

LAPORAN AKHIR
KEGIATAN PENGEMBANGAN PROFESI / MAGANG

**ANALISIS PERGESERAN AWAL DAN AKHIR MUSIM HUJAN PADA DAERAH
SUB DAS BENGAWAN SOLO HULU PERIODE TAHUN 2000 – 2018 DENGAN
METODE PENTAD**



Disusun oleh:
Khairani Kholbi Nur Aisyah
NIM. G2401201082

DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
IPB UNIVERSITY

2023

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian di Indonesia merupakan pertanian yang sebagian besar masih mengandalkan hujan atau bergantung pada iklim untuk proses irigasinya. Ketergantungan sistem pertanian terhadap iklim dapat menyebabkan kendala dalam kemandirian pangan terutama pada wilayah dengan dengan pola hujan monsoon yang hanya mempunyai satu puncak musim hujan. Kemandirian pangan memungkinkan untuk tercapai jika seluruh kendala dapat diatasi melalui berbagai upaya, misalnya dengan cara perbaikan irigasi, ekstensifikasi lahan sawah, percepatan aplikasi teknologi di tingkat petani, dan penyesuaian waktu tanam. Di antara berbagai upaya tersebut, penyesuaian waktu tanam merupakan cara yang paling mudah dan efisien untuk meningkatkan produktivitas tanaman (Laux *et al.* 2010).

Awal musim tanam di suatu daerah selama setahun biasanya dapat dilihat melalui kalender tanam yang dibuat oleh pemerintah untuk memberikan rekomendasi waktu tanam. Informasi awal musim hujan yang dikeluarkan oleh BMKG merupakan dasar dalam menentukan rekomendasi waktu tanam. Awal musim hujan menjadi penanda bagi petani tradisional untuk memulai mengolah tanah, terutama pada lahan sawah tadah hujan (Surmaini dan Syahbuddin 2016). Informasi prediksi awal musim hujan sangat penting untuk persiapan lahan, distribusi benih, tenaga kerja, dan sarana pertanian sehingga dapat mengurangi risiko penanaman yang terlalu awal atau terlalu lambat (Omotosho *et al.* 2000). Awal musim hujan dapat mengalami pergeseran yang dapat menyebabkan berbagai efek pada bermacam-macam sektor, khususnya pertanian. Maka dari itu, pergeseran awal musim hujan pada masa lampau dapat digunakan sebagai panduan untuk mitigasi dari pergeseran awal musim hujan di masa depan yang menyebabkan kerugian. Faktor utama dari pergeseran awal musim hujan disebabkan oleh variabilitas iklim yang memengaruhi curah hujan, misalnya ENSO (Purnamasari *et al.* 2021).

Hujan juga berperan penting sebagai input bagi sistem hidrologi dalam pengelolaan DAS (Daerah Aliran Sungai). Setiap DAS memiliki respon yang berbeda terhadap hujan dengan jumlah dan intensitas tertentu. Bengawan Solo merupakan DAS terbesar di Pulau Jawa. Wilayahnya membentang dari Provinsi Jawa Tengah hingga Jawa Timur, dengan luas wilayah 20.125 km² atau sekitar 12% dari luas keseluruhan Pulau Jawa (Kementerian PUPR 2010 dalam Auliyani dan Wahyuningrum 2020). DAS Bengawan Solo dibagi menjadi beberapa sub-DAS besar, salah satunya adalah sub-DAS Bengawan Solo Hulu. Sebagian besar daerah di wilayah sub-DAS Bengawan Solo Hulu digunakan sebagai lahan pertanian (Wahyuningrum dan Basuki 2019). Maka dari itu, adanya pergeseran awal musim hujan dapat memengaruhi pertanian di wilayah tersebut.

Prediksi awal musim hujan yang dihitung menggunakan data curah hujan harian dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah metode pentad. Metode ini membagi data curah hujan harian dalam satu tahun dalam akumulasi lima harian, sehingga terdapat 73 pentad dalam satu tahun (Rahim *et al.* 2015). Metode pentad yang digunakan dapat menunjukkan adanya pergeseran awal musim hujan yang kemudian dapat dikaitkan dengan adanya pengaruh kejadian ENSO terutama pada tahun El Nino dan La Nina (Hamada *et al.* 2002). Analisis pergeseran awal musim hujan juga dapat digunakan sebagai salah satu penentu awal musim tanam (Surmaini dan Syahbuddin 2016). Maka dari itu, analisis

pergeseran awal musim hujan ini akan digunakan untuk analisis lanjutan mengenai hubungan pergeseran awal musim hujan terhadap pergeseran awal musim tanam.

1.2 Tujuan Kegiatan Magang

Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui adanya pergeseran awal musim hujan di daerah sub DAS Bengawan Solo Hulu pada periode tahun 2000 – 2018.

1.3 Manfaat Kegiatan Magang

Kegiatan magang memberikan manfaat bagi saya untuk menentukan awal musim hujan dengan metode pentad, dan dapat dimanfaatkan lebih lanjut bagi pembimbing magang sebagai informasi pendukung dalam analisis permasalahan hidrologi maupun pertanian di sub DAS Bengawan Solo Hulu.

1.4 Lokasi dan Waktu Pelaksanaan Magang

Kegiatan ini terlaksana di BRIN Cibinong dan *work from anywhere* (WFA) dengan waktu kegiatan yaitu 14 September 2023 – 8 Desember 2023.

BAB II GAMBARAN KEGIATAN

2.1 Deskripsi Lokasi/Tempat Magang

Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air (PRLSDA) merupakan salah satu kelompok riset yang dibentuk oleh BRIN dengan tujuan untuk melakukan penelitian komponen biotik, abiotik, dan interaksinya serta faktor-faktor luar yang mempengaruhinya pada ekosistem perairan darat yakni semua perairan yang ada di daratan (danau, sungai, rawa, muara sungai yang diukur dari batas tertinggi pasang air laut serta meneliti dan menganalisis secara kualitatif dan kuantitatif status sumber daya air untuk pemanfaatan dan pengelolaannya (mitigasi, konservasi, dan restorasi) secara berkelanjutan. Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air meneliti siklus hidrologi secara utuh termasuk hubungan air tanah dengan badan air lainnya, mendukung pengelolaan sumber daya air secara terpadu dan holistik, serta meningkatkan ketahanan air secara menyeluruh, mendukung ketahanan air ekonomi, rumah tangga dan perkotaan, serta ketahanan terhadap bencana.

2.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air (PRLSDA) terdiri dari Kepala Pusat, Sekretaris Pimpinan, Sekretariat, dan Kelompok Riset. Kelompok riset di PRLSDA terdapat 12 kelompok, yaitu sebagai berikut.

No.	Kelompok Riset	No.	Kelompok Riset
1.	Dinamika Proses Perairan Darat	7.	Infrastruktur Sumber Daya Air
2.	Pengelolaan Biota Perairan Darat	8.	Interaksi Air Tanah
3.	Dinamika Pencemaran dan Ekoremediasi Perairan Darat	9.	Air Minum dan Sanitasi
4.	Ekotoksikologi Perairan Darat	10.	Kebencanaan Hidrometeorologi
5.	Mitigasi dan Adaptasi Bencana Keairan	11.	Pengembangan Pemanfaatan Sumber Daya Air melalui Modifikasi Cuaca
6.	Hidrologi dan Optimalisasi Tata Kelola Perairan Darat	12.	Pengelolaan Sumber Daya Air Pertanian

2.3 Tupoksi

Tugas pokok dan fungsi dari Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air adalah sebagai berikut.

- a. Tugas :
Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air mempunyai tugas melaksanakan tugas teknis penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan, serta invensi dan inovasi di bidang limnologi dan sumber daya air.
- b. Fungsi :
Dalam melaksanakan tugas tersebut di atas, Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air menyelenggarakan fungsi:
 1. Pelaksanaan tugas teknis penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan, serta invensi dan inovasi di bidang limnologi dan sumber daya air
 2. Pemberian bimbingan teknis dan supervisi
 3. Pelaksanaan kerja sama
 4. Pemantauan, evaluasi, dan pelaporan.

BAB III METODOLOGI

3.1 Alat

Alat yang digunakan pada analisis ini adalah laptop, perangkat lunak Microsoft Excel, Microsoft Word, ArcGIS 10.8, dan Rstudio.

3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada analisis ini adalah *shapefile* DAS Bengawan Solo Hulu yang diperoleh dari www.indonesia-geospasial.com. Data iklim yang digunakan adalah data curah hujan harian yang diperoleh dari PUPR DAS Bengawan Solo. Adapun data stasiun yang digunakan adalah sebagai berikut.

No.	Nama Stasiun	Lon	Lat	Tahun yang digunakan
1.	Colo	110.9017	-7.75011	2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018.
2.	Klaten	110.6044	-7.72767	2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018.
3.	Nepen	110.6409	-7.56685	2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018.
4.	Tawangmangu	111.1225	-7.66648	2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018.
5.	Kalijambe	110.7979	-7.44745	2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018.

6.	Baturetno	110.9299	-7.97473	2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018.
7.	Waduk Nawangan	110.8977	-8.04153	2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018.
8.	Song Putri	110.8316	-7.99278	2002, 2003, 2004, 2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018.
9.	Parangjoho	110.8177	-7.95141	2002, 2003, 2004, 2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018.

3.3 Prosedur Pengolahan Data

a. Penyusunan data curah hujan

Data curah hujan harian yang akan diolah pada awalnya adalah data pada semua stasiun dari tahun 2000 – 2019 yang harus dirapihkan sebelum menghitung nilai pentad. Kemudian data curah hujan pada masing-masing stasiun curah hujan ditransformasikan dalam bentuk grafik yang dikelompokkan berdasarkan curah hujan bulanan.

b. Penentuan awal dan akhir musim hujan

Perhitungan dalam menentukan awal dan akhir musim hujan pada setiap tahun dilakukan menggunakan metode pentad (Hamada *et al.* 2002). Data curah hujan harian dalam satu tahun dibagi ke dalam 73 pentad, dengan satu pentad merupakan jumlah curah hujan harian yang terjadi dalam kurun waktu 5 hari. Penentuan pentad pertama pada analisis ini adalah setiap tanggal 1 Agustus, sedangkan data untuk tanggal 29 Februari ditambahkan ke dalam pentad dengan kurun waktu 25 Februari – 1 Maret dan berlaku untuk setiap tahun kabisat yang dihitung.

Awal musim hujan ditentukan dari pentad pertama dengan syarat apabila jumlah 3 konsekutif pentad pada satu waktu memiliki nilai yang lebih tinggi dari nilai curah hujan rata-rata pertahunnya. Sedangkan akhir musim hujan ditentukan dari pentad pertama yang jumlah 3 konsekutif pentad pada satu waktu sudah memiliki nilai yang lebih rendah dari nilai curah hujan rata-rata pertahunnya (Hamada *et al.* 2002).

c. Pemilahan data awal musim hujan

Data awal musim hujan yang diperoleh dalam bentuk grafik dibandingkan dengan grafik curah hujan bulanan pada masing-masing stasiun curah hujan. Grafik awal musim hujan yang memiliki pola sama atau mendekati grafik curah hujan bulanan dinyatakan layak untuk dianalisis lebih lanjut. Penyebab lain terhadap tidak layaknya data awal musim hujan untuk dianalisis lebih lanjut adalah banyaknya data kosong yang dapat menyebabkan nilai curah hujan rata-rata tahunannya menjadi tidak aktual dengan kondisi sebenarnya.

d. Spasialisasi awal musim hujan

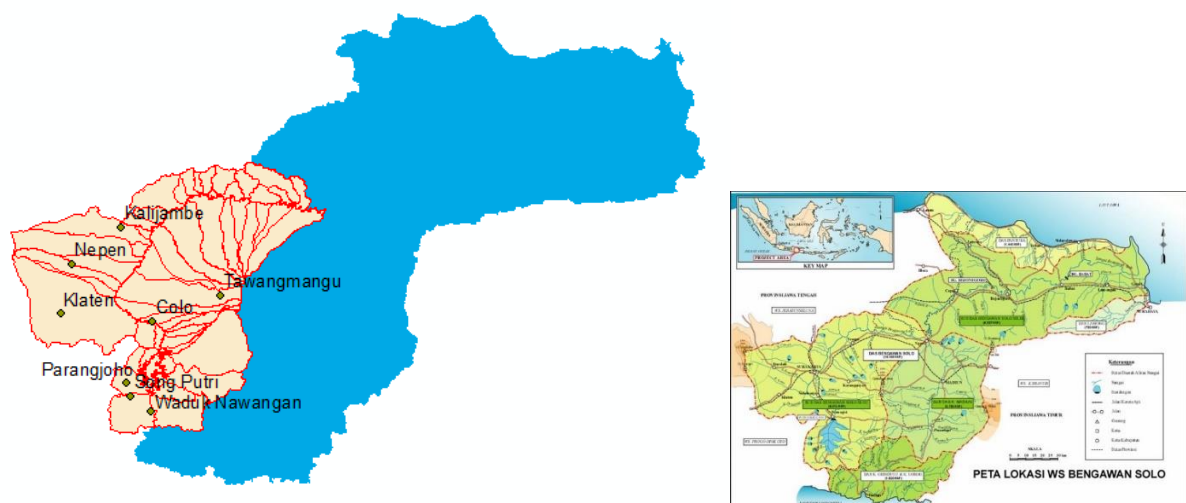
Data awal musim hujan yang telah didapatkan dalam bentuk titik kemudian ditranformasikan dalam bentuk spasial pada daerah DAS Bengawan Solo Hulu pada setiap tahunnya. Interpolasi dengan metode IDW (*Inversed Distance Weighted*) untuk melengkapi data pada wilayah di sekitar stasiun yang tidak terdapat data awal musim hujan.

3.4 Timeline

No.	Aktivitas	September – Desember 2023 (Minggu ke-)										
		3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
1.	Pengenalan tempat magang	■										
2.	Pengenalan <i>jobdesc</i>		■									
3.	Persiapan data curah hujan	■	■	■								
4.	Pengolahan data prediksi awal musim hujan				■	■	■					
5.	Penentuan kelayakan hasil olah data						■					
6.	Pengolahan pergeseran awal musim hujan secara spasial							■	■	■	■	
7.	Pengolahan pergeseran awal musim hujan secara temporal										■	■
8.	Studi literatur				■	■	■	■	■	■	■	■
9.	Pembuatan laporan										■	■

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

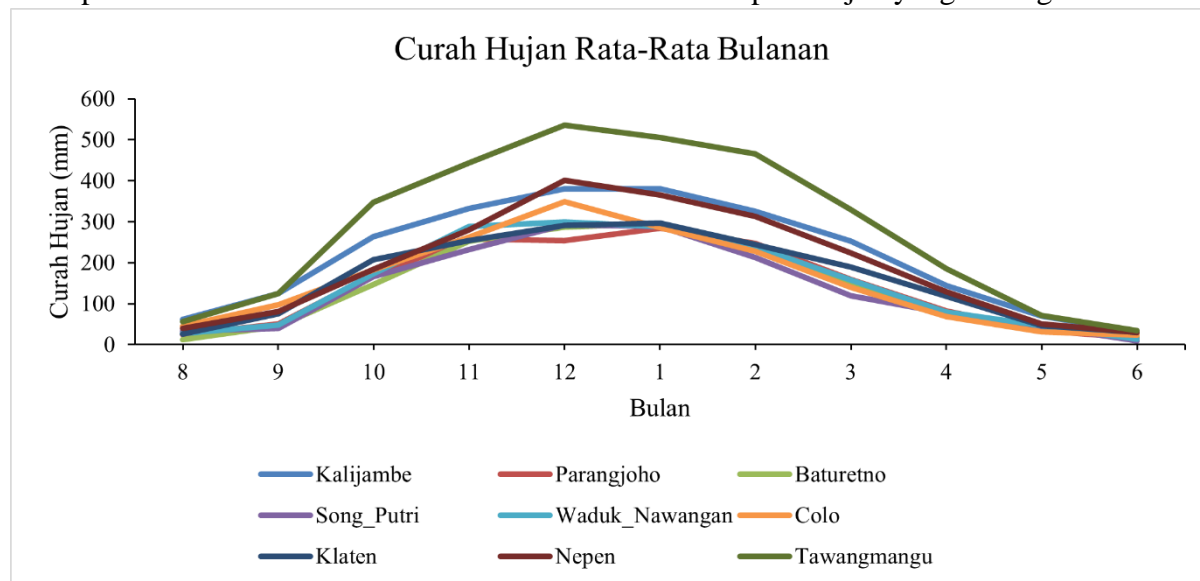
Sub-DAS Bengawan Solo Hulu meliputi enam Sub DAS, yaitu: Sub-DAS Wuryantoro (7.333 ha), Sub-DAS Alang Unggahan (23.728 ha), Sub DAS Solo Hulu (19.976 ha), Sub DAS Temon (6.753 ha), Sub DAS Wiroko (20.580 ha), dan Sub DAS Keduang (42.644 ha). Luas seluruh DAS Bengawan Solo Hulu mencapai 121.014 Ha atau 6,22% luas DAS Bengawan Solo (1.944.344 Ha), dan semuanya bermuara di Waduk Gajah Mungkur (Kemenhut 2009). Sebagian besar daerah DAS Bengawan Solo Hulu dimanfaatkan sebagai kawasan pertanian, berupa tegalan (38%) dan sawah (33%), sementara tutupan lahan lainnya, yaitu permukiman (13%), hutan produksi (10%), permukiman perkotaan (2%), perkebunan (1%), dan tubuh air (1%) (Wahyuningrum dan Basuki 2019). Lokasi stasiun hujan yang dianalisis untuk mewakili Sub-DAS Bengawan Solo Hulu dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Wilayah sub-DAS Bengawan Solo Hulu

4.1 Pola Hujan Bulanan

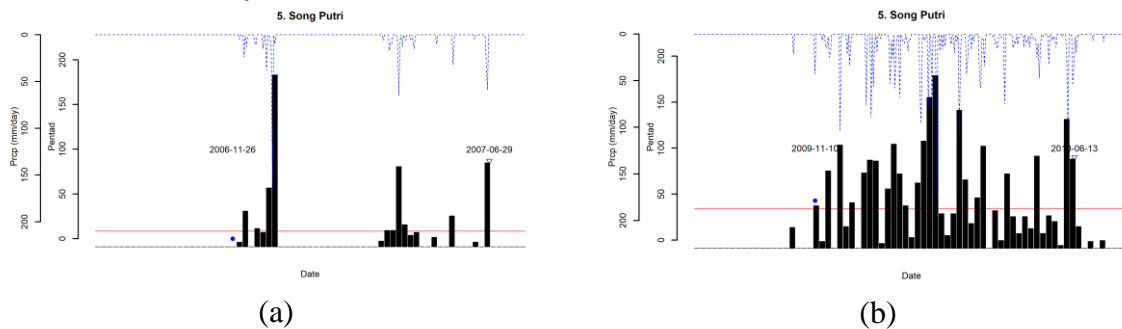
Pola hujan di Indonesia terbagi menjadi tiga jenis, yaitu monsoon, ekuatorial, dan lokal. Pola hujan yang terjadi di daerah sub-DAS Bengawan Solo Hulu merupakan pola hujan dengan tipe monsoon. Pola ini memiliki satu kali musim hujan dan satu kali musim kemarau dalam satu tahun karena dipengaruhi oleh angin laut monsoon. Musim hujan pada pola hujan monsoonal biasanya diawali pada Bulan November hingga Januari dan musim kemarau terjadi pada Bulan Februari hingga Oktober (Budirahardjo 2022). Stasiun-stasiun curah hujan yang dianalisis memiliki pola bulanan yang sangat mirip satu sama lain sehingga dapat disimpulkan bahwa kesembilan stasiun tersebut memiliki pola hujan yang homogen.



Gambar 2. Grafik sebaran intensitas hujan bulanan pada periode tahun 2000 – 2019 pada stasiun curah hujan di sub-DAS Bengawan Solo Hulu

Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi milimeter (mm) di atas permukaan horizontal (Molle dan Larasati 2020). Gambar 2 menunjukkan grafik sebaran curah hujan bulanan yang dibuat berdasarkan kesesuaian dengan pola grafik batang dari luaran analisis *onset* dan *withdrawal*. Curah hujan mulai meningkat dengan hampir semua stasiun sudah mencapai 200 mm pada Bulan Oktober, sedangkan curah hujan mulai menurun pada Bulan April. Stasiun Tawangmangu memiliki rata-rata curah hujan bulanan tertinggi diantara 8 stasiun lainnya dengan rata-rata curah hujan pada Bulan Desember mencapai lebih dari 500 mm, sedangkan 8 stasiun lainnya berada di bawah 400 mm. Curah hujan pada musim kemarau memiliki rata-rata bulanan di bawah 100 mm pada semua stasiun.

4.2 Penentuan Kelayakan Data



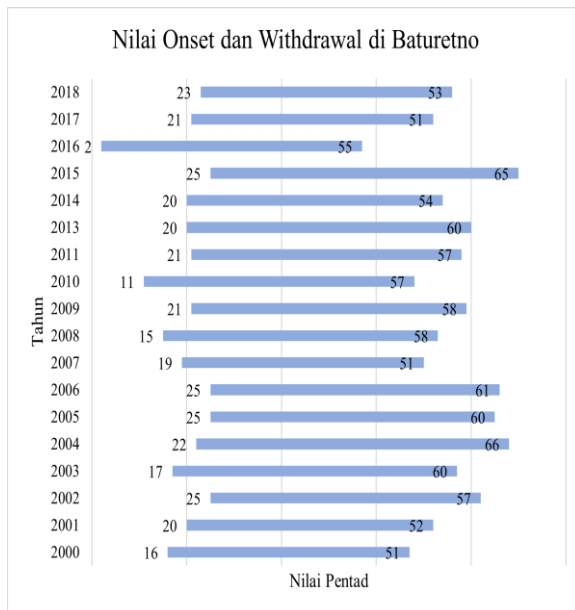
Gambar 3. Penentuan tahun dengan data yang layak untuk digunakan (a) hasil analisis *onset* yang tidak layak di Song Putri tahun 2006 (b) hasil analisis *onset* yang layak di Song Putri tahun 2009

Setelah pola curah hujan diketahui pada semua stasiun, maka hasil analisis *onset* dan *withdrawal* yang layak digunakan dapat dipilih secara objektif dari pola yang terbentuk. Syarat pertama penentuan awal musim hujan adalah dengan menghitung akumulasi curah hujan harian selama 5 hari (pentad) yang jumlahnya lebih dari 40 mm ($CH\ Pentad \geq 40\ mm$). Syarat kedua adalah awal musim hujan yang telah ditentukan tersebut tidak diikuti oleh jumlah curah hujan dasarian (10 hari) kurang dari 5 mm selama 30 hari (Moron *et al.* 2008). Gambar 3 menunjukkan contoh pemilihan tahun yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut. Gambar 3a menunjukkan hasil grafik yang tidak layak untuk dianalisis lebih lanjut karena memiliki data curah hujan kosong yang terlalu banyak sehingga dapat memengaruhi kesalahan pada nilai rata-rata tahunan. Tahun dengan data kosong yang terlalu banyak dapat menyebabkan nilai rata-rata tahunan menjadi lebih rendah dari nilai aktualnya. Gambar 3b menunjukkan grafik yang layak untuk analisis lebih lanjut dengan pertimbangan data curah hujan yang ditampilkan memiliki kelengkapan data yang layak karena hampir semua pentad pada musim hujan menunjukkan adanya hari hujan.

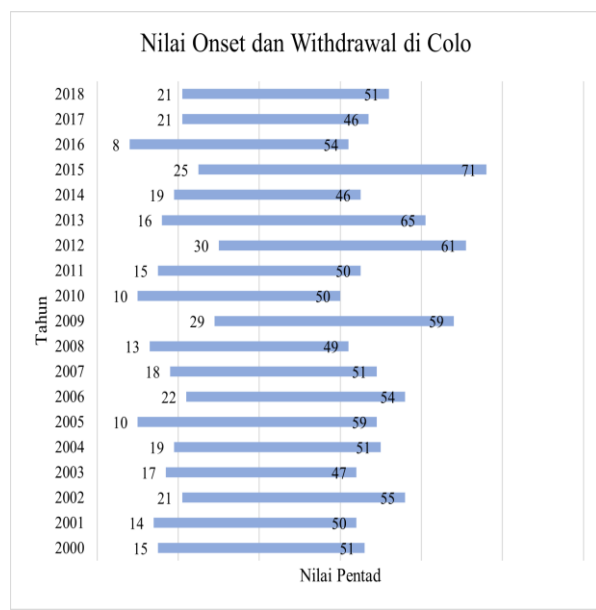
4.3 Pergeseran Awal dan Akhir Musim Hujan

Sebaran curah hujan pada setiap tahun dapat menggambarkan adanya pergeseran awal musim hujan pada suatu daerah (Herlina dan Pahlevi 2017). Pergeseran awal musim hujan pada daerah dengan pola hujan monsoon dapat disebabkan karena adanya variabilitas dan anomali iklim serta adanya perubahan iklim jika dilihat pada jangka waktu yang lama. Pergeseran awal musim hujan yang maju normalnya terjadi pada saat suatu tahun mengalami kejadian La Nina (Risnayah 2022). Selain itu, pergeseran awal maupun akhir musim hujan juga dapat diakibatkan oleh adanya fluktuasi curah hujan bulanan (Auliyani dan Wahyuningrum 2020).

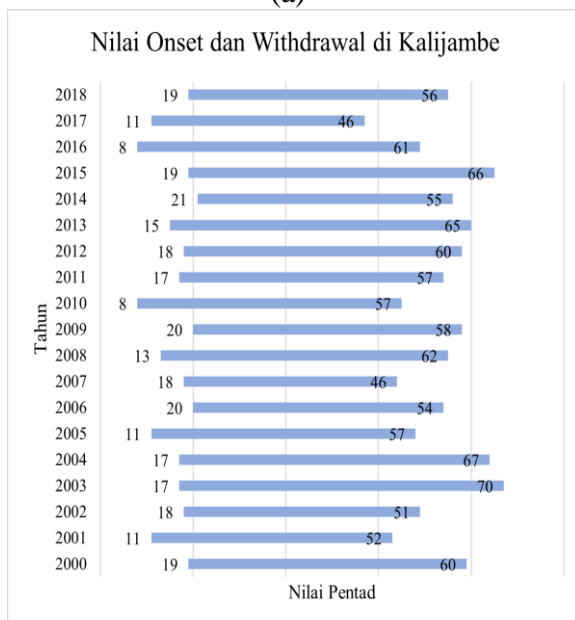
Peristiwa El Nino mengakibatkan adanya kekeringan di wilayah Indonesia, termasuk pada daerah sub-DAS Bengawan Solo Hulu. Peristiwa El Nino sedang dan kuat terjadi pada tahun 2002, 2009, 2015, dan awal 2016. El Nino yang terjadi pada tahun 2015 mengakibatkan adanya penurunan intensitas curah hujan rata-rata bulanan terutama pada Bulan Juni hingga Oktober 2015 pada daerah Pulau Jawa. Sedangkan curah hujan pada puncak musim hujan di Bulan November 2015 hingga awal 2016 menunjukkan kecenderungan curah hujan yang normal, bahkan beberapa bulan di atas nilai rata-rata curah hujan historisnya (Yananto dan Sibarani 2016). Hal ini menunjukkan adanya anomali curah hujan pada tahun 2015 hingga 2016 secara drastis.



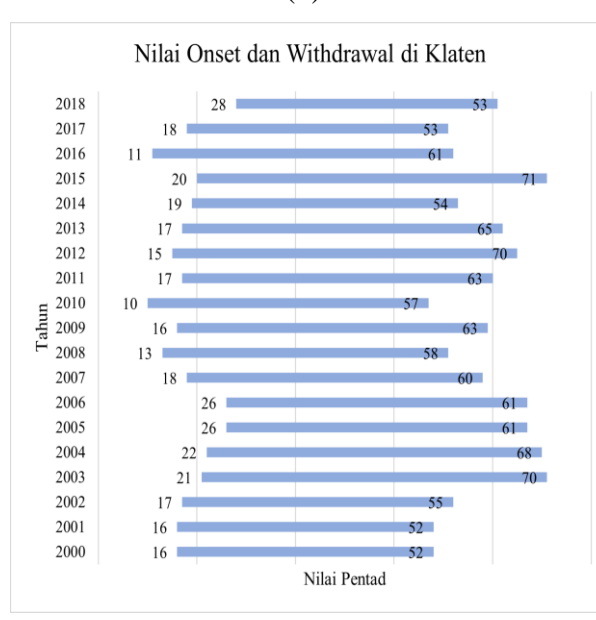
(a)



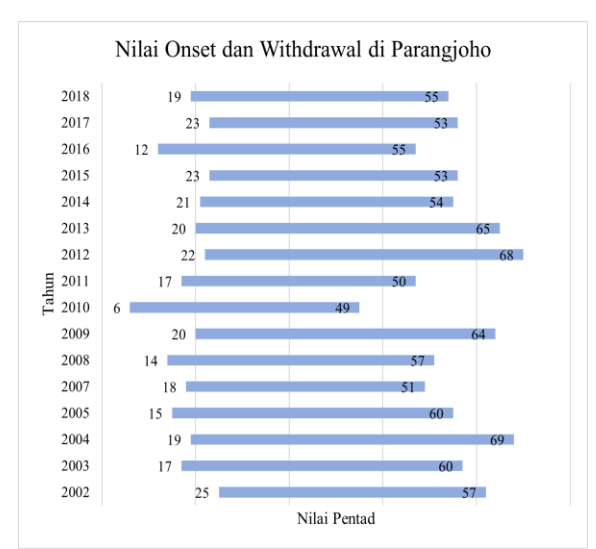
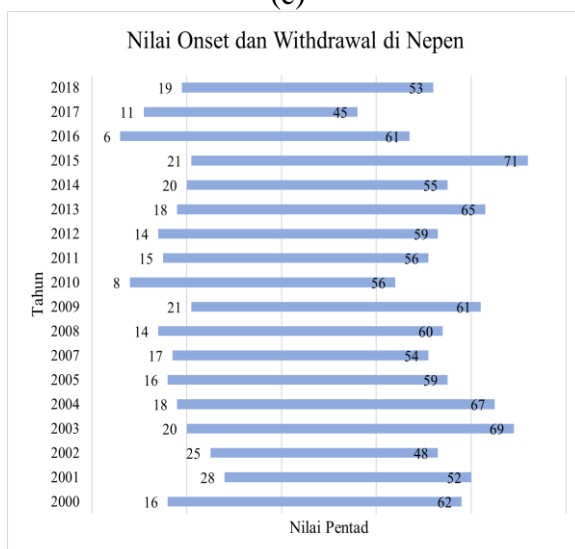
(b)

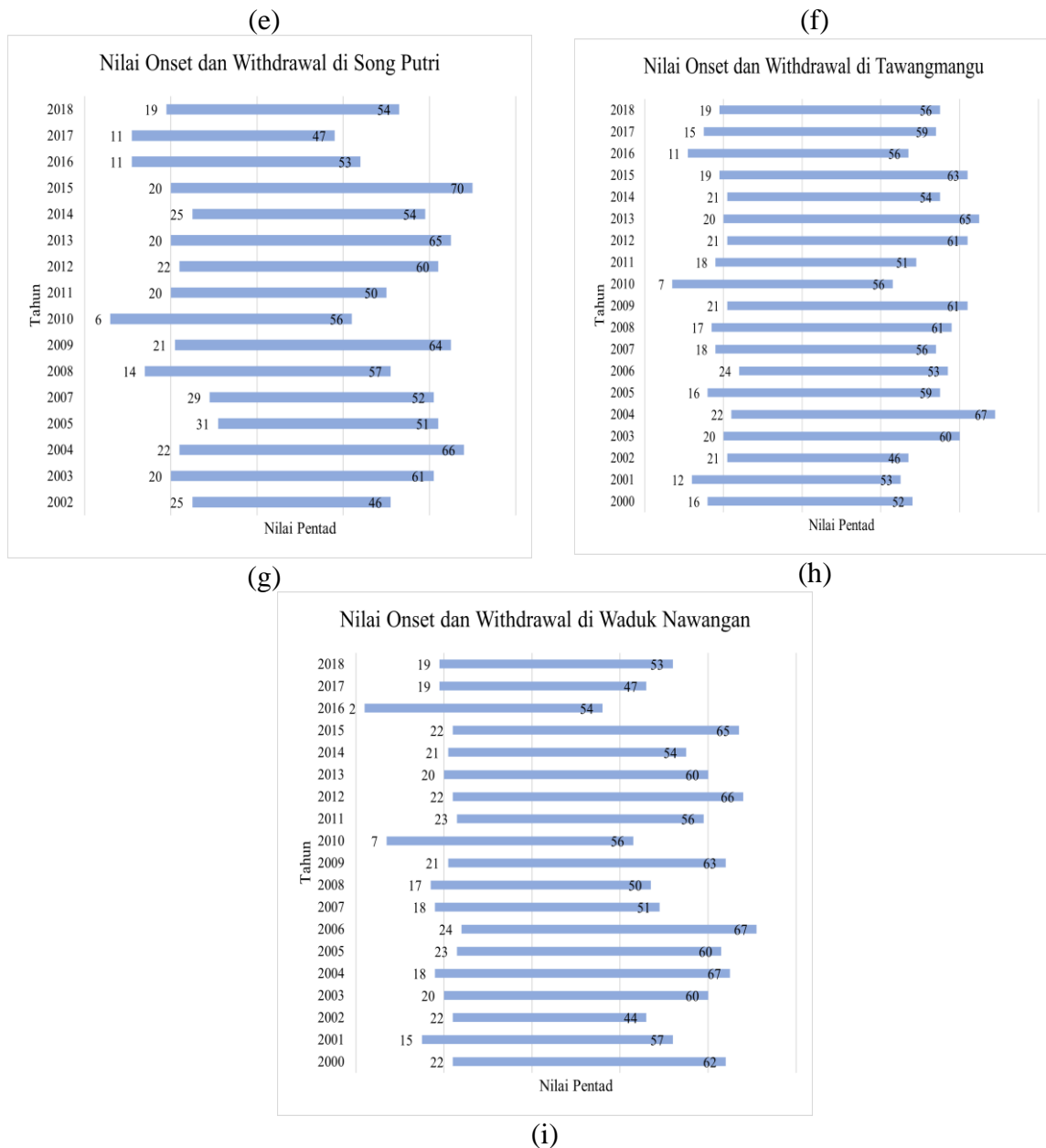


(c)



(d)





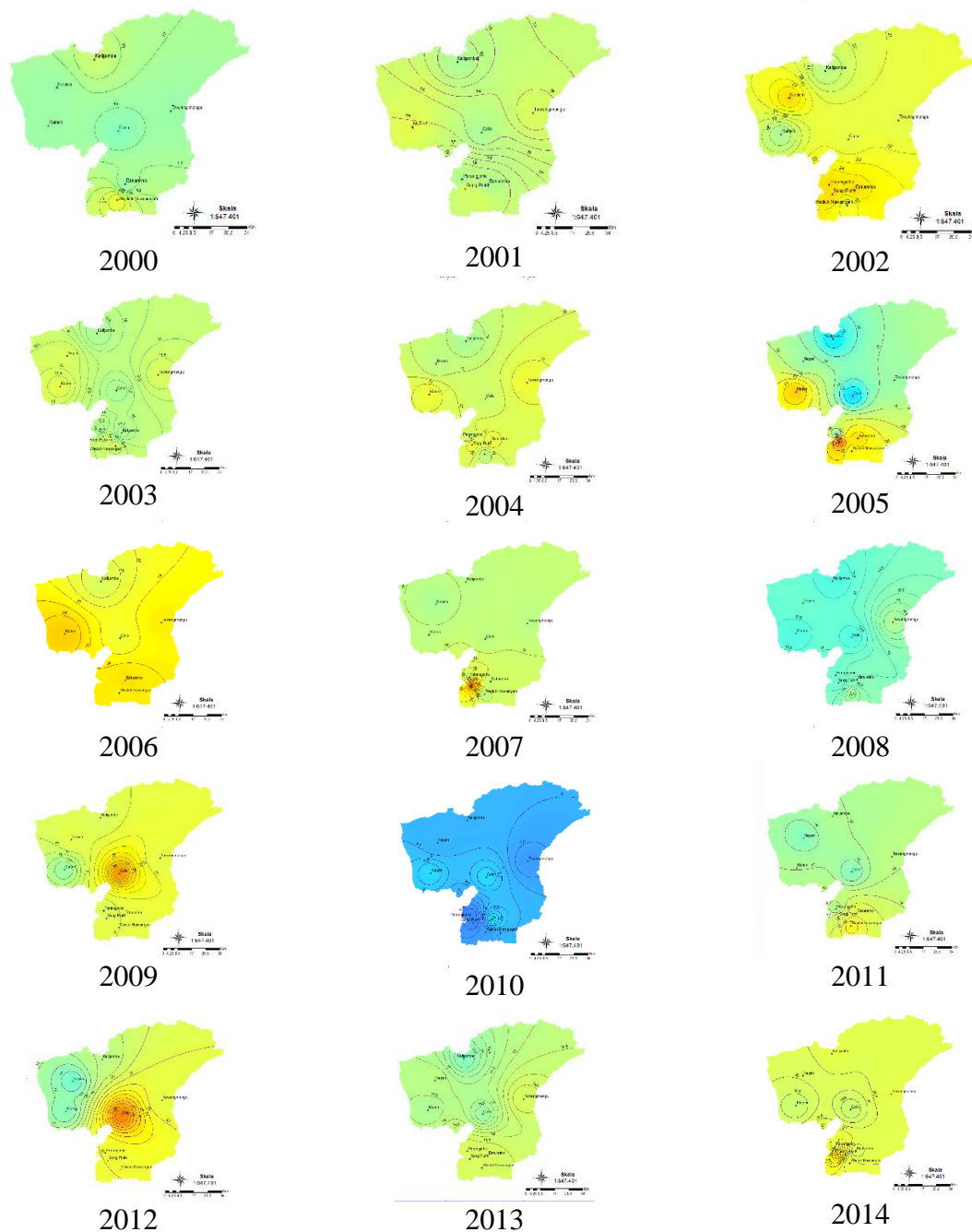
Gambar 4. Grafik pergeseran nilai pentad untuk *onset* di masing-masing stasiun curah hujan (a) Baturetno (b) Colo (c) Kalijambe (d) Klaten (e) Nepen (f) Parangjoho (g) Song Putri (h)Tawangmangu (i) Waduk Nawangan

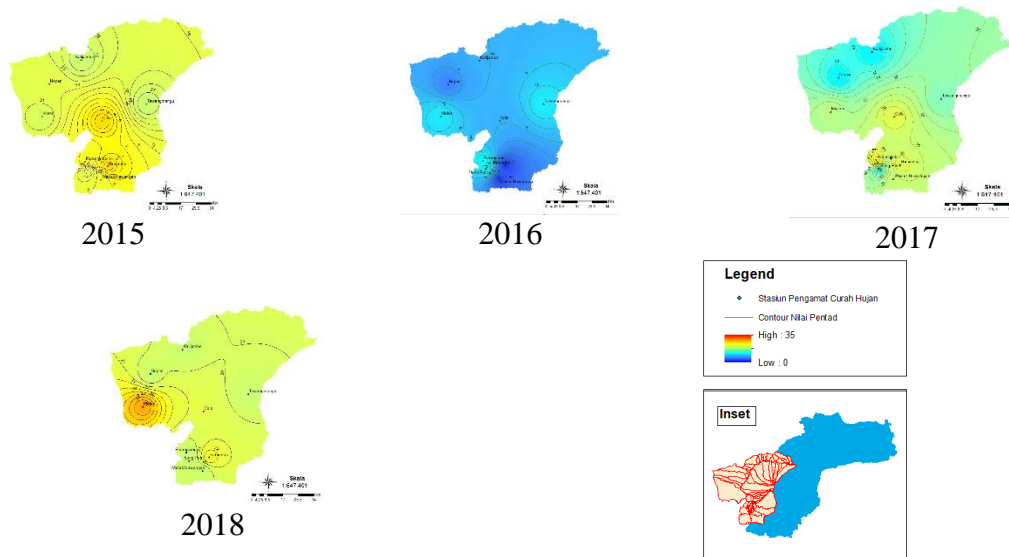
Tahun-tahun hasil pengolahan *onset* dan *withdrawal* dari masing-masing stasiun yang telah dianalisis kelayakannya akan diolah lebih lanjut untuk membentuk grafik pergeseran awal dan akhir musim hujan. Beberapa tahun yang tidak dinyatakan layak untuk dianalisis lebih lanjut tidak ditampilkan dalam grafik yang disajikan pada Gambar 4. Pergeseran paling jauh untuk awal musim hujan terjadi pada tahun 2015 dan 2016 terutama di daerah stasiun curah hujan Baturetno dengan pergeseran awal musim hujan menjadi lebih awal sejauh 19 pentad. Kejadian La Nina yang terjadi pada Juli hingga September 2016 menyebabkan hal tersebut memungkinkan untuk terjadi (Athoillah *et al.* 2017). Pergeseran yang tidak terlalu jauh antar tahunnya terjadi pada saat fase-fase ENSO normal dan lemah, yaitu pada tahun 2000-2001, 2005-2006, 2008-2009, 2011-2012 untuk fase La Nina lemah dan pada tahun 2004-2005 dan

2006-2007 untuk fase El Nino lemah (Golden Gate Weather Service 2020 dalam Purnamasari *et al.* 2021).

4.4 Pergeseran Awal Musim Hujan secara Spasial

Pengolahan nilai *onset* yang telah didapatkan menggunakan metode pentad disusun ulang menjadi nilai pertahun dan dilakukan interpolasi secara spasial menggunakan metode IDW. Pemetaan data dengan *Inverse Distance Weighted* (IDW) dilakukan dengan cara memberi bobot berdasarkan jarak, dengan semakin dekat jarak dari lokasi target maka semakin besar pula bobotnya, demikian juga sebaliknya (Lestari *et al.* 2021). Bobot yang digunakan untuk rata-rata adalah turunan fungsi jarak antara titik sampel dan titik yang diinterpolasi (Pasaribu dan Haryani 2012).





Gambar 4. Peta persebaran nilai pentad untuk *onset* di sub-DAS Bengawan Solo Hulu pada tahun 2000 – 2018 secara berurutan

Interpolasi spasial yang telah dilakukan secara tahunan menunjukkan adanya pergeseran awal musim hujan setiap tahun yang terjadi di daerah sub-DAS Bengawan Solo Hulu. Nilai kontur yang ditunjukkan oleh garis pada peta mengindikasikan adanya kesamaan nilai pentad untuk perkiraan *onset* yang terjadi di daerah tersebut. Pada dasarnya, pergeseran yang terjadi memiliki nilai yang dipengaruhi oleh sebab yang sama, yaitu ENSO dan variabilitas iklim lainnya. Namun, dengan visualisasi secara spasial dapat dibandingkan adanya perbedaan awal musim hujan pada masing-masing stasiun hujan. Tahun yang memiliki rata-rata awal musim hujan lebih awal dapat terlihat dari peta yang ditunjukkan dengan warna yang cenderung biru seperti pada tahun 2010 dan 2016, sedangkan tahun dengan rata-rata awal musim hujan lebih lama ditunjukkan dengan warna yang mendekati merah seperti pada tahun 2006 dan 2015. Kemungkinan adanya variabilitas iklim berupa ENSO juga dapat terlihat dengan mudah dengan adanya visualisasi spasial ini. Kemungkinan adanya kejadian El Nino dapat dilihat dari peta dengan warna yang cenderung merah, sedangkan La Nina kemungkinan terjadi pada peta dengan warna yang cenderung biru.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pelaksanaan pengembangan profesi di BRIN Cibinong dilakukan dengan analisis dan pembuatan peta spasial untuk awal musim hujan di daerah sub-DAS Bengawan Solo Hulu menggunakan metode pentad. Selanjutnya, hasil analisis dan data olahan yang telah dihasilkan dapat disempurnakan dan digunakan sebagai bahan pendukung untuk analisis lebih lanjut yang berkaitan dengan variabilitas iklim dan awal musim tanam di daerah sub-DAS Bengawan Solo Hulu. Hasil pelaksanaan pengembangan profesi memberikan pemahaman baru terhadap pemanfaatan data curah hujan harian sebagai salah satu sumber prediksi awal musim hujan dan analisis menggunakan metode yang sesuai dengan keterkaitan antara variabilitas iklim dan awal masa tanam. Selanjutnya, hasil analisis awal musim hujan ini diharapkan untuk dapat dimanfaatkan untuk keperluan analisis selanjutnya.

5.2 Saran

Pemahaman terhadap data curah hujan harian perlu dilakukan lebih dalam sehingga dalam persiapan data sebelum menggunakan metode yang diinginkan dapat dilakukan dengan cepat. Pemahaman dalam penggunaan metode baru juga hendaknya perlu didalami agar dalam memproses data dapat lebih mudah.

DAFTAR PUSTAKA

- [Kemenhut] Kementerian Kehutanan. 2009. Instruksi Menteri Kehutanan No: INS.3/Menhut-II/2009 tentang luas DAS/Sub DAS Wilayah SWP DAS Solo. Surakarta: Kementerian Kehutanan.
- Athoillah I, Sibarani RM, Doloksaribu DE. 2017. Analisis spasial El Nino kuat tahun 2016 dan La Nina lemah tahun 2016 (pengaruhnya terhadap kelembaban, angin dan curah hujan di Indonesia). *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*. 18(1): 33-41.
- Auliyani D, Wahyuningrum N. 2020. Pola hujan di bagian hulu daerah aliran sungai Bengawan Solo dalam perencanaan pemanfaatan sumber daya air. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Air Sungai*. 4(1): 53-62.
- Budirahardjo EK. 2022. Pengaruh pola dan panjang data hujan terhadap desain penampungan air hujan pada tiga stasiun hujan di Indonesia. *Jurnal Sumber Daya Air*. 18(2): 85-96.
- Hamada JL, Yamanaka MD, Matsumoto J, Fukao S, Winarso PA, Sribimawati T. 2002. Spatial and Temporal Variations of the Rainy Season over Indonesia and their Link to ENSO. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. 80: 285-310.
- Herlina N, Pahlevi RA. 2017. Evaluasi dampak perubahan iklim terhadap produktivitas padi (*Oryza sativa* L.) di Kabupaten Malang. In Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Pertanian II. hlm 368-374.
- Laux PG, Jackel RT, Munang, Kunstmann H. 2010. Impact of climate change on agricultural productivity under rainfed conditions in Cameroon - A method to improve attainable crop yields by planting date adaptations. *Agric. Forest Meteorol*. 150: 1258–1271.
- Lestari M, Mira, Prasetyo SYJ, Fibriani C. 2021. Analisis daerah rawan banjir pada daerah aliran Sungai Tuntang menggunakan skoring dan inversed distance weighted. *Indonesian Journal of Computing and Modeling*. 4(1). 1-9.
- Molle BA, Larasati AF. 2020. Analisis anomali pola curah hujan bulanan tahun 2019 terhadap normal curah hujan (30 tahun) di Kota Manado dan sekitarnya. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*. 7(1): 1-8.
- Moron V, Robertson AW, Boer R. 2008. Spatial coherence and seasonal predictability of monsoon onset over Indonesia. *J. Climate*. 21:1-11.
- Omotosho JB, Balogun AA, Ogunjobi K. 2000. Predicting monthly and seasonal rainfall, onset and cessation of the rainy season in West Africa using only surface data. *Int'l. J. Climatol*. 20: 865–880.
- Pasaribu JM, Haryani NS. 2012. Perbandingan teknik interpolasi dem Srtm dengan metode Inverse Distance Weighted (IDW), Natural Neighbor dan Spline. *J. Penginderaan Jauh*. 9(2): 126–139.
- Purnamasari I, Saputra TW, Ristiyana S. 2021. Pola spasial kekeringan di Jawa Barat pada kondisi El Nino berbasis metode Palmer Drought Severity Index (PDSI). *Jurnal Teknik Pengairan*. 12(1): 16-29.
- Rahim A, Hidayati R, Faqih A, Mamenun. 2015. Analisis model prediksi awal musim hujan di Sulawesi Selatan. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 16(2): 65-75.
- Risnayah S. 2022. Dampak La Nina 2020-2021 terhadap curah hujan di Sulawesi Tenggara. *Buletin GAW Bariri*. 2(2): 97-104.
- Surmaini E, Syahbuddin H. 2016. Kriteria awal musim tanam: tinjauan prediksi waktu tanam padi di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. 35(2): 47-56.

- Wahyuningrum N, Basuki TM. 2019. Analisis kekritisian lahan untuk perencanaan rehabilitasi lahan DAS Solo bagian hulu. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. 3(1): 27–44.
- Yananto A, Sibarani RM. 2016. Analisis kejadian El Nino dan pengaruhnya terhadap intensitas curah hujan di wilayah Jabodetabek (studi kasus: periode puncak musim hujan tahun 2015/2016). *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*. 17(2): 65-73.

Lampiran

Hasil olah data penentuan *onset* dan *withdrawal*

https://drive.google.com/drive/folders/1vpXVUXUVS8NCMFtknvgxseLOx7dSzhE?usp=drive_link

Coding perhitungan *onset* dan *withdrawal*

```
install.packages("rJava")
#setwd("data hujan st/")
library("xlsx")
library(readxl)
#library("plotly")

nday <- 365
onsetDays <- rep(1:73,each=5)
#hujan <- na.omit(hujan)
save_all <- NULL

fs <- list.files(path=".", pattern = "xlsx$", full.names = F) #fs memperlihatkan data excel dlm setdir folder
nfile =1 ##ambil data(excel) pertama dalam suatu folder dari working directory
for (nfile in 1:length(fs)) {
  xlsxFile = fs[nfile]
  hujan <- read_xlsx(xlsxFile,sheet = 1)
  # hujan$hujan <- as.integer(hujan$hujan)
  hujan$hujan <- as.numeric(as.character(hujan$hujan))

  nama_stasiun <- sub(x = xlsxFile,pattern = ".xlsx",replacement = "")

  uji <- seq(1,length(hujan$tanggal),365)+214 ##bisa diganti tergantung julian date

  ## analisis pentad mm 5 hari
  # pentad = sum prcp each 5 days
  # onset if mean 3 pentad > sum annual prcp (pm)/73
  # day analysis started in augs 1st

  a = 1
  save_lock <- NULL

  for (a in 1:20) { trycatch({ ##ambil data mulai th ke-1 hingga ke 20
```

```
    dstart <- uji[a]
    dend <- dstart-1+nday

    hujan_tahun <- hujan[dstart:dend,1:2]

    #pentad <- tapply(hujan$hujan[dstart:dend],onsetDays,mean,na.rm=T)/(sum(hujan$hujan[dstart:dend],na.rm=T)/73)
    pentad <- tapply(hujan$hujan[dstart:dend],onsetDays,sum,na.rm=T) #pentad
    annual_pentad <- (sum(hujan$hujan[dstart:dend],na.rm=T)/73)

    m3_pe = 0
    pe =2
    for (pe in 1:(73-2)){
      m3_pe[pe]<- mean(pentad[pe:(pe+2)]) ##utk merata2kan 3 konsektif pentad
    }
    loc_onset <- which((m3_pe>annual_pentad)==T)[1] ##onset diprediksi pd tanggal jika m3_pe>annual_pentad
    loc_widrowl <- rev(which((m3_pe>annual_pentad)==T))[1]

    all_day_onset <- seq(dstart,dend,5)+2

    peak_onset <- match(pentad[pentad>(sum(hujan$hujan[dstart:dend],na.rm=T)/73)],pentad)

    res_allonset <- data.frame(hujan$tanggal[all_day_onset],pentad)
    names(res_allonset)[1] <- "tanggal"
    names(res_allonset)[2] <- "onset"

    na_annual <- sum(is.na(hujan_tahun$hujan))
```



```

##calculate avg rainy season
n_o <- which(hujan_tahun$tanggal==res_allonset[loc_onset,1])
n_w <- which(hujan_tahun$tanggal==res_allonset[loc_widrowl,1])
avg_rainy <- mean(hujan_tahun$hujan[n_o:n_w],na.rm = T)
na_rainy <- sum(is.na(hujan_tahun$hujan[n_o:n_w]))
total_prctp <- sum(hujan_tahun$hujan,na.rm=T)

loc_detect <- rbind.data.frame(res_allonset[loc_onset,],res_allonset[loc_widrowl,])
loc_detect_save <- cbind.data.frame(nama_stasiun,format(hujan$tanggal[ujj[a]], "%Y"),
                                   loc_onset,res_allonset[loc_onset,1],loc_widrowl,
                                   res_allonset[loc_widrowl,1],res_allonset[loc_widrowl,1]
                                   -res_allonset[loc_onset,1],
                                   avg_rainy,na_rainy,na_annual,total_prctp)

names(loc_detect_save)[1] <- "st"
names(loc_detect_save)[2] <- "year"
names(loc_detect_save)[3] <- "onset pentad"
names(loc_detect_save)[4] <- "onset"
names(loc_detect_save)[5] <- "withdrawal pentad"
names(loc_detect_save)[6] <- "withdrawal"
names(loc_detect_save)[7] <- "length"

```

```

if(a==1){ ##INI BUKAN SIH PENYEBAB TDK DISAVE DARI TH 2000??? a==1
  save_lock <- loc_detect_save
}
else{
  save_lock <- rbind.data.frame(save_lock,loc_detect_save)
}

```

```

## start plotting
png(paste('pentad_',xlsxFile,'_dst_',dstart,'.png',sep=''), width = 3200, height = 1600,res = 300)
par(mar=c(4, 8, 2, 2) + 0.1)
plot(res_allonset,axes=F, ylim=c(0,max(res_allonset$onset,na.rm = T)+50), xlab='', ylab='',type='n',col='red', main='')
##lines(res_allonset$tanggal[all_day_onset],rep((sum(hujan$hujan[dstart:dend],na.rm=T)/73),73))
##text(x=res_allonset$tanggal[peak_onset+4],y=res_allonset$onset[peak_onset]+0.02,res_allonset$tanggal[peak_onset])
text(x=loc_detect$tanggal,y=100,loc_detect$onset)

axis(2, ylim=c(0,max(res_allonset$onset,na.rm = T)+50),col='black',lwd=2)
mtext(2,text='pentad',line=2)
title(nama_stasiun)
par(new=T)
plot(x = hujan$tanggal[all_day_onset], y=rep((sum(hujan$hujan[dstart:dend],na.rm=T)/73),73),axes=F,
      ylim=c(0,max(res_allonset$onset,na.rm = T)+50), xlab='', ylab='',type='l',col='red', main='')
points.default(x=loc_detect$tanggal[1],y=loc_detect$onset[1],type="p",pch=19,col=blue)
points.default(x=loc_detect$tanggal[2],y=loc_detect$onset[2],type="p",pch=25,col=blue)

#lines(res_allonset,col="red")
par(new=T)
barplot(height = res_allonset$onset,axes=F, ylim=c(0,max(res_allonset$onset,na.rm = T)+50), xlab='', ylab='',col='black',main='')

par(new=T)
plot(hujan_tahun,axes=F, ylim=rev(c(0,max(hujan_tahun$hujan,na.rm = T)+50)), col=blue, xlab='', ylab='',
      type='l',lty=2, main='')
axis(2, ylim=rev(c(0,max(hujan_tahun$hujan,na.rm = T)+50)),lwd=2,line=3.5)
mtext(2,text='Prctp (mm/day)',line=5.5)

axis.Date(1,at=seq(min(hujan_tahun$tanggal), seq(max(hujan_tahun$tanggal),
format = "%m-%Y", lwd=2)
axis.Date(3,at=seq(min(hujan_tahun$tanggal), seq(max(hujan_tahun$tanggal),
format = "%m-%Y",labels = F,lwd=2)
mtext('Date',side=1,col='black',line=2)
dev.off()

```

```

}, error=function(e){})
}

if(nfile==1){
  save_all <- save_lock
}
else{
  save_all <- rbind.data.frame(save_all,save_lock)
}
write.csv(save_lock,file = paste('pentad_onset_wdt',nama_stasiun,'_result.csv',sep = ""))
}
write.csv( save_all,file = paste('pentad_onset_wdt_all_result.csv',sep = ""))

```