

PEWILAYAHAN HIDROMETEOROLOGI DI INDONESIA

Oleh:

Sahid Susanto*

Ringkasan

Sebaran komponen neraca air yang terdiri dari evapotranspirasi potensial dan aktual, hujan, simpanan air dalam tanah, defisit dan surplus air di Indonesia dalam kondisi hujan normal diturunkan dari analisis neraca air dengan metode Thornthwaite yang telah dimodifikasi untuk wilayah beriklim muson tropik. Modifikasi ditekankan untuk mempertinggi akurasi perhitungan evapotranspirasi potensial dan konsep simpanan air dalam tanah. Neraca air dianalisis atas dasar data meteorologi yang dikumpulkan dari 99 stasiun terpilih. Lima wilayah hidrometeorologi dapat diklasifikasikan: 1) wilayah A dengan ciri tanpa defisit air tahunan, 2) wilayah B dengan ciri tanpa surplus air tahunan dan defisit ≤ 200 mm, 3) wilayah C yaitu wilayah transisi yang mempunyai defisit maupun surplus air tahunan, 4) wilayah D yang ditandai dengan defisit air tahunan > 200 mm. Diperoleh keterkaitan antara klasifikasi wilayah dengan pengembangan irigasi untuk kepentingan pertanian. Semua komponen neraca air berikut wilayah hidrometeorologi disajikan dalam bentuk peta.

Pendahuluan

Beberapa usaha telah dilakukan oleh para ahli klimatologi untuk membuat klasifikasi wilayah secara klimatologis dan/atau hidrologis. Secara klimatologis, contoh klasifikasi wilayah yang sering dipakai di Indonesia adalah menurut Koppen, Schmid-Ferguson, Thornthwaite dan Oldeman. Sedangkan klasifikasi secara hidrologis yang ada belum pernah dipakai, bahkan tidak dikembangkan di Indonesia.

Pada tahun 1910, A. Penck telah mengembangkan metode untuk membuat klasifikasi wilayah secara hidrologis atas dasar hubungan hujan-evaporasi-limpasan dan air tanah (Kayane, 1968, 1971). Metode ini kemudian diperbaiki oleh R. Lang (1920) dengan menambahkan faktor nisbah antara

hujan tahunan dan suhu rata-rata (Fukui, 1953, 1957, 1958). Pengembangan metode klasifikasi ini di Indonesia nampaknya terhambat karena data yang tersedia untuk dipakai sebagai dasar klasifikasi sangat minim.

Mengingat perkembangan pembangunan pertanian di Indonesia selalu mengkaitkan dengan penyediaan air untuk irigasi, dalam proses perencanaannya, klasifikasi wilayah secara klimatologis (*climatological regions*) saja nampaknya belum mampu memberikan informasi wilayah yang dibutuhkan. Di sisi lain klasifikasi wilayah secara hidrologi (*hydrological regions*) masih belum tersedia. Untuk mengatasi hal ini, dicoba membuat klasifikasi wilayah Indonesia secara hidrometeorologis (*hydrometeorological regions*).

Klasifikasi Secara Hidrometeorologi

Konsep dasar klasifikasi wilayah secara hidrologis pada dasarnya serupa dengan klasifikasi wilayah secara klimatologis. Secara jelas konsep klasifikasi wilayah secara klimatologis dibuat dengan menitik beratkan analisisnya atas dasar proses atmosferis dari regim air. Sedangkan klasifikasi wilayah secara hidrologis ditekankan pada analisis proses terestris dan subterestris dari regim air. Dalam kaitannya dengan pengembangan sumberdaya air dan irigasi, analisis klimatologis mengarah pada perkiraan potensi pengambilan dan pasok air, sedangkan analisis hidrologis tertuju pada perkiraan potensi ketersediaan air secara terestris dan sub-terestris.

Dalam kenyataannya, khususnya dalam

*) Staf Pengajar FTP-UGM.

kaitannya dengan perencanaan pembangunan pertanian, informasi tentang sifat dan kondisi regim air di sungai (*river regime*) pada suatu wilayah lebih nyata kegunaannya dibanding dengan sifat dan kondisi klimatologinya. Surplus atau defisit di wilayah Indonesia merupakan salah satu faktor yang menentukan berhasil tidaknya produksi pertanian yang dibudidayakan di wilayah ini. Walaupun demikian, pengklasifikasian wilayah secara hidrologis, disamping menghadapi masalah tidak lengkapnya data yang diperlukan, juga sukarnya mendapatkan hasil evaluasi yang objektif dan akurat dalam mendapatkan nilai surplus dan defisit air. Keandalan hasil analisis nilai surplus dan defisit ini akan lebih mempunyai manfaat bila dikaitkan dengan saran Falkenmark, et al (1987) bahwa arah strategi pengelolaan sumberdaya tanah dan air harus memperhatikan kelestarian lingkungan setempat yang pada dasarnya berbeda disetiap zone iklim.

Suatu pembagian wilayah secara hidrometeorologis berikut ini dibuat atas dasar sifat iklim suatu wilayah dan dilengkapi dengan memasukkan faktor perubahan

kadar lengas tanah sebagai faktor yang menentukan besarnya pengisian air tanah (*recharge*) di zone iklim yang ditinjau.

Metode Neraca Air Thornthwaite

Metode neraca air Thornthwaite, yang analisis neraca airnya mengarah pada pembagian wilayah secara klimatologis, dipakai sebagai dasar dalam mengembangkan klasifikasi wilayah secara hidrometeorologis. Walaupun demikian, ada dua komponen dalam struktur neraca air yang perlu diperbaiki: (i) akurasi nilai hasil perhitungan evapotranspirasi potensial (PE), dan (ii) metode perhitungan perubahan penyimpanan air dalam tanah.

Sebagai contoh berikut ini disajikan hasil perhitungan neraca air dengan metode Thornthwaite yang asli untuk lokasi Jakarta pada kondisi hujan normal dengan mengambil data meteorologi di lapangan terbang Halim Perdanakusuma (ketinggian 24 m, 6.16° S dan 106.5° T). Analisis hujan normal ditentukan atas dasar data hujan periode 1951 — 1984).

Tabel 1. Neraca air untuk wilayah Jakarta pada kondisi hujan normal

Variabel	J	P	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Thn
P	390	373	167	85	91	53	103	99	75	173	258	154	2021
PE	132	132	174	151	165	153	151	163	174	165	160	134	1856
P-PE	258	239	-7	-66	-74	-100	-48	-64	-99	8	98	20	165
ST	125	125	118	70	39	17	12	7	3	11	109	125	
AE	132	134	174	133	122	74	109	104	79	165	160	134	1520
D	0	0	0	18	43	79	42	59	95	0	0	0	336
S	258	239	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	501

Keterangan: P = hujan, PE = evapotranspirasi potensial, ST = simpanan lengas dalam tanah, SE = evapotranspirasi aktual, D = defisit, S = surplus.

Dari tabel tersebut nampak bahwa pengaruh musim begitu kontras terhadap neraca air. Dalam neraca tahunan, P melebihi PE dan defisit air terjadi mulai bulan Oktober dan baru terakhir di bulan Mei.

Dengan mempertimbangkan bentuk hubungan neraca air secara klimatologis sederhana:

$$I - O = ST$$

dimana I = input (P), O = output (PE), dan ST = perubahan simpanan lengas dalam tanah, maka dua bentuk kesamaan berikut ini dapat dipakai untuk memperjelas adanya defisit air:

$$\begin{array}{r} P - AE = S \\ \rightarrow PE - AE = D \\ \hline P - PE = S - D \\ = \text{limpasan bersih} < = \\ \text{limpasan aktual} \end{array}$$

Dengan mengambil periode waktu dua kesamaan diatas dalam tahunan, nilai S pada dasarnya adalah limpasan aktual (*actual run-off*), sedangkan S - D adalah limpasan bersih (*net run-off*). Dengan demikian, perbedaan antara surplus tahunan dan defisit tahunan tidaklah selalu sama dengan nol. Selain itu, perbedaan antara hujan tahunan dan evapotranspirasi aktuil tahunan adalah surplus air tahunan, dan nilai ini sama

dengan limpasan aktual tahunan dari suatu daerah aliran sungai (DAS). Walaupun demikian, nilai positif surplus air tidak berarti tidak akan ada defisit air dalam DAS. Jika defisit air musiman dapat dipasok oleh adanya sistem penyediaan air (misalnya air dari dam) yang ada dalam DAS, limpasan yang dihasilkan merupakan 'limpasan bersih'. Dengan demikian, struktur neraca air tersebut perlu dikoreksi.

Khusus untuk melihat akurasi perhitungan PE, Tabel 2 menyajikan hasil perhitungan PE tahun 1975 di Yogyakarta. Terlihat dari tabel bahwa perhitungan PE dengan metode Penman selalu diperoleh nilai yang lebih rendah (20 - 30%) bila dibanding dengan metode Thornthwaite. Perbedaan nilai PE ini ada kecenderungan semakin besar pada musim hujan. Hasil perhitungan untuk lokasi lain di Jatiwangi, Jawa Barat (1989) dan Sintang, Kalimantan Barat (1983) menunjukkan kecenderungan yang tidak berbeda. Adanya kecenderungan perbedaan ini pernah pula dikemukakan oleh Aslyng (1960) untuk Kopenhagen, Sellers (1964) untuk Arizone, Nieuwolt (1965) untuk Malaysia, dan Kayane (1967) untuk Tokyo. Hal ini disebabkan karena di wilayah tropis, terutama di daerah beriklim muson, variasi temperatur secara musiman relatif kecil sebaliknya variasi mendung, kelembaban dan hujan secara relatif besar.

Tabel 2. Evapotranspirasi potensial untuk Yogyakarta

	J	P	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Thn
Penman	109	99	107	97	104	104	112	121	111	112	102	109	1281
Thornthwaite	149	149	136	147	135	136	136	137	142	144	136	136	1671
Perbedaan	-40	-44	-29	-50	-31	-32	-24	-16	-31	-32	-34	-27	-390

Persoalan yang kedua, Thornthwaite pada dasarnya menganggap bahwa lapisan tanah pada zone perakaran tersimpan air maksimum 100 mm pada saat tanah dalam kondisi jenuh air dan air ini dipakai untuk memenuhi keperluan laju evapotranspirasi potensial sepanjang air di lapisan ini tersedia. Perbaikan konsep ini telah dilakukan oleh Thornthwaite sendiri bersama Mather (1955) dan menyarankan untuk menganggap bahwa paling tidak 300 mm air tersedia pada jenis tanah yang memungkinkan terpenuhinya kebutuhan air tanaman yang mempunyai akar dalam sehingga tanaman tersebut bisa tumbuh normal.

Menghadapi persoalan tersebut, dengan demikian dasar neraca air yang dipakai oleh Thornthwaite perlu disempurnakan. Penyempurnaan yang dilakukan mengarah pada:

- a) Metode perhitungan PE. Dengan pertimbangan bahwa hasil perhitungan PE dengan metode Thornthwaite merupakan faktor penyebab berkurangnya nilai akurasi bila diterapkan di wilayah beriklim muson tropik, perbaikan akurasi perhitungan PE dilakukan dengan menggunakan metode Penman. Keterbatasannya faktor anasir iklim yang diperhitungkan dalam metode Thornthwaite dapat dilengkapi dengan metode Penman.
- b) Konsep simpanan air dalam tanah. Dengan menggunakan hasil analisis pengambilan air tanah di Tokyo, Jepang sebagai bahan pertimbangan, Kayane (1971) menyimpulkan bahwa pengisian airtanah di wilayah beriklim muson tropis tidak akan melebihi 400 mm, walaupun di wilayah yang tidak pernah mengalami defisit airpun, dan nilai 200 mm diambil sebagai 'nilai kritis'. Dasar ini dipakai sebagai pertimbangan utama dalam analisis neraca air, khususnya dalam memperkirakan besarnya air yang masuk ke dalam tanah (*recharge*).

Dengan dasar ini maka defisit 200 mm diambil sebagai batas atas yang dapat diimbangi oleh pengisian airtanah pada saat surplus air di musim hujan. Disamping itu, garis defisit air 200 mm dianggap sebagai batas di mana airtanah tidak dapat dipakai sebagai sumber air tersedia untuk mengimbangi defisit air tahunan. Dalam pemakaiannya, nilai batas ini masih dikoreksi lagi dengan nilai kemampuan tanah menahan air yang diperoleh dari peta tanah dan vegetasi.

Sebaran Wilayah Hidrometeorologi

Gambar 1 memperlihatkan sebaran lokasi stasiun meteorologi terpilih yang dipakai dalam analisis. Dasar pemilihan stasiun terutama ditekankan pada peta isohyet hujan tahunan yang telah ada, disamping pertimbangan ketersediaan stasiun dan data yang ada. Jumlah stasiun yang dipilih mencakup 99 stasiun. Uji kenormalan hujan dari data hujan yang terekam antara tahun 1951 — 1984 (30 — 34 tahun) dipakai sebagai dasar dalam analisis neraca air. Dengan demikian, semua komponen neraca air diturunkan dari data meteorologi pada kondisi hujan normal.

Sebaran hujan tahunan di bawah kondisi normal disajikan dalam Gambar 2. Nampak bahwa hujan antara 3000 — 4000 mm terjadi di wilayah Indonesia bagian Barat, yang meliputi pulau Sumatera, Kalimantan dan Jawa Barat. Sedangkan wilayah Indonesia bagian Tengah yang mencakup Jawa Tengah ke timur sampai pulau Lombok dan Sumbawa mendapatkan hujan antara 2000 — 3000 mm. Hujan yang sama juga jatuh di pulau Sulawesi bagian utara, sedangkan bagian selatan menerima hujan antara 1000 — 2000 mm. Daerah yang paling sedikit mendapatkan hujan (1000 — 1500 mm) terjadi di wilayah Indonesia bagian Timur yang mencakup kepulauan Nusatenggara Timur, Timor Timur dan

Maluku. Semakin ke arah timur khususnya di daerah Irian Barat, hujan tahunannya naik lagi hingga mencapai 3000 mm.

Gambar 3 menyajikan sebaran evapotranspirasi potensial, PE. Nilai PE hingga mencapai > 2000 mm terjadi mulai dari ujung timur pulau Jawa dan Madura menuju ke arah timur sampai di Timor Timur. Nilai yang sama juga terjadi di pulau Sulawesi dan Irian Barat bagian tengah. Sisanya didominasi dengan nilai PE < 2000 mm.

Dengan mengikuti prosedur perhitungan seperti dihasilkan dalam Tabel 1 untuk semua lokasi stasiun, diperoleh nilai defisit air tahunan seperti disajikan dalam Gambar 4. Dengan cara yang sama juga diperoleh gambar surplus tahunan, tetapi tidak disajikan di sini. Seperti telah disinggung di muka bahwa defisit air terjadi terutama pada stasiun-stasiun di mana hujan lebih kecil dari PE. Oleh karena itu garis yang tidak ada surplus dan defisit bisa tidak bertepatan. Nampak bahwa defisit air di Indonesia bagian barat hanya sedikit terjadi di pulau Sumatra bagian selatan, dan Kalimantan bagian selatan. Defisit air yang mencapai lebih dari 200 mm terjadi di pulau Jawa bagian utara, termasuk pulau Madura, terus ke timur sampai pulau Timor Timur. Di pulau Sulawesi, defisit yang demikian ini terjadi mulai dari Sulawesi bagian tengah ke arah selatan, kemudian kepulauan Maluku dan Irian Barat bagian selatan. Dari hasil perhitungan defisit air dan PE di setiap stasiun, akhirnya diperoleh peta evapotranspirasi aktual. Walaupun demikian, karena terbatasnya ruang tidak disajikan disini.

Dari berbagai komponen neraca air itu kemudian diperoleh peta wilayah hidrometeorologi seperti terlukis pada Gambar 5. Klasifikasi wilayah dibuat sebagai berikut:

1) Wilayah A:

wilayah tanpa defisit air tahunan ($D=0$).

2) Wilayah B:

wilayah tanpa surplus air tahunan dan defisit ≤ 200 mm ($S = 0$ dan $D \leq 200$ mm).

3) Wilayah C:

wilayah transisi yang mempunyai defisit maupun surplus air tahunan ($S > 0$ dan $D \leq 200$ mm)

4) Wilayah D:

wilayah dengan defisit air tahunan > 200 mm
 D_1 , tanpa surplus air ($D > 200$ mm dan $S = 0$)
 D_2 , dengan surplus air ($D > 200$ mm dan $S > 0$).

Secara jelas bahwa wilayah A sangat terbatas, hanya sedikit di Sumatra, Kalimantan dan Irian Barat. Dari sudut pengembangan pertanian dapat dikatakan bahwa selain wilayah A, pada musim kemarau peranan irigasi sangat diperlukan. Di wilayah B, pembuatan bangunan air yang berupa dam untuk tujuan irigasi tidak efektif karena tidak ada limpasan air tahunan yang bisa diharapkan ($S = 0$). Wilayah C adalah zone wilayah transisi, di mana ada peluang pemanfaatan surplus air di musim hujan untuk kepentingan irigasi di musim kemarau. Di wilayah D_2 dimana penyediaan air irigasi mengharuskan pengambilan air dari airtanah, perlu memperhatikan pengisian kembali (*recharge*) airtanah. Pengisian kembali air tanah ini tidak menjadi pertimbangan utama yang harus dilakukan, dimasukkan sebagai wilayah D_1 .

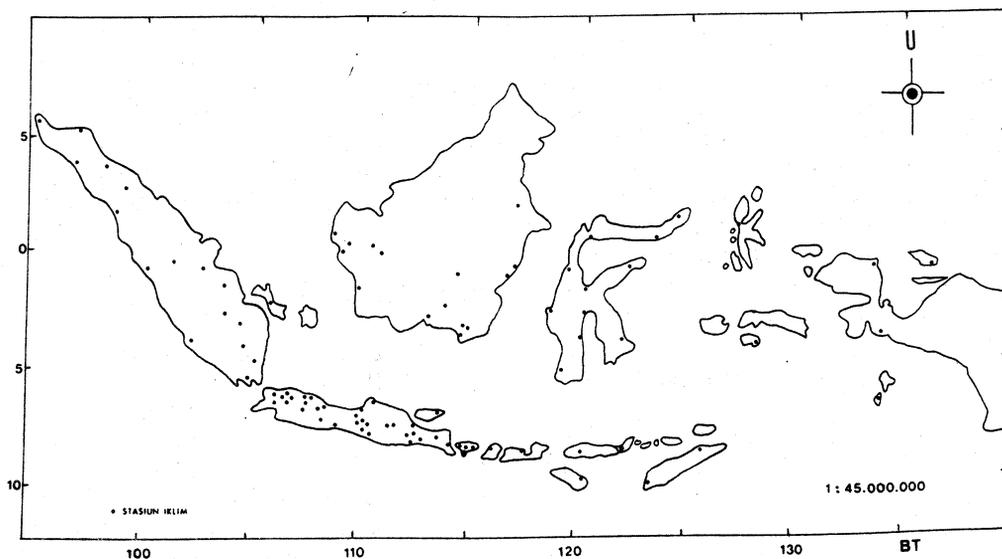
Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan kepada Dr. Suprodjo Pusposutardjo, yang telah memberikan tambahan masukan yang berarti baik berupa pemikiran maupun bahan informasi baru. Demikian pula masukan yang diberikan oleh Dr. Putu Sudira. Disamping itu, selama menjalankan penelitian banyak bekerjasama dengan Sdr.

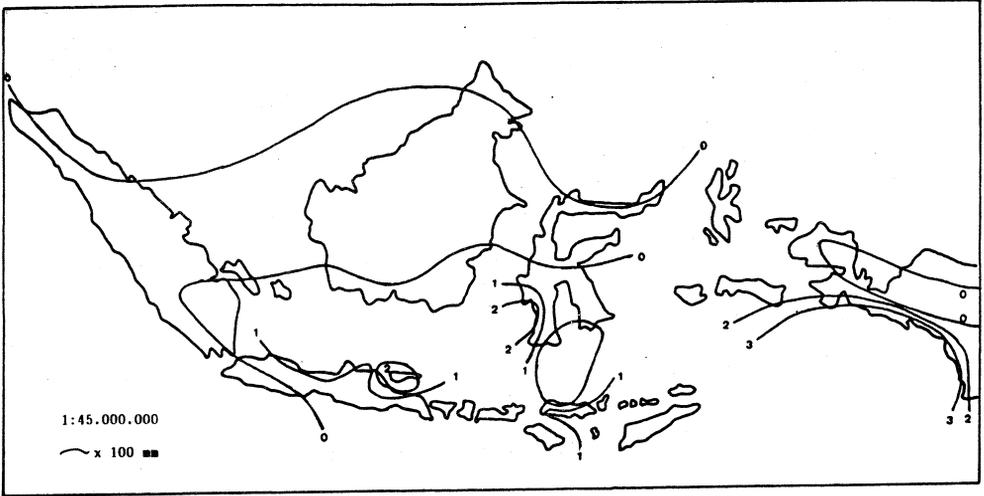
Alhani Yandi Apriyandi dan Mazheruddin, mahasiswa jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Madá yang sekaligus memakai sebagian dari hasil penelitian ini untuk tugas akhirnya. Untuk itu diucapkan banyak terima kasih.

Daftar Pustaka

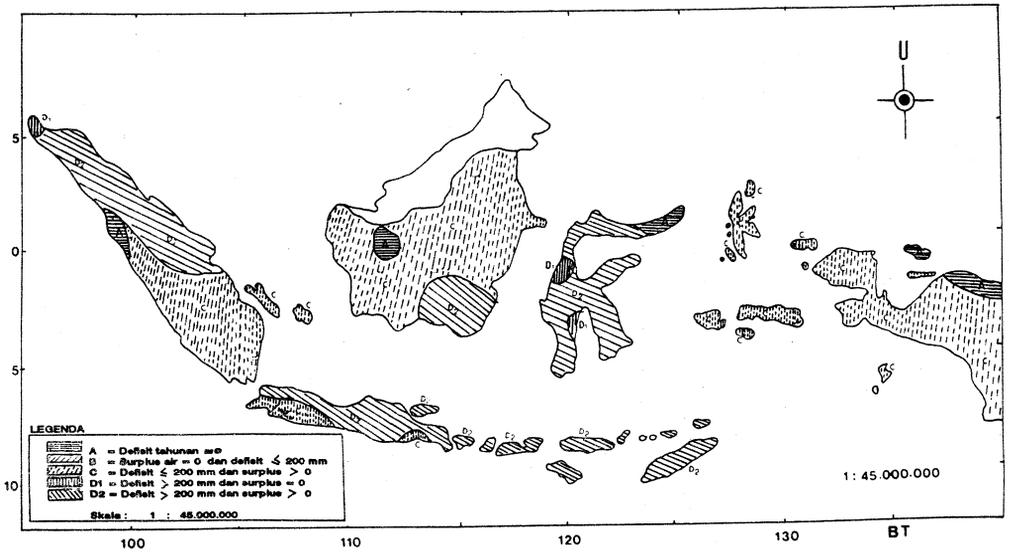
- Aslyng, H.C. 1960: Evaporation and radiation heat balance at the soil surface. *Arch. Met. Geophys. Biokl. Ser. B* 10 359 — 375.
- Faleknmark, M., dan Cunha, L., and David, L. 1987. New Water Management Strategies Needed for the 21st Century. *Water International Journal* 12(1987) 94 — 101.
- Fukui, E. 1953: Physical Geography II (Fukui, E. ed), Asakura-shoten. Tokyo.
- _____ 1957: Thornthwaite's new climatic classification of Japan. *Tokyo Geogr. Papers* / 103 — 112.
- _____ 1958: New climatic classification of Asia according to Thornthwaite. *Tokyo Geogr. Papers* II 47 — 64.
- Kayane, I. 1967: Recent problems in evapotranspiration studies. *Tenki (Bull JMS)* 14, 271 — 284.
- _____ 1968: Variation in annual runoff ratio. *Freiburg Geogr. Hefte* (6) 25—32.
- _____ 1971: On the annual runoff ratio in Japan. *Geogr. Rev. Japan* 44.
- _____ 1971: Ground-water in Japan, *Mizu Keizai Nenpo* (Annual Rep. Water Economy), 23 — 65.
- Nieuwolt, S. 1965: Evaporation and water balances in Malaya. *J. Trop. Geogr.* (20) 33 — 53.
- Sellers, W.D. 1964: Potential evapotranspiration in arid region. *J. Appl. Met.* (3) 98 — 104.
- Thornthwaite, C.W. and Mather, J.R. 1955: The water balance. Publ. in *Climatology* 8 (1) 86 pp.



Gambar 1. Sebaran stasiun terpilih



Gambar 4. Peta defisit air tahunan



Gambar 5. Peta wilayah hidrometeorologi