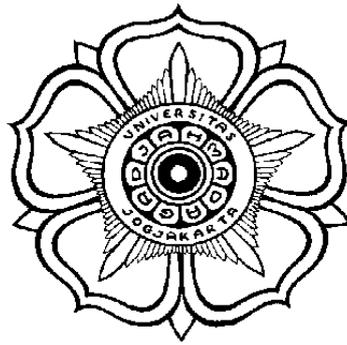


MODUL
HIDROMETEOROLOGI
Dasar-Dasar, Analisis dan Aplikasi



DEPARTEMEN KONSERVASI SUMBERDAYA HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN UGM
UNIVERSITAS GADJAH MADA
2020

BAB VI

MONITORING NERACA AIR SUATU EKOSISTEM HUTAN

6.1. Neraca Air

Pergerakan air dapat dipelajari melalui banyak cara, sebagai contohnya dari proses infiltrasi air pada jenis tanah tertentu hingga pergerakan air pada skala lebih besar lagi. Dalam berbagai penelitian dan pengelolaan air, pemahaman mengenai jumlah air yang masuk dan keluar dari suatu area menjadi landasan dasar untuk diketahui agar dapat memperkirakan jumlah air yang dapat disimpan dan dikeluarkan saat musim kemarau tiba. Neraca air atau keseimbangan air (*water balance*) menjadi landasan dasar dalam pokok bahasan proses hidrologi suatu wilayah.

$$In = Out + \Delta S$$

Keterangan :

In : Jumlah air yang dapat masuk dan memenuhi volume tanah

Out : Jumlah air yang keluar

ΔS : Perubahan simpanan pada waktu tertentu

Istilah *In* dan *Out* menurut Martin (2009) adalah sebuah nilai yang absolut (dapat lebih besar dari 0 atau sama dengan 0) terlepas dari beberapa proses yang mempengaruhinya, sedangkan nilai ΔS dapat bernilai nol (0), positif dan negatif. Apabila ΔS bernilai 0 artinya tidak ada perubahan simpanan air suatu wilayah selama periode waktu dimana dihitung neraca airnya. Total air yang disimpan dan yang dikeluarkan pada saat ΔS 0 adalah sama, sebagai contoh ketika sebagian simpanan air berupa kelengasan tanah turun menjadi air tanah, tetapi jumlah total air yang disimpan pada kapasitas tanah tetap sama. ΔS bernilai positif artinya, jumlah air yang berada di dalam tanah melimpah atau sering disebut *surplus*, sedangkan ΔS bernilai negatif artinya suatu kawasan tersebut akan mengalami defisit air pada periode waktu tertentu. Komponen neraca air seringkali diperkirakan setiap tahun, tetapi untuk kebutuhan khusus dapat pula diambil setiap periode tertentu. Misalnya, bulanan, per enam bulan untuk situasi kejadian banjir. Jumlah keseluruhan simpanan air di tanah dapat diperoleh dari

gabungan simpanan air permukaan, simpanan air dalam bentuk lengas tanah, dan simpanan air dalam air tanah. Selanjutnya, neraca air penting untuk diketahui khususnya pada daerah yang sering terjadi kekurangan air maupun kelebihan air agar dapat menentukan pengelolaan yang tepat.

6.2. Neraca Air dalam DAS

Pendekatan analisis neraca air dapat digunakan untuk memberikan gambaran sebenarnya mengenai ketersediaan dan aliran air pada suatu DAS. Aliran air yang dimaksud adalah aliran air pada musim kemarau yang sangat berkaitan erat dengan lengas tanah dan simpanan air. Rumus umum yang digunakan yaitu konsep neraca air secara meteorologis pada suatu DAS (Seyhan, 1977) :

$$P = R + Ea \pm \Delta St$$

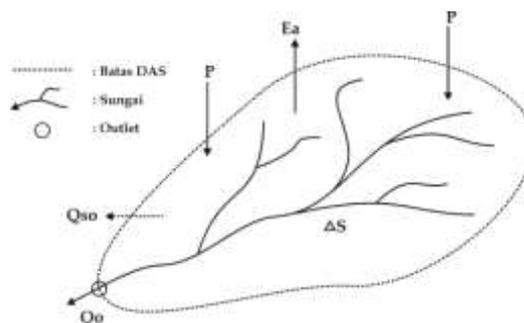
- P = curah hujan
 R = limpasan permukaan
 Ea = evapotranspirasi aktual
 ΔSt = perubahan simpanan

Persamaan neraca air menurut Seyhan (1977) di atas dapat lebih disederhanakan menjadi :

$$P = Qo + Ea \pm \Delta S$$

Keterangan :

- P : Presipitasi yang jatuh kedalam DAS
 Qo : Aliran sungai yang keluar dari DAS di outletnya
 Ea : Evapotranspirasi
 ΔS : Perubahan timbunan air dalam DAS



Gambar 6.1 Neraca Air pada Daerah Aliran Sungai

Berdasarkan gambar di atas, neraca air tersebut di atas menganggap tidak adanya masukan atau keluaran air dari DAS yang disebelahnya. Kalau ada masukan ataupun keluaran yang terjadi karena keadaan struktur geologi dan litologinya (batuan) maka selanjutnya, persamaan neraca air ditulis dengan persamaan :

$$P + Q_{si} = Q_o + Q_{so} + E_a + \Delta S$$

Q_{si} = Aliran masuk bawah permukaan (*Transbasin Ground Waterinflow*)

Q_{so} = Aliran keluar bawah permukaan (*Transbasin Ground Wateroutflow*)

6.3. Perhitungan Neraca Air Metode *Thorntwaite Mather*

Perhitungan dengan metode ini didasarkan atas kecukupan data klimatologi, jenis tanah, tutupan lahan, dan konsep evapotranspirasi. Terdapat dua macam evapotranspirasi yang dibahas dalam perhitungan neraca air, yaitu evapotranspirasi potensial (PE) dan evapotranspirasi aktual (AE). Evapotranspirasi merupakan gabungan transpirasi yaitu peristiwa penguapan dari tanaman, dan istilah evaporasi yang didefinisikan sebagai peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah, permukaan air, dan permukaan lainnya ke atmosfer. Kedua proses ini memiliki peran sama yaitu untuk mengembalikan presipitasi ke atmosfer.

Evapotranspirasi potensial merupakan evapotranspirasi yang mungkin terjadi pada kondisi cuaca yang ada bila kondisi persediaan air cukup. Evapotranspirasi potensial akan berlangsung bila pasokan air tidak terbatas bagi stomata maupun permukaan tanah. Tanaman yang mendapatkan air cukup dapat memperlihatkan pertumbuhannya yang optimal pada suhu tertentu yakni pada suhu 30⁰, namun ketika melebihi suhu tersebut berpotensi menghentikan pertumbuhan. Evapotranspirasi aktual merupakan evapotranspirasi yang terjadi di lapangan. Air yang diuapkan melalui proses evapotranspirasi meliputi air intersepsi, air di permukaan tanah dan air dalam tanah sebagai lengas tanah. Evapotranspirasi actual juga didefinisikan sebagai suatu kondisi pada saat

dimana evapotranspirasi sangat tergantung pada besarnya hujan yang terjadi.

Informasi data-data meteorologi seperti evapotranspirasi selanjutnya dikembangkan oleh Thornwhite. Perhitungan neraca air dengan menggunakan metode Thornthwaite Mather (1957) menurut fungsi hidrometeorologis sangat berguna untuk mengevaluasi ketersediaan air di suatu wilayah terutama untuk mengetahui kapan ada surplus dan defisit air. Data yang diperlukan berupa :

1. Curah hujan bulanan;
2. Suhu udara bulanan;
3. Penggunaan lahan;
4. Jenis tanah atau tekstur tanah;
5. Letak garis lintang (latitude).

Langkah-langkah perhitungan neraca air :

1. Hitung suhu udara bulanan rata-rata

Data suhu udara pada umumnya sulit diperoleh, oleh karena itu suhu udara dapat diperkirakan dengan data suhu yang ada di suatu tempat :

$$\Delta t \quad : 0,006 \times \Delta h$$

$$t_1 \quad : t_2 \pm \Delta t$$

$$\Delta h \quad : \text{beda tinggi tempat lokasi 1 dengan lokasi 2 (dalam meter)}$$

$$\Delta t \quad : \text{beda suhu udara (}^\circ\text{C)};$$

$$t_2 \quad : \text{suhu udara di lokasi 2.}$$

2. Hitung Evapotranspirasi dengan metode Thornthwaite Mather (E_p)
3. Hitung selisih hujan (P) dengan evapotranspirasi
4. Hitung "accumulated potential water losses" ($APWL$)
5. Hitung "Water Holding Capacity" (St_o) berdasar Tabel WHC (hitung jenis tanah x kedalaman akar)
6. Hitung soil moisture storage (St)

$APWL$

$$St = St_o e^{-\frac{APWL}{e}} \quad e = \text{bilangan napier}$$

St_o dihitung atas dasar data tekstur tanah dan kedalaman akar

7. Hitung delta St tiap bulannya

$$\Delta st = St_i \text{ bulan ke } i \text{ dikurangi } St \text{ bulan ke } (i - 1)$$

8. Hitung evapotranspirasi aktual (Ea)

untuk bulan basah ($P > Ep$), maka $Ea = Ep$

untuk bulan kering ($P < Ep$), maka $Ea = P + | - \Delta St |$

9. Hitung surplus air (S);

Bila $P > Ep$, maka $S = (P - EP) - \Delta St$.

10. Hitung defisit (D),

$$D = Ep - Ea.$$

Tabel 6.1 Tabel Analisis Perhitungan Neraca Air Suatu Kawasan

Bulan	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
T (°C)	28.4	27.9	26.6	26.8	25.2	24.7	25.8	25.8	26.8	27.1	26.6	26.2	
i													
Ep*													
f													
EP													
P (mm)	262	273	194	515	81	33	0	0	0	11	204	840	
P-EP													
APWL													
st													
Δst													
AE													
D													
S													
RO													

Tabel 6.2 Tabel *Water Holding Capacities* Untuk Berbagai Jenis Tanah dan Vegetasi

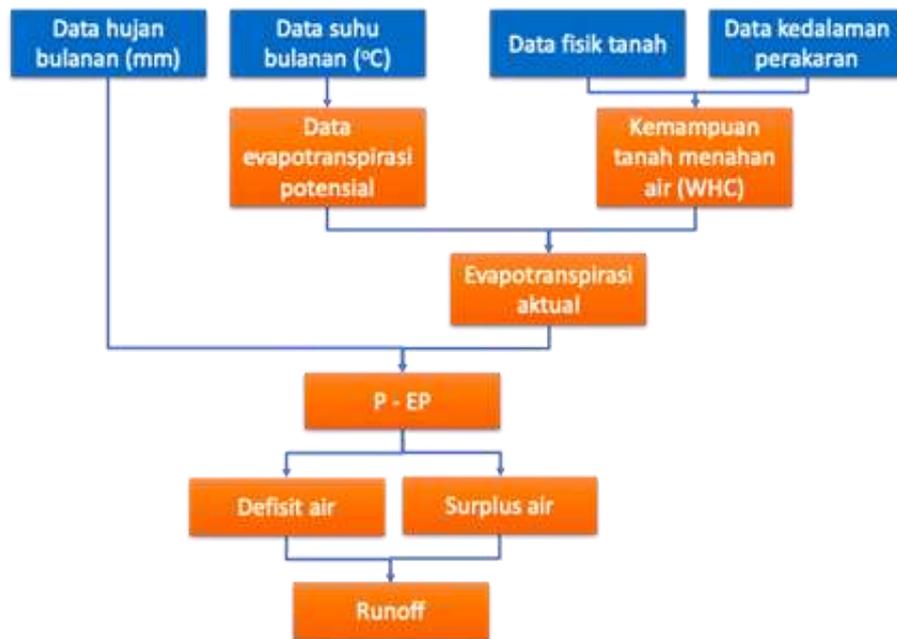
<u>VEGETASI</u>	AIR TERSEDIA	ZONE	LENGAS TANAH
TIPE TANAH	(Available water)	PERAKARAN	TERTAHAN
	(mm/m)	(m)	(mm)
<u>Tanaman berakar dalam</u>			
Pasir halus	100	0.50	50
Lempung berpasir halus	150	0.50	75
Lempung berdebu	200	0.62	125
Lempung berliat	250	0.40	100
Liat	300	0.25	75
<u>Tanaman berakar sedang</u>			
Pasir halus	100	0.75	75
Lempung berpasir halus	150	1.00	150
Lempung berdebu	200	1.00	200
Lempung berliat	250	0.80	200
Liat	300	0.60	50

Tabel 6.3 Tabel *Water Holding Capacities* Untuk Berbagai Jenis Tanah dan Vegetasi

<u>VEGETASI</u>	AIR TERSEDIA	ZONE	LENGAS TANAH
TIPE TANAH	(Available water)	PERAKARAN	TERTAHAN
	(mm/m)	(m)	(mm)
<u>Tanaman berakar dalam</u>			
Pasir halus	100	1.00	100
Lempung berpasir halus	150	1.00	150
Lempung berdebu	200	1.25	250
Lempung berliat	250	1.00	250
Liat	300	0.67	200
<u>"Ochard"</u>			
Pasir halus	100	1.50	150
Lempung berpasir halus	150	1.67	250
Lempung berdebu	200	1.50	300
Lempung berliat	250	1.00	250
Liat	300	0.67	200
<u>Hutan tua tertutup</u>			
Pasir halus	100	2.50	250
Lempung berpasir halus	150	2.00	300
Lempung berdebu	200	2.00	400
Lempung berliat	250	1.60	400
Liat	300	1.17	350

Tabel 6.3 Tabel Perhitungan *Runoff* Bulanan

Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Jumlah
Surplus	319.00	234.00	71.00	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	217.00	251.00	
50%	159.50	117.00	35.50	13.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	108.50	125.50	
		159.50	117.00	35.50	13.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	108.50	
			79.75	58.50	17.75	6.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
				39.88	29.25	8.88	3.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
					19.94	14.63	4.44	1.69	0.00	0.00	0.00	0.00	
						9.97	7.31	2.22	0.84	0.00	0.00	0.00	
							4.98	3.66	1.11	0.42	0.00	0.00	
								2.49	1.83	0.55	0.21	0.00	
									1.25	0.91	0.28	0.11	
										0.62	0.46	0.14	
											0.31	0.23	
												0.16	
RO	159.50	276.50	232.25	147.38	60.44	40.22	20.11	10.05	5.03	2.51	109.76	234.63	1318.37



Gambar 6.2. Diagram Perhitungan Neraca Air



(i)



(ii)

Gambar 6.3. Kondisi suatu kawasan (i) Defisit Air (ii) Surplus Air

Hasil penelitian Fakultas Kehutanan (2000) di hutan pinus tentang neraca air menunjukkan bahwa surplus air dimulai pada bulan November sampai Mei (bulan surplus bila $P > PE$, sedangkan bulan defisit ($P < PE$) terjadi pada bulan Juni, Juli, Agustus, dan September. Pada bulan defisit air ini, lengas tanah banyak dipakai untuk proses evapotranspirasi, sehingga kandungan lengas tanah terus mengalami penurunan dari bulan Juni hingga September, selanjutnya mulai bulan Oktober mulai terjadi kenaikan surplus air dan kelengasan tanah karena sudah ada input air hujan. Kandungan lengas tanah pada bulan defisit air masih berada di atas titik layu permanen sehingga tidak mengganggu tanaman, akan tetapi pada bulan Juni-September tersebut tidak terjadi pasokan air tanah yang cukup sehingga aliran mantap yang terjadi sangat kecil dan secara hidrologis

masih termasuk dalam kriteria jelek. Berdasarkan indeks kekeringan (Ia) yang didapatkan dari rasio jumlah defisit air dan evapotranspirasi menunjukkan angka sebesar 63% artinya daerah hutan pinus tersebut adalah daerah yang tidak mengalami kekeringan. Kondisi tersebut didukung oleh hasil aliran yang berlangsung sepanjang tahun walaupun aliran air sangat kecil (Soedjoko, dkk. 2016).

6.4. Peralatan Hidrometeorologi untuk Monitoring Neraca Air

a. Alat Pengukur Presipitasi



Gambar 6.4. *Automatic Rainfall Recorder* dan Ombrometer

b. Alat Pengukur Suhu Udara

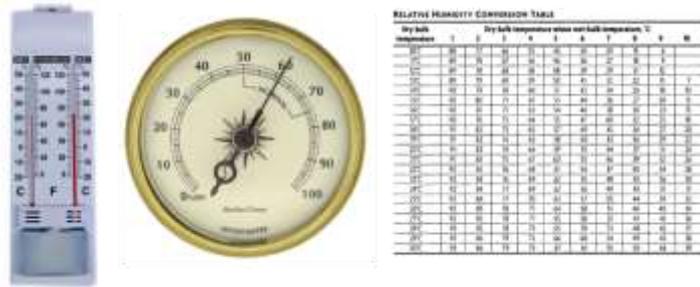


(i)

(ii)

Gambar 6.5. Alat pengukur suhu udara : (i) Termometer (ii) Termograf

c. Kelembaban



Gambar 6.6. Hygrometer

d. Tekanan Udara



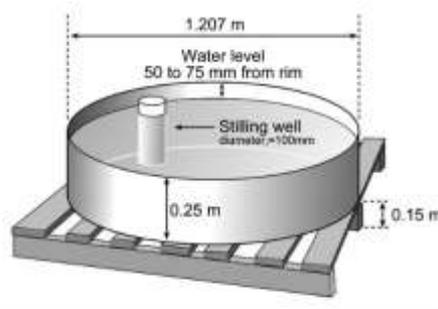
Gambar 6.7. Barometer

e. Radiasi matahari



Gambar 6.8. (i) Digital Lux Meter (ii) Photosynthetically Active Radiation (PAR) sensor

f. Alat Pengukur Evaporasi



Gambar 6.9. Pan evaporimeter/*pan evaporation*

g. Kecepatan Angin



Gambar 6.10. Anemoneter

h. Saluran Pengamatan Aliran Sungai (SPAS)

Ketersediaan air di suatu wilayah dapat digambarkan melalui hasil keluaran di suatu *outlet* DAS. Keluran DAS dapat dipelajari dan dievaluasi bila tersedia data hidrologi dari stasiun pengamat arus sungai (SPAS). Data SPAS berupa data seri tinggi muka air, debit aliran, debit sedimen dan kualitas air yang selanjutnya dapat digunakan untuk memantau evaluasi kinerja DAS (tata air DAS dan respon DAS) serta evaluasi sumberdaya air sungai (jumlah, debit puncak, debit minimum dll) yang akan menunjukkan suatu kawasan dalam kondisi surplus atau defisit air.

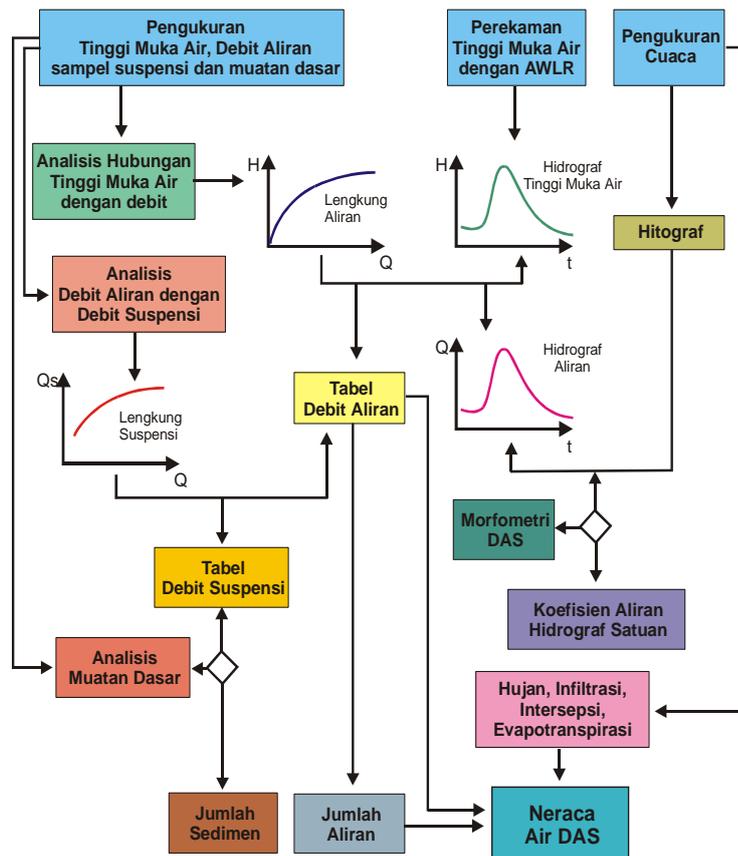


Gambar 6.10. Saluran Pengamatan Aliran Sungai (SPAS)

Ada dua jenis SPAS, yaitu SPAS manual dan SPAS Automatik. Bentuk dan bangunan SPAS sangat bervariasi tergantung kondisi lokasi, modal dan kerekayasaan.

Jenis SPAS dapat dibedakan menjadi:

1. SPAS utama (*primary stations*), data yang dicatat bersifat kontinu dan menggunakan alat otomatis (AWLR), umumnya dipasang pada sungai yang relatif besar sehingga datanya dapat dianalisis secara statistik.
2. SPAS biasa (*secondary stations*), alat duga air tidak selalu otomatis tergantung dari keperluannya, biasanya dibangun untuk jangka waktu tertentu.
3. SPAS pembantu atau pelengkap (*Special stations*), dipasang untuk keperluan khusus misalnya suatu proyek, penelitian .



Gambar 6.11. Diagram Aliran Tahapan Pengukuran dan Analisis Hidrologi Data SPAS

Terdapat beberapa perlengkapan utama SPAS , yaitu

1. Peilskal (mistar ukur), untuk mengukur tinggi muka air sungai
2. *Current meter* (satu set), untuk mengukur kecepatan aliran
3. *Bedload sampler*, untuk mengambil contoh muatan dasar
4. *Suspended sampler*, untuk mengambil contoh suspensi
5. SPAS tipe V-Notch 90⁰ yang dilengkapi dengan *suspended sampler*

DAFTAR PUSTAKA

- Tjasyono, Bayong. 2008. *Hidrologi Terapan*: Beta offset Yogyakarta
- Soedjoko, Sri Astuti., Suyono dan Hatma Suryatmojo. 2016. *Hidrologi Hutan "Dasar-Dasar, Analisis, dan Aplikasi"*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Tjasyono, Bayong. 2004. *Klimatologi Edisi Kedua*. Bandung: Penerbit ITB