

KLASIFIKASI BADAN AIR *SYNTHETIC APERTURE RADAR* (SAR) MENGUNAKAN *EARTH ENGINE* UNTUK PEMANTAUAN DAN EVALUASI SDEW

Fathulloh¹, R.C.Sigitta², Mukrodin³

¹Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Peradaban,

²Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Peradaban,

³Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Peradaban.

fathul.peradaban@gmail.com, ritocipta@peradaban.ac.id, mukrodins@gmail.com

Kata Kunci:

Pemantauan dan
Evaluasi, SDEW,
Earth Engine,
Sentinel-1

Abstraksi

Situ, danau, embung dan waduk atau disingkat SDEW adalah daerah yang secara alami maupun buatan membentuk genangan pada permukaan bumi. Berbeda dengan laut, SDEW terletak di daratan, sehingga selain adanya aliran air yang masuk (*inlet*), terdapat juga aliran air yang keluar (*outlet*). Hal ini yang menyebabkan SDEW memiliki pengaruh dan juga dipengaruhi oleh lingkungan sekitarnya. Pengaruh inilah yang menyebabkan perlunya pemantauan dan evaluasi untuk menjaga dan mengawasi tampungan air tersebut agar tetap memberikan manfaat pada lingkungan di sekitarnya. Dalam bidang penginderaan jauh, permukaan bumi memiliki warna rona yang berbeda-beda, termasuk warna rona badan air. Salah satu citra yang digunakan untuk interpretasi tutupan lahan adalah citra Sentinel-1, yang merupakan citra radar tembus awan yang memiliki periode rotasi setiap 12 hari. Dalam penelitian ini kami melakukan pemantauan dan evaluasi situ, danau, embung dan waduk (SDEW) dengan lokasi fokus Danau Rawa Pening. Danau Rawa Pening memiliki daerah tangkapan air (DTA) seluas kurang lebih 29.538,21 Ha. Metode yang digunakan adalah klasifikasi badan air menggunakan *air synthetic aperture radar* (SAR) dengan sumber data citra Sentinel-1 dengan periode waktu tahun 2015 sampai dengan tahun 2018. Hasil pemantauan badan air pada Danau Rawa Pening dalam kurun waktu tersebut memperlihatkan bahwa badan air mencapai tutupan maksimal 2 (dua) bulan setelah musim penghujan dan mengalami penurunan tutupan badan air secara signifikan 2 (dua) bulan setelah musim kemarau. Kondisi dan luas Daerah Tangkapan Air (DTA) sangat berpengaruh dalam mensuplai air sampai dengan kondisi maksimal, dan akan tetap memberikan aliran mekipun sudah masuk musim kemarau. Hal ini juga sebagai evaluasi bahwa kondisi air pada danau memiliki fluktuasi yang besar ketika musim hujan dan musim kemarau.

Keywords:

Monitoring and
Evaluation, SDEW,
Earth Engine,
Sentinel-1

Situ, lakes, reservoirs and reservoirs or abbreviated as SDEW are areas that naturally or artificially form puddles on the earth's surface. Unlike the sea, SDEW is located on land, so that in addition to the inlet, there is also an outlet. This is why SDEW has an influence and is also influenced by the surrounding environment. This influence causes the need for monitoring and evaluation to maintain and supervise the water reservoir in order to provide benefits to the surrounding

environment. In the remote sensing field, the earth's surface has a different hue, including the hue of water bodies. One of the images used for the interpretation of land cover is the Sentinel-1 image, which is a through-cloud radar image that has a rotation period of every 12 days. In this study, we conducted monitoring and evaluation of situ, lake, reservoir and reservoir (SDEW) with a focus location of Lake Rawa Pening. Lake Rawa Pening has a water catchment area (DTA) covering an area of approximately 29,538.21 hectares. The method used is the classification of water bodies using water synthetic aperture radar (SAR) with Sentinel-1 image data sources with a time period of 2015 to 2018. The results of monitoring of water bodies on Lake Rawa Pening during that time show that the water bodies have reached cover. maximum 2 (two) months after the rainy season and experiencing a significant reduction in water body cover 2 (two) months after the dry season. The condition and size of the catchment area (DTA) is very influential in supplying water to maximum conditions, and will continue to provide flow even though it has entered the dry season. This is also an evaluation that the water conditions in the lake have large fluctuations during the rainy and dry seasons.

Pendahuluan

Situ, danau, embung dan waduk atau disingkat SDEW adalah daerah yang secara alami maupun buatan membentuk genangan pada permukaan bumi. Berbeda dengan laut, SDEW terletak di daratan, sehingga selain adanya aliran air yang masuk (*inlet*), terdapat juga aliran air yang keluar (*outlet*). Hal ini yang menyebabkan SDEW memiliki pengaruh dan juga dipengaruhi oleh lingkungan sekitarnya. Pengaruh inilah yang menyebabkan perlunya pemantauan dan evaluasi untuk menjaga dan mengawasi tampungan air tersebut agar tetap memberikan manfaat pada lingkungan di sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tutupan badan air SDEW pada rentang waktu tertentu dan mengevaluasi sebab-sebab yang mempengaruhi tutupan badan air.

Pemantauan adalah kesadaran tentang apa yang ingin diketahui. Pemantauan akan memberikan informasi tentang status dan kecenderungan bahwa pengukuran dan evaluasi yang diselesaikan berulang dari waktu ke

waktu. Evaluasi merupakan penaksiran atau penilaian, adalah kegiatan yang dilakukan berkenaan dengan proses untuk menentukan nilai dari suatu hal, dan proses untuk mempertimbangkan sesuatu hal atau gejala dengan mempertimbangkan beragam faktor yang kemudian disebut *Value Judgment*.

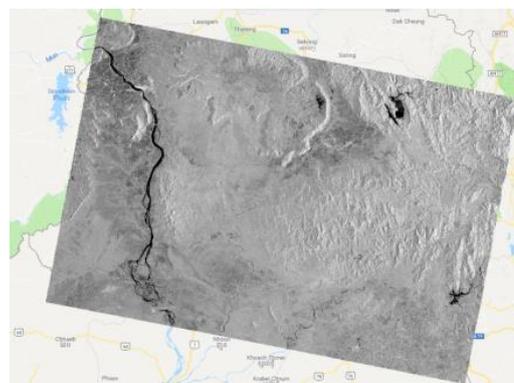
Secara hidrologi, daerah tangkapan air berpengaruh terhadap laju aliran air dalam mensuplai kawasan yang memiliki letak paling bawah. Karakteristik geomorfologi daerah tangkapan air (DTA) berfungsi sebagai masukan mendasar perhitungan genangan yang terjadi pada kurun waktu tertentu. Jelas bahwa variabilitas respon daerah tangkapan tidak hanya terkait dengan daerah tangkapan air, tetapi lebih terkait dengan peningkatan heterogenitas spasial-temporal dari karakteristik daerah tangkapan lainnya seiring dengan peningkatan skala daerah tangkapan. Secara umum, geomorfologi daerah tangkapan dan saluran mengesampingkan dampak yang mungkin dimiliki variabel daerah tangkapan pada waktu respons yang dihasilkan. Waktu

respons yang lebih pendek dan aliran puncak yang lebih tinggi terlihat jelas di daerah tangkapan yang homogen yang dicirikan oleh faktor bentuk yang lebih rendah, rasio sirkularitas, dan jarak centroid yang lebih pendek serta rasio jarak yang lebih tinggi, kondisi drainase, dan lereng yang lebih curam

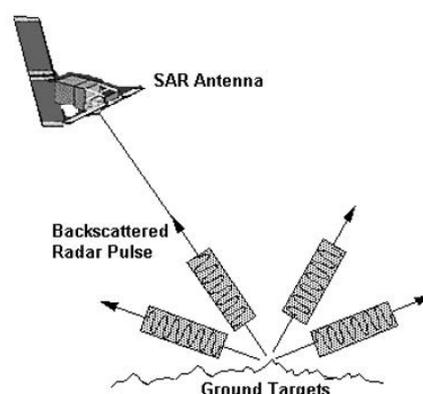
Keterbatasan dari citra satelit adalah adanya awan. Di Indonesia, sangat sulit untuk memperoleh citra satelit dengan tutupan awan yang relatif kecil di bawah 10%. Sensor SAR, seperti Sentinel-1, menggunakan gelombang radar, yang menembus awan, memungkinkan kita untuk melihat permukaan bumi, bahkan ketika ada awan. SAR bekerja dengan mengirimkan sinyal radar dari satelit ke bumi pada sudut miring. Sinyal mengenai bumi dan menyebar dan satelit mengukur berapa banyak *backscatter* yang kembali ke satelit. Jumlah hamburan balik sebagian ditentukan oleh kekasaran permukaan, dengan permukaan yang lebih halus tersebar lebih sedikit. Permukaan datar besar seperti hamburan air sangat sedikit dan menonjol sebagai titik-titik gelap terhadap permukaan tanah hamburan yang relatif tinggi.

Citra Sentinel merupakan citra radar tembus awan yang memiliki periode rotasi setiap 12 hari. Sentinel secara luas digunakan untuk pemantau perubahan tutupan lahan, perairan, cuaca, perubahan es di daerah kutub dan pemetaan permukaan tanah seperti hutan, air dan tanah, dan pertanian. Untuk kebutuhan pemetaan tata guna lahan yang digunakan sebagai sumber data utama adalah data Sentinel-2, tetapi untuk wilayah yang sering tertutup awan, terutama di lintang yang lebih tinggi dan tropis, sinergi dengan Sentinel-1 dimungkinkan (ESA. (2012). Sentinel-2 yang baru diluncurkan dapat memberikan citra multispektral resolusi spasial yang bagus, yang menjadikannya sebagai sumber data penting untuk pemetaan badan air pada skala global. Du, Y., dkk (2016).

Citra Sentinel-1 sebagai data terbuka dan didukung perangkat lunak *open source* memberikan peluang dan potensi penggunaan yang cukup luas untuk digunakan. Hal ini sangat membantu ketika adanya keterbatasan sumber daya yang tidak memungkinkan akuisisi citra secara komersial.



Gambar 1. Citra Sentinel-1 SAR



Gambar 2. Ilustrasi akuisisi citra SAR
Sumber : crisp.nus.edu.sg/

Salah satu perangkat open source yang dikembangkan oleh google adalah *Earth Engine*. Salah satu keuntungan menggunakan *Earth Engine* adalah pengguna hampir benar-benar bebas dari beratnya proses komputasi, termasuk alokasi penyimpanan data dan proses analisis citra Gorelick, N., dkk(2017), Hardy, A., dkk (2019).

Dalam proses pemantauan dan evaluasi SDEW, salah satu indikator yang

dilihat adalah tutupan lahan pada daerah tangkapan air (DTA). Untuk melakukan proses ini, digunakan hasil dari penelitian **Hansen, M. C., dkk (2013)**. Penelitian tersebut menghasilkan gambaran catatan perubahan hutan yang konsisten secara global dan lokal

Metodologi

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah teknik analisis menggunakan metode pengolahan Sistem Informasi Geografi (SIG) dan penginderaan jauh. Terdapat dua teknik analisis, yaitu klasifikasi badan air Danau Rawa Pening, dan tutupan vegetasi pada daerah tangkapan air (DTA). Klasifikasi badan air Danau Rawa Pening langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1). Menentukan *Region of Interest*

Region of Interest (ROI) ditentukan terlebih dulu sebagai pembatas dalam proses klasifikasi badan air. Langkah ini adalah pendefinisian poligon dengan memasukan minimal 3 titik koordinat. Titik tersebut akan membentuk *Region Of Interest (ROI)*. Selain menentukan *ROI*, kita juga perlu menentukan titik pusat *ROI* dan tingkat zoom yang mencakup seluruh *ROI*.

2). Memuat Citra Sentinel-1 SAR

Proses selanjutnya adalah melakukan pemanggilan citra Sentinel-1 SAR. Citra yang dipanggil hanya pada *ROI* saja dan data citra yang dipanggil disesuaikan dengan kebutuhan, Ketersediaan data adalah Januari 2015 sampai dengan April 2019. Untuk mempermudah analisis digunakan data per tahun, yaitu Januari 2015 sampai dengan 31 Desember 2018.

3). Filter *Speckle Noise*

Speckle adalah gangguan granular yang secara inheren ada dan menurunkan kualitas radar aktif, radar aperture sintetis (SAR), ultrasonik medis dan gambar

tomografi koherensi optik. Sebagian besar permukaan, sintetis atau alami, sangat kasar pada skala panjang gelombang. Gambar yang diperoleh dari permukaan ini oleh sistem pencitraan yang koheren seperti laser, SAR, dan USG mengalami fenomena gangguan umum yang disebut *speckle*. *Speckle* dihasilkan dari pola interferensi konstruktif dan destruktif yang ditunjukkan sebagai titik-titik terang dan gelap pada citra.

Meskipun sering disebut sebagai *speckle noise*, *speckle* bukanlah *noise* dalam pengertian yang dipahami secara umum tentang modifikasi yang tidak diinginkan pada sinyal yang diinginkan. Sebaliknya, itu adalah sinyal itu sendiri yang berfluktuasi, karena penghambur tidak sama untuk setiap sel, dan sinyal tersebut sangat sensitif terhadap variasi kecil dalam penyebarannya. *Speckle* juga dapat mewakili beberapa informasi yang berguna, terutama jika dikaitkan dengan laser spekel dan fenomena spekel dinamis, di mana perubahan pola spekel, pada waktunya, dapat menjadi ukuran aktivitas permukaan. Oleh karena itu dipanggil *variable algoritma* untuk filter *noise speckles*. Pada fungsi ini juga dilakukan *smoothed* untuk membuat citra dengan warna yang kontinu.

3). Ambang Batas

Proses mengklasifikasi piksel air dalam gambar SAR, kita akan menggunakan pendekatan ambang batas (*threshold*) sederhana untuk mengidentifikasi badan air. Badan air tampak lebih gelap daripada tanah, kita akan memilih ambang hamburan balik dan mengklasifikasikan semua piksel di bawah ambang tersebut sebagai air. Pendekatan paling sederhana untuk mensegmentasi suatu gambar adalah menggunakan *thresholding*. *Thresholding* adalah jenis segmentasi gambar yang tujuannya adalah mengubah piksel suatu gambar untuk membuat gambar lebih mudah dianalisis. Dalam *thresholding*, gambar dikonversi dari warna atau skala abu-abu menjadi gambar

biner, yang hanya memiliki warna hitam dan putih.

Langkah berikutnya adalah melakukan klasifikasi piksel air menggunakan satu set ambang batas. Pada penelitian ini menggunakan angka “-16”. Angka ini hanya perkiraan, dapat dilakukan perubahan-perubahan sampai diperoleh angka yang paling optimal.

Pada langkah ini dilakukan filter terhadap piksel yang bernilai 1 dan membuang yang bernilai 0. Piksel yang bernilai 1 adalah citra yang diidentifikasi sebagai badan air. Tapi tentunya perlu diperhatikan juga bahwa secara visual ini bisa saja tidak akurat. Maka perlu dilakukan kroscek dengan citra satelit yang aktif pada *google earth engine*.

4). Menambahkan Grafik *Time Series*

Kita akan melihat serangkaian waktu pada piksel yang menggambarkan badan air di wilayah yang menjadi fokus. Kita membuat bagan, yang memetakan penurunan jumlah spasial di setiap citra. Perlu diperhatikan bahwa resolusi Sentinel-1 adalah 10 m, yang artinya setiap 1 piksel setara dengan 100 m².

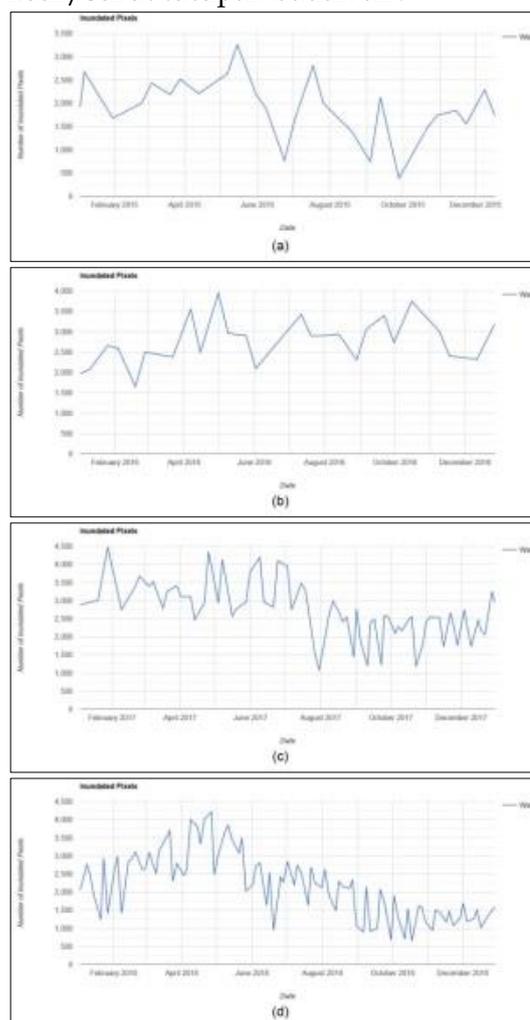
Citra Sentinel-1 yang dipanggil adalah periode tertentu, sehingga perlu dibuat sebuah diagram *time series*, sekaligus sebagai *button* untuk mengetahui tutupan badan air pada waktu tertentu. Hasilnya adalah sebuah peta dan grafik tutupan badan air.

Analisa tutupan vegetasi pada daerah tangkapan air (DTA) dilakukan dengan menggunakan hasil penelitian dari **Hansen, dkk. (2013)**. **Hansen, Dkk (2013)** melakukan sekumpulan data perubahan hutan global dalam *earth engine* mewakili perubahan hutan, pada resolusi 30 meter, secara global, antara tahun 2000 dan tahun 2018. Kita akan memasukan delineasi DTA Danau Rawa Pening pada *earth engine*, untuk mengetahui tutupan vegetasi.

Hasil dan Pembahasan

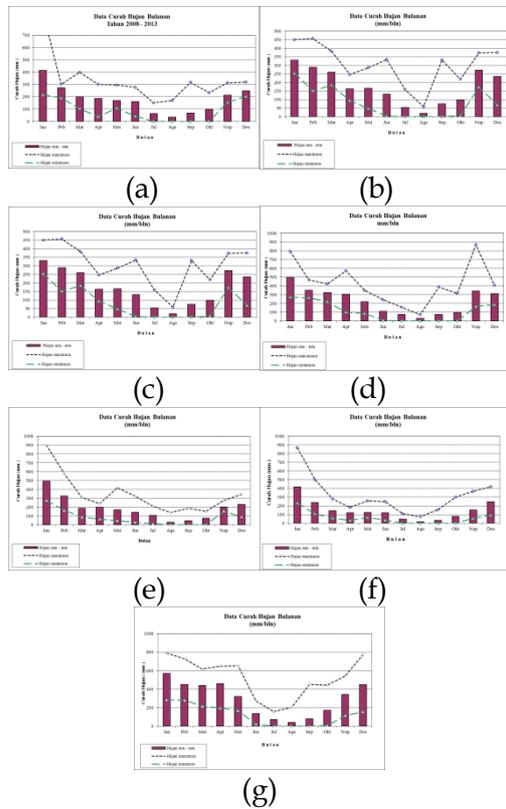
Analisa spasial menggunakan data Sentinel-1, dari tahun 2015 sampai dengan

tahun 2018, terlihat fluktuasi tutupan badan air Danau Rawa Pening. Dari grafik tersebut, dapat dilihat terdapat kecenderungan badan air tertinggi di bulan April dan semakin menurun sampai pada titik terendah pada bulan September sampai dengan bulan Oktober. Berdasarkan data curah hujan yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Tengah, intensitas curah hujan tertinggi berada di bulan Desember sampai dengan bulan Januari dan terendah antara bulan Juli sampai dengan bulan Oktober. Jika diperhatikan, maka ada hubungan antara curah hujan dan tutupan badan air. Semakin besar intensitas curah hujan, maka semakin besar tutupan badan air waduk. Begitu juga sebaliknya, semakin kecil intensitas curah hujan, semakin kecil/surut tutupan badan air.



Gambar 3. Grafik Tutupan Air (Water Body) Danau Rawa Pening Tahun

2015 (a), Tahun 2016 (b), Tahun 2017 (c)
dan Tahun 2018 (d)



Gambar 4. Grafik Curah Hujan pada 7 Stasiun Hujan yang tersebar di Kabupaten Semarang Tahun 2009 sampai dengan tahun 2015

(a) Stasiun BPSDA Jratun, (b) Pucang Gading, (c) Karang Roto, (d) Gunung Pati, (e) Mangkang Waduk, (f) Karang Tengah/Kaliwungu, (g) Kaligading

Citra Satelit Google Earth

Untuk membandingkan hasil analisis klasifikasi badan air menggunakan *syntetic aparatur radar* (SAR) citra Sentinel-1 dengan kondisi aktual dilapangan, kami melakukan kroscek menggunakan citra satelit google earth. Disebabkan keterbatasan periode waktu akuisisi citra pada lokasi fokus tersebut, maka hanya diambil 2 contoh tahun perekaman, yaitu tahun 2015 dan tahun 2018. Pemilihan lokasipun ditentukan pada daerah yang sedikit terdapat eceng gondok, dalam hal ini di sekitar Bukit Cinta.



Gambar 5. Citra Satelit sumber Google Earth Akuisi 24 Juni 2015



Gambar 6. Citra Satelit sumber Google Earth Akuisi 4 September 2015



Gambar 7. Citra Satelit sumber Google Earth Akuisi 14 Mei 2018

Citra yang tersedia untuk tahun 2015 adalah bulan Juni tanggal 24 atau mendekati bulan Juli dan tanggal 4 bulan September. Tidak terlihat perbedaan yang signifikan pada citra tersebut, masih selaras dengan hasil analisa menggunakan SAR citra Sentinel-1.

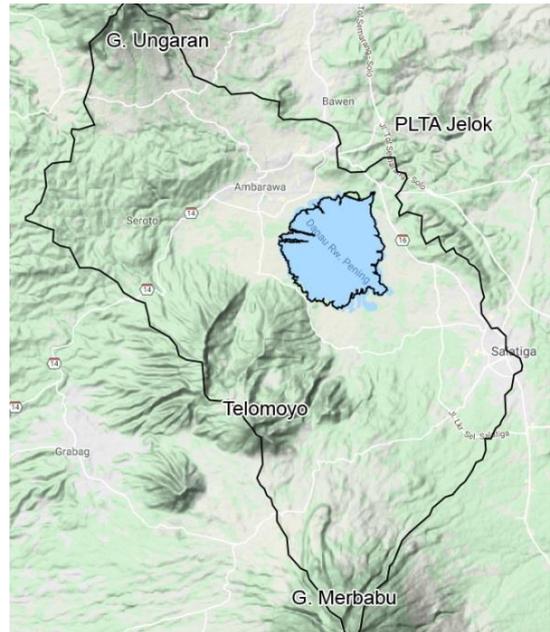


Gambar 8. Citra Satelit sumber Google Earth Akuisi 11 September 2018

Sedangkan untuk citra tahun 2018, terdapat perbedaan yang mencolok antara bulan April dan bulan September. Kondisi tersebut sama dengan hasil analisa menggunakan SAR citra Sentinel-1.

Daerah Tangkapan Air (DTA) Danau Rawa Pening

Daerah tangkapan air (DTA) danau Rawa Pening diperoleh menggunakan analisa perangkat GIS pada data *Digital Elevation Model (DEM)*. Hasil analisis menggunakan data DEM, luas DTA adalah 29.538,21 Ha. Delineasi DTA ini dijadikan sebagai bahan evaluasi kondisi tutupan vegetasi pada daerah tangkapan air danau Rawa Pening.



Gambar 9. Daerah Tangkapan Air (DTA) Danau Rawa Pening

Secara topografi dapat dilihat pada daerah tangkapan air (DTA) terdapat 3 lokasi dengan dataran lebih tinggi, yaitu daerah sekitar Gunung Merbabu, Gunung Ungaran dan perbukitan Telomoyo. Tiga wilayah inilah yang mengalirkan air ke Danau Rawa Pening. Terdapat beberapa sungai yang cukup besar, dan beberapa sungai kecil dengan kondisi aliran yang beragam.

Hasil analisa menggunakan penelitian Hansen, Dkk (2013) memperlihatkan sebaran tutupan vegetasi di daerah tangkapan air (DTA) Danau Rawa Pening. Warna hijau mewakili tutupan vegetasi seperti pepohonan, semak belukar dan tanaman lainnya. Sedangkan warna transparan atau warna putih mewakili daerah non vegetasi, dapat berupa permukiman, tegalan/ladang kering atau lahan kosong lainnya. Apabila diperhatikan, sebagian lebih daerah DTA bukan vegetasi tumbuhan. Hal ini yang menyebabkan tutupan badan air waduk sangat fluktuatif, tergantung curah hujan yang terjadi.



Gambar 10. Daerah Tangkapan Air (DTA) Danau Rawa Pening

Jika kita lihat dari kondisi tersebut, maka dapat dilakukan analisa untuk koefisien aliran. Koefisien aliran atau *run off* merupakan perbandingan antara limpasan dibagi dengan curah hujan. Faktor utama yang menentukan nilai ini adalah laju infiltrasi tanah, tanaman penutup tanah dan intensitas hujan. Sedangkan evapotranspirasi merupakan bagian penting dalam siklus air. Evapotranspirasi ini merupakan gabungan evaporasi dan transpirasi tumbuhan yang hidup di permukaan bumi. Evaporasi merupakan pergerakan air ke udara dari berbagai sumber, seperti tanah, atap dan badan air. Transpirasi merupakan pergerakan air dalam tumbuhan yang hilang melalui stomata akibat diuapkan oleh daun. Hal ini menjelaskan bahwa tutupan lahan daerah tangkapan air (DTA) sangat mempengaruhi laju aliran air dan penyerapan air ke dalam tanah. Selain itu juga penyerapan air oleh tumbuhan berpengaruh pada aliran air pada saat musim kemarau.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemantauan dan evaluasi badan air SDEW dengan lokasi focus Danau rawa Pening, dapat disimpulkan bahwa:

1. Tutupan badan air Danau Rawa Pening pada periode 4 tahun yaitu tahun 2015 sampai dengan tahun 2018, tertinggi terjadi pada bulan April dan terendah antara bulan September-Oktober. Bila merujuk pada data curah hujan Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Semarang, curah hujan inilah yang berpengaruh terhadap perubahan tutupan badan air.
2. Daerah tangkapan air sangat berpengaruh terhadap laju aliran air dan penyerapan air hujan. Hal ini terlihat dengan adanya jeda waktu pada saat musim hujan dimulai sampai dengan kondisi badan air pada Danau Rawa Pening terjadi pasang tertinggi setiap periode waktu satu tahun. Begitu juga pada saat musim kemarau dimulai, badan air tidak langsung surut pada titik terendah, tetapi masih ada periode waktu antara satu sampai 2 bulan. Hal ini menjadi indikasi masih berfungsinya DTA menjaga aliran dan penyerapan air.

Saran

Dalam penelitian ini pemantauan dan evaluasi badan air SDEW baru dilakukan untuk Danau. Perlu dilakukan analisa SDEW lain seperti Waduk. Adanya karakteristik yang berbeda antara Danau dan Waduk dapat memberikan kesimpulan yang berbeda pula. Sedangkan untuk situ dan embung yang memiliki luasan tidak terlalu besar, perlu alternatif metode lain yang lebih dalam untuk mendeteksi badan air.

References

Meygret, A., dkk (2015). *SENTINEL-2 image quality and level 1 processing*. Arizona: Earth Observing Systems XIV.

- Huang, W., dkk (2018). *Automated extraction of surface water extent from Sentinel-1 data*. Basel: Remote Sensing.
- Gorelick, N., dkk (2017). *Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone*. Amsterdam: Remote Sensing of Environment.
- Hansen, M. C., dkk. (2013). *High-resolution global maps of 21st-century forest cover change*. United States: Science.
- Du, Y., dkk (2016). *Water bodies' mapping from Sentinel-2 imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m spatial resolution produced by sharpening the swir band*. Basel: Remote Sensing.
- Hardy, A., dkk (2019). *Automatic Detection of Open and Vegetated Water Bodies Using Sentinel 1 to Map African Malaria Vector Mosquito Breeding Habitats*. Basel: Remote Sensing.
- ESA. (2015). *ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services*. AG Noordwijk <https://sentinel.esa.int/>.
- Gericke, O. J. (2019). *GIS applications to investigate the linkage between geomorphological catchment characteristics and response time: A case study in four climatological regions, South Africa*. Basel: Water