

ANALISIS CURAH HUJAN UNTUK ANTISIPASI KEKERINGAN DAN MITIGASINYA DI DAERAH ALIRAN SUNGAI PROGO

oleh
Sudibyakto, Suyono, Dewi Galuh Condro Kirono*

INTISARI

Daerah Aliran Sungai (DAS) Progo dapat dibagi ke dalam beberapa Sub DAS yaitu Sub DAS Progo Hulu, Sub DAS Tangsi, Sub DAS Elo, Sub DAS Blongkeng, dan Sub DAS Progo Hilir. Wilayah DAS Progo cukup bervariasi dalam hal topografi, unit geologi dan geomorfologi, hidrologi, jenis tanah, tipe vegetasi, dan tipe curah hujan (iklim), sehingga karakteristik fisik tersebut diharapkan berpengaruh terhadap keragaman nilai indeks kekeringan (drought index).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik hujan, khususnya curah hujan rata-rata bulanan, sebagai dasar untuk menganalisis keadaan neraca air. Untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan analisis terhadap nilai evapotranspirasi, dan perkiraan nilai kapasitas tanah menahan air (water holding capacity). Hasil dari analisis neraca air dapat diperoleh nilai kekurangan lengas (moisture deficit) dalam tanah, sehingga dapat ditentukan nilai indeks kekeringan dengan cara Thornthwaite, dan dirumuskan pula berbagai upaya mitigasinya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum makin tinggi elevasi suatu tempat, hujan yang jatuh di wilayah tersebut semakin tinggi dengan intensitas hujan yang tinggi pula. Hubungan tersebut selanjutnya menentukan tipe iklim di daerah penelitian. Tipe iklim A menurut klasifikasi Schmidt-Ferguson meliputi sebagian besar wilayah pegunungan dengan ketinggian di atas 500 meter, tipe B umumnya antara 250-500 meter, dan tipe C umumnya kurang dari 250 meter. Hasil analisis neraca air bulanan dengan metode Thornthwaite-Mather menunjukkan bahwa defisit air mulai terjadi bulan Mei hingga Oktober dengan puncak defisit air antara Agustus dan September. Perkembangan spasial tingkat kekeringan terutama dimulai dari bagian hilir meliputi daerah Kenteng, Sentolo dan meluas ke bagian tengah meliputi daerah Mendut dan Salaman dengan defisit air mencapai antara 50-70 mm per bulan. Kecenderungan perubahan indeks kekeringan sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor yang menentukan kapasitas tanah menahan air, yaitu faktor tekstur tanah, kedalaman zone pekarangan, dan nilai evapotranspirasi. Faktor iklim tidak selalu berpengaruh nyata terhadap perubahan nilai (indeks) kekeringan, sehingga diduga faktor jenis

* Dr. Sudibyakto, M.S., Drs. Suyono, M.S., dan Dra Dewi Galuh Condro Kirono, M.Sc. adalah staf pengajar Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

tanah dan tipe pegunungan lahan yang lebih berpengaruh terhadap indeks kekeringan. Upaya mitigasi yang perlu dilakukan untuk mengatasi kekeringan antara lain penghijauan, konservasi tanah dan air antara lain berupa teras pada lereng yang terjal, pembuatan sumur resapan, dan pembuatan waduk-waduk kecil, bagi tempat-tempat yang memungkinkan.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) Progo dapat dibedakan menjadi dua wilayah, yaitu wilayah DAS Progo Hulu (termasuk Provinsi Jawa Tengah) dan wilayah DAS Progo Hilir (termasuk Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta). Aliran sungai Progo berasal dari beberapa Sub DAS antara lain Sub DAS Progo Hulu, Sub DAS Tangsi, Sub DAS Blongkeng, dan Sub DAS Progo Hilir. Daerah penelitian meliputi seluruh DAS Progo (Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta) dengan luas sekitar 1800 km². Aliran air sungai berasal dari hujan yang berasal dari kompleks pegunungan di bagian barat yaitu kompleks Sumbing-Sundoro, kompleks pegunungan Kunir-Bujel, dan kompleks gunungapi Merapi-Merbabu, dan pegunungan Telomoyo dibagian timur.

Iklim daerah penelitian antara lain ditentukan oleh faktor curah hujan, unsur-unsur cuaca seperti suhu udara, angin, kelembaban udara, tekanan udara, radiasi matahari, ketinggian tempat dan letak lintang. Terdapat beberapa cara untuk menentukan perbedaan tipe iklim wilayah. Koppen mendasarkan pada rasio nilai antara jumlah hujan rata-rata tahunan dan jumlah hujan bulan terkering, serta suhu udara. Dulbahri (1992) mengklasifikasikan DAS Progo menjadi tiga mintakat iklim, yaitu tipe iklim tropika basah (Am), iklim tropika basah kering (Aw), dan iklim sedang yang lembab (Cw). Iklim Cw hanya terdapat pada bagian atas pegunungan dengan ketinggian lebih dari 1350 meter di atas muka laut. Daerah yang terletak lebih rendah dari 1350 meter mempunyai iklim Am dan Aw.

Bahan induk jenis tanah di daerah penelitian sebagian besar berasal dari bahan vulkanis. Tim Fakultas Geografi UGM (1992) mendapatkan jenis tanahnya adalah Aluvial, Latosol, Andosol, Grumusol, Regosol, dan Litosol. Tipe penggunaan lahan umumnya meliputi pertanian lahan kering (tegalan), perkebunan, hutan, permukiman, sawah, dan sebagian kecil tanah kosong (semak). Perbedaan antara jenis tanah dan jenis vegetasi tersebut akan menyebabkan perbedaan kapasitas tanah menahan air (Thorntwaite-Mather, 1957). Atas dasar keragaman kondisi fisik daerah penelitian tersebut, maka timbul pertanyaan, bagaimanakah sebaran ruang dan waktu indeks kekeringan di DAS Progo dan faktor-faktor apa yang mempengaruhi terjadinya kekurangan air dalam tanah (*soil moisture deficit*). Meskipun disadari bahwa di daerah penelitian jumlah aliran permukaan yang mengalir melalui sungai Progo dan anak-anak sungainya cukup besar dan merupakan sungai permanen (DPU Jawa Tengah, 1995). Mengingat bahwa jumlah stasiun hujan cukup rapat (23 buah) yang tersebar merata, maka agihan indeks kekeringan ditentukan atas dasar data hujan yang dibatasi oleh poligon Thiessen.

Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mempelajari karakteristik hujan menurut ruang dan waktu, untuk menentukan neraca air meteorologis.
2. Menganalisa indeks kekeringan dan mempelajari faktor-faktor yang mempengaruhinya.

Kegunaan dari penelitian ini dapat menunjukkan karakteristik hujan, neraca air, dan faktor-faktor yang mempengaruhi kekeringan. Informasi tentang sebaran tingkat kekeringan wilayah sangat berguna untuk mitigasi (mengurangi resiko) kekurangan air di masa kini dan masa mendatang.

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Pustaka

Iklim merupakan keadaan rata-rata cuaca atau iklim dipengaruhi oleh unsur-unsur cuaca yang variasinya cukup besar. Unsur utama penentu iklim adalah rata-rata curah hujan dan suhu udara baik bulanan maupun tahunan seperti yang dilakukan oleh Koppen. Koppen dalam Wisnubroto (1981) menyatakan bahwa daya guna hujan terhadap perkembangan dan pertumbuhan tanaman tidak tergantung hanya pada jumlah hujan tetapi juga tergantung pada intensitas *evaporasi* yang menyebabkan hilangnya air cukup besar, baik dari tanah maupun dari tanaman atau lebih dikenal dengan istilah *evapotranspirasi*. Jumlah curah hujan yang diterima DAS Progo dipengaruhi oleh musim dan ketinggian tempat. Hasil analisis Dulbahri di DAS Progo tahun 1994, diperoleh informasi bahwa pola curah hujan di DAS Progo adalah sama, artinya agihan hujan menurut waktu antara stasiun adalah sama, namun besarnya curah hujan berbeda meskipun dalam arah hadap yang sama terhadap datangnya hujan. Selanjutnya berdasarkan atas jumlah curah hujan tahunan, jumlah hujan bulan terkering, kelembaban dan suhu udara, maka DAS Progo mempunyai tiga daerah tipe iklim yaitu tipe Am, Aw, dan Cw. Tipe iklim Am dan Cw berarti di daerah tersebut masih mempunyai kelebihan hujan yang dapat terinfiltrasi ke dalam tanah (menambah lengas tanah), sedang pada tipe iklim Aw, yaitu jumlah hujan pada bulan basah tidak mampu mengimbangi jumlah hujan pada bulan kering, maka kemungkinan akan terjadi kekurangan air dalam tanah (*soil moisture deficit*). Hasil penelitian Tim Fakultas Geografi UGM (1991) menunjukkan bahwa sebaran hujan dan intensitas hujan di daerah penelitian tidak merata dan intensitas hujan sangat bervariasi mulai dari 10 mm/hari hingga > 30 mm/hari.

Sudibyakto (1985) dalam penelitiannya tentang indeks kekeringan dengan menggunakan metode *Palmer* di daerah Kedu Selatan Jawa Tengah mengemukakan, bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya kekeringan adalah ketidakmampuan tanah untuk menahan air yang berasal dari air hujan untuk jangka waktu tertentu. Kemampuan tanah menahan air menurut Thornthwaite-Mather (1957) sangat ditentukan oleh jenis tanah terutama teksturnya dan jenis vegetasinya. Vegetasi

yang jenisnya sama bila tumbuh pada jenis tanah yang berbeda, kedalaman zone pekarangannya juga dapat berbeda, sehingga nilai "WHC" (*Water Holding Capacity*) pada tanah tersebut berbeda. Perbedaan faktor tersebut yang dapat menimbulkan kekeringan.

ILACO B.V. (1981, dalam *An Affiliate of Euroconsult, Agricultural and Civil Engineering Consultants*) mengemukakan bahwa *evaporasi* yang merupakan salah satu faktor iklim juga menentukan kemungkinan terjadi kekurangan atau kelebihan air dalam tanah. Indeks kekeringan (*aridity index*) merupakan salah satu subvisi dari klasifikasi iklim menurut Thornthwaite.

Moisture index dihitung dengan persamaan :

$$I_m = (100s - 60 d)/n \%$$

adapun s : lebih lengas tanah (*soil moisture surplus*)

d : kekurangan lengas tanah (*soil moisture deficiency*)

n : kebutuhan air untuk *evapotranspirasi*

Dalam rumus tersebut, nilai-nilai s , d , dan n merupakan nilai total tahunan, dan n dihitung berdasarkan data *evapotranspirasi* bulanan yang dihitung dengan rumus Thornthwaite. Apabila nilai $I_m = 0$, maka ada dua kemungkinan, yaitu :

- Kondisi basah (*humid*) : jika $I_m > 0$, atau $s > 0.6 d$
- Kondisi kering (*arid*) : jika $I_m < 0$, atau $s < 0.6 d$

Rumus tersebut selanjutnya dapat lebih disederhanakan seperti di bawah ini :

- Indeks kekeringan (*aridity index*) : $I_a = 100 d/n$
- Indeks kebasahan (*humidity index*) : $I_h = 100 s/n$

Dalam penelitian ini yang digunakan adalah Indeks Kekeringan (I_a), selanjutnya dibuat kriteria sebagai berikut :

- tidak terjadi kekeringan, jika I_a nilainya $< 16.7\%$
- kekeringan sedang, jika I_a nilainya antara $16.7\% - 33.3\%$
- kekeringan berat, jika I_a nilainya > 33.3

Landasan Teori

Atas dasar tinjauan pustaka di atas dapat disusun landasan teori dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Keragaman kondisi fisik wilayah dan variasi curah hujan di suatu wilayah, akan menunjukkan adanya perbedaan nilai indeks kekeringan menurut ruang dan waktu. Kapasitas tanah menahan air merupakan salah satu faktor yang cukup menentukan timbulnya kekeringan di wilayah tersebut. Oleh karena itu, faktor WHC perlu ditentukan secara tertimbang (rata-rata) atas dasar jenis tanah (terutama tekstur) dan jenis vegetasinya (kedalam zone perakaran).

2. Meskipun variasi nilai *evapotranspirasi* bulanan tidak besar, akan tetapi variasi nilainya menurut ruang (*spatial distribution*) di daerah penelitian cukup tinggi, sehingga faktor suhu udara yang mempengaruhi penguapan air baik dari tanah maupun dari tanaman perlu dihitung untuk setiap stasiun hujan yang digunakan.

Hipotesis

Memperhatikan tinjauan pustaka dan landasan teori yang disebutkan di atas, maka dapat diajukan dua buah hipotesis sebagai jawaban sementara dari penelitian ini, yaitu:

1. Sebaran kekeringan di daerah penelitian di mulai pada wilayah yang kemampuan tanah menahan air relatif kecil
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi variasi nilai indeks kekeringan adalah keragaman curah hujan, kedalaman zone perakaran, dan faktor lingkungan seperti lereng, kedalaman muka air tanah, dan bentuk teknik konservasi tanah dan air di daerah tersebut.

CARA PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara bertahap dan berkesinambungan. Tahap awal berupa pengumpulan data sekunder yang berupa peta topografi skala 1:100.000 tahun 1991, peta liputan lahan skala 1:100.000, dan peta jenis tanah skala 1:100.000. Peta-peta tersebut digunakan untuk menentukan batas DAS Progo dan batas-batas Sub DASnya, menentukan lokasi stasiun hujan termasuk letak lintang dan teliti ulang ketinggiannya yang digunakan untuk analisis. Peta iklim, peta tanah, peta liputan vegetasi, dan peta intensitas hujan dan peta kepekaan tanah terhadap erosi telah tersedia sebelumnya dan digunakan dalam penelitian ini.

Sumber data hujan adalah buku Laporan Pemeriksaan Hujan di Indonesia terbitan Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta dengan lama pencatatan 15 hingga 30 tahun, hal ini sangat tergantung pada mutu data. Analisis neraca air dengan menggunakan paket program komputer "WTRBLN1" tahun 1991 metode Thornthwaite-Mather dengan metode standard. Data suhu udara diambil dari Stasiun Iklim yang ada di Borobudur dengan ketinggian tempat 237 meter di atas muka laut. Penyesuaian data suhu pada setiap stasiun hujan (sebanyak 23 buah stasiun) dengan rumus Mock (1969). Penentuan nilai *Water Holding Capacity* dari setiap jenis tanah di daerah penelitian dipadukan dengan peta liputan vegetasi, sehingga dapat ditentukan nilai rata-rata terimbang.

Penggambaran peta Indeks Kekeringan(Ia) dilakukan dengan mengplot nilai Ia pada setiap stasiun hujan dengan menggunakan cara *interpolasi linier*. Analisis spasial dan lingkungan dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap timbulnya kekeringan. Faktor-faktor lingkungan dimaksud adalah lereng dan kedalaman airtanah serta bentuk teknik konservasi tanah dan air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Fisik Daerah Penelitian

Atas dasar kajian beberapa peta dan data yang telah ada, maka kondisi daerah penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut. DAS Progo terletak pada kondisi yang kompleks yang tersusun atas tiga tipe iklim yaitu tipe Am, Aw, dan Cw dengan intensitas hujan bervariasi dari 10 hingga lebih dari 30 mm/hari. Curah hujan rata-rata tahunan selalu di atas 2000 mm jatuh pada berbagai bentuk penggunaan lahan, seperti permukiman, sawah, tegalan, hutan, dan kebun campuran. Jenis tanah secara umum terdiri dari Latosol, Litosol, Andosol, Grumusol, Regosol, dan Aluvial.

Karakteristik Hujan

Sifat hujan yang dianalisis adalah data hujan bulanan rata-rata dari 23 stasiun hujan yang tersebar hampir merata di DAS Progo. Kondisi data hujan pada setiap lokasi kualitasnya sangat bervariasi, sehingga kadangkala diperlukan perhitungan ulang dan pengisian data yang hilang. Curah hujan rata-rata tahunan berkisar dari 2198 mm di Sentolo (Sub DAS Progo hilir) hingga 4075 mm/tahun dijumpai di stasiun Kaloran (Sub DAS Progo hulu). Intensitas hujan berkisar dari <10 mm/hari hingga >35 mm/hari. Umumnya intensitas yang tinggi (>25 mm/hari) terjadi di daerah pegunungan, sedangkan di daerah lereng kaki pegunungan sekitar 20-25 mm/hari, dan di dataran rendah umumnya <20 mm/hari. Hubungan antara ketinggian tempat dan tinggi hujan tidak erat dengan koefisien korelasi tidak lebih dari 0,5 (Dulbahri, 1992). Pola agihan hujan bulanan menunjukkan pola yang relatif seragam, artinya perubahan curah hujan dalam satu musim peningkatannya hampir sama di seluruh stasiun di daerah penelitian.

Neraca Air

Perhitungan neraca air dilakukan untuk data hujan dan suhu udara rata-rata bulanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di daerah lereng vulkan, lereng kaki vulkan dan pegunungan mempunyai nilai *evapotranspirasi* potensial cukup rendah (antara 60-100 mm/bulan), sedang di daerah dataran aluvial dan dataran kaki vulkan berkisar antara 100-120 mm/bulan, dan di dataran rendah berkisar antara 120-145 mm/bulan. Nilai kapasitas tanah menahan air (WHC) berkisar antara 100 mm pada tanah bertekstur pasir hingga 250-280 mm pada tanah-tanah bertekstur lempung sampai liat.

Defisit air (*soil moisture deficit*) umumnya terjadi mulai bulan Mei hingga mencapai puncak defisit sekitar bulan September dan Oktober. Defisit terbesar terjadi antara 100-150 mm/bulan dan umumnya pada daerah dataran rendah dengan jenis tanah Litosol maupun Latosol. Jenis tanah Litosol ini mempunyai kedalaman tanah yang sangat tipis, sehingga tidak mampu menahan air dalam jumlah yang memadai.

Indeks Kekeringan

Nilai indeks kekeringan ditentukan berdasarkan nilai perbandingan antara defisit air dan *evapotranspirasi* potensial. Untuk mengetahui variasi nilai indeks kekeringan (I_a) dari waktu ke waktu, maka telah dilakukan perhitungan terhadap data rata-rata bulanan. Hasil penelitian menyatakan bahwa defisit air mulai terjadi selama 5-6 bulan mulai Mei hingga September atau Oktober.

Pada bulan Mei kekeringan hanya terjadi di daerah Katerban dan Sentolo dengan nilai I_a antara 8-16% (termasuk sedang) dan sebarannya dapat dilihat pada Gambar 1. Selama bulan Juni dan Juli kekeringan meluas dengan skala sedang (I_a antara 16,7 - 33,3%), dan di beberapa tempat terjadi peningkatan dengan nilai $I_a > 33,3\%$ terutama terjadi di bagian selatan seperti Katerban, Sentolo, Wates, dan sekitar Yogyakarta bagian barat, sebarannya dapat dilihat pada Gambar 2, dan 3. Bahaya kekeringan akan meningkat intensitasnya dan semakin meluas ke bagian tengah, seperti di daerah Mendut, Borobudur, Salaman, dan Srumbung dengan intensitas kekeringan mencapai 60-75% di sekitar Mendut, Sentolo, dan Katerban yang hasilnya sebagian dalam bentuk Peta Indeks Kekeringan (Gambar 4, 5, dan 6).

Upaya Mitigasi Kekeringan

Kekeringan di daerah penelitian dimulai bulan Mei dan berakhir bulan Oktober dengan puncak kekeringan tertinggi pada bulan Agustus dan September. Kekeringan ini muncul karena beberapa faktor seperti berkurangnya curah hujan, ketidakmampuan tanah menahan air dalam jumlah cukup untuk menutup kebutuhan *evapotranspirasi*. Atas dasar itu, maka berbagai upaya untuk mengurangi resiko kekeringan lebih besar dan meluas antara lain memperbaiki teknik konservasi tanah dan air dengan pembuatan teras pada lahan yang diusahakan untuk tanaman tegalan pada lahan yang kemiringannya lebih dari 15%, penghijauan, pembuatan sumur resapan, dan pembuatan waduk-waduk kecil untuk tempat-tempat yang memenuhi syarat.

KESIMPULAN

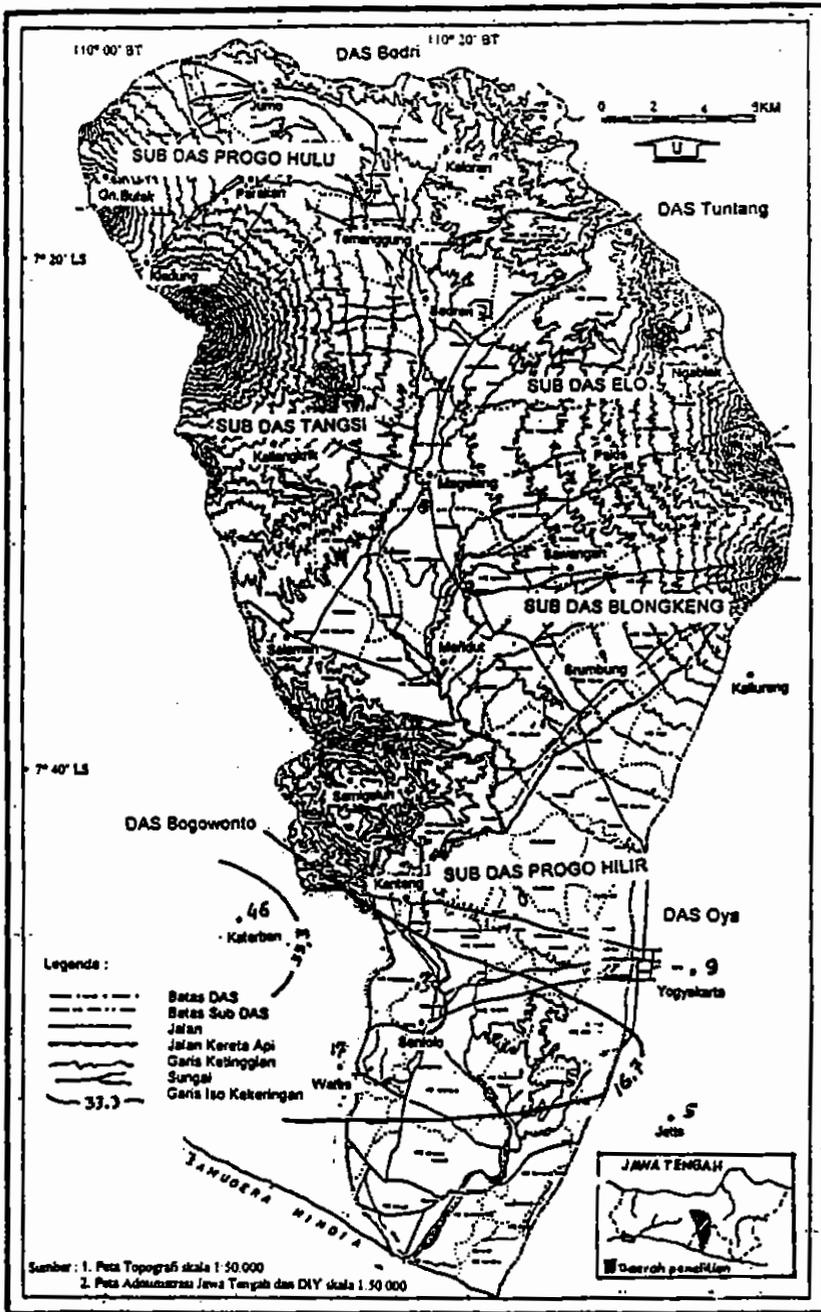
Wilayah DAS Progo secara hidrometeorologi dapat dibedakan menjadi tiga zone kekeringan, atas dasar perhitungan indeks kekeringan dengan metode Thornthwaite, yaitu zone kekeringan ringan, tingkat sedang, dan tingkat tinggi. Variasi nilai I_a tersebut sangat ditentukan selain oleh curah hujan, *evapotranspirasi*, juga dipengaruhi oleh kemampuan tanahnya dalam menahan air. Secara umum, daerah penelitian dalam jangka panjang tidak mengalami kekeringan yang berarti (indeks kebasahannya tinggi) terutama pada daerah bagian DAS hulu. Kekeringan umumnya terjadi pada bagian selatan DAS Progo dimulai dari Katerban, Sentolo, Wates, dan ke arah Mendut dan Salaman yang dimulai bulan Mei hingga bulan Oktober.

UCAPAN TERIMA KASIH

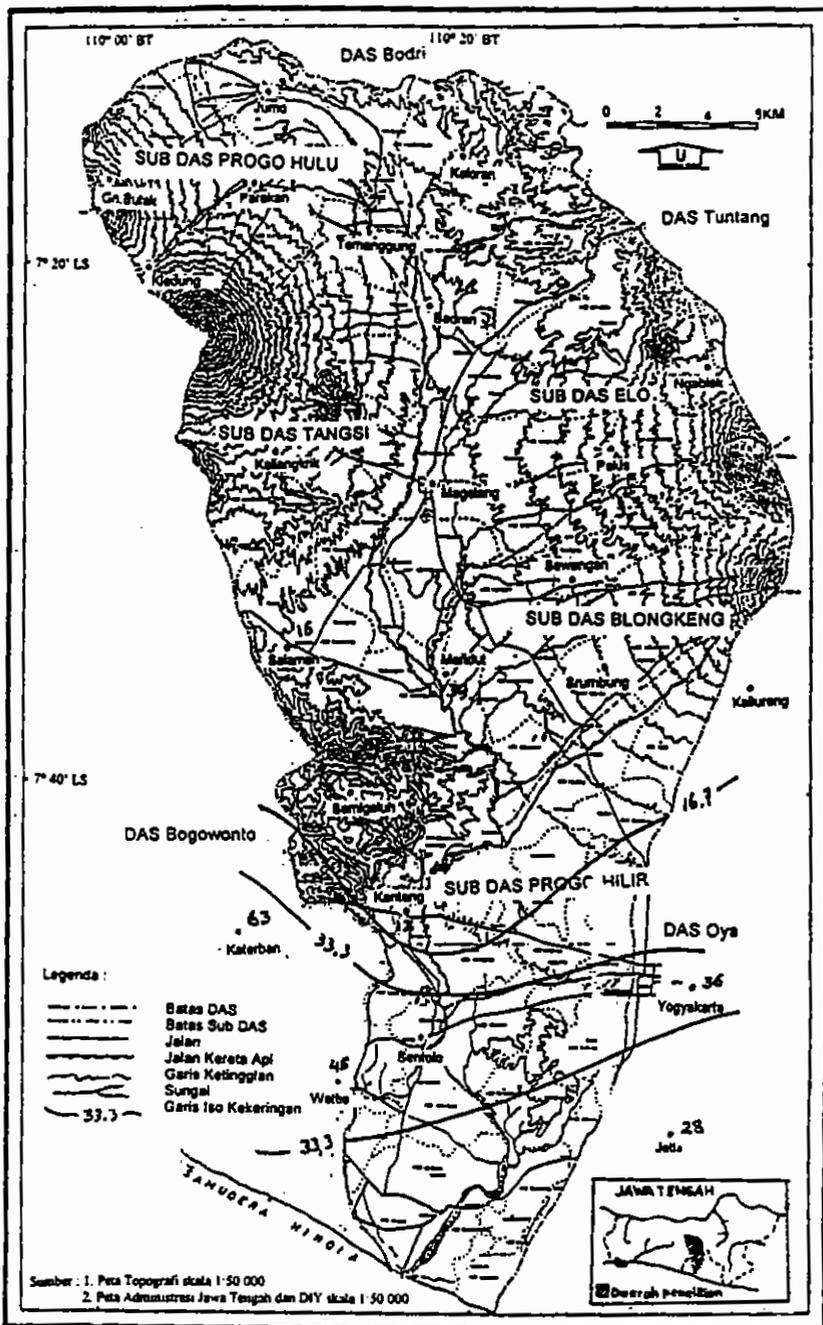
Ucapan terima kasih disampaikan kepada Prof.Dr. Sutikno atas beberapa koreksi untuk menyempurnakan isi makalah ini dan telah disampaikan pada Seminar Hasil Penelitian DPP di Fakultas Geografi UGM, tanggal 3-5 Februari 1997.

DAFTAR PUSTAKA

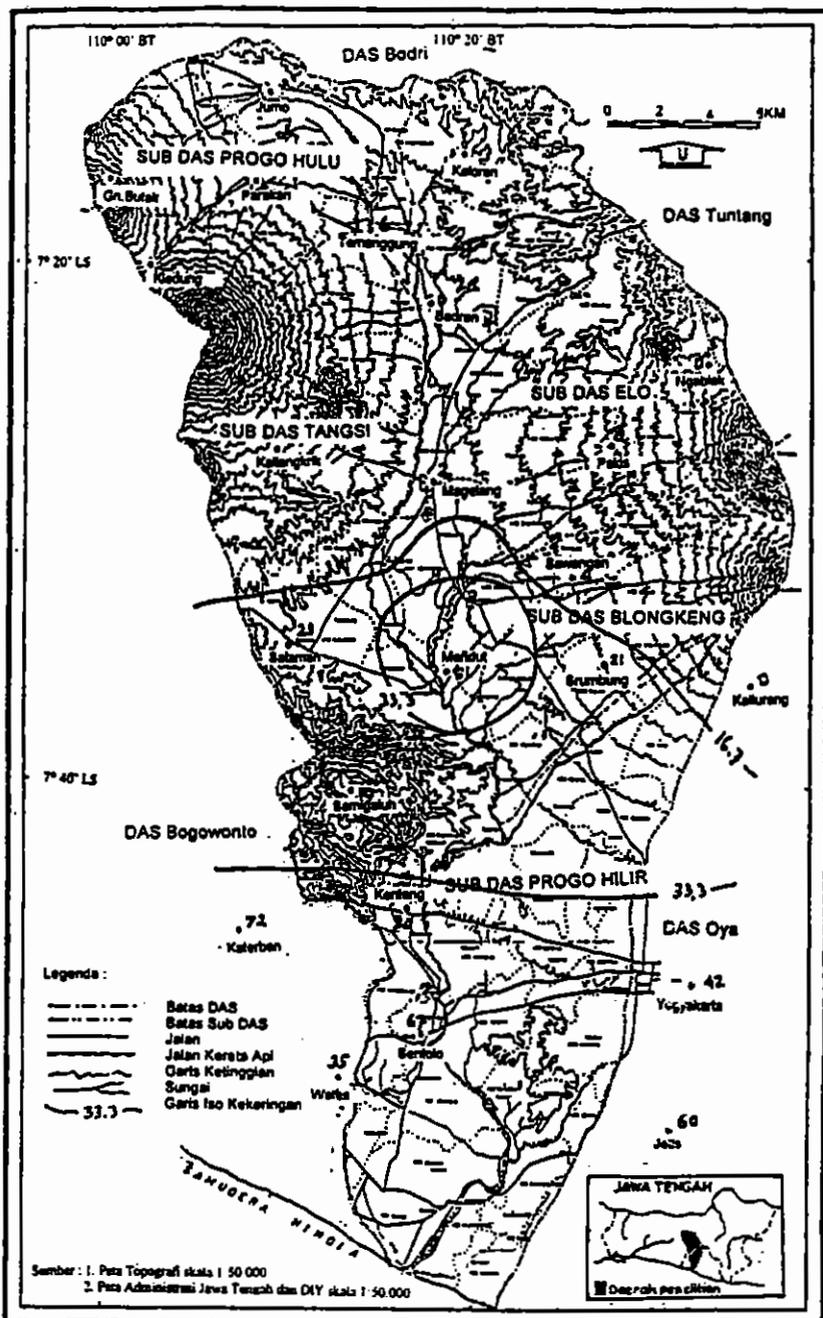
- Dinas PU Propinsi Jawa Tengah, 1995. *Data Aliran Sungai-sungai di Jawa Tengah*. Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Jawa Tengah, Semarang.
- Dulbahri, 1992. Pemanfaatan Foto Udara Inframerah Berwarna untuk Kajian Agihan dan Pemetaan Airtanah di Daerah Pengaliran Sungai Progo. *Disertasi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*.
- ILACO, B.V., 1981. *Agricultural Compendium for Rural Development in the Tropic and Subtropics*. Elsevier, Amsterdam.
- Mock, 1969. *Land Capability Appraisal in Indonesia*. Soil Research Institute, Bogor.
- Sudibyakto, 1985. Evaluasi Kekeringan dengan Menggunakan Indeks Palmer di Daerah Kedu Selatan, Jawa Tengah. *Tesis Pascasarjana (S2) Fakultas Pascasarjana, Institute Pertanian Bogor, Bogor*.
- Soekardi Wisnubroto, Siti Lela Aminah, dan Mulyo Nitisapto, 1981. *Asas-asas Meteorologi Pertanian*. Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Thornthwaite and Mather, 1957. *Tables and Instructions for Computing Evapotranspiration and the Water Balance*. Drexel Climatology Laboratory, New Jersey.
- Tim Fakultas Geografi UGM, 1992. *Penelitian Inventarisasi Data Fisik DAS Progo*. Kerjasama antara Fakultas Geografi UGM dengan P3RP DAS Opak, Oya, Progo. Direktorat Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan, Departemen Kehutanan.



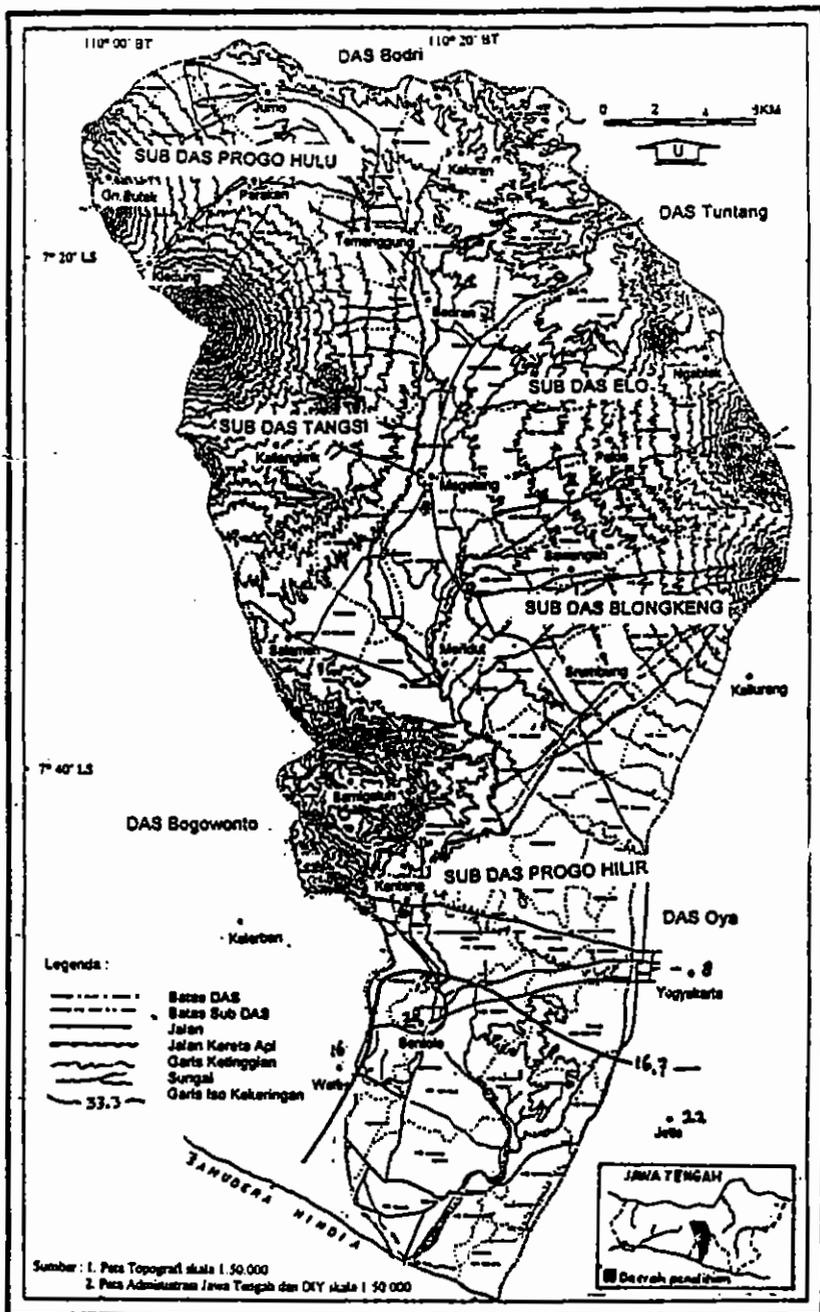
Gambar 2. Peta Indeks Kekeringan Bulan Juni Daerah Aliran Sungai Progo



Gambar 3. Peta Indeks Kekeringan Bulan Juli Daerah Aliran Sungai Progo



Gambar 5. Peta Indeks Kekeringan Bulan September Daerah Aliran Sungai Progo



Gambar 6. Peta Indeks Kekeringan Bulan Oktober Daerah Aliran Sungai Progo