

PERHITUNGAN NERACA AIR DAS CIDANAU MENGUNAKAN METODE THORNTHWAITE

WATER BALANCE CALCULATIONS OF CIDANAU RIVER BASIN AREA USING THE RECOGNIZE THORNTHWAITE METHOD

Priyo Hartanto

Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

ABSTRAK Daerah aliran sungai (DAS) Cidanau yang terletak di Kabupaten Serang mempunyai nilai strategis sebagai penyedia air untuk kawasan industri Kota Cilegon dan Kabupaten Serang. Perhitungan neraca air Cidanau diperlukan untuk mengetahui kemampuan dalam mencukupi kebutuhan air di wilayah tersebut. Metode Thornthwaite dipakai untuk menghitung neraca air berdasarkan atas pasokan (*input*) dan luaran air (*output*) dalam rentang waktu tertentu. Perhitungan dengan metode ini didasarkan atas kecukupan data klimatologi, jenis tanah dan tutupan lahan. Hasil perhitungan menunjukkan surplus air selama tujuh bulan dari bulan Januari sampai Mei dan Nopember sampai Desember sebesar 896,4 mm/tahun. Dengan luas DAS Cidanau 22.322 Ha, maka total air yang masih tersedia sebesar 177,4 juta m³/tahun.

Kata kunci: Cidanau, neraca air, Metode Thornthwaite, klimatologi, jenis tanah, tutupan lahan.

ABSTRACT *Cidanau River Basin area, which is located in Serang Regency, has a strategic value as the water supply for Cilegon and Serang industrial estate. Water balance analysis of this*

area is necessary to recognize its capacity in fulfilling water demand of the area. In this study, we used Thornthwaite method to calculate the water balance, which is based on water input and output within a certain time range. This calculation method depends on the adequacy of climatological data, soil type, and land cover. The result has indicated that water surplus occurred in January to May and November to December as much as 896,4 mm/year. As the covered area is 22,322 Ha, the total available water of this river basin is 177.4 million m³/year.

Keywords: *Cidanau, water balance, Thornthwaite method, climatological, soil, land cover.*

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) Cidanau terletak di Kabupaten Serang Provinsi Banten selain ditempati oleh salah satu rawa pegunungan, Cagar Alam Rawa Danau, juga menjadi sumber air untuk wilayah sekitarnya. DAS Cidanau memiliki andil penting dalam penyediaan kebutuhan air di Serang maupun Kota Cilegon, paling tidak lebih dari 100 perusahaan yang bergantung dengan air DAS Cidanau (Pusat Humas, 2014; Krakatau Tirta Industri, 2016). Selain itu, hotel, rumah sakit dan pelabuhan juga bergantung pada Cagar Alam Rawa Danau. Dengan luas 22.322 hektare DAS Cidanau dapat memasok air dengan debit rata-rata 2.000 liter per detik. Selain sawah, perikanan, pariwisata dan keanekaragaman hayati dari sebuah ekosistem rawa bahkan beberapa diantaranya termasuk jenis yang dilindungi juga bergantung pada DAS Cidanau.

Dengan makin tumbuh dan dikembangkannya kawasan Cilegon dan Serang Barat menjadi kawasan industri, kondisi tersebut menuntut penyediaan air yang memadai. Untuk mendukung

Naskah masuk : 23 Februari 2017
Naskah direvisi : 6 September 2017
Naskah diterima : 5 Desember 2017

Priyo Hartanto
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Kompleks LIPI Gd. 70, Jl Sangkuriang Bandung 40135
Email : hartanto@geotek.lipi.go.id

kebijakan dalam pengembangan kawasan tersebut, perlu didukung informasi yang cukup mengenai sumberdaya air yang tersedia di DAS Cidanau yang dapat menjadi andalan sebagai pemasok kebutuhan air. Dalam fungsinya sebagai pemasok air Kota Cilegon, air Rawa Danau dialirkan melalui pipa sepanjang 27,8 km dan ditampung sementara di Waduk Nadra Krenceng (Priyanto dan Titiresmi, 2006., Syamiazi *et al.*, 2015). Dengan ditetapkannya wilayah Serang Barat dan Kota Cilegon sebagai kawasan industri, peran Rawa Danau yang merupakan bagian dari DAS Cidanau semakin dibutuhkan sebagai penyedia air. Dalam kondisi normal, semua danau menunjukkan pola kualitatif yang sama dari proses hidrologi dan mampu mengendalikan keseimbangan air (Schwerdtfeger *et al.*, 2014).

Penghitungan neraca air diperlukan untuk memberikan gambaran sebenarnya mengenai ketersediaan air pada DAS tersebut. Seperti diketahui bahwa neraca air merupakan komponen terpenting dalam sistem hidrologi. Secara sederhana neraca air merupakan sejumlah air hujan yang jatuh ke dalam tanah dikurangi penguapan dan aliran permukaan. Dengan kata lain neraca air merupakan hubungan antara aliran air ke dalam tanah yang berupa masukan (*input*) dengan luaran air (*output*) dalam rentang waktu tertentu. Luaran air (*output*) bisa dalam bentuk evapotranspirasi aktual dan aliran permukaan. Di sini faktor yang paling penting untuk menghitung neraca air adalah ketersediaan data air hujan (*precipitation*) selain suhu udara, tutupan lahan dan jenis dan kondisi tanah (*soil*) di daerah penelitian. Oleh karena itu, membicarakan neraca air tidak terlepas dari komponen curah hujan, penyinaran matahari, kelembaban, tutupan lahan, kondisi soil dan batuan. Dari perhitungan neraca air di DAS Cidanau akan bisa diketahui penggunaan air maksimum yang masih diperbolehkan.

Metode yang digunakan adalah Metode Thornthwaite yang didasarkan *input* dan *output* aliran air di wilayah tersebut. Metode lain yang biasa dipakai antara lain Model FJ Mock, model NRECA dan Model Tangki (Setyono, 2011; Gustian *et al.*, 2014). Dalam perhitungan neraca air penelitian ini dipilih Metode Thornthwaite karena kesederhanaan data yang diperlukan dan cara perhitungannya.

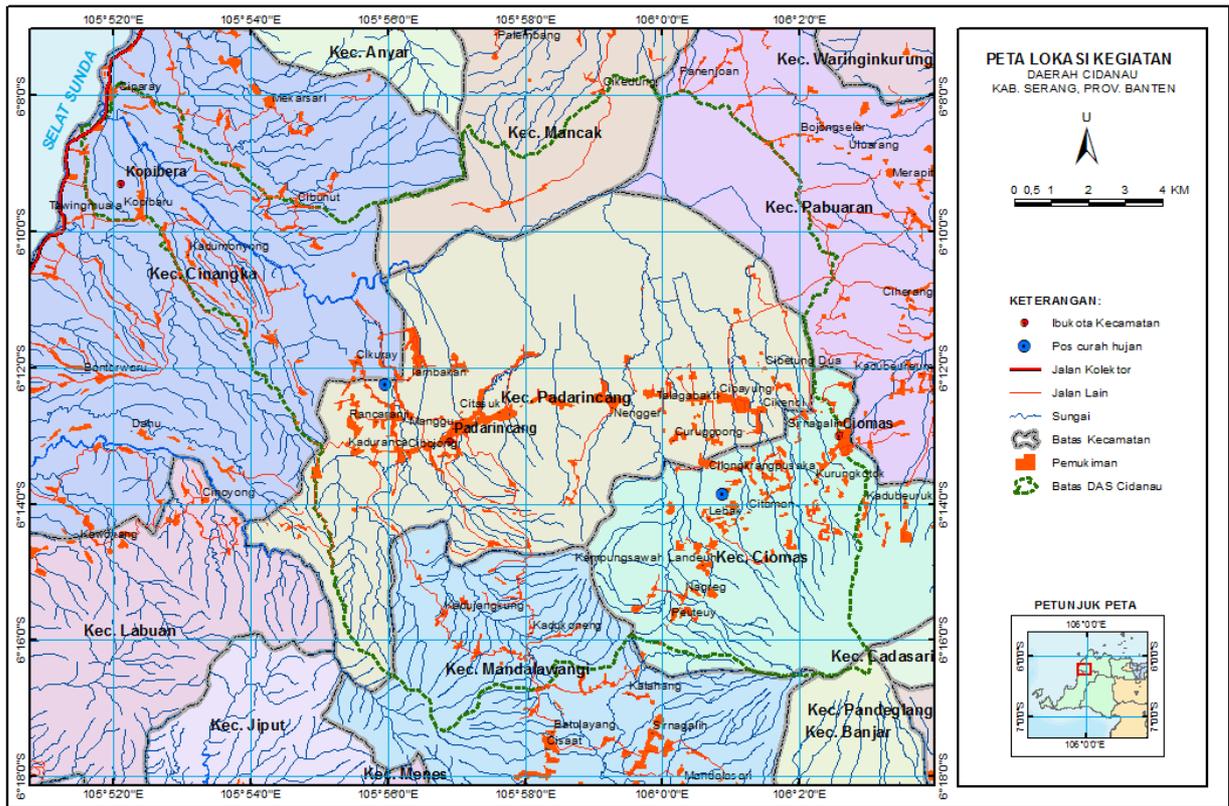
Bertolak pada hal tersebut, maka perlu diketahui bagaimana pola iklim dan curah hujan di daerah penelitian serta kondisi tanah dan penggunaan lahan di daerah penelitian. Karena perubahan curah hujan dapat memberi dampak yang signifikan terhadap kondisi lahan dan interaksi antara air tanah dan air permukaan (Jolly *et al.*, 2008). Hal lain yang perlu diungkap adalah seberapa besar air hujan yang menjadi air larian (*runoff*) serta bagaimana kemampuan menahan air hujan untuk bisa masuk sebagai cadangan air. Karena dengan terungkapnya kondisi iklim dan curah hujan serta penggunaan lahan akan dapat dihitung neraca air di daerah penelitian.

LOKASI DAN GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) Cidanau menempati wilayah yang terletak di Kecamatan Padarincang, Kecamatan Cinangka, Kecamatan Mancak, Kecamatan Pabuaran, Kecamatan Ciomas, Kabupaten Serang dan Kecamatan Cadasari Kabupaten Pandeglang. Secara geografi daerah penelitian terletak pada koordinat antara 06° 07' 10" - 06° 19' 10" LS dan 105° 51' 30" - 106° 03' 00" BT (Gambar 1).

Dasar DAS Cidanau terletak pada ketinggian 91 meter di atas permukaan air laut (dpal). Daerah tangkapan (*catchment area*) batas DAS pada ketinggian 794 meter dpal (Gunung Condong) dan 778 meter dpal (Gunung Karang) di sisi selatan, 741 meter dpal (Gunung Gede) di sisi utara dan 361 meter dpal (Gunung Kupak) di sisi timur DAS. DAS Cidanau didalamnya terdapat kawasan Cagar Alam Rawa Danau dengan luas lebih kurang 2.500 Ha dan luas area genangan sekitar 1.300 Ha, merupakan sebuah rawa pegunungan di Pulau Jawa yang berfungsi untuk irigasi dan reservoir (BPS Banten, 2016). Daerah aliran sungai (DAS) Cidanau ini bermuara di Selat Sunda.

Secara geografis, DAS Cidanau yang terletak di Kabupaten Serang bagian barat yang berbatasan langsung dengan Selat Sunda. Wilayah yang dapat dijangkau untuk dilayani kebutuhan airnya paling tidak meliputi Kecamatan Cinangka, Anyar, Mancak dan Padarincang Kabupaten Serang dan Kota Cilegon. Jumlah penduduk di empat kecamatan tersebut 214.620 orang dan jumlah penduduk Kota Cilegon 412.106 orang (BPS



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian DAS Cidanau.

Tabel 1. Luas wilayah, jumlah penduduk dan luas lahan (Ha) masing-masing wilayah.

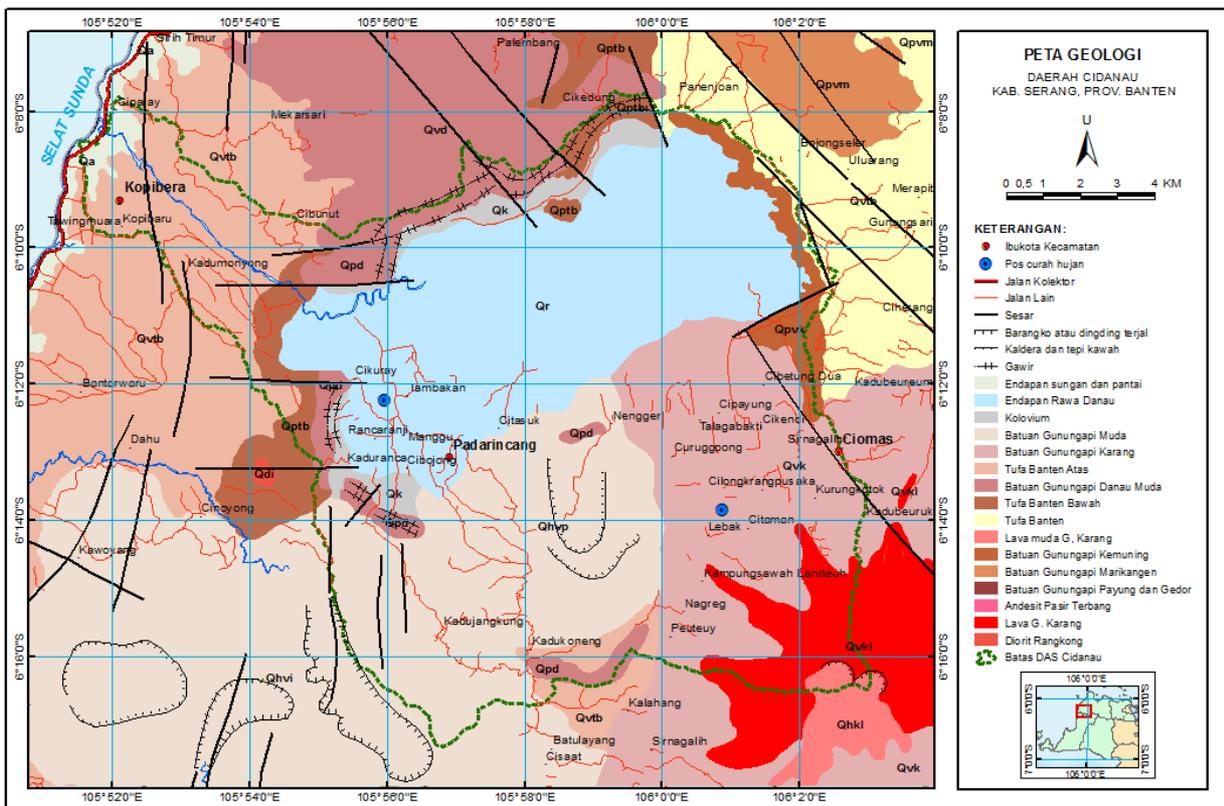
| No | Wilayah Kecamatan/Kota | Luas Wilayah | Jumlah Penduduk | Lahan Pertanian | |
|----|------------------------|--------------|-----------------|-----------------|-------------|
| | | | | Sawah | Bukan Sawah |
| 1 | Cinangka | 11.147 | 54.025 | 1.412 | 7.885 |
| 2 | Anyar | 5.681 | 53.163 | 1.058 | 1.869 |
| 3 | Mancak | 7.403 | 44.731 | 1.197 | 9.238 |
| 4 | Padaricang | 9.912 | 62.701 | 3.709 | 6.196 |
| 5 | Kota Cilegon | 17.551 | 412.106 | 2.289 | 2.752 |

Banten, 2016., BPS Kabupaten Serang, 2016; BPS Kota Cilegon, 2016) seperti disajikan pada Tabel 1.

Mengacu kebutuhan air berdasarkan SNI 19-6728.1-2002 untuk orang di daerah tersebut sebesar 100 liter per orang per hari. Sedangkan kebutuhan air untuk sawah berdasar SNI tersebut sebesar 10.368 liter/Ha/tahun. Maka berdasar Tabel 1 untuk memenuhi kebutuhan air bagi penduduk dan lahan pertanian diperkirakan diperlukan air sebesar 22,7 juta m³/tahun.

Geologi daerah Serang berdasarkan Santosa (1991) dan Rusmana *et al.*, (1991) disusun atas hasil batuan gunungberapi dan alluvium (Gambar 2).

Secara litostratigrafi tersusun atas endapan rawa danau (Qr) terdiri dari kerikil, pasir lempung, lumpur dan kerakal batuapung. Endapan kolumium (Qk) yang berupa reruntuhan, talus, dan urugan hasil reruntuhan gunungapi. Endapan hasil batuan gunungapi terdiri Batuan Gunungapi Karang (Qvk) yang tersusun terdiri atas breksi gunungapi, lava, tuf dan lahar tidak terpisahkan. Endapan batuan gunungapi muda (Qhv) tersusun atas breksi gunungapi, lava, tuf, aliran lahar dan hasil letusan gunungapi lainnya (Gunung Asepun, Gunung Parakasak). Endapan Tuf Banten Atas (Qvtb) terdiri atas tuf, tuf batuapung dan tuf pasir (di bagian atas) dan tuf hablur, tuf lapili berbatuapung, tuf kaca dan sisipan tuf lempungan di bagian bawah. Endapan batuan gunungapi



Gambar 2. Peta Geologi Daerah DAS Cidanau (Santosa, 1991; Rusmana *et al.*, 1991).

danau muda (Qvd) tersusun atas lava aliran bersusun andesit atau basal terkekarkan, breksi gunungapi dan tuf. Tuf Banten Bawah (Qvtb) yang tersusun atas breksi, alomerat, tuf berbatuapung, tuf lapili dan tuf pasir. Batuan Gunungapi Danau Tua (Qpd) berupa lava aliran bersusun andesit atau basal terkekarkan, breksi gunungapi dan tuf.

Dinding utara dari Rawa Danau memperlihatkan gawir yang relatif terjal dan lurus, itu menunjukkan bahwa dinding Rawa Danau ini dikontrol struktur sesar. Sepanjang dan sekeliling dinding Rawa Danau banyak dijumpai mataair, paling banyak didinding sisi utara dan sisi selatan, bahkan beberapa telah dimanfaatkan oleh penduduk setempat.

METODE

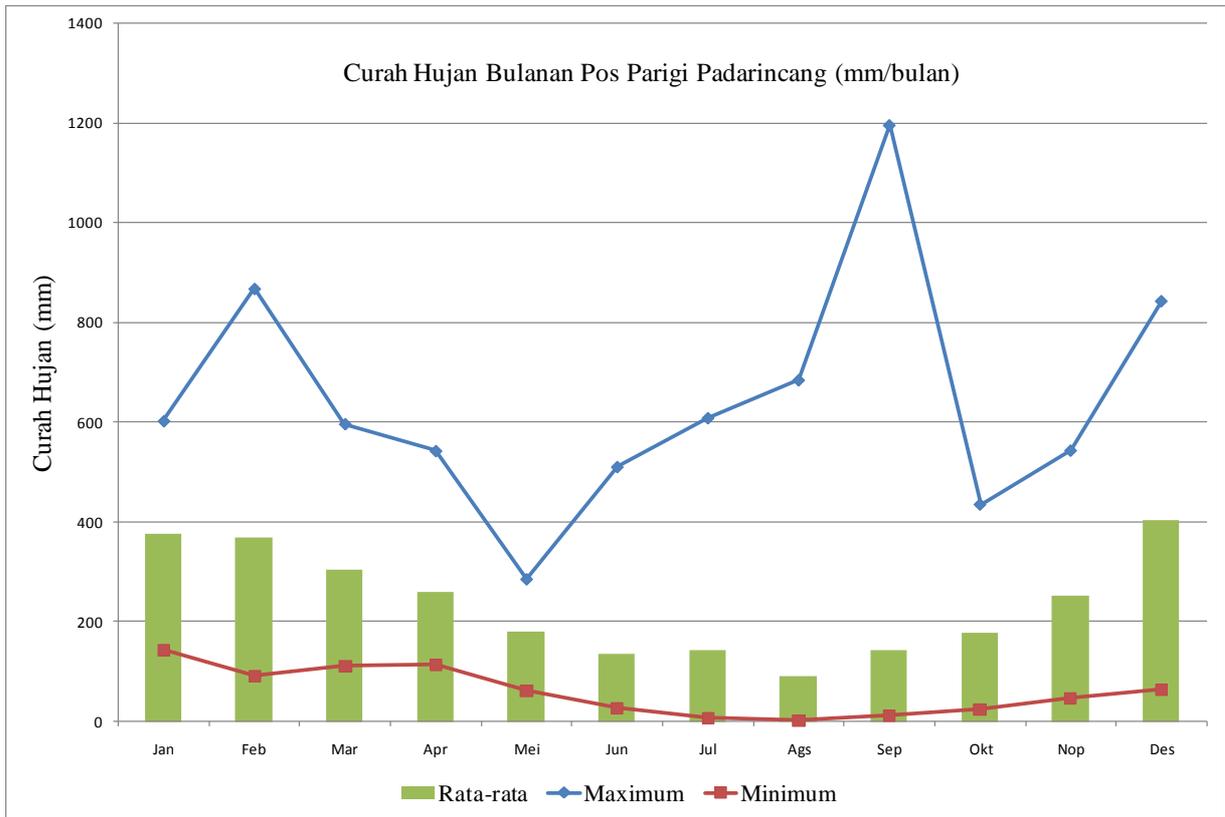
Perhitungan neraca air didasarkan pada hubungan antara pasokan air (*input*) dan luaran (*output*) dari suatu wilayah dalam jangka waktu tertentu. Karena itulah neraca air dapat dipakai untuk mengidentifikasi sumber-sumber air dan penggunaan air di wilayah dalam periode waktu tertentu (Moghadas, 2009). Untuk menghitung

neraca air menggunakan Metode Thornthwaite, diperlukan *input* data meliputi: curah hujan, temperatur (suhu udara), penguapan, data tutupan lahan dan kondisi *soil* hasil pengamatan lapangan. Curah hujan merupakan satu-satunya komponen *input* sedangkan evapotranspirasi, limpasan dan air masuk dalam tanah berada di sisi *output* (Sebhat, 2014; Ufoegbune *et al.*, 2011). Sementara hasil pengamatan lapangan bisa memberi pertimbangan (*adjust*) dalam menghitung neraca air (Schwerdtfeger *et al.*, 2014). Perhitungan neraca air dipengaruhi oleh jumlah curah hujan yang jatuh di permukaan bumi dan berapa banyak air yang kembali menguap maupun masuk ke dalam tanah yang dapat diasumsikan dengan persamaan (Suyono dan Takeda, 1987):

$$P = RO + Ep + G + M \quad (1)$$

dimana:

- P = hujan (mm)
- RO = debit aliran permukaan (mm)
- Ep = evapotranspirasi (mm)
- G = penambahan air tanah (mm)



Gambar 3. Jumlah curah hujan bulanan Pos Parigi Padarincang (dalam mm/bulan) dari Tahun 1998 sampai 2014.

M = penambahan kadar kelembaban (mm)

Data yang tersedia untuk menghitung neraca air di daerah penelitian adalah rata-rata curah hujan bulanan (P) dari stasiun penakar hujan Parigi antara 1998 sampai 2014. Nilai evapotranspirasi dihitung berdasarkan atas temperatur, indeks panas tahunan. Untuk mendapatkan indeks panas bulanan dapat dihitung dengan pendekatan empiris, yaitu (Thorntwaite dan Mather, 1957):

$$PE = f * PEc \quad (2)$$

$$PEc = 16 (10T/I)a \quad (3)$$

$$I = 12 i \quad (4)$$

$$i = (T/5)1,154 \quad (5)$$

$$a = 675*10^{-9}*I^3 - 77*10^{-6}*I^2 + 0.1792*I + 0,4939 \quad (6)$$

dimana :

PE = evapotranspirasi potensial (mm)

PEc = evapotranspirasi potensial mutlak

f = faktor letak lintang

i = indeks panas bulanan

I = total indeks panas selama setahun

a = nilai tetapan berdasarkan nilai I

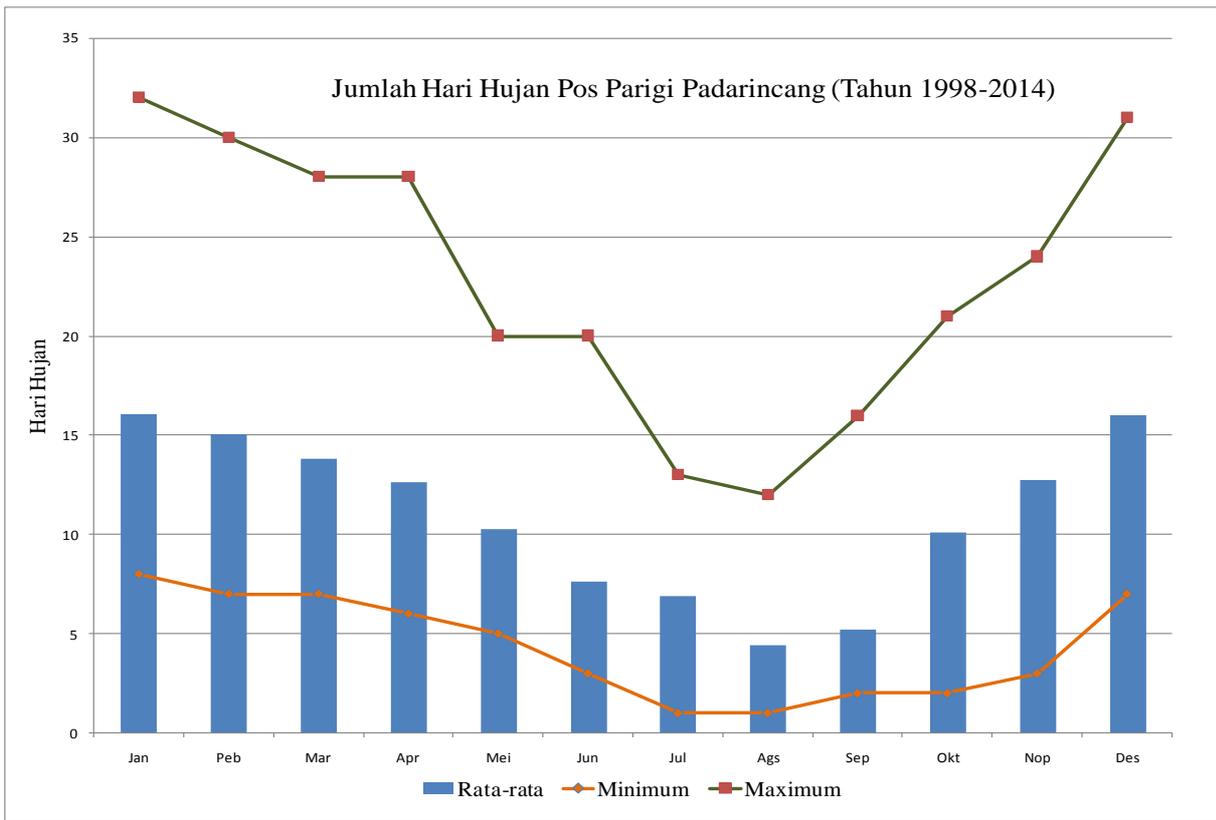
T = temperatur bulanan rata-rata (°C)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan dan Kondisi Iklim

Untuk menghitung neraca air diperlukan data dasar curah hujan (*precipitation*) karena penurunan curah hujan tahunan dan peningkatan suhu udara rata-rata tahunan yang signifikan akan berakibat pada perubahan neraca air (Touhami *et al.*, 2015). Data yang dipakai diperoleh dari stasiun penakar hujan Pos Parigi milik Balai Besar Wilayah Sungai Cidanau-Ciujung-Cidurian (BBWS C3) Kementerian Pekerjaan Umum Serang. Data yang tersedia, tercatat antara 1998 sampai 2014 dengan gambaran seperti disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Gambaran kondisi iklim diperoleh dari Stasiun Klimatologi BMKG Kelas 1 Serang yang merupakan stasiun terdekat dengan daerah



Gambar 4. Jumlah hari hujan bulanan Pos Parigi Padarincang (dalam mm/bulan) dari Tahun 1998 sampai 2014.

penelitian. Suhu udara rata-rata bulanan selama dua puluh tahun terakhir yaitu antara tahun 1995 sampai tahun 2014 berkisar 26,2 sampai 27,7° C. Penyinaran matahari antara 34 sampai 89 % /bulan. Penyinaran matahari terendah pada bulan Januari sebesar 34% dan tertinggi pada bulan Oktober sebesar 89% dengan rata-rata penyinaran lebih dari 50%/bulan.

Kelembaban udara yang tercatat di BMKG Serang antara tahun 1995 sampai tahun 2014 berkisar antara 80 sampai 87% terjadi antara bulan Nopember sampai bulan Juli. Sedangkan bulan Agustus dan September kelembaban udara rata-rata antara 70 sampai 77%. Kecepatan angin minimum 2 knot berarah utara sampai timur dan terbesar antara 8 sampai 20 knot berarah barat-timur. Data rata-rata penyinaran, temperatur dan kelembaban matahari daerah Serang yang tercatat di stasiun BMKG Serang hasil pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 2. Data-data tersebut merupakan komponen penting dalam perhitungan evapotranspirasi. Kelembaban tanah dan curah

hujan merupakan penentu utama nilai evapotranspirasi (Coners *et al.*, 2016).

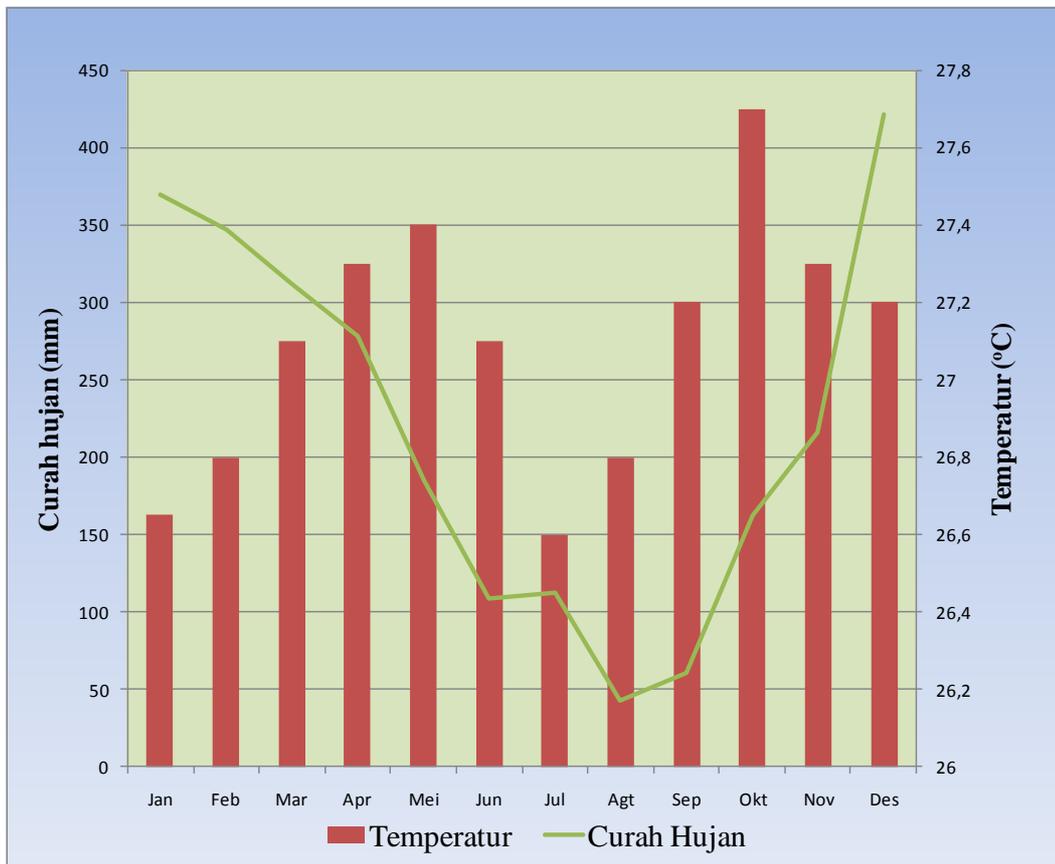
Sementara itu gambaran hubungan antara temperatur dan curah hujan daerah penelitian disajikan pada Gambar 5. Dimana temperatur rendah (26,8° C) dan curah hujan masih diatas 100 mm/bulan.

Ketersediaan Air

Dalam menghitung neraca air diperlukan curah hujan (*presipitasi*) dan evapotranspirasi. Sehubungan dengan tidak ada data pengukuran langsung, maka dalam penelitian ini diperoleh melalui perhitungan evapotranspirasi yang didasarkan pada pendekatan empiris melalui persamaan 6 di atas. Evaporasi merupakan proses penguapan melalui perubahan wujud dari air atau cair menjadi gas dan difusi ke atmosfer (Davie, 2008). Sedangkan transpirasi hilangnya air dari tubuh tanaman menuju atmosfer. Total evaporasi dan transpirasi ke atmosfer inilah yang disebut dengan evapotranspirasi. Metode Thornthwaite dapat digunakan untuk memperkirakan dan

Tabel 2. Rata-rata Penyinaran, Temperatur dan Kelembaban daerah Serang tahun 1995 – 2014.

| Bulan | Penyinaran (%) | | Temp (°C) | | Kelembaban (%) | |
|-----------|-------------------|-----|-------------------|------|-------------------|-----|
| | Rata ² | Abs | Rata ² | Abs | Rata ² | Abs |
| Januari | 43,45 | 34 | 26,61 | 26,7 | 83,15 | 84 |
| Februari | 41,00 | 52 | 26,49 | 26,8 | 84,40 | 85 |
| Maret | 55,90 | 54 | 26,88 | 27,1 | 83,30 | 83 |
| April | 64,75 | 64 | 27,19 | 27,3 | 83,15 | 83 |
| Mei | 70,40 | 69 | 27,38 | 27,4 | 83,05 | 83 |
| Juni | 64,70 | 51 | 26,86 | 27,1 | 82,20 | 82 |
| Juli | 72,30 | 67 | 26,58 | 26,6 | 80,65 | 82 |
| Agustus | 80,20 | 89 | 26,61 | 26,8 | 78,25 | 78 |
| September | 77,40 | 80 | 27,00 | 27,2 | 77,10 | 76 |
| Oktober | 64,55 | 70 | 27,41 | 27,7 | 78,75 | 77 |
| November | 51,40 | 51 | 27,12 | 27,3 | 80,45 | 80 |
| Desember | 44,75 | 43 | 26,77 | 27,2 | 82,20 | 82 |



Gambar 5. Hubungan antara temperatur dan curah hujan di daerah penelitian tahun 1998 sampai 2014 (Diolah dari sumber data BBWS C3 Serang).

menghitung evapotranspirasi potensial (Ufoegbune *et al.*, 2011). Berdasar persamaan tersebut, perhitungan evapotranspirasi potensial mempertimbangkan suhu udara sebagai indeks panas dan koreksi letak lintang posisi daerah

penelitian. Evapotranspirasi potensial merupakan pelepasan atau perpindahan sejumlah air dalam suatu waktu. Data yang menjadi dasar perhitungan meliputi: temperatur, indeks panas satu tahun, evapotranspirasi potensial yang diperoleh dari

Tabel 3. Hasil perhitungan evapotranspirasi.

| Komponen | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Ags | Sep | Okt | Nop | Des |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T (°C) | 26,7 | 26,8 | 27,1 | 27,3 | 27,4 | 27,1 | 26,6 | 26,8 | 27,2 | 27,7 | 27,3 | 27,2 |
| i | 12,60 | 12,70 | 12,92 | 13,07 | 13,14 | 12,92 | 12,56 | 12,70 | 12,99 | 13,36 | 13,07 | 12,99 |
| Epx (mm) | 4,6 | 4,6 | 4,7 | 4,7 | 4,8 | 4,7 | 4,5 | 4,6 | 4,7 | 4,8 | 4,7 | 4,7 |
| f | 31,8 | 28,8 | 31,2 | 30,0 | 30,6 | 29,4 | 30,6 | 30,9 | 30,0 | 31,5 | 30,9 | 32,1 |
| Ep (mm/bln) | 146,3 | 132,5 | 146,6 | 141,0 | 146,9 | 138,2 | 137,7 | 142,1 | 141,0 | 151,2 | 145,2 | 150,9 |

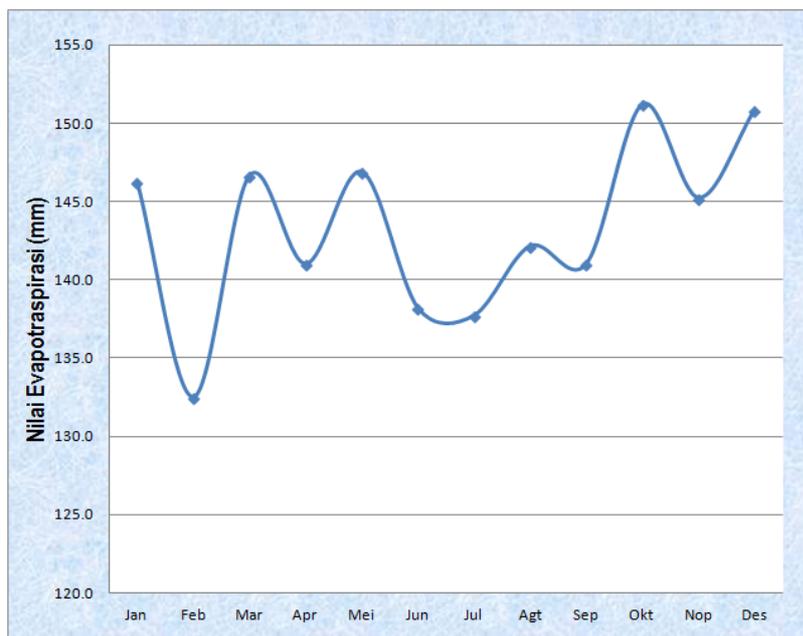
T = temperatur

i = indeks panas satu tahun (jumlah) = 155,02

Epx = Evapotranspirasi potensial (dari tabel)

f = faktor koreksi dari letak lintang lokasi kajian

Ep = Evapotranspirasi potensial setelah dikoreksi



Gambar 6. Grafik evapotranspirasi bulanan daerah penelitian (dalam mm).

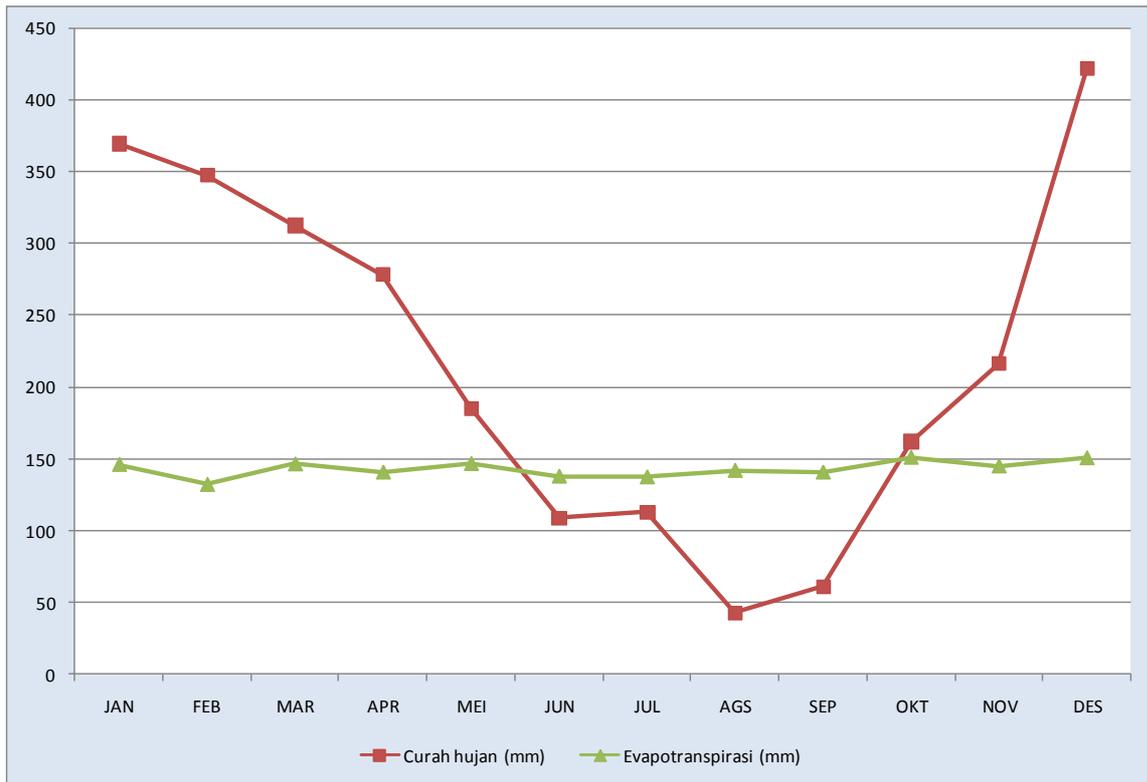
tabel. Faktor koreksi didasarkan dari letak lintang lokasi penelitian dan menghasilkan evapotranspirasi potensial terkoreksi.

Menggunakan persamaan tersebut di atas, hasil lengkap perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 3. Gambaran evapotranspirasi bulanan daerah penelitian seperti disajikan pada Gambar 6.

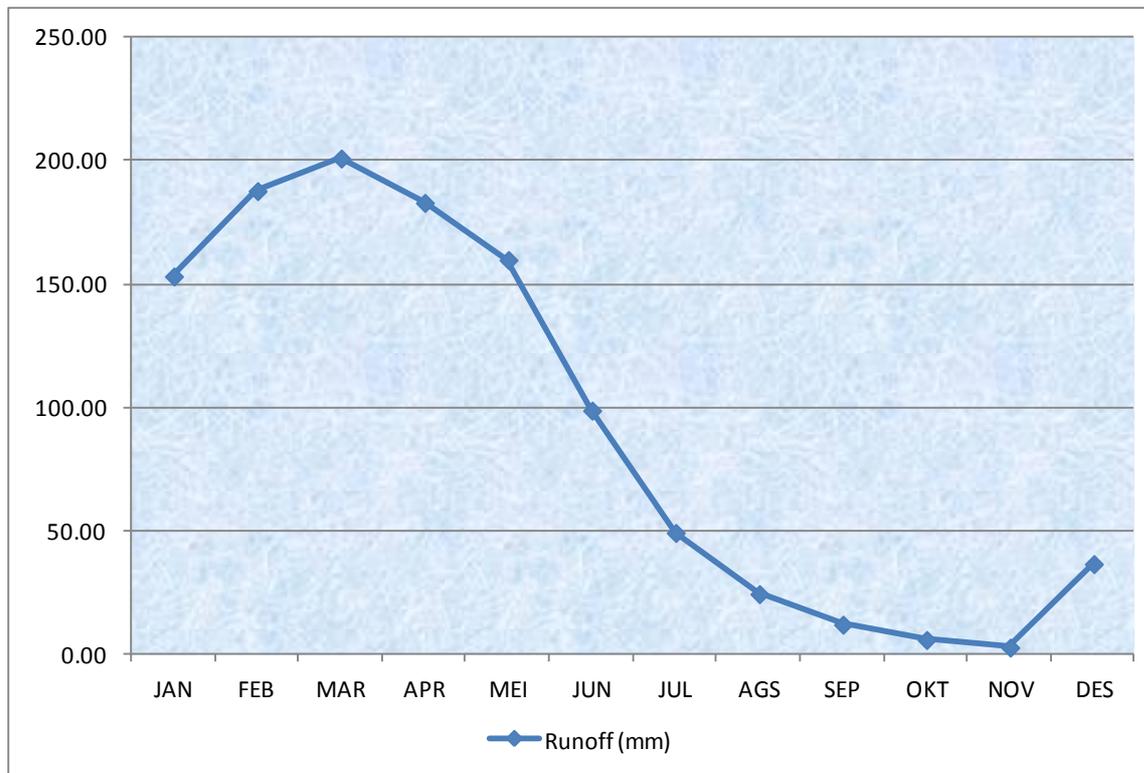
Dalam perhitungan neraca air, selain komponen curah hujan (P), evapotranspirasi (Ep), aliran permukaan (*runoff* /RO), penambahan air juga kapasitas air (*storage moisture* /ST). Curah hujan yang merupakan jumlah dan intensitas hujan yang jatuh di wilayah tertentu, pada dasarnya untuk mencukupi kebutuhan evapotranspirasi. Sedangkan dari curah hujan sebagian akan disimpan untuk menjadi cadangan air yang apabila

cadangan sudah mencapai maksimal akan menjadi surplus air. Cadangan air dalam tanah dipengaruhi oleh tekstur tanah dan tutupan lahan (Thornthwaite and Mather, 1957).

Dalam perhitungan kapasitas air (ST) diperlukan pendekatan-pendekatan karena dipengaruhi oleh luas dan jenis tutupan lahan, zona perakaran dan nilai kapasitas air tersimpan yang diukur pada tanah (*soil*). Hasil pengamatan lapangan tutupan lahan di daerah bukit dan lereng daerah penelitian berupa hutan campuran (mahoni, durian, rambutan, kelapa, coklat, karet dan lain-lain). Sementara itu, wilayah Rawa Danau umumnya masih daerah basah yang dimanfaatkan sawah dan beberapa perikanan. Daerah penelitian dengan luas diperkirakan sebesar 40%, kapasitas air



Gambar 7. Hubungan antara Curah hujan dan Evapotranspirasi di DAS Cidanau.



Gambar 8. Runoff bulanan di daerah penelitian.

Tabel 4. Perhitungan Neraca Air DAS Cidanau.

| Komponen | Satuan | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Ags | Sep | Okt | Nov | Des | Jumlah |
|------------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|---------|
| T | (°C) | 26,65 | 26,8 | 27,1 | 27,3 | 27,4 | 27,1 | 26,6 | 26,8 | 27,2 | 27,7 | 27,3 | 27,2 | |
| i | | 12,6 | 12,7 | 12,92 | 13,07 | 13,14 | 12,92 | 12,56 | 12,7 | 12,99 | 13,36 | 13,07 | 12,99 | 155,02 |
| Epx | | 4,6 | 4,6 | 4,7 | 4,7 | 4,8 | 4,7 | 4,5 | 4,6 | 4,7 | 4,8 | 4,7 | 4,7 | |
| f | | 31,8 | 28,8 | 31,2 | 30 | 30,6 | 29,4 | 30,6 | 30,9 | 30 | 31,5 | 30,9 | 32,1 | |
| P | (mm) | 369 | 347 | 312 | 278 | 185 | 109 | 113 | 43 | 61 | 162 | 216 | 421 | 2616 |
| Ep | (mm) | 146,28 | 132,48 | 146,64 | 141 | 146,88 | 138,18 | 137,7 | 142,14 | 141 | 151,2 | 145,2 | 150,8 | 1719,6 |
| P-Ep | (mm) | 222,72 | 214,52 | 165,36 | 137 | 38,12 | -29,18 | -24,7 | -99,14 | -80 | 10,8 | 70,77 | 270,1 | 896,4 |
| APWL | (mm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -29,2 | -53,9 | -153,04 | -233,04 | 0 | 0 | 0 | -469,18 |
| ST | (mm) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 74 | 58 | 21 | 9 | 100 | 100 | 100 | 962 |
| DST | (mm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -26 | -16 | -37 | -12 | 91 | 0 | 0 | |
| AE | (mm) | 146,28 | 132,48 | 146,64 | 141 | 146,88 | 164,18 | 153,7 | 179,14 | 153 | 60,2 | 145,2 | 150,8 | 1719,6 |
| S | (mm) | 222,72 | 214,52 | 165,36 | 137 | 38,12 | -3,18 | -8,7 | -62,14 | -68 | -80,2 | 70,77 | 270,1 | 896,4 |
| Total RO | (mm) | 153,49 | 188,08 | 201,27 | 183,30 | 160,13 | 99,12 | 49,56 | 24,78 | 12,39 | 6,20 | 3,10 | 36,93 | 1118,3 |
| Total RO Wilayah | jt m ³ /bln | 34,26 | 41,98 | 44,93 | 40,92 | 35,75 | 22,13 | 11,06 | 5,53 | 2,77 | 1,38 | 0,69 | 8,24 | 249,64 |

Dimana

- T = temperatur
i = indeks panas satu tahun (jumlah) = 155,02
Epx = Evapotranspirasi potensial (dari tabel)
f = faktor koreksi dari letak lintang lokasi kajian
P = curah hujan
Ep = Evapotranspirasi potensial setelah dikoreksi

- P-Ep = Selisih hujan dan evapotranspirasi
APWL = *Accumulated potential water loss*
ST = *Storage moisture*
DST = Perubahan kelembaban tanah
AE = Aktual evapotranspirasi
S = *Moisture surplus*

dengan tutupan lahan tersebut dan jenis tanah (*soil*) yang didominasi pasir halus-lanau maka diberikan harga ST sebesar 100 mm. Schwerdtfeger *et al.*, (2014) menunjukkan bahwa untuk mempertahankan sampai tingkat tertentu pada saat musim kemarau semua danau terkait erat dengan kondisi tanah dan memiliki tingkat *inflow* air tanah yang signifikan. Kondisi lahan yang berbeda akan memberikan cadangan yang berbeda. Kondisi lahan dapat membedakan besarnya air yang akan mengalami peresapan ke dalam tanah, besar penguapan, maupun yang menjadi aliran langsung (*runoff*).

Dari perhitungan neraca air di DAS Cidanau menggunakan metode Thornthwaite disajikan pada Tabel 4. Gambaran hubungan antara curah hujan dan evapotranspirasi dapat dilihat pada Gambar 7. Dalam kaitannya dengan simpanan air, pola umum evapotranspirasi akan berbanding terbalik sedang curah hujan berbanding lurus. Surplus air merupakan selisih antara curah hujan dengan evapotranspirasi (penguap-peluhan). Dari hasil perhitungan tersebut nampak bahwa bulan Januari sampai Mei masih terjadi surplus air sebesar 38,12 sampai 222,7 mm atau sebesar 777,72 mm. Selain itu, 50% dari surplus air tersebut akan masuk ke dalam tanah sebagai cadangan dan sisanya lagi yang 50% menjadi air larian (*runoff*). Dengan perhitungan luas daerah penelitian 22.322 Ha, maka dalam periode bulan Januari sampai Mei terjadi surplus air sebesar 173.598.194 m³. Memasuki bulan Juni mulai terjadi defisit air sampai akhir bulan September sebanyak -222,2 mm. Namun demikian, memasuki bulan Oktober sampai Desember daerah DAS Cidanau kembali surplus air sebesar 340,9 mm. Hasil perhitungan menggunakan metode Thornthwaite, total surplus selama satu tahun sebesar 896,4 mm. Dengan luas daerah aliran sungai (DAS) Cidanau sebesar 22.322 Ha dalam satu tahun total surplus daerah penelitian sebesar 200.094.408 m³/tahun.

Daerah penelitian pada bulan Januari menghasilkan *runoff* sebesar 68,43 mm sampai bulan Mei total *runoff* sebesar 886,28 mm. Total *runoff* dalam satu tahunnya sebesar 1118,35 mm. Total *runoff* daerah penelitian dengan luas wilayah 22.322 ha dalam satu tahun sebesar 249.639.323. m³/tahun. Dari air permukaan yang terdapat di Rawa Danau, setelah diolah ada sekitar 1.200 liter/detik sudah dimanfaatkan untuk kebutuhan industri dan sebagian untuk kebutuhan masyarakat

baik yang ada di Serang maupun di Kota Cilegon (Krakatau Tirta Industri, 2016). Grafik *runoff* bulanan di DAS Cidanau disajikan pada Gambar 8.

KESIMPULAN

Dari data yang ada menunjukkan bahwa daerah penelitian tidak akan terjadi kekeringan, karena terjadi hujan pada setiap bulannya meski tidak setiap hari. Jumlah atau total air hujan yang jatuh di daerah penelitian dalam sepuluh tahun terakhir rata-rata sebesar 2616 mm/tahun. Dari sejumlah tersebut ada sekitar 1719,6 mm hilang kembali diantaranya sebagai evapotranspirasi.

Dengan metode Thornthwaite, dalam setahun daerah penelitian akan surplus air selama tujuh bulan, yaitu bulan Januari sampai Mei dan Nopember sampai Desember. Defisit air terjadi selama lima bulan yaitu antara bulan Juni sampai Oktober. Total dalam satu tahun masih terjadi surplus air sebesar 896,4 mm /tahun. Dengan luas daerah aliran sungai (DAS) Cidanau 22.322 ha, maka total air yang masih tersedia sebesar 200,1 juta m³/tahun. Cadangan yang tersedia dikurangi pemenuhan air untuk penduduk dan pertanian sebesar 22,7 juta m³/tahun, maka total air yang masih tersedia sebesar 177,4 juta m³/tahun. Kondisi masih akan bisa dipertahankan apabila luas tutupan lahan dengan tanaman yang mampu menahan air ditingkatkan. Dengan kata lain, daerah penelitian litologi didominasi produk gunungapi, nilai kapasitas air dan penyimpanan air masih mungkin ditingkatkan dengan menambah luas lahan yang ditamani tanaman keras atau dihutankan kembali pada lahan terbuka. Kesederhanaan data yang diperlukan dan cara perhitungan, metode Thornthwaite bisa menjadi alternatif perhitungan neraca air di suatu daerah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan telah selesai dan diterbitkannya tulisan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada Prof. Dr. Robert M. Delinom atas pemilihan topik dan diskusi di lapangan. Terimakasih juga kepada Ir Sudaryanto, MT, APU atas diskusi dan saran penyempurnaan tulisan ini. Juga kami ucapkan terimakasih, BMKG Kelas 1 di Serang, BBWS Cidanau-Ciujung-Cidurian Departemen Pekerjaan Umum di Serang.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS) Banten, 2016. Provinsi Banten Dalam Angka, BPS Provinsi Banten, ISSN: 2088-4958, Katalog: 1102001.36.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Serang, 2016. Kabupaten Serang Dalam Angka, BPS Kabupaten Serang, ISSN: 2355-4896, Katalog: 1102001.3604.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Cilegon, 2016. Kota Cilegon Dalam Angka, BPS Kota Cilegon, ISSN: 1979-2999, Katalog: 1102001.3672.
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 19-6728.1-2002 Penyusunan neraca sumber daya – Bagian 1: Sumber daya air spasial.
- Coners, H., Babel W., Willinghöfer, S., Biermann, T., Köhler, L., Seeber, E., Foken, T., Ma, Y., Yang, Y., Miehe, G., and Leuschner, C., 2016. Evapotranspiration and water balance of high-elevation grassland on the Tibetan Plateau. *Journal of Hydrology* 533, 557–566, DOI: 10.1016/j.jhydrol.2015.12.021.
- Davie, T., 2008. *Fundamentals of Hydrology* 2nd ed. Routledge Taylor & Francis. 221pp.
- Gustian, M., Azmeri, Yulianur, A., 2014. Optimasi Parameter Model DR. Mock Untuk Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, *Jurnal Teknik Sipil Pascasarjana Universitas Syiah Kuala*, 3 (1), 36- 45.
- Jolly, I. D., McEwan, K. L., and Holland, K. L., 2008. A review of groundwater–surface water interactions in arid/semi-arid wetlands and the consequences of salinity for wetland ecology. *Ecohydrology*, 1 (1), 43–58. DOI:10.1002/eco.6.
- Krakatau Tirta Industri, 2016. Sumber air, dalam <https://www.krakatautirta.co.id/>, Diunduh pada tanggal 9 September 2016.
- Moghadas, S., 2009. Long-term Water Balance of an Inland River Basin in an Arid Area, North-Western China, Master of Science Thesis in Water Resources Division of Water Resources Lund Institute of Technology, Lund University, Box 118 SE - 221 00 Lund, Sweden.
- Priyanto B., dan Titiresmi, 2006. Beberapa aspek pengelolaan Cagar Alam Rawa Danau sebagai sumber air baku, *Jur. Tek.Ling, BPPT*, 7 (3), 277-283.
- Pusat Humas, 2014. Cagar Alam Rawa Danau, SAVE THE BEST FOR THE LAST, Siaran Pers Pusat Hubungan Masyarakat, Sekretariat Jenderal Kementerian Kehutanan, Jakarta.
- Rusmana, E., Suwitodirdjo, K., dan Suharsono, 1991, Peta Geologi Lembar Serang Jawa Skala 1:100.000, Pusat Survey Geologi, Bandung.
- Santosa, S., 1991. Peta Geologi Lembar Anyer Jawa Barat, Skala 1:100.000, Pusat Survey Geologi, Bandung.
- Schwerdtfeger, J., Weiler, M., Johnson, M. S., and Couto, E. G., 2014. Estimating water balance components of tropical wetland lakes in the Pantanal dry season, Brazil., *Hydrological Sciences Journal*, 59 (12), 2158-2172, DOI: 10.1080/02626667.2013.870665.
- Sebhat, M. Y., 2014. Water balance of the Juba and Shabelle Rivers in Ethiopia-Somalia, *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 4 (4), 65-75, DOI: 10.14303/irjas.2014.027.
- Setyono, E., 2011. Pemakaian Model Deterministik Untuk Transformasi Data Hujan Menjadi Data Debit Pada DAS Lahor, *Media Teknik Sipil*, 9 (1), 17 – 28.
- Seyhan, E., 1990. *Dasar-dasar Hidrologi*. Gadjah Mada University Press, Bulaksumur, Yogyakarta.
- Suyono S., dan Takeda, K., 1987. *Hidrologi Untuk Pengairan*. PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Syamiazi, F. D. N., Saifullah dan FR Indaryanto, 2015. Kualitas Air waduk Nadra Krenceng Kota Cilegon Provinsi Banten, *Jurnal Akuatika*, 6 (2), 161-169.

- Thornthwaite, C. W., and Mather, J. R., 1957. Instruction and Table For Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance. Publication in *Climatology*, X (3), 185-204.
- Touhami, I. E., Chirino, E., Andreu, J. M., Sánchez J. R., Moutahir H., and Bellot, J., 2015. Assessment of climate change impacts on soil water balance and aquifer recharge in a semiarid region in south east Spain, *Journal of Hydrology* 527, 619–629. DOI: 10. 1016/j.jhydrol. 2015.05.012.
- Ufoegbune, G. C., Yusuf, H. O., Eruola, A. O., and Awomeso J. A., 2011. Estimation of Water Balance of Oyan Lake in the North West Region of Abeokuta, Nigeria, *British Journal of Environment & Climate Change* 1(1), 13-27.