

**HUTAN DAN PERILAKU ALIRAN AIR:
KLARIFIKASI KEBERADAAN HUTAN DAN PENGARUHNYA TERHADAP
BANJIR DAN KEKURANGAN AIR**
*(Forest and Stream Flow Behaviour: Clarification on Forest Relation With Flood
and Drought Issues)*

Chay Asdak

PPSDAL-Lembaga Penelitian, Universitas Padjadjaran
Jl. Sekeloa Selatan 1 Bandung 40132; Fax: 250 4982; E-mail: casdak@melsa.net.id

Abstrak

Banjir bandang di wilayah hilir Daerah Aliran Sungai (DAS) seringkali dihubungkan dengan penebangan hutan di wilayah hulu DAS. Hal ini terkait dengan dua hal: (1) perhatian masyarakat terhadap tingginya laju degradasi sumberdaya hutan di banyak tempat di Indonesia, dan (2) adanya kesenjangan pemahaman tentang keterkaitan antara vegetasi, air, dan tanah. Kedua hal ini mendorong terbentuknya pemahaman bersama (masyarakat luas termasuk akademisi) yang cenderung bersifat simplistik bahwa banjir bandang tersebut terjadi karena meningkatnya penebangan hutan. Apakah pemahaman tersebut di atas didukung oleh bukti-bukti ilmiah? Atau karena didorong oleh emosi bahwa kerusakan hutan makin meningkat. Tulisan ini mencoba untuk menunjukkan hasil penelitian bahwa, pada banyak kasus, banjir bandang lebih disebabkan oleh tingginya intensitas curah hujan.

Kata kunci: tegakan hutan, banjir, curah hujan

Abstract

Big floods found in downstream areas that occurred in the wettest months of rainy season are often said to be associated with forest cutting in the upper parts of a watershed. This is partly caused by an increasing strong concern from many people on high rate of forest destruction in many parts of Indonesia. Partly by false perception on forest-water-soil interaction. In the mean time, there is a common perception among the people including some scientific communities that large floods with severe economic impact are closely linked with the increasing forest cutting. Does this allegation have scientific justification? Or is it just a public emotion driven by the fact that many forest stands are becoming degraded overtime. This article is trying to bring up some scientific findings that, in many cases, big floods were often associated with extreme rainfall. Some illustrations used in this article are mainly from research findings in the temperate climates, with small portions from tropical regions.

Key words: forest stand, flood, and extreme rainfall.

PENDAHULUAN

Saat musim hujan, ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi, sebagian wilayah Nusantara terendam air karena banjir. Ketika terjadi banjir bandang dengan kerugian besar, tudingan biasanya diarahkan pada kerusakan hutan di hulu Daerah Aliran Sungai (DAS). Hal ini tampaknya berkaitan dengan *concerned* dan keprihatinan banyak pihak terhadap laju kerusakan sumberdaya hutan di Jawa sehingga kejadian banjir besar secara fenomenal dikaitkan dengan kerusakan hutan. Padahal kejadian banjir seharusnya tidak dilihat secara fenomenal, melainkan harus dilihat secara kausalitas antara keseluruhan kondisi daerah tangkapan air termasuk hutan, dan responsnya dalam bentuk distribusi dan besaran banjir. Kesimpulan yang mengkaitkan secara langsung terjadinya banjir besar dengan kerusakan hutan, akhir-akhir ini sering dikemukakan oleh pejabat, tokoh masyarakat, dan bahkan kalangan akademisi. Pertanyaan substansialnya adalah benarkah penebangan hutan mengakibatkan banjir bandang? Apabila kejadian banjir tersebut harus dikaitkan dengan keberadaan hutan, pada tingkat mana keterkaitan tersebut nyata? Pertanyaan-pertanyaan substansial tersebut perlu dikemukakan untuk mengarahkan renungan dan diskusi pada substansi masalah, bukan pada hal-hal yang bersifat retorika.

Sebetulnya isu tentang hutan dan banjir bukan isu yang baru. Silang pendapat tentang hutan dan banjir telah mengemuka pada tahun 1980-an ketika Gentry dan Lopez (1980) melaporkan bahwa penebangan hutan yang meluas di hutan hujan tropis Amazon telah meningkatkan debit puncak tahunan di daerah hilir. Kesimpulan hidrologis Gentry dan Lopez tersebut diragukan oleh Nordin dan Meade (1982). Argumentasi Nordin dan Meade adalah bahwa kenaikan debit puncak tersebut terjadi bersamaan dengan meningkatnya pendangkalan sungai pada lokasi pengukuran debit. Pendangkalan sungai tersebut, terutama disebabkan oleh besarnya laju erosi tanah di

sepanjang daerah tangkapan air yang telah mengalami alih fungsi lahan, bukan semata-mata akibat penebangan hutan di hulu DAS. Terkait dengan silang pendapat hutan *versus* banjir di Amazon tersebut, makalah ini mencoba mengemukakan argumentasi ilmiah tentang keterkaitan antara keberadaan hutan dengan perilaku aliran air, untuk memperoleh pemahaman yang proporsional tentang isu hutan dan banjir/kekurangan air sebagai bagian dari wacana menggeser mitos menjadi realitas. Mempertimbangkan belum banyak penelitian tentang interaksi hujan-vegetasi-tanah yang dilakukan di Indonesia, hasil penelitian yang sebagian besar berasal dari mancanegara akan dijadikan ilustrasi.

Karakteristik DAS, Curah Hujan, dan Respons Hidrologis

Mengkaitkan kerusakan biofisik DAS bagian hulu, dalam konteks ini hutan, dengan terjadinya banjir di daerah hilir memperlukan pemahaman (perubahan) karakteristik hidrograf dan menempatkan perubahan karakteristik hidrograf ini dalam perspektif konfigurasi daerah aliran sungai serta mempertimbangkan keseluruhan aliran air ke lokasi terjadinya banjir di daerah hilir (Hewlett, 1982; Brooks et al., 1989; Elsenbeer dan Vertessy, 2000; Dykes dan Thornes, 2000). Sebagian besar kajian respons DAS terhadap curah hujan menekankan pentingnya mengkaji respons hidrologis DAS sebagai akibat perubahan karakteristik biofisik daerah tangkapan air DAS di lokasi terjadinya perubahan (daerah hulu). Hal ini mempertimbangkan bahwa perubahan karakteristik hidrograf aliran akan tampak nyata di lokasi terjadinya perubahan daerah tangkapan air. Besaran dan *timing* terjadinya debit puncak (*peak flow*) sebagai respons perubahan karakteristik daerah tangkapan air akan mengalami perubahan seiring dengan aliran air menuju ke daerah hilir (lokasi banjir). Untuk dapat memahami terjadinya banjir akibat perubahan karakteristik biofisik DAS, perlu dikaji perubahan *stormflow*

(peningkatan aliran air sebagai respons curah hujan) dalam kaitannya dengan karakteristik fisik DAS dari mulai sub-DAS urutan pertama hingga ke lokasi terjadinya banjir.

Ukuran dan bentuk DAS, kemiringan lereng lahan dan sungai, jenis batuan, dan kerapatan sungai adalah karakteristik fisik yang relatif tidak berubah. Keseluruhan karakteristik fisik tersebut secara tersendiri atau secara bersamaan akan mempengaruhi besarnya *stormflow* sebagai respons DAS terhadap curah hujan. Dalam sistem aliran sungai, *stormflow* dan *baseflow* membentuk *streamflow* (debit aliran sungai dalam satu tahun). Pengaruh masing-masing karakteristik fisik DAS terhadap terjadinya banjir dapat dipelajari, antara lain, dalam Asdak (2002). Berbeda dari faktor fisik yang cenderung statis, karakteristik biofisik (vegetasi dan tanah) berinteraksi secara dinamik. Bila salah satu atau kedua komponen biofisik tersebut berubah, maka akan berubah pula debit aliran sebagai respons DAS terhadap curah hujan. Dalam hal ini, karena sifatnya yang dinamis, perubahan penutupan lahan akan mempengaruhi besarnya *stormflow*. Pola perubahan yang umum terjadi adalah bahwa besarnya debit aliran meningkat apabila: (1) daerah tangkapan air dengan kondisi kedap air makin luas, (2) jenis vegetasi diganti dari tanaman yang berakar dalam menjadi tanaman berakar dangkal, dan (3) vegetasi penutup tanah diganti dari vegetasi dengan kapasitas intersepsi (*interception loss*) tinggi ke vegetasi dengan tingkat intersepsi yang lebih rendah (Bosch dan Hewlett, 1982; Hibbert, 1983; Asdak et al., 1998a; Matheussen et al., 2000; Marin et al., 2000).

Perubahan faktor biofisik tersebut di atas akan memberikan dampak nyata terhadap volume *stormflow*, besaran debit puncak, dan waktu terjadinya debit puncak untuk kejadian hujan dengan durasi, intensitas dan volume curah hujan termasuk kecil. Seiring dengan meningkatnya durasi, intensitas dan volume curah hujan, pengaruh yang ditimbulkan oleh

interaksi tanah dan vegetasi terhadap *stormflow* menjadi makin kecil. Dengan demikian, pengaruh penutupan vegetasi, termasuk tegakan hutan, terhadap *stormflow* adalah kecil untuk kejadian hujan dengan intensitas besar (*extreme rainfall*), kejadian hujan yang umumnya berkaitan dengan kejadian banjir bandang (*flash flood*). Meskipun bervariasi tergantung pada kondisi iklim mikro setempat, besarnya *extreme rainfall* menurut Badan Meteorologi dan Geofisika adalah sekitar 50 mm per jam. Pada daerah dengan jenis tanah dangkal dan permeabilitas rendah, intensitas hujan kurang dari 50 mm/jam dan berlangsung cukup lama dapat diklasifikasi sebagai *extreme*, dan oleh karenanya, dapat menimbulkan banjir bandang. Selain durasi, intensitas dan volume curah hujan, faktor curah hujan yang berpengaruh terhadap terjadinya banjir adalah arah hujan. Hujan dari arah hulu ke hilir DAS memberikan kemungkinan lebih besar untuk terjadinya banjir karena mempercepat terjadinya debit puncak (*time to peak*) di lokasi banjir di daerah hilir (Naef et al., 2002).

Perubahan Vegetasi dan Debit Aliran

Kebanyakan persoalan sumberdaya air berkaitan dengan waktu dan distribusi debit aliran. Banjir dan kekurangan air adalah dua contoh klasik yang kontras tentang perilaku debit aliran sebagai akibat perubahan penutupan lahan (dalam skala makro adalah perubahan tataguna lahan) dan anomali iklim. Dalam konteks perubahan vegetasi penutup lahan, lebih spesifik vegetasi hutan, pengurangan luas atau penebangan hutan akan menurunkan evapotranspirasi, dan dengan demikian, meningkatkan hasil air (*water yield*). Di lapangan, perubahan vegetasi penutup lahan tersebut umumnya dari tegakan hutan menjadi jenis vegetasi semak belukar atau tanaman pertanian. Besarnya peningkatan debit aliran akibat perubahan vegetasi tersebut, baik di daerah beriklim sedang maupun di daerah tropis, umumnya bervariasi antara 25 – 60 mm/tahun per 10% perubahan vegetasi dalam

daerah tangkapan air (Bosch dan Hewlett, 1982; Bruijnzeel, 1990; Scott et al., 2001; Cheng et al., 2002). Dalam hal penebangan (selektif) hutan tropis, hasil penelitian di Malaysia menunjukkan bahwa penebangan sekitar 33% dari luas tegakan hutan telah meningkatkan debit aliran sebesar 40% (Rahim Nik, 1990). Kontribusi terbesar peningkatan debit aliran tersebut diperkirakan berasal dari peningkatan aliran lambat (*baseflow*) selama musim kemarau karena adanya penurunan evapotranspirasi akibat penebangan hutan.

Peningkatan debit aliran akibat penebangan hutan ini signifikan untuk curah hujan kecil dan tidak signifikan untuk curah hujan besar (Hamilton dan King, 1983; Bruijnzeel, 1992). Pada kondisi ketika tidak ada tambahan air larian (*run-off*) dari permukaan tanah yang mengalami pemadatan (akibat beroperasinya alat-alat berat), angka *median* debit puncak meningkat sekitar 50% setelah penebangan hutan. Peningkatan debit puncak ini terjadi berkaitan dengan tingginya tingkat kelembaban tanah (akibat berkurangnya evapotranspirasi); dengan demikian, menurunkan kemampuan tanah dalam menyimpan air. Peningkatan debit puncak berkurang seiring dengan pertumbuhan semak belukar setelah penebangan. Hal ini, antara lain, ditunjukkan oleh hasil penelitian Coster (1938) di Ciwedey, Jawa Barat bahwa hanya dalam waktu kurang dari 6 bulan, fungsi hidrologis lahan yang dihilangkan tumbuhan bawahnya telah pulih kembali seperti kondisi sebelum pembersihan tumbuhan bawah. Hal yang perlu ditekankan di sini adalah bahwa kenaikan debit puncak bersifat lokal sehingga terjadinya debit puncak di lokasi terjadinya penebangan hutan tidak bersamaan dengan debit puncak yang berlangsung di lokasi banjir yang umumnya berada di bagian hilir jauh dari lokasi penebangan hutan.

Hasil penelitian tersebut di atas dan penelitian lain, antara lain, Smakhtin (2001) menunjukkan bahwa penghutanan kembali lahan yang sebelumnya bukan hutan dapat menurunkan debit aliran (melalui penurunan

baseflow) karena peningkatan evapotranspirasi. Dengan kata lain, meskipun telah banyak dilaporkan bahwa tegakan hutan umumnya mampu meloloskan antara 80 – 95% air hujan ke dalam tanah, sebagian besar air infiltrasi tersebut akan diuapkan kembali (melalui proses evapotranspirasi) ke atmosfer (umumnya dengan laju sekitar 1000 mm/tahun bila kelembaban tanah cukup besar), sementara sisanya akan menjadi debit aliran. Brooks et al. (1991), bahkan menunjukkan bahwa dari keseluruhan jumlah curah hujan di daerah arid dan semi arid, 85 – 95% air yang diterima diuapkan kembali dan/atau dikonsumsi oleh vegetasi yang tumbuh di daerah itu. Artinya, debit aliran yang dihasilkan hanya berkisar antara 5 – 15% dari jumlah curah hujan. Namun demikian, di daerah dengan curah hujan relatif besar (> 1500 mm/tahun) jumlah air yang diuapkan kembali ke atmosfer umumnya tidak lebih dari 35% (Schellekens, 2001).

Hasil penelitian lain yang seringkali menjadi rujukan para pengelola DAS untuk optimasi sumberdaya air dengan melakukan pengaturan tegakan hutan adalah bahwa tebang pilih seluas 30% dari tegakan hutan skala DAS tidak menunjukkan perubahan hasil air yang signifikan untuk curah hujan besar (Brown dan Beschta, 1985), sedangkan tebang habis sebesar 30% dari keseluruhan daerah tangkapan air menunjukkan perubahan hasil air secara signifikan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada periode ketika berlangsung hujan dengan intensitas tinggi, kelembaban tanah, baik di bawah maupun di luar tegakan hutan, telah jenuh sehingga sebagian air hujan akan langsung dialirkan ke sungai menjadi debit banjir. Pada periode dan kondisi tersebut di atas, faktor yang lebih berpengaruh untuk terjadinya debit banjir adalah perubahan *landscape* daerah tangkapan air di luar kawasan hutan menjadi bentuk pemanfaatan lahan dengan koefisien air larian besar. Meningkatnya air larian akan meningkatkan laju erosi, dengan demikian,

meningkatkan laju sedimentasi dalam sungai. Hal ini mengakibatkan terjadinya pengurangan kapasitas tampung sungai sehingga untuk volume curah hujan yang sama kemampuan sungai menampung air berkurang dibandingkan sebelum terjadi peningkatan sedimentasi. Dengan demikian, frekuensi kejadian banjir meningkat. Dalam konteks ini, pengaruh pendangkalan sungai akibat laju erosi yang tinggi di daerah tangkapan air memainkan peran lebih penting dibandingkan dengan terbentuknya debit puncak akibat terganggunya hutan.

Hutan Sebagai *Streamflow Regulator*?

Uraian singkat di atas menunjukkan bahwa anggapan hutan sebagai pengatur aliran air (*streamflow regulator*) tidak sepenuhnya benar atau dapat dibenarkan dengan pengecualian. Pengertian pengatur aliran air ini seringkali diartikan sebagai kemampuan hutan untuk mencegah banjir besar pada musim hujan dan meningkatkan *baseflow* (dalam pemahaman umum adalah mengalirkan kembali aliran sungai yang sebelumnya tidak mengalir) pada musim kemarau. Keraguan terhadap peran hutan sebagai regulator debit aliran didasarkan pada tiga pertimbangan yang saling berkaitan. Pertama, kejadian banjir yang umumnya berasosiasi dengan banjir bandang yang menimbulkan kerugian (material dan non-material) besar, terjadi jauh di luar lokasi hutan yang sedang mengalami perubahan sehingga terjadinya debit puncak di lokasi keberadaan hutan tidak secara otomatis akan menimbulkan akumulasi debit puncak di lokasi banjir. Dalam hal ini, debit banjir di lokasi terjadinya banjir tidak secara langsung terkait dengan debit puncak yang dihasilkan dari perubahan tegakan hutan, melainkan lebih ditentukan oleh proses perubahan biofisik yang berlangsung di daerah tangkapan air antara lokasi keberadaan hutan dan lokasi banjir. Jarak fisik antara kedua lokasi tersebut dapat puluhan dan bahkan ratusan kilometer. Perilaku aliran air pada rentang jarak fisik tersebut, yang dalam konteks ini

meningkatkan debit banjir di hilir, lebih dipengaruhi oleh proses perubahan lanskap yang sedang berlangsung di rentang jarak fisik tersebut. Perubahan lanskap dalam hal ini adalah dari yang bersifat meloloskan dan/atau menahan air hujan di daerah tangkapan air menjadi bersifat meningkatkan air larian.

Kedua, terbentuknya debit puncak sebagai akibat penebangan hutan dan/atau perubahan dari tegakan hutan menjadi bentuk vegetasi lain non-hutan, selain berasosiasi dengan curah hujan dengan intensitas besar, pada banyak kasus juga disebabkan oleh ketebalan tanah di bawah tegakan hutan (Hewlett, 1982). Kedalaman tanah menjadi faktor penting untuk terbentuknya debit puncak berkaitan dengan kemampuan tanah menyimpan air. Tanah yang lebih dalam dan bersifat permeabel mempunyai kemampuan dan kapasitas menampung air lebih banyak dibandingkan tanah yang lebih dangkal dengan permeabilitas rendah. Hasil penelitian di *Coweeta Hydrological Laboratory* di Amerika Serikat menunjukkan bahwa respons dari *paired sub-watersheds* yang memiliki kemiripan karakteristik vegetasi, topografi, dan curah hujan dengan intensitas rendah adalah sangat berbeda (Pereira, 1989). Sub-DAS pertama dengan kedalaman tanah rata-rata 2 m memberikan respons debit puncak $2,2 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{km}^2$. Sementara sub-DAS yang lain dengan kedalaman tanah rata-rata 0,6 m menghasilkan debit puncak lima kali lebih besar daripada sub-DAS yang pertama, yaitu $12,25 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{km}^2$. Tampak, bahwa faktor yang dominan dalam mempengaruhi debit aliran bukanlah vegetasi hutan melainkan lebih ditentukan oleh kedalaman tanah. Kedalaman tanah tidak ditentukan oleh keberadaan hutan di tempat tersebut melainkan oleh struktur geomorfologi.

Ketiga, adanya anggapan keberadaan hutan dapat mengalirkan sungai yang sebelumnya tidak mengalirkan air atau meningkatkan debit aliran pada musim kemarau, dalam banyak kasus tidak kompatibel dengan hasil penelitian. Keraguan atas pernyataan tersebut di atas dilandasi oleh pertimbangan

bahwa secara umum tegakan hutan mempunyai evapotranspirasi lebih besar daripada jenis vegetasi non-hutan. Besarnya angka evapotranspirasi tegakan hutan karena mempunyai *albedo* lebih kecil daripada tegakan non-hutan (Asdak et al., 1998b; Robert, 2000). *Albedo* adalah nisbah antara radiasi matahari yang dipantulkan permukaan tajuk hutan terhadap radiasi yang diterima tajuk hutan. Kecilnya *albedo* pada tegakan hutan meningkatkan transpor energi aktual ke atmosfer sehingga meningkatkan laju evapotranspirasi. Besarnya laju evapotranspirasi tegakan hutan memberikan implikasi berkurangnya debit aliran, terutama selama musim kemarau. Bosch dan Hewlett (1982) setelah melakukan kajian terhadap 94 DAS dengan iklim yang berbeda menyimpulkan bahwa program penghutan kembali telah menurunkan debit aliran secara signifikan, terutama komponen *baseflow*. Kesimpulan ini dikuatkan oleh hasil penelitian-penelitian serupa di tempat lain (Trimble et al., 1987; Smith dan Scott, 1992; Tallaksen, 1993). Hasil penelitian tersebut di atas menunjukkan bahwa berbeda dari anggapan umum bahwa keberadaan hutan meningkatkan debit aliran, yang terjadi adalah hal yang sebaliknya. Secara umum, keberadaan hutan menurunkan debit aliran, terutama pada daerah dengan musim kemarau cukup panjang, curah hujan tidak terlalu besar, dan jenis vegetasi hutan yang mempunyai evapotranspirasi besar.

Untuk menunjukkan dampak negatif keberadaan hutan yang tidak mempertimbangkan karakteristik iklim dan vegetasi, berikut ini adalah ilustrasi yang selama ini dikenal sebagai “tragedi Fiji” (Drysdale, 1981). Dalam usaha membangun industri kayu, Pemerintah Fiji melakukan reboisasi tanaman *Pinus caribea* seluas 60.000 ha. Hutan tanaman industri pinus tersebut terletak di daerah “leeward zone” yang termasuk kering dengan curah hujan antara 300 – 500 mm/tahun. Di sekitar hutan tersebut secara bersamaan dibangun waduk dengan dua fungsi, pemasok air dan pembangkit listrik tenaga air. Reboisasi

di daerah tangkapan air waduk yang sebelumnya merupakan padang rumput mulai menurunkan debit aliran selama musim kemarau, sehingga cenderung mengancam fungsi waduk. Hasil pemantauan debit aliran pada sub-DAS yang bersangkutan menunjukkan adanya penurunan debit aliran antara 50 – 60% pada umur tegakan pinus 6 tahun (Drysdale, 1981). Dengan demikian, penanaman hutan yang dimaksudkan untuk memasok air waduk ternyata memberi hasil yang sebaliknya, menguras cadangan air. Hal ini terjadi karena program reboisasi menggunakan jenis vegetasi yang mempunyai evapotranspirasi jauh lebih besar daripada curah hujan tahunan di tempat tersebut. Namun demikian, “tragedi Fiji” ini tidak tepat untuk dijadikan isu penolakan jenis tegakan hutan Pinus di Jawa untuk sekurang-kurangnya dua alasan, pertama, hampir seluruh daerah hulu yang menjadi lokasi hutan Pinus mempunyai curah hujan lebih besar dari 2000 mm/tahun. Kedua, tegakan *Pinus merkusii* yang ditanam di Jawa mempunyai evapotranspirasi (ET) kurang dari 2000 mm/tahun seperti ditunjukkan oleh hasil penelitian Suraji dan Ilyas (1983) di Waspada, Garut, Jawa Barat (ET 933 mm/th); hasil penelitian Tim Peneliti Fakultas Kehutanan UGM (1993 – 1997) di KPH Banyumas Timur, Jawa Tengah (ET 1127 mm/th); hasil penelitian Tim Peneliti Fakultas Kehutanan IPB (1995 – 1998) di KPH Tasikmalaya, Jawa Barat (ET 1500 mm/th); dan hasil penelitian Tim Peneliti Universitas Brawijaya (1996 – 1998) di hulu DAS Kali Konto, Jawa Timur (ET 1507 mm/th).

Hutan dan Banjir

Pernyataan yang menghubungkan pengaruh perubahan vegetasi terhadap banjir perlu ditempatkan dalam proporsi yang benar. Sebagaimana telah ditunjukkan oleh Hewlett (1982), bahwa telah timbul salah pengertian yang disebabkan oleh kerancuan dalam pemakaian istilah “banjir”. Dalam bahasa masyarakat, pengertian banjir biasanya diarti-

kan sebagai genangan air yang menimbulkan kerugian ekonomi. Dalam istilah teknis hidrologis, banjir adalah debit aliran sungai yang melampaui daya tampung sungai sehingga air melewati tebing sungai dan menggenangi daerah sekitarnya.

Kerancuan istilah “banjir” yang kedua adalah adanya anggapan bahwa debit puncak tahunan sering diartikan sebagai banjir tahunan. Padahal banyak kasus menunjukkan bahwa aliran air dengan debit puncak tahunan sering tidak sampai melewati tebing sungai, oleh karenanya secara teknis, tidak dapat disebut sebagai banjir. Untuk lebih akurat, peristiwa banjir seharusnya ditentukan berdasarkan angka kementakan (*probability*). Misalnya banjir 100 tahunan, ini bukan berarti bahwa banjir tersebut datangnya tepat 100 tahun sekali, tapi kemungkinan terjadinya banjir tersebut dalam waktu satu tahun adalah 1 persen (0,01). Jadi, dalam waktu 100 tahun, banjir dengan skala besar tersebut dapat terjadi lebih dari sekali atau bahkan tidak terjadi sama sekali.

Benarkah pernyataan yang sering kita dengar bahwa banjir bandang di daerah hilir disebabkan terutama oleh penebangan atau kerusakan hutan di daerah hulu? Atau karena persepsi kita selama ini yang menganggap bahwa hutan sebagai penyelamat lingkungan tanpa batas? Persoalannya adalah apabila persepsi tersebut ternyata tidak benar, maka kita akan kehilangan akar permasalahan penyebab banjir yang sesungguhnya, dan dengan demikian, jalan keluar atas persoalan terjadinya banjir.

Hasil penelitian, secara umum menunjukkan bahwa penebangan hutan seluas >20% dari luas tegakan hutan memperlihatkan kenaikan debit puncak dan mempersingkat waktu tercapainya debit puncak. Namun demikian, meningkatnya debit puncak terjadi di lokasi atau di sekitar lokasi hutan yang sedang mengalami perubahan. Seiring dengan perjalanan aliran air ke daerah yang lebih rendah (hilir), besarnya debit puncak tersebut menurun karena adanya pengaruh faktor-faktor

penghambat debit aliran di sepanjang sungai, kemungkinan penurunan intensitas dan perubahan arah hujan, dan terjadinya proses infiltrasi dan evaporasi.

Kebanyakan hasil penelitian juga menunjukkan bahwa yang mempercepat terjadinya banjir dalam kaitannya dengan penebangan hutan bukanlah penebangan hutan itu sendiri. Tapi, penebangan hutan yang diikuti dengan perubahan tataguna lahan, cara penebangan yang bersifat menghilangkan seresah dan tumbuhan bawah, penebangan pohon pada tempat dengan kemiringan lereng besar sehingga mengakibatkan tanah longsor dan aktifitas pendukung penebangan hutan seperti pembuatan jalan angkutan yang rawan erosi dan tanah longsor. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa pengaruh signifikan penebangan hutan terhadap banjir, terutama apabila tidak mempertimbangkan kaidah-kaidah konservasi, adalah dalam hal meningkatkan kerugian (ekonomi) akibat banjir karena meningkatnya lumpur yang menyertai banjir tersebut.

Secara umum, kebanyakan hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk intensitas curah hujan yang relatif kecil hingga sedang, keberadaan hutan secara signifikan meningkatkan laju infiltrasi dan pada saat bersamaan meningkatkan *rainfall interception loss*. Dua faktor ini apabila berlangsung dalam luasan hutan yang cukup besar, maka untuk intensitas hujan yang relatif kecil hingga sedang, keberadaan hutan dapat mengurangi terjadinya debit banjir. Intensitas hujan kecil hingga sedang umumnya berasosiasi dengan kejadian banjir yang mempunyai periode ulang kurang dari 10 tahun. Sementara itu, pembicaraan tentang banjir selama ini, umumnya mengacu pada kejadian banjir bandang yang berasosiasi dengan kejadian *extreme rainfall* dan terjadi pada lanskap yang telah mengalami alih fungsi lahan secara mencolok. Kejadian banjir ini biasanya disertai dengan kerugian ekonomi sangat besar dan bahkan seringkali disertai dengan korban jiwa. Kejadian banjir yang

terakhir ini umumnya berkaitan dengan waktu periode ulang banjir 50 tahun atau lebih. Pada kasus yang terakhir ini persoalannya lebih pada curah hujan dengan intensitas yang sangat tinggi berlangsung dalam waktu relatif singkat pada tanah yang sebelumnya telah jenuh, sehingga kemampuan tanah untuk menyimpan air dan kemampuan sungai untuk mengalirkannya terlampaui. Pada keadaan ini seandainya seluruh daerah hulu tertutup rapat oleh hutan sekalipun, banjir tetap saja akan terjadi. Peristiwa banjir yang terjadi di negara maju dengan hutan yang hampir tak terganggu telah menjadi bukti. Demikian pula, banjir bandang di Kalimantan yang terjadi sebelum tahun 1970-an, sebelum beroperasinya Hak Pengusahaan Hutan, merupakan bukti bahwa keberadaan dan keutuhan hutan tidak mampu mencegah banjir bandang. Kasus banjir bandang lain yang tidak terkait dengan keberadaan hutan adalah banjir bandang di S. Batanghari pada tahun 1950 dan terjadi lagi banjir dengan besaran kurang lebih sama pada 1991 serta banjir bandang di Banyumas tahun 1861 (Purwanto, 2003).

Adanya fakta bahwa banjir yang terjadi akhir-akhir ini meningkat frekuensinya, bahkan untuk intensitas curah hujan yang kecil hingga sedang, kemungkinan besar karena telah makin terganggunya daerah tangkapan air yang berada dekat dengan lokasi banjir. Dengan kata lain, meningkatnya gangguan tegakan hutan, cara bercocok tanam tidak konservatif, meningkatnya laju perubahan pemanfaatan lahan yang tidak kondusif terhadap peresapan air hujan ke dalam tanah, dan perilaku masyarakat yang tidak ramah lingkungan, utamanya yang berkaitan dengan tidak lancarnya aliran air di selokan dan sungai, secara bersama-sama memberikan kontribusi terhadap meningkatnya frekuensi dan dampak negatif banjir. Jadi, bukan disebabkan oleh faktor tunggal penebangan hutan. Hal lain yang juga tidak boleh dilupakan adalah faktor alam seperti curah hujan, struktur dan kedalaman tanah menambah kerentanan untuk terjadinya banjir.

Penutup

Sebagai penutup dapat ditegaskan lagi bahwa debit puncak yang berkaitan dengan banjir di sepanjang sungai utama merupakan akumulasi aliran air dari beberapa sub-DAS dengan tataguna lahan, struktur dan kedalaman tanah, vegetasi, dan topografi berbeda. Debit puncak bergerak dari wilayah hulu DAS ke daerah hilir dengan memberikan pengaruh yang relatif kecil terhadap debit puncak yang terjadi di daerah hilir. Kecilnya pengaruh tersebut disebabkan oleh adanya ketidaksamaan waktu terjadinya debit puncak di daerah hulu dan hilir (*time lag*). Hal ini, antara lain, disebabkan oleh berlangsungnya proses infiltrasi, evaporasi, dan tertahannya aliran air oleh cekungan-cekungan permukaan bumi (*surface detention*). Oleh karena itu, apabila volume aliran air yang sampai di daerah hilir masih cukup besar, hal ini kemungkinan berkaitan dengan besarnya intensitas hujan yang jatuh di atas daerah tangkapan air di luar kawasan hutan yang telah mengalami perubahan pemanfaatan sehingga tidak kondusif untuk terjadinya peresapan air hujan ke dalam tanah. Kejadian banjir yang menimbulkan kerugian besar (termasuk korban jiwa) umumnya berasosiasi dengan banjir atau curah hujan dengan periode ulang > 50 tahun. Untuk curah hujan kecil hingga sedang, keberadaan hutan berpengaruh signifikan terhadap meningkatnya laju infiltrasi sehingga menurunkan air larian. Namun demikian, terlepas dari hasil penelitian yang menunjukkan bahwa hutan tidak dapat mencegah terjadinya banjir bandang, ia harus dijaga keberadaannya karena hutan mempunyai arti sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Oleh karena itu, upaya-upaya menjaga keberadaan hutan harus menjadi komitmen bersama untuk dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2002. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. *Gadjah Mada University Press*. Yogyakarta. 618 pp.

- Asdak, C., P.G. Jarvis, P. van Gardingen, and A. Fraser. 1998a. Rainfall interception loss in unlogged and logged forest areas of Central Kalimantan, Indonesia. *Journal of Hydrology* (206):237-244.
- Asdak, C., P.G. Jarvis, and P. van Gardingen. 1998b. Evaporation of intercepted precipitation based on an energy balance in unlogged and logged forest areas of Central Kalimantan, Indonesia. *Agricultural and Forest Meteorology* (92):173-180.
- Bruijnzeel, L.A. 1990. Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: A state of knowledge review. UNESCO International Hydrological Program. 224 pp.
- Bruijnzeel, L.A. 1992. Managing tropical forest watersheds for production: where contradictory theory and practice co-exist. *Proceeding of the Oxford Conference on Tropical Forests*. Oxford Forestry Institute, University of Oxford, Oxford, UK.
- Brooks, K.N., H.M. Gregersen, A.L. Lundgren, R.M. Quinn, and D.W. Rose. 1989. Watershed Management Project Planning, Monitoring, and Evaluation: A Manual for the Asean Region. ASEAN-U.S. Watershed Project. 215 pp.
- Brooks, K.N., P.F. Ffolliott, H.M. Gregersen, and J.L. Thames. 1991. Hydrology and the management of watersheds. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
- Bosch, J.M. and J.D. Hewlett. 1982. Review of catchment experiments to determine the effects of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology* (55):3-23.
- Brown, G.W. and R.L. Beschta. 1985. The art of managing water. *Journal of Forestry* (88):604-615.
- Coster, C. 1938. Superficial run-off and erosion in Java. *Tectona* (31):613-728.
- Cheng, J.D., L.L. Lin, and H.S. Lu. 2002. Influences of forests on water flows from headwater watersheds in Taiwan. *Forest Ecology and Management* (165):11-28.
- Dykes, A.P. and J.B. Thornes. 2000. Hillslope hydrology in tropical rainforest steepplands in Brunei. *Hydrological Processes* (14): 215-235.
- Drysdale, P.J. 1981. Status of general and forest hydrology research in Fiji. Country paper on status of watershed forest influence research in Southeast Asia and the Pacific. Working Paper. East-West Center, Hawaii. 15 pp.
- Elsenbeer, H. and R.A. Vertessy. 2000. Stormflow generation and flowpath characteristics in an Amazonian rainforest catchment. *Hydrological Processes* (14):2367-2381.
- Gentry, A.H. and J. Lopez-Parodi. 1980. Deforestation and increased flooding of the Upper Amazon. *Science* (210):1354-1356.
- Hamilton, L.S. and P.N. King. 1983. Tropical forested watersheds: Hydrologic and soils response to major uses or conversions. Westview Press, Boulder, Colorado. 168 pp.
- Hibbert, A.R. 1983. Water yield improvement potential by vegetation management on western rangelands. *Water Resource Bulletin* (19):375-381.
- Hewlett, J.D. 1982. Forests and floods in the light of recent investigation. In *Hydrological processes of forested areas*. NRCC Publ. No. 20548, Ottawa, Canada.
- Hewlett, J.D. 1982. Principles of Forest Hydrology. The University of Georgia Press. Athens, USA. 183 pp.
- Matheussen, B., R. L. Kirschbaum, I. A. Goodman, G. M. O'Donnell, and D. P. Lettenmaier. 2000. Effects of land cover change on streamflow in the interior Columbia River Basin. *Hydrological Processes* (14):867-885.
- Marin, C.T., W. Bouten, and J. Sevink. 2000. Gross rainfall and its partitioning into throughfall, stemflow and evaporation of intercepted water in four forest ecosystems in western Amazonia. *Journal of Hydrology* (237):40-57.

- Naef, F., S. Scherrer, and M. Weiler. 2002. A process based assessment of the potential to reduce flood runoff by land use change. *Journal of Hydrology* (267):74-79.
- Nordin, C.F. and R.H. Meade. 1982. Deforestation and increased flooding of the Upper Amazon. *Science* (215):426-427.
- Roberts, J. 2000. The influence of physical and physiological characteristics of vegetation on their hydrological response. *Hydrological Processes* (14):2885-2901.
- Rahim Nik, A. 1990. Effects of selective logging methods on streamflow parameters in Berembun watershed, Peninsular Malaysia. Ph.D. Thesis, Depart. of Forestry, Univ. of Wales, UK.
- Pereira, H.C. 1989. Policy and practice in the management of tropical watersheds. Westview Press, Boulder, Colorado. 237 pp.
- Purwanto, E. 2003. Menggalang kepedulian hulu-hilir dalam restorasi ekosistem pulau Jawa. Makalah pada Diskusi Energi Hulu-Hilir Dalam Rangka Pembangunan Kehutanan. Cipayung, Bogor, 27 Agustus 2003.
- Schellekens, J. 2001. Hydrological processes in a humid tropical rainforest: a combined experimental and modelling approach. Doctoral Thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Smakhtin, V.U. 2001. Low flow hydrology: a review. *Journal of Hydrology* (240):147-186.
- Smith, R.E. and D.F. Scott. 1992. Effects of afforestation on low flows in various regions of South Africa. *Water SA* 18 (3):185-194.
- Scott, D.F., J. Mackensen, L.A. Bruijnzeel, and M. Waterloo. 2001. The hydrological impacts of reforestation of grasslands, natural and degraded of forest in the tropics.
- Suraji and A. Ilyas 1983. Water balance prediction in a hydrological system at the Waspada experimental basin, Garut, West Java, Indonesia. *Proc. Hydrol. Impact, For. Pract. And Reafforest.* University Pertanian, Selangor, Malaysia.
- Tallaksen, L.M. 1993. Modeling landuse change effects on low flows. In Gustard, A (ed.): FRIEND Vol. 1: Hydrological studies. Institute of Hydrology, Wallingford, UK.
- Trimble, S.W., F.H. Weinich, and B.L. Hoag. 1987. Deforestation and the reduction of water yield on the Southern Piedmont since circa 1940. *Water Resource Research* (23):425-437.
- Tim Peneliti Unibraw. 1998. Pengaruh tanaman terhadap hasil air. PPLH Universitas Brawijaya. Seminar "Pengelolaan Hutan dan Produksi Air", Jakarta 23 September 1998.
- Tim Peneliti Fakultas Kehutanan IPB. 1998. Pengaruh kelas perusahaan hutan Pinus terhadap produksi air: Studi kasus di KPH Tasikmalaya. Seminar "Pengelolaan Hutan dan Produksi Air", Jakarta 23 September 1998.
- Tim Peneliti Fakultas Kehutanan UGM. 1998. Kajian neraca air di hutan Pinus. Seminar "Pengelolaan Hutan dan Produksi Air", Jakarta 23 September 1998.

