangat baik, baik, cukup, dan kurang. Penjelasan terkait kualifikasi penilaian *usability* terdapat pada **Tabel 1**.



**Gambar 1.** Distribusi jaringan radar cuaca BMKG hingga tahun 2020.

**Tabel 1.** Klasifikasi penilaian *usability*.

Skor Usability	Kualifikasi	Hasil
85–100%	Sangat Baik	Sangat berhasil
65–84%	Baik	Berhasil
55–64%	Cukup	Tidak berhasil
0–54%	Kurang	Sangat tidak berhasil

Sumber: Suharsimi (2006)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### **Functionality, Branding, dan Content**

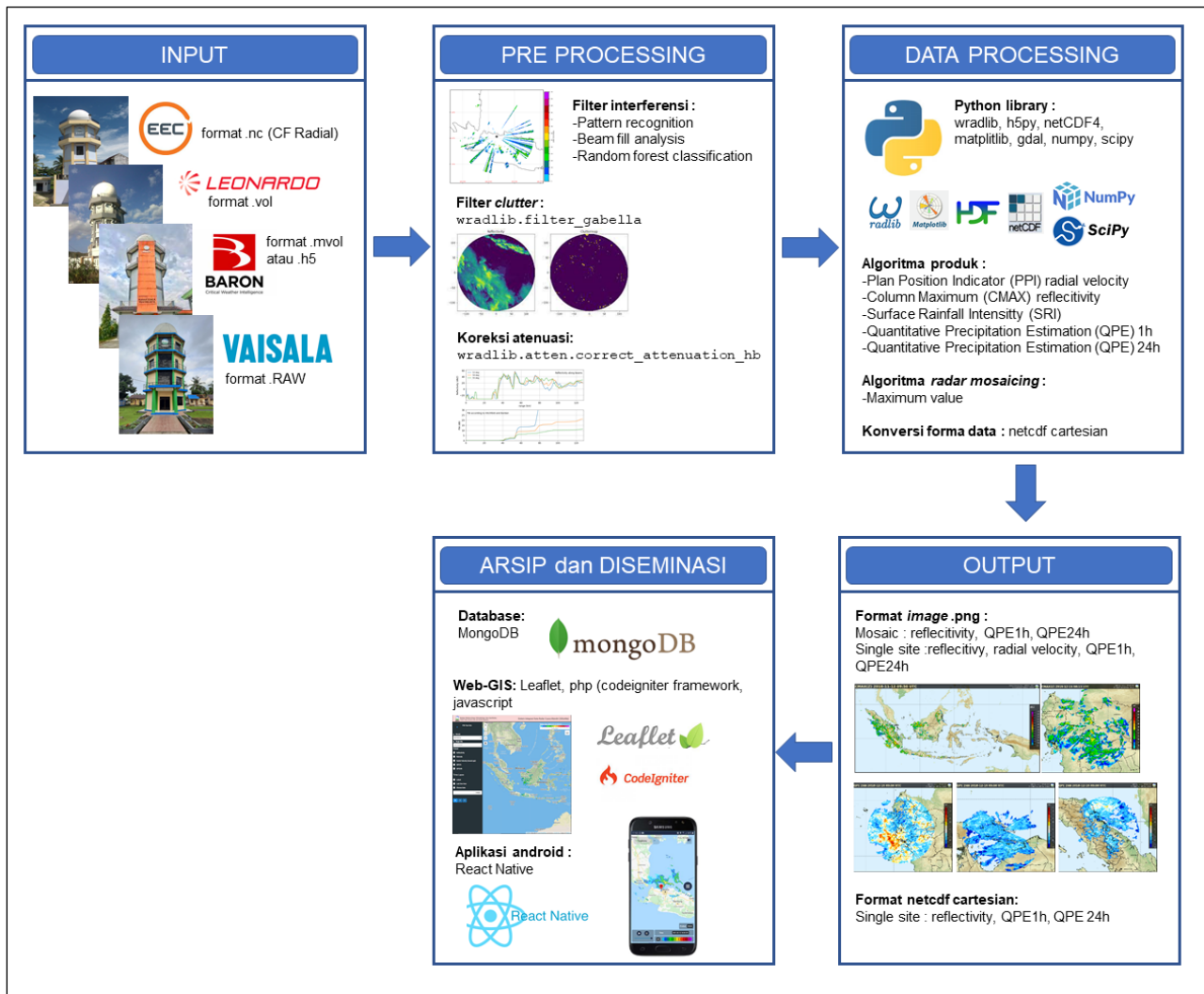
SIDARMA dibangun menggunakan *open source platform* dari proses data *ingest* dari 41 lokasi radar hingga proses diseminasi berbasis *Web-GIS* dan aplikasi Android. Basis *open source platform* yang digunakan pada proses *input* hingga *output* adalah bahasa pemrograman Python. Data *input* terdiri atas 4 merek radar cuaca (polarisasi tunggal maupun ganda), yaitu radar EEC dengan format data *netcdf CF Radial*, radar *Leoardo* (Gematronik) dengan format *Rainbow5.vol*, radar *BARON* dengan format *.mvol* dan *.h5*, serta radar *VAISALA* dengan format *.RAW*. Seluruh format data tersebut dapat dilakukan ekstraksi menggunakan *library wradlib* (Heistermann et al., 2013).

Setelah dilakukan ekstraksi data untuk parameter *reflectivity* dan *radial velocity*, dilakukan tiga tahap *pre-processing* yaitu filter interferensi, *clutter removal*, dan koreksi atenuasi. Filter interferensi hanya dilakukan pada lokasi radar yang mengalami gangguan interferensi berat, seperti radar cuaca Jakarta (Wardoyo, 2014). *Clutter removal* dan koreksi atenuasi dilakukan menggunakan *library wradlib* dengan *Application Programming Interface* (API) *wradlib.clutter.filter\_gabella* (Gabella & Notarpietro, 2002; Hubbert, Dixon, & Ellis et al., 2009) dan

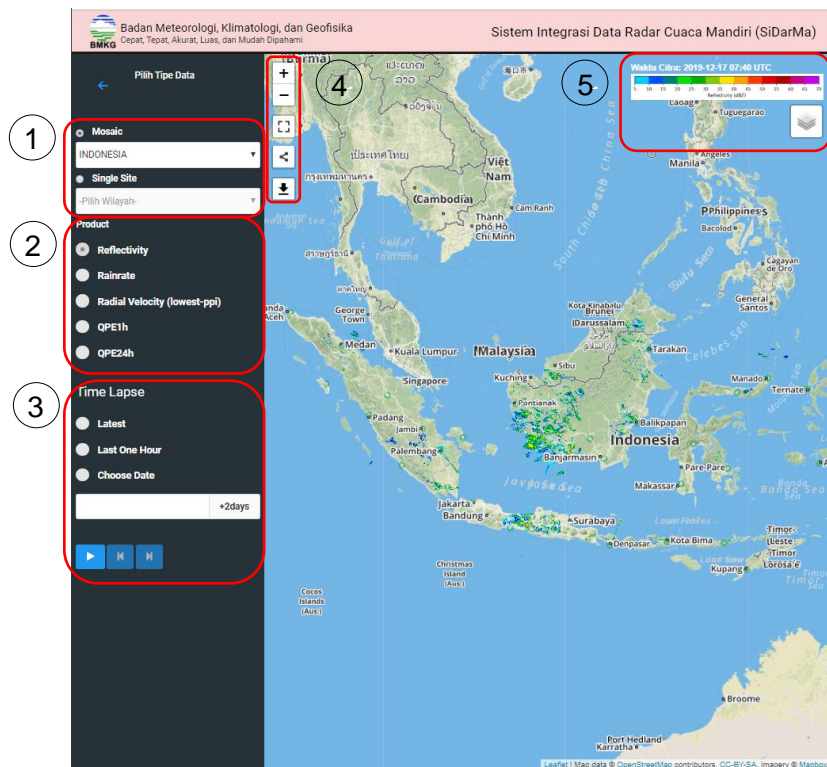
*wradlib.attenuation.correct\_attenuation\_hb* (Hitschfeld & Bordan, 1954) .

Pada tahap data pengolahan data, terdapat lima algoritma produk, yaitu *Plan Position Indicator* (PPI) *radial velocity*, *Column Maximum* (CMAX) *reflectivity*, *Surface Rainfall Intensity* (SRI), *Quantitative Precipitation Estimation* (QPE) untuk akumulasi 1 jam dan 24 jam. Algoritma data mosaik radar yang digunakan adalah *maximum value* (Ali et al., 2022; Ali, Muaya, et al., 2022). Format data yang berbeda dari seluruh data *input* dikonversi menjadi format data standar yaitu *netcdf* dengan sistem koordinat kartesian untuk produk CMAX *reflectivity*, QPE 1h, dan QPE 24h (Ali & Sa’adah, 2022). Hasil konversi data ini memudahkan pengguna untuk mengolah lebih lanjut menggunakan perangkat lunak pengolahan data yang umum digunakan dalam bidang meteorologi seperti *OpenGrads* (Bremen et al., 2001) dan QGIS (Meyer & Riechert, 2019).

Keluaran yang dihasilkan adalah berupa citra dalam format *.png* untuk seluruh jenis produk dan data *netcdf* untuk produk CMAX *reflectivity*, QPE1h, dan QPE24h. Khusus untuk produk CMAX *reflectivity* baik mosaik maupun *single site*, ditampilkan pada halaman utama website BMKG (<https://www.bmkg.go.id/cuaca/citra-radar.bmkg>). Hasil output juga ditampilkan dalam *web-GIS* menggunakan *library leaflet* (Farkas, 2017) dan *framework Code Igniter* dengan basis bahasa pemrograman *Hypertext Preprocessor* (PHP) (Upton et al., 2007). Pengelolaan database menggunakan *NoSQL database MongoDB* (Chodorow, 2010). Aplikasi Android dibangun menggunakan *React Native* yang merupakan *framework JavaScript* (Eisenman, 2015). Seluruh alur kerja dari input hingga diseminasi tergambar pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Alur kerja SIDARMA dan *platform* yang digunakan.



Keterangan:

- 1 : Menu pemilihan jenis citra *mosaic* atau *single site*. Single site berisi daftar 41 daftar lokasi radar cuaca.
- 2 : Menu pemilihan jenis produk citra (*reflectivity*, *rainrate*, *radial velocity*, QPE 1h, QPE 2h)
- 3 : Menu pemilihan *time lapse* citra
- 4 : *Widget* untuk memperbesar atau memperkecil peta, *full screen mode*, *drawing tools*, dan *download citra*
- 5 : Legenda citra, keterangan waktu citra, dan *widget* pemilihan layer *base map*

Gambar 3. Tampilan *web-GIS* SIDARMA beserta penjelasan fungsi menu dan *widget*.

Konten pada *web-GIS* memuat menu pilihan citra (mosaik/*single site*), pilihan produk (*reflectivity*/ CMAX, *rainrate*/ SRI, *radial velocity*/ PPI(V), QPE 1h, dan QPE24h), serta pilihan pengaturan waktu (*time lapse*) dengan pilihan *latest*, *last one hour*, dan *choose date*. Seluruh menu tersebut dimuat dalam satu *navigation bar* yang terletak di sebelah kiri. *Widget* pada sebelah kanan *navigation bar* memuat *zoom in/ zoom out*, *full screen mode*, *drawing tools*, dan *download button*. *Drawing tools* terdiri atas *draw circle*, *line*, *point*, dan *polygon*, yang berfungsi untuk membuat objek titik, garis, lingkaran, maupun poligon pada peta sebagai penanda khusus. Pada *widget drawing tools* juga dilengkapi dengan *distance measurement* untuk mengukur jarak antara dua titik koordinat.

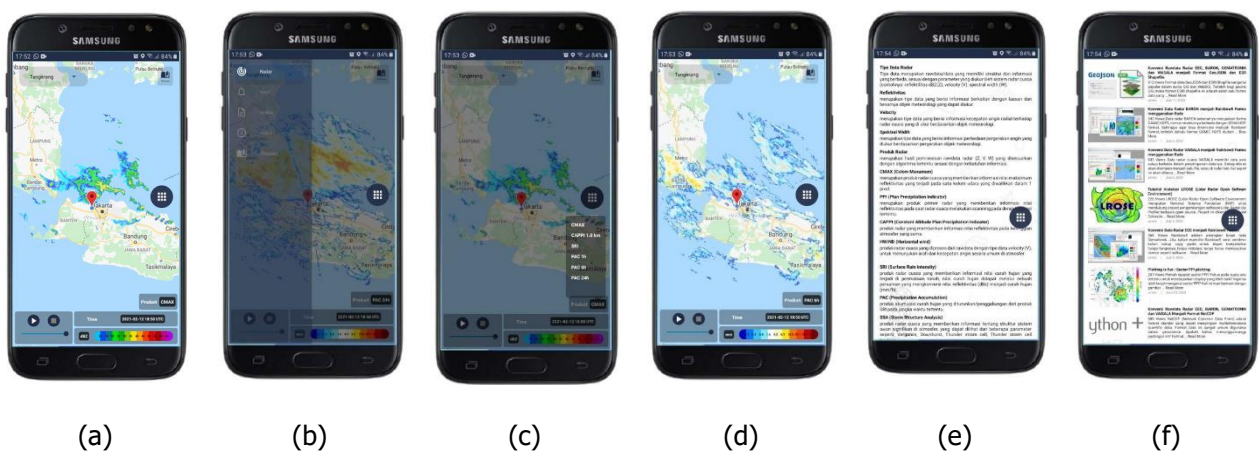
*Download button* digunakan untuk mengunduh citra radar yang sedang aktif. Pada bagian kanan terdapat keterangan waktu citra, legenda tiap jenis produk, serta *layers control*. Keterangan waktu citra radar disajikan dalam format waktu Coordinated Universal Time (UTC). Legenda untuk produk *reflectivity* berada pada rentang 5-70 dBZ, produk *rainrate* pada rentang 5-60 mm/jam, produk *radial velocity* pada rentang -30-30 m/s, produk QPE1h pada rentang 5-60 mm, dan produk QPE24h pada rentang 5-100 mm. *Layers control* berisi radio button untuk memilih peta dasar yang tersedia, serta *check list* lokasi radar cuaca. Terdapat 4 pilihan peta dasar, antara lain *grayscale*, *streets*, *NatGeo World Map*, *World Imagery Firefly*. Tampilan *web-GIS* SIDARMA terdapat pada **Gambar 3**, dan pilihan *basemap* terdapat pada **Gambar 4**. *Web-GIS* ini diperuntukkan untuk petugas operasional meteorologi dan bukan untuk masyarakat umum.

Desain aplikasi Android SIDARMA menampilkan produk *reflectivity* pada halaman utama. Navigasi perpindahan halaman menggunakan jenis *drawer navigation* dengan tombol navigasi yang fleksibel (dapat dipindah-

pindahkan). Jenis produk yang ditampilkan sama dengan produk pada *web-GIS*. Terdapat beberapa halaman, yaitu halaman radar cuaca terkini, peringatan hujan, daftar istilah, artikel referensi, dan halaman *about*. Pembuatan aplikasi Android ini bertujuan untuk memperingan penggunaan dibandingkan saat pengguna harus mengakses *web-GIS* SIDARMA melalui *browser* di *smart phone*. Aplikasi Android ini dapat diperuntukkan untuk masyarakat umum maupun petugas operasional Meteorologi. Tampilan halaman-halaman aplikasi Android SIDARMA beserta pilihan menu terdapat pada **Gambar 4**.

### Uji Usability

Uji *usability* dilakukan dengan menggunakan pertanyaan kuisioner terhadap 30 responden. Hasil skor pada setiap pertanyaan terdapat pada **Tabel 2**. Terdapat empat unsur yang dinilai pada uji *usability*, yaitu *learnability*, *efficiency*, *memorability*, *error*, dan *satisfaction*. Pertanyaan bernilai 1 untuk jawaban "ya" dan 0 untuk jawaban "tidak", kecuali untuk unsur *error*, nilai 1 untuk jawaban "tidak" dan nilai 0 untuk jawaban "ya". Uji *usability* dipisahkan antara *web-GIS* dengan aplikasi Android, dimana responden untuk *web-GIS* hanya ditargetkan pada petugas operasional meteorologi BMKG, dimana pengoperasian *web-GIS* hanya dilakukan melalui sebuah komputer atau laptop, sedangkan aplikasi Android juga ditargetkan kepada dosen STMKG, pejabat di lingkungan Pusat Meteorologi Publik, peneliti, dan masyarakat umum. Hasil uji *usability* untuk *web-GIS* dan aplikasi android SIDARMA mendapatkan nilai rata-rata 88%. Hal ini menunjukkan aplikasi Android SIDARMA masuk dalam kategori kualifikasi sangat baik dan sangat berhasil, sedangkan untuk *web-GIS* SIDARMA masuk dalam kategori kualifikasi baik dan berhasil.



**Gambar 4.** Tampilan halaman dan menu pada aplikasi Android SIDARMA. (a) Produk *reflectivity* yang menjadi halaman utama saat aplikasi dibuka. (b) Menu *drawer navigation*. (c) Menu pemilihan produk. (d) Produk QPE1h. (e) Halaman daftar istilah. (f) Halaman artikel referensi.

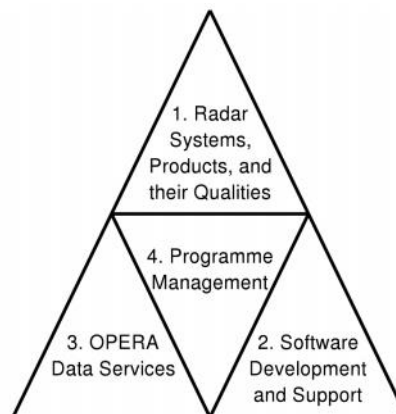
**Tabel 2.** Hasil perhitungan skor pada setiap pertanyaan dan rata-rata skor *usability*.

No	Pertanyaan	Skor
<i>Learnability</i>		
1	Apakah teks pada tampilan <i>website</i> dan aplikasi Android mudah dipahami?	93,3%
2	Apakah fitur-fitur pada <i>website</i> dan aplikasi Android mudah dipahami?	96,7%
<i>Efficiency</i>		
1	Apakah menu yang diklik dapat ditampilkan dengan cepat?	86,7%
2	Apakah citra radar cuaca langsung muncul ketika pertama kali masuk ke dalam <i>website</i> dan aplikasi Android?	80,0%
3	Apakah citra radar cuaca langsung muncul ketika dilakukan perubahan jenis produk?	90,0%
4	Apakah <i>website</i> dan aplikasi Android ini memudahkan dalam mengetahui distribusi presipitasi?	96,7%
<i>Memorability</i>		
1	Apakah link <i>website</i> dan nama Aplikasi android mudah diingat?	63,3%
2	Apakah anda mengingat warna dasar pada <i>website</i> dan aplikasi Android tersebut?	86,7%
3	Apakah anda mengingat letak menu pemilihan produk baik pada <i>website</i> maupun aplikasi Android?	76,7%
<i>Error</i>		
1	Apakah anda menemukan gambar/ikon yang pecah?	96,7%
2	Apakah anda menemukan fitur yang tidak berfungsi?	76,7%
3	Apakah anda menemukan kesalahan pada penggunaan fitur?	86,7%
<i>Satisfaction</i>		
1	Apakah anda ingin mengunjungi <i>website</i> dan menggunakan aplikasi Android ini lagi?	100,0%
2	Apakah <i>website</i> dan aplikasi Android ini perlu dikembangkan?	100,0%
3	Apakah anda menyukai tampilan <i>website</i> ini?	93,3%
TOTAL RATA-RATA		88,0%

**KESIMPULAN**

Pusat Meteorologi Publik BMKG melalui Sub Bidang Pengelolaan Citra Radar Cuaca telah mengembangkan Sistem Integrasi Data Radar Cuaca Mandiri (SIDARMA) berbasis *web-GIS* dan aplikasi Android. *Web-GIS* SIDARMA memiliki tampilan yang lebih lengkap dan kompleks karena ditujukan untuk penggunaan operasional meteorologi, sedangkan aplikasi Android didesain dengan lebih sederhana untuk memudahkan pengguna dalam mendapatkan informasi dari citra radar cuaca. Seluruh proses dalam SIDARMA dilakukan menggunakan *open source software*, sehingga kebutuhan akan pemeliharaan dan perubahan/penambahan konfigurasi mudah dilakukan oleh seluruh staf. Ulasan dalam hal *functionality*, *branding*, dan *content* dijabarkan secara terperinci. Hasil uji *usability* menunjukkan bahwa *web-GIS* masuk dalam kategori baik dan berhasil, sedangkan aplikasi android masuk dalam kategori sangat baik dan sangat berhasil.

Perlu dilakukan *benchmarking* dengan sistem-sistem dengan *basis in house production* di badan meteorologi negara lain, seperti The European Weather Radar Network (OPERA). Pengembangan SIDARMA dapat mengadopsi interaksi antara elemen pada program OPERA (**Gambar 5**) mulai dari sistem radar, produk, dan *quality control*, pengembangan *software*, data *service*, hingga manajemen program. Hal ini bertujuan untuk menjaga *sustainability* operasional SIDARMA di era industri 4.0 yang sangat cepat berubah.



Sumber: Holleman et al., (2008)

**Gambar 5.** Piramida program dan interaksi antar elemen pada OPERA-3.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sub Bidang Pengelolaan Citra Radar Cuaca BMKG atas dukungan perangkat komputasi pengolahan data dan penyediaan data radar cuaca Jakarta. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih sengaja kami kosongkan pada proses *review*.

**DAFTAR PUSTAKA**

Ali, A., Adriyanto, R., & Saepudin, M. (2018). Preliminary Study of Horizontal And Vertical Wind Profile Of Quasi-Linear Convective Utilizing Weather Radar Over Western Java Region, Indonesia. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 15(2), 177–186.

- Ali, A., Deranadyan, G., & Umam, I. H. (2021). An enhancement to the quantitative precipitation estimation using radar-gauge merging. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)*, 17(1), 65–74. Doi: <http://dx.doi.org/10.30536/ijreses.2020.v17.a3316>
- Ali, A., Muaya, M., & Kristianto, A. (2022). Identifikasi Evolusi dan Prediksi Pergerakan Awan Konvektif Berbasis Perangkat Lunak Titan. *Jurnal Ilmiah Geomatika Volume*, 28(2), 101–112.
- Ali, A., & Sa'adah, U. (2021). Radar-Based Stochastic Precipitation Nowcasting Using The Short-Term Ensemble Prediction System (Steps)(Case Study: Pangkalan Bun Weather Radar). *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 18(1), 91–102.
- Ali, A., & Sa'adah, U. (2022). Implementasi Metode Deteksi Hujan Es Berbasis Data Radar Cuaca Menggunakan Algoritma Severe Hail Index (SHI). *Jurnal Fisika Unand*, 11(3), 380–386. Doi: <https://doi.org/10.25077/jfu.11.3.380-386.2022>
- Chodorow, C. (2010). Introduction to mongodb. *Free and Open Source Software Developers European Meeting (FOSDEM)*.
- Conway, J. W. (2007). The HydroMet Decision Support System: operational applications in hydrology and flash flood prediction. *33rd Conference on Radar Meteorology*.
- Conway, J. W., & Eilts, M. D. (2004). The hydromet decision support system: new applications in hydrology. *Proceedings of ERAD*, 525(527).
- Eisenman, B. (2015). *Learning react native: Building native mobile apps with JavaScript*. O'Reilly Media, Inc.
- Farida, L. D. (2016). Pengukuran User Experience Dengan Pendekatan Usability (Studi Kasus: Website Pariwisata Di Asia Tenggara). *Semanasteknomedia Online*, 4(1), 1–3.
- Gabella, M., & Notarpietro, R. (2002). Ground clutter characterization and elimination in mountainous terrain. *Proceedings of ERAD*, 305(311).
- Gube, J. (2010). What is user experience design? Overview, tools and resources. *Smashing Magazine*.
- Heistermann, M., Jacobi, S., & Pfaff, T. (2013). An open source library for processing weather radar data (wradlib). *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(2), 863–871. Doi: <https://doi.org/10.5194/hess-17-863-2013>
- Hitschfeld, W., & Bordan, J. (1954). Errors inherent in the radar measurement of rainfall at attenuating wavelengths. *Journal of Atmospheric Sciences*, 11(1), 58–67. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1954\)011<0058:EIITRM>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1954)011<0058:EIITRM>2.0.CO;2)
- Holleman, I., Delobbe, L., & Zgonc, A. (2008). Update on the European weather radar network (OPERA). *WMO Technical Conference, TECO-2008*.
- Hubbert, J. C., Dixon, M., & Ellis, S. M. (2009). Weather radar ground clutter. Part II: Real-time identification and filtering. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 26(7), 1181–1197.
- Hubbert, J. C., Dixon, M., Ellis, S. M., & Meymaris, G. (2009). Weather radar ground clutter. Part I: Identification, modeling, and simulation. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 26(7), 1165–1180. Doi: <https://doi.org/10.1175/2009JTECHA1160.1>
- Krajewski, W. F., Kruger, A., Smith, J. A., Lawrence, R., Gnyon, C., Goska, R., Seo, B.-C., Domaszczynski, P., Baeck, M. L., & Ramamurthy, M. K. (2011). Towards better utilization of NEXRAD data in hydrology: An overview of Hydro-NEXRAD. *Journal of Hydroinformatics*, 13(2), 255–266.
- Krajewski, W. F., & Smith, J. A. (2002). Radar hydrology: rainfall estimation. *Advances in Water Resources*, 25(8–12), 1387–1394. Doi: <https://doi.org/10.2166/hydro.2010.056>
- Meyer, D., & Riechert, M. (2019). Open source QGIS toolkit for the Advanced Research WRF modelling system. *Environmental Modelling & Software*, 112, 166–178. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.10.018>
- Rubinoff, R. (2004). How to quantify the user experience. *Design & UX*.
- Suharsimi, A. (2006). Prosedur penelitian suatu pendekatan praktik. *Jakarta: Rineka Cipta*, 134.
- Upton, D., Allard, D., & Ellis, R. (2007). *CodeIgniter for rapid php application development*. Packt Publishing.
- Wardoyo, E. (2014). Analisis Interferensi Frekuensi Radar Cuaca C-Band di Indonesia. *InComTech: Jurnal Telekomunikasi Dan Komputer*, 5(2), 163–184.

*Halaman ini sengaja kami kosongkan*