

# PERMASALAHAN ASPEK HIDROLOGIS HUTAN TUSAM DAN UPAYA MENGATASINYA

## *(Problem of Pine Forest Hydrological Aspects and Their Possible Solutions)*

Oleh / By :  
Ag. Pudjiharta<sup>\*)</sup>

### ABSTRACT

*Pine is a pioneer tree species and has a high economic value. This species has been spread widely especially after it became a reforestation tree species. Large areas of Pine plantation has been developed in several districts which then create some controversial issues. Several districts have complained about the presence of pine in their districts. They said that pine disturbed hydrology balance, and was not locally native species, planting and cutting of forest including pine has had negative impacts on hydrology in line with the spread of pine plantation and the rising demand of water resource during long dry season. The proportional responses and institution approaches are recommended for mitigating the problems.*

*Keyword : Pine, hydrological aspects, good aspects, bad aspects.*

### ABSTRAK

Tusam adalah jenis pohon pionir yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Jenis ini telah berkembang dan telah ditanam secara meluas, terutama setelah tusam menjadi jenis pohon reboisasi. Daerah tanaman tusam telah berkembang meluas di beberapa daerah, yang menimbulkan beberapa isu kontroversi di beberapa daerah di mana tusam ditanam. Pengaruh isu kontroversi mengenai tusam menyebabkan masyarakat mengajukan beberapa keluhan mengenai keberadaan hutan tanaman tusam di daerahnya. Keluhan mengatakan bahwa hutan tanaman tusam mempunyai pengaruh merugikan pada keseimbangan hidrologi dan tusam bukan jenis pohon asli setempat. Beberapa pendapat mengenai pengaruh penanaman dan penebangan hutan termasuk tusam pada hidrologi telah muncul sejalan dengan perkembangan dan meluasnya penanaman tusam dan meningkatnya kebutuhan sumber mata air pada musim kemarau yang panjang. Respon yang proposional dan pendekatan secara kelembagaan dibutuhkan untuk mitigasi masalah di atas.

Kata kunci : Tusam, aspek hidrologis, sisi baik, sisi buruk

## I. PENDAHULUAN

Tusam (*Pinus merkusii*) termasuk jenis pohon yang dapat tumbuh pada banyak ragam tempat tumbuh. Tusam merupakan jenis pohon yang menjadi komoditi yang dikembangkan oleh Perum Perhutani di P. Jawa sebagai kelas perusahaan yang kedua setelah kelas perusahaan jati. Selain sebagai pohon kelas perusahaan pohon ini juga dikembangkan untuk tujuan reboisasi sehingga

---

\*) Peneliti di Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam, Bogor

perkembangan penanamannya cukup menyebar luas, baik pada dataran rendah maupun dataran tinggi. Sejalan dengan perkembangan tanaman, makin meningkatnya kebutuhan air serta adanya fenomena iklim seperti musim kering yang panjang (akibat fenomena iklim El Nino), maka mulai timbul permasalahan kekurangan air di musim kemarau dan hal ini dihubungkan dengan obyek tanaman kehutanan seperti tusam.

Pada prinsipnya semua pohon dapat membantu dalam proses penerimaan dan penyimpanan air dari air hujan ke dalam profil tanah, tetapi semua jenis pohon juga membutuhkan air dan mineral yang diambil/diisap oleh akar dari dalam tanah untuk perkembangan dan pertumbuhannya.

Pada tahun 1985 mulai timbul pendapat bahwa setelah bukit sekitarnya ditanami dengan tusam maka terjadi penurunan debit sumber mata air di desa Gombang, Pekalongan Timur. Kemudian muncul juga permasalahan penanaman tusam pada MUSBANGHUTNAS di Bedugul, Bali tahun 1996. Tahun 1998 terbentuk pendapat masyarakat di kabupaten Cilacap, Jawa Tengah bahwa keberadaan hutan tusam telah menyebabkan turunnya debit sumber mata air, dan hal yang sama terjadi juga di desa Padang Gansing, Tanah Datar, Sumatra Barat tahun 2004.

Sebelum pendapat di atas muncul, sebenarnya tahun 1981 telah muncul lebih dahulu pendapat yang berbunyi bahwa berkurangnya air itu pasti karena terjadi penggundulan hutan di sekitarnya (Mokobombang, 1981).

Dengan demikian ada dua macam pendapat yang berbeda, yang satu tentang penanaman hutan dan lainnya tentang penggundulan hutan/penebangan, tetapi mempunyai akibat yang sama yaitu menurunkan debit sumber mata air. Timbulnya pendapat-pendapat tersebut karena adanya pernyataan seseorang atau banyak orang yang berpengaruh, baik secara lisan maupun tertulis yang maksudnya baik, tetapi karena salah pengertian/interpretasi dari masyarakat, sehingga yang timbul adalah rasa antipati pada obyek tanaman yang tak bersalah (Sunder, 1995 *dalam* Pudjiharta, 2001).

Rasa antipati terhadap salah satu jenis pohon dapat dipahami, sebagai akibat dari telah terbentuknya anggapan dalam ingatannya bahwa suatu jenis pohon dalam hal ini tusam berpengaruh buruk antara lain : menurunkan debit sumber mata air yang berakibat berkurangnya air untuk kebutuhan masyarakat setempat, sehingga mengesampingkan sisi baik yang menguntungkan dari suatu jenis pohon seperti tusam, yang termasuk jenis pohon yang bernilai ekonomi tinggi. Dalam hal ini tusam tidak salah, tetapi manusia sering salah dalam pemilihan lokasi dan jenis tanaman karena tidak didahului *species site matching* sehingga menimbulkan hal-hal seperti di atas.

Tulisan ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran tentang tusam sebagai tanaman secara seimbang dari sisi buruk maupun sisi baiknya dan cara menyikapi hal tersebut, termasuk pendekatan secara kelembagaan.

## **II. BEBERAPA PENDAPAT MENGENAI PENGARUH PENANAMAN DAN PENEANGAN TUSAM TERHADAP KEKERINGAN DAN BANJIR**

Ada empat pendapat yang sudah ada di masyarakat yang merupakan persoalan bagi penanaman maupun penebangan hutan, yaitu: Pertama, setelah bukit di sekitarnya ditanami dengan tusam maka terjadi penurunan debit sumber mata air. Pendapat ini identik dengan pendapat yang mengatakan bahwa keberadaan hutan tusam telah menyebabkan turunnya debit sumber mata air. Kedua, berkurangnya air itu pasti terjadi karena penggundulan hutan disekitarnya. Pernyataan seperti ini biasanya muncul pada saat terjadi musim kemarau yang kering. Ketiga, pendapat yang sebaliknya seperti : penghutanan di pegunungan-pegunungan terutama wilayah gunung api mutlak

dilakukan kalau orang tidak mau kekeringan (Sampurno, 1982). Keempat, di saat musim penghujan datang dan banjir mulai mengancam, timbul pendapat yang biasanya lebih cenderung menyudutkan kehutanan : banjir yang terjadi disebabkan oleh rusaknya hutan/pembabatan hutan.

Pendapat 1 dan 3, keduanya bertitik tolak pada adanya penanaman hutan, tetapi sepertinya mempunyai pengaruh yang berbeda, yang satu mengatakan; setelah penanaman hutan, maka terjadi penurunan debit sumber mata air, sedangkan yang satunya mengatakan penanaman mutlak dilakukan agar tidak kekeringan.

Demikian pula dengan pendapat 2 dan 4, keduanya bertitik tolak pada adanya penebangan/ penggundulan hutan, tetapi pengaruh yang ditimbulkannya berbeda, yang satu mengatakan karena penggundulan/penebangan hutan mengakibatkan berkurangnya air, sedangkan yang lainnya mengatakan karena rusaknya hutan/pembabatan hutan maka terjadi banjir.

Pernyataan-pernyataan di atas merupakan masalah yang harus di selesaikan oleh kehutanan, karena kegiatan penanaman pohon hutan dan penebangan hutan (pohon) merupakan kegiatan kehutanan. Maksud pernyataan-pernyataan tersebut sebenarnya baik namun karena salah pengertian atau salah interpretasi dari adanya informasi atau publikasi yang diambil sepotong-sepotong sehingga menimbulkan kontroversi dalam memandang sesuatu proses atau kegiatan. Berikut adalah gambaran singkat tentang pendapat-pendapat tersebut.

#### **A. Penanaman Tusam Menurunkan Debit Sumber Mata Air**

Semua jenis pohon dapat membantu dalam proses penerimaan dan penyimpanan air dari air hujan ke dalam profil tanah, tetapi semua jenis pohon membutuhkan air untuk perkembangan dan pertumbuhannya. Air tersebut diambil oleh pohon melalui akarnya dari dalam tanah. Oleh karena itu dalam hal penanaman jenis pohon apalagi untuk skala luas termasuk tusam tidak boleh asal tanam, tetapi harus melalui pertimbangan seperti pemilihan jenis pohon, kesesuaian lahan/tempat tumbuh, kesesuaian iklim khususnya curah hujan tahunan, nilai kebutuhan air (*consumptive use*) atau evapotranspirasi jenis pohon yang akan ditanam dan respon dari masyarakat setempat.

Jenis pohon yang mempunyai nilai evapotranspirasi tinggi, apabila ditanam pada daerah yang mempunyai curah hujan tahunan relatif rendah, bahkan lebih rendah dari evapotranspirasi jenis pohon yang akan ditanam, maka sudah pasti akan terjadi hal-hal yang tidak diinginkan seperti menurunnya debit sumber mata air. Namun isu tentang mengeringnya sumber mata air sering disalah gunakan untuk tujuan-tujuan tertentu oleh pihak-pihak tertentu yang menumpang isu tersebut dan menumpang kondisi/situasi yang ditimbulkan oleh fenomena iklim seperti El Nino, sehingga seolah-olah tusam sebagai penyebab penurunan/mengeringnya sumber mata air, kemudian tanaman tersebut yang disalahkan.

#### **B. Air Berkurang Karena Penggundulan Hutan**

Pendapat ini kebalikan dari pendapat di atas. Pendapat ini menyatakan bahwa penggundulan hutan/penebangan hutan menyebabkan terjadinya kekurangan air.

Untuk menjelaskan pernyataan ini perlu pendekatan dengan akibat-akibat yang ditimbulkan oleh adanya penggundulan/penebangan hutan. Adanya penggundulan/ penebangan hutan akan menimbulkan antara lain : 1) Hilangnya tegakan hutan dan semua komponen yang keberadaannya karena hutan, seperti hilangnya tajuk, serasah dan humus, sehingga tanah tidak terlindung, air hujan langsung mencapai tanah sebagian besar menjadi aliran permukaan dan menimbulkan erosi yang dapat menyebabkan tanah menjadi miskin; 2) Hilangnya tegakan serta bahan organik/serasah dan

humus sebab erosi mengakibatkan permukaan tanah menjadi padat akan mempengaruhi kemampuan tanah untuk meloloskan air (meresapkan air) ke dalam profil tanah menjadi kecil dan meningkatkan koefisien aliran permukaan, akibatnya aliran permukaan bertambah besar. Kondisi tersebut akan mempercepat proses pengeringan air melalui aliran permukaan selama musim penghujan sehingga pemasokan air untuk mengisi kelembaban tanah dan sumber air tanah berkurang/kecil. Hal tersebut mengakibatkan berkurangnya ketersediaan air pada musim kemarau; 3) Hilangnya tajuk akan menghilangkan panas laten transpirasi mengakibatkan meningkatnya suhu udara 5% - 9%, meningkatnya kecepatan angin 40% - 80%, meningkatnya penguapan 50% dari permukaan tanah, menurunkan kelembaban udara 5% - 10%, sehingga iklim mikro menjadi tidak nyaman; 4) Hilangnya tegakan hutan diikuti makin berkurangnya/hilangnya aktivitas dari massa perakaran dan mikrobiologi sehingga ikatan tanah menjadi lemah; dan 5) Hilangnya tegakan hutan pada hutan kabut (*cloud forest*) mengakibatkan penurunan perolehan air dari kondensasi kabut dan *fog drip*.

### **C. Penghutanan di Pegunungan - Pegunungan Terutama di Wilayah Gunung Api Mutlak Dilakukan Kalau Orang Tidak Mau Kekeringan**

Daerah pegunungan apalagi wilayah gunung api umumnya adalah merupakan daerah hulu atau disebut *head water catchments* dan merupakan daerah pemasok air atau disebut *recharge area* bagi sumber air dibawahnya.

Apabila kondisi wilayah pegunungan dan gunung api tidak tertutup oleh hutan yang baik (gundul), maka air hujan yang tercurah dari atmosfer pada wilayah tersebut akan menjadi aliran permukaan, sehingga air hujan tersebut tidak mempunyai kesempatan yang cukup untuk meresap dalam profil tanah, akibatnya tidak ada pasokan air untuk kelembaban tanah dan sumber air tanah, sehingga mata air akan mengering.

Mutlak pentingnya hutan untuk daerah pegunungan dan di wilayah gunung api adalah sebagai pengendali aliran. Peranan keberadaan hutan di daerah pegunungan dan di wilayah gunung api adalah : 1) Sebagai pelindung, perlindungan ini terjadi oleh adanya tajuk berlapis, tumbuhan bawah dan serasah, sehingga air hujan tidak efektif langsung ke tanah. Wilayah pegunungan dan gunung api umumnya berlereng, maka adanya hutan tersebut dapat menghambat terjadinya aliran permukaan, sehingga erosi yang terjadi kecil/sangat kecil, proses pemadatan tanah tidak terjadi, sebaliknya adanya aktivitas akar dan mikrobiologi oleh adanya hutan sangat tinggi, sehingga tanah mempunyai kemampuan tinggi dalam menahan air, kemudian air tersebut merembes melalui proses infiltrasi mengisi kelembaban tanah dan sumber air tanah; 2) Menjaga kesuburan tanah, karena hutan menghasilkan serasah sebagai bahan organik dan humus dan mikrobiologi, sehingga kesuburan kimia maupun biologi tanah terjaga; 3) Adanya tajuk hutan akan terjadi proses transpirasi dan panas latent transpirasi, sehingga menurunkan suhu disekitarnya, meningkatkan kelembaban udara, mengurangi kecepatan angin, memperkecil penguapan dari permukaan tanah; 4) Meningkatkan massa perakaran, memperkuat pengikatan tanah, meningkatkan aktivitas biologi pada zona perakaran, membantu peresapan air; 5) Meningkatkan perolehan dan penerimaan air dari kondensasi kabut pada *cloud forest* dan dari *fog drip*; dan 6) Pada daerah hulu sungai (DAS) yang biasanya merupakan pegunungan dan wilayah gunung api yang mempunyai hutan yang baik, maka 80% - 85% total aliran sungai adalah berasal dari aliran dasar yang ditopang oleh aliran perlahan-lahan dari *zone of aeration* selebihnya adalah aliran langsung (Hewlett and Nutter, 1969). Dengan adanya aliran perlahan-lahan tersebut maka cadangan air tidak akan terkuras dan diharapkan dapat sampai pada musim kemarau berikutnya.

#### D. Banjir Terjadi Karena Kerusakan Hutan

Pernyataan ini berawal dari anggapan atau harapan bahwa apakah kondisi hutan sebagai pencegah banjir mampu berperan sebagai pencegah banjir yang berbahaya? (Yamin, 1982). Banjir yang berbahaya umumnya terjadi dengan didahului oleh curah hujan yang tinggi yang berlangsung pada waktu yang lama atau kejadian hujan yang berkelanjutan/berturutan. Hujan yang tinggi dan berlangsung lama (berhari-hari) atau hujan yang tinggi yang terjadi cukup lama di suatu daerah kemudian mereda relatif lama kemudian terjadi lagi hujan yang relatif tinggi dan relatif lama, dapat mengakibatkan kemampuan dari semua bentuk penyimpanan/penampungan (*storage*) air menjadi jenuh bahkan lewat jenuh, sehingga semua bentuk penampungan/penyimpanan tidak efektif lagi, maka akan terjadi banjir besar. Menurut Winarso (2004), kondisi banjir atau genangan air yang kian berkembang dan beragam, berasal dari kondisi ekstrem cuaca dan iklim yang menghasilkan kondisi curahan hujan yang lebat, meluas dan berkepanjangan.

Beberapa bentuk/macam penampungan/penyimpanan air tersebut menurut Hewlett dan Nutter (1969) adalah : 1) Penampungan air hujan oleh intersepsi (*Interception storage*); 2) Penampungan air oleh permukaan (*Surface detention storage*); 3) Penampungan air oleh lantai hutan (*Forest floor detention storage*); 4) Penampungan air oleh depresi (*Depression storage*); 5) Penampungan air kelembaban tanah (*Soil moisture storage*); 6) Penampungan air tanah (*Ground water storage*); dan 7) Penampungan air saluran atau system saluran sungai (*Channel storage*).

Apabila semua komponen penampungan tersebut telah jenuh dan hujan terus berlangsung maka banjir besar akan terjadi, karena air hujan yang terus tercurah dari atmosfer tidak lagi tertahan dan tertampung. Tanah/lahan/kawasan yang telah jenuh air, struktur tanah menjadi lemah, tanah menjadi labil, dan tanah tidak tahan lagi menahan beban yang ada di atasnya, apakah beban tersebut berupa bangunan ataupun pepohonan (hutan) dan karena tanah telah labil dan goyah, maka tidak mampu lagi menahan berat massanya sendiri, sehingga apabila berlereng, tanah dapat perlahan bergerak (*mass movement*) mengikuti kemiringan, dapat seperti terjadi longsor, apabila berlereng curam dapat seperti runtuh atau *debris avalanches* bersama-sama beban yang ada pada massa tanah tersebut.

Longsor (*land slide*) dapat terjadi pada kawasan yang dibawah tanah, terdapat lapisan batuan/liat yang kedap air dan miring dan dalam kondisi jenuh air, sehingga massa tanah diatas lapisan tersebut meluncur diatas lapisan kedap air tersebut, sehingga permukaan lapisan yang kedap air tersebut sebagai bidang luncur.

Setelah terjadi tanah runtuh, longsor tersebut maka massa tanah yang runtuh atau longsor *debris avalanches* tersebut bersama aliran air dan semua materi yang bersama runtuh atau longsor terbawa aliran air yang besar menjadi *mud/sand flow*, *debris flow*, *mass washing* dan menerjang apa saja yang dilewatinya, kejadian tersebut biasanya disebut banjir bandang.

Apabila kondisinya sudah seperti itu, maka hutan sebagai pengendali aliran sudah tidak efektif lagi, bahkan pohon-pohon hutan dapat ikut terbawa oleh banjir bandang tersebut. Fungsi hutan sebagai faktor pengendali aliran kemampuannya tidak tak terbatas, tetapi tergantung pada curah hujan (jumlah dan intensitas), topografi (kemiringan lereng) jenis dan sifat tanah atau kondisi geologi. Selama curah hujan masih berada dibawah kemampuan tujuh bentuk penampungan seperti diatas, diharapkan banjir yang berbahaya tidak terjadi.

Di samping itu, kemampuan penampungan dari macam-macam penampungan diatas dipengaruhi pula oleh kondisi, tata ruang, tata guna lahan, fasilitas drainase, keberadaan *reservoir* alami seperti danau, situ, rawa dan *storage* buatan lainnya.

### III. SISI BAIK DAN SISI BURUK TUSAM

Tusam sebagai tanaman mempunyai sisi buruk dan sisi baik. Sisi baik adalah nilai-nilai yang memberikan keuntungan dan kemudahan apabila dibudidayakan dengan baik, sedang sisi buruknya adalah nilai-nilai yang dianggap tidak menguntungkan terutama ditinjau dari lingkungan,

**Tabel 1. Sifat-sifat tusam**  
**Table 1. Properties of pine**

Sifat ( <i>Properties</i> )	Sisi baik ( <i>Good side</i> )	Sisi buruk ( <i>Bad side</i> )
1. Akar panjang dan dalam, Simbiosis mutualitis dengan jenis mikoriza	- Cepat tumbuh - Cepat sebagai pelindung - Cepat menghasilkan getah	- Banyak menggunakan air/mineral dari tanah.
2. Pioner, banyak ragam tempat tumbuh	- Daya tahan hidup lebih tinggi - Tahan kebakaran (dapat tunas/ tumbuh setelah kebakaran)	
3. Daun jarum, keras		- Sulit/lambat terdekomposisi - Sulit menjadi humus (humus tidak sempurna) - Banyak mengikat hara - Banyak mengambil air - PH rendah
4. Tajuk relatif (tidak berat dan tidak ringan)	Relatif	Relatif

#### A. Sisi Baik Tusam

##### 1. Tanaman pionir

Tusam sebagai tanaman pionir yang dapat tumbuh pada banyak ragam tempat tumbuh. Menurut Webb dkk. (1984) dalam Pudjiharta (1997) tusam dapat tumbuh pada kondisi daerah seperti pada Tabel 2.

**Tabel 2. Kondisi tempat tumbuh tusam**  
**Table 2. Site Condition of pine**

Jenis pohon ( <i>Tree species</i> )	Curah hujan ( <i>Rainfall</i> ), mm	Ketinggian tempat (m dpl) ( <i>Site elevation</i> ), (asl)	Suhu udara ( $^{\circ}$ C) ( <i>Temperature</i> ), $^{\circ}$ C
Tusam ( <i>Continental provenance</i> )	1000 - >1600	0 - 600	24
		600 - 1000	22 - 24
		1000 - 1400	20 - 22
Tusam ( <i>Island provenance</i> )	1600 dan lebih	600 - 1000	22 - 24
		1000 - 1400	20 - 22
		1400 - 1600	18 - 20

## **2. Cepat tumbuh**

Tusam yang tergolong tanaman cepat tumbuh akan lebih menguntungkan sebagai pelindung tanah, terutama untuk tanah-tanah yang tidak subur, dan pada padang alang-alang, pada dataran tinggi maupun dataran rendah.

## **3. Tahan kebakaran**

Berbeda dengan jenis pohon lainnya, tusam dapat tumbuh dan menyebar secara alam setelah terjadi kebakaran, sedang jenis pohon lainnya mati setelah kebakaran.

## **4. Memberikan keuntungan relatif cepat**

Tusam dapat memberikan keuntungan relatif cepat dari produksi getahnya untuk bahan terpentin dan gondorukem. Sedang produksi kayu sebagai bahan industri kertas dan korek api, kayu lapis, rayon, kayu gergajian / bangunan.

Sifat-sifat yang dimiliki jenis pohon tusam tersebut baik untuk tanaman reboisasi. Hutan alam tusam di Indonesia terdapat di Aceh, Tapanuli dan Kerinci. Tusam berkembang ke daerah-daerah lain melalui program reboisasi.

## **B. Sisi Buruk Tusam**

Tusam di samping mempunyai sisi baik seperti di atas, juga mempunyai sisi buruk seperti berikut ini.

### **1. Banyak membutuhkan air**

Tusam yang cepat tumbuh membutuhkan air yang cukup banyak untuk pertumbuhan, sehingga tusam dianggap menyebabkan penurunan sumber mata air.

### **2. Bukan asli setempat**

Habitat alam tusam yang terdapat di Aceh, Tapanuli dan Kerinci. Di tempat lain merupakan jenis bukan asli setempat, hal ini dianggap tusam tidak sesuai sebagai penyangga tata air setempat.

### **3. Serasah lambat terdekomposisi**

Tusam dapat menghasilkan serasah dengan rata-rata sebesar 258.78 - 324.34 gram / m<sup>2</sup> / bulan dan kecepatan dekomposisi serasah rata-rata sebesar 9.38% - 10.62% / bulan (Pudjiharta dan Salata, 1989). Karena serasah tusam dianggap lambat terdekomposisi, sehingga kurang menyediakan habitat bagi tumbuhan bawah lainnya dan memperbesar intersepsi air oleh serasah dan lambat menjadi humus (humus tidak sempurna), pH rendah dan banyak mengikat unsur hara. Gambaran rendahnya pelepasan unsur hara dari serasah daun jarum menurut Samingan (1978) seperti pada Tabel 3.

**Tabel 3. Pelepasan hara ke tanah dari serasah daun jarum dan serasah daun lebar**  
**Table 3. Exhaust of nutrition to soil from needle leaves and broad leaves litterfall**

Jenis serasah ( <i>Species litterfall</i> )	Hara mineral lb/acre ( <i>Nutrition lb/acre</i> )				
	N	P	K	Ca	Mg
Daun jarum ( <i>Needle leaved</i> )	23.5	1.8	6.5	26.5	4.5
Daun lebar ( <i>Broad leaved</i> )	261.2	9.5	89.5	269.7	58.7

#### 4. Menyebabkan tanah di bawah tegakan tusam bereaksi masam

Di samping sifat-sifat yang kurang menguntungkan di atas tusam juga dianggap menyebabkan tanah di bawah tusam cenderung menyebabkan pH rendah. Menurut Sagala (1986) dalam Bramasto (1995), pH tanah lokasi sumber benih tusam di Cillilin, Banjarn, Cikole dan Soreang berturut-turut 5.2 ; 5.0 ; 6.1 ; 5.0 ; dan 4.9. Pada pH rendah dapat mengakibatkan unsur-unsur mikro seperti Fe dan Al cenderung bersifat *toxic* bagi tanaman dan mengikat unsur P, sehingga P sulit diserap oleh akar. Dari sifat-sifat buruk tusam tersebut dapat diperoleh tambahan untuk sisi baiknya, yaitu serasah yang lambat terdekomposisi yang terkumpul/tertumpuk di tanah hutan tusam akan menghambat terjadinya aliran permukaan. Air yang terhambat/tertahan oleh serasah tusam akan mengalami intersepsi serasah dan air yang lolos dari intersepsi serasah akan meresap ke dalam tanah mineral dibawahnya.

Tanah di bawah tegakan tusam umumnya kaya akan mikoriza. Mikoriza tersebut menambah porositas tanah dibawah tegakan tusam, sehingga tanah bertambah kemampuannya dalam menyimpan air, karena tanah makin porous. Menurut Budiyo (1979), tanah yang didominir oleh tusam porositas rata-ratanya adalah 60.71%.

Kondisi ini ada baiknya dan ada buruknya, karena porositas yang tinggi tersebut apabila curah hujannya kecil maka air lolos dan aliran batang (hujan netto) kecil sehingga bagian air yang meresap dalam tanah tidak cukup untuk mengisi porositas tanah, air yang ada diserap oleh akar tusam, sehingga kekurangan air.

Tetapi apabila curah hujan tinggi, maka air lolos dan aliran batang (hujan netto) juga tinggi, diharapkan air yang menembus ke tanah yang porositasnya tinggi cukup banyak dan mampu mengisi porositas tanah yang tinggi tersebut, sehingga diharapkan cukup tersedia air dalam tanah di bawah tegakan tusam.

#### IV. SIRKULASI AIR PADA TUSAM

Sebenarnya setiap jenis pohon/tegakan pohon mempunyai fungsi dalam sirkulasi air. Pada kesempatan ini akan dibahas tentang sirkulasi air pada jenis tusam. Sirkulai air pada tegakan pohon termasuk tusam digambarkan oleh lima proses yaitu 1) Intersepsi tajuk (*Crown interception*), 2) Air lolos/air tembus (*Through fall*), 3) Aliran batang (*Stem flow*), 4) Evapotranspirasi (*Consumptive use*), dan 5) Aliran permukaan (*Surface run off*) di bawah tegakan

Walaupun semua jenis tegakan dapat berfungsi dalam sirkulasi air ataupun transfer air melalui proses-proses intersepsi tajuk, aliran batang, air tembus/lolos, evapotranspirasi dan aliran permukaan, tetapi tentunya berbeda dalam nilai/besarnya air yang terjadi pada masing-masing proses di atas. Adapun yang dimaksud dengan proses-proses sirkulasi air/peredaran air pada tegakan tusam adalah sebagai berikut ini.



Intersepsi air hujan oleh tajuk adalah bagian air hujan yang tercegat/tertahan atau tertampung oleh permukaan tanaman atau pohon, selanjutnya air tersebut akan hilang menguap. Karena itu air intersepsi termasuk komponen air hilang. Intersepsi tajuk dipengaruhi oleh jenis pohon, umur pohon, bentuk tajuk, susunan daun/posisi daun, luas tajuk, ukuran dan bentuk daun, kulit batang, dan curah hujan. Besarnya intersepsi tajuk tusam dapat di lihat pada Tabel 4.

Air lolos adalah bagian air hujan yang lolos atau menembus cegatan tajuk dan sampai ke lantai hutan. Air lolos dipengaruhi oleh bentuk dan luas tajuk, bentuk penyebaran dan posisi daun, jenis pohon, umur pohon dan curah hujan. Apabila hutan membentuk tajuk bertingkat dari tajuk atas akan mengalami intersepsi oleh tajuk dibawahnya, dan setelah sampai di lantai hutan, air lolos mengalami intersepsi oleh serasah. Besarnya air lolos pada tusam dapat dilihat pada Tabel 4.

Air hujan yang mengguyur kawasan berhutan selain mengalami intersepsi dan air lolos. Ada bagian air hujan yang jatuh pada bagian batang pohon dan mengalir melalui batang dan mencapai tanah. Air hujan yang melalui batang ini juga mengalami intersepsi oleh permukaan/kulit batang. Besarnya aliran batang dipengaruhi oleh jenis pohon, kondisi kulit batang, sudut bercabangan, kerapatan percabangan, kulit batang yang relatif halus/licin akan cepat mengalirkan air, cabang bersudut runcing akan mambantu aliran batang. Besarnya aliran batang tusam dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Intersepsi, air lolos, aliran batang, evapotranspirasi dan aliran permukaan pada tegakan tusam**

**Table 4. Interception, throughfall, stem flow, evapotranspiration and surface run off of Pine stand**

Jenis pohon (Tree species)	Umur, th (Age, year)	Curah hujan (Rain fall) mm	Intersepsi (Interception)		Air lolos (Trough fall)		Aliran batang (Steam flow)		Evapotranspirasi (Evapotranspiration)		Aliran permukaan (Surface run off)		Keterangan (Description)
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	
Tusam	10	1794	269	15	924	51.5	601	33.5	-	-	-	-	(1)
	15	1794	403.7	22.5	874	48.7	516.3	28.8	-	-	-	-	
	20	1794	550.8	30.7	832.4	46.4	410.8	22.8	-	-	-	-	
	12	357	101.8	39.7	153.3	59.7	1.54	0.06	-	-	-	-	(2)
	30	277	77.9	28.2	198.1	71.6	0.5	0.02	-	-	-	-	
	6	4017	-	-	-	-	-	-	2620	65.2	-	2.3	(3)
	8	3056	-	-	-	-	-	-	1973	64.5	-	-	
	17	3175	-	-	-	-	-	-	1666	52.4	-	-	
	-	3008	-	-	-	-	-	-	-	-	40.5 - 68.1	1.4 - 2.3	(4)
	-	1087	-	-	-	-	-	-	-	-	76	7	(5)

Sumber (Source) : (1) Pudjiharta dan Salata, 1989, (2) Umar, 1981, (3) Pudjiharta 1985, 1986, (4) Pudjiharta, 1984, (5) Asmuri, 1977 dalam Pudjiharta, 1984  
- : Tidak tersedia data (data not available)

Evapotranspirasi disebut juga *consumptive use*, mempunyai arti penting dalam hidrologi, proses cuaca dan dalam perencanaan persediaan/kebutuhan air. Semua tumbuhan/pohon dalam hidupnya tidak dapat terlepas dari kebutuhan hara dan mineral. Untuk memenuhi kebutuhan hara dan mineral tersebut, tumbuhan/pohon mengambil dari dalam tanah bersama-sama air melalui daya isap akar. Karena itu, sumber kelembaban tanah dan sumber air tanah sangat penting bagi tumbuhan/pohon. Kondisi kelembaban tanah yang rendah akan mempengaruhi evapotranspirasi dan pada kondisi tertentu tumbuhan/pohon akan layu karena tidak tersedia lagi sumber kelembaban tanah (di bawah titik layu). Oleh karena itu tumbuhan/pohon memerlukan adanya pasokan air untuk kelembaban tanah dan air tanah, pasokan air tersebut diterima dari siraman air hujan dan oleh adanya irigasi.

Evapotranspirasi penting karena kehilangan air dari dalam tanah diperbesar oleh vegetasi penutup (Chow, 1964). Terbentuknya pendapat masyarakat yang beranggapan bahwa keberadaan hutan tusam telah menyebabkan turunnya debit mata air dapat terjadi karena proses tersebut. Karena itu tusam sebaiknya ditanam pada daerah dengan curah hujan lebih dari 3000 mm per tahun. Adapun evapotranspirasi tusam dapat dilihat pada Tabel 4.

Yang dimaksud dengan aliran permukaan disini adalah aliran di atas permukaan tanah yang terjadi dari hujan netto (jumlah air lolos + aliran batang) yang tidak mengalami infiltrasi ke tanah mineral dan mengalir di atas permukaan tanah di bawah tegakan tusam. Untuk mengetahui besarnya aliran permukaan di bawah tusam dapat dilihat pada Tabel 4.

## V. MENYIKAPI KEKHAWATIRAN TERHADAP TUSAM

Adanya sisi baik dan sisi buruk pada tusam maka ada dua sikap yang timbul terhadapnya yaitu 1) Sikap menerima tusam sebagai rahmat Tuhan, pohon sebagai unsur pembentuk ekologi hutan penyangga kehidupan dan 2) Sikap menolak tusam sebagai suatu yang dikawatirkan/ditakutkan sebagai hantu perusak lingkungan.

Sikap yang menerima tusam menekankan pada sisi baiknya sebagai pemberian Tuhan yang bermanfaat bagi kehidupan manusia, menerimanya apa adanya sebagai tanaman dari sisi buruk maupun sisi baiknya, bahwa sisi buruk dapat diminimalkan dengan pengalaman (pengetahuan) teknologi dan pengelolaan yang sesuai dan benar yang dikuasai manusia.

Berdasarkan Tabel 4 dan sisi buruk dari tusam dapat dikembangkan kemampuan menyikapi tusam agar sisi yang buruk dapat menjadi peluang untuk meningkatkan sisi baiknya.

### A. Kehilangan Air oleh Intersepsi Tajuk (*Crown Interception Loss*)

Kehilangan air dari air hujan oleh intersepsi tajuk tusam sebenarnya tidak terlalu besar (rata-rata) sebesar 22% - 23% dari curah hujan (1794 mm). Yang tidak diketahui adalah kehilangan air dari air hujan oleh intersepsi lantai hutan (*forest floor interception loss*). Dari sifat serasah tusam yang lambat lapuk, kondisi ini dapat berpengaruh pada besarnya kehilangan air oleh intersepsi serasah tusam.

Untuk mengurangi besarnya kehilangan air oleh intersepsi tersebut, sebaiknya tusam ditanam dengan jarak tanam lebar misal (4m x 4m) agar air hujan lebih banyak mencapai permukaan tanah (memperbesar air lolos) dan untuk tanaman tusam yang sudah perlu dijarangi sebaiknya dilakukan penjarangan.

Besarnya porositas tanah dibawah tegakan tusam membutuhkan air yang besar pula untuk mengisinya. Agar persediaan air untuk kelembaban tanah dan air tanah cukup maka diusahakan memperbesar perolehan hujan netto (air lolos + aliran batang), dengan jarak tanam yang lebar dan penjarangan.

Pola tanaman campuran dengan jenis daun lebar untuk memberikan variasi serasah yang dihasilkan, agar terjadi variasi dalam penghancuran serasah dan bahan organik (humus), dan variasi pada intersepsi air lolos, aliran batang dan evapotranspirasi. Serasah daun lebar sebagai kompensasi dari lambatnya dekomposisi serasah daun jarum tusam, lihat Tabel 3.

### **B. Perolehan Air dari Hujan Netto (Air Lolos + Air Batang)**

Air lolos ditambah aliran batang adalah merupakan perolehan air hujan netto. Dari Tabel 4 hujan netto rata-rata dari tusam sebesar (49% - 28.3%) dari curah hujan atau sebesar 77.3%. aliran batang pada tusam yang semakin berumur tua, semakin kecil, karena kulit batang tusam pecah-pecah sehingga memperbesar kehilangan air oleh intersepsi kulit batang tusam. Untuk meningkatkan perolehan air hujan netto, perlu penjarangan atau tanaman campuran dengan jenis pohon yang berkulit batang relatif halus. Dari perolehan air hujan netto seperti diatas belum tentu hujan netto tersebut lebih besar dari porositas tanah di bawah tegakan tusam, sebab air hujan netto tersebut akan mengalami intersepsi oleh lantai hutan (serasah) tusam.

### **C. Perolehan Air Hujan Efektif (Hujan Netto Intersepsi Serasah)**

Perolehan air hujan efektif atau air hujan netto dikurangi air intersepsi lantai hutan/serasah adalah sama dengan air infiltrasi. Air hujan netto dikurangi air hilang oleh intersepsi lantai hutan belum tentu cukup untuk memenuhi porositas tanah dibawah tegakan tusam, apabila air hilang (oleh intersepsi lantai hutan) cukup tinggi. Untuk memperbesar memperoleh air hujan efektif, perlu memperlebar jarak tanam tusam, penjarangan atau pola tanam campuran dengan jenis pohon yang berkulit batang relatif halus/licin.

### **D. Evapotranspirasi (*Consumptive Use*) Tusam**

Evapotranspirasi (*consumptive use*) tusam yang tinggi bukan berarti penggunaan air oleh tusam adalah boros, karena tusam memerlukan air dalam proses fotosintesa untuk menghasilkan karbohidrat yang nantinya dipergunakan dalam proses/reaksi respirasi untuk menghasilkan energi dan pertumbuhan jaringan tusam. Jadi air yang hilang dari tusam sebenarnya adalah air hilang karena intersepsi melalui permukaan bagian pohon tusam (tajuk, batang/cabang/kulit) + air hilang karena intersepsi lantai hutan atau disebut total air hilang oleh intersepsi (*total interception loss*) + transpirasi yaitu air yang hilang karena menguap melalui mulut daun (stomata).

Karena evapotranspirasi tusam (Tabel 4.) atau kebutuhan air oleh tusam menunjukkan angka yang relatif tinggi yaitu 52% - 65% dari curah hujan tahunan maka agar tusam cukup air dan tidak menimbulkan masalah persediaan air dalam tanah (kelembaban tanah dan air tanah), sebaiknya tusam ditanam pada daerah yang curah hujan tahunan tinggi lebih dari 3000 mm/tahunnya. Hutan tusam karena mempunyai intersepsi dan evapotranspirasi tinggi akan banyak mengkonsumsi air, sehingga perlu pencermatan besarnya curah hujan di wilayah pengembangannya supaya tidak menyebabkan masalah kekurangan air (Anonim 2002). Hal ini ada ruginya, karena sebaran tanaman tusam akan berkurang.

Dengan teknologi seperti jarak tanam diperlebar, penjarangan, pola tanam campuran (heterogen) dan ditanam pada daerah dengan curah hujan tahunan lebih dari 3000 mm pertahun diharapkan perolehan air hujan netto dan perolehan air hujan efektif dapat meningkat dan dapat mengisi porositas tanah secara cukup sehingga tersedia cadangan air sebagai kelembaban tanah dan air tanah cukup dan tidak menurunkan sumber mata air. Aliran permukaan cukup kecil karena hambatan oleh tegakan dan serasah yang dihasilkan oleh tusam dan tanaman campuran lainnya yang tersedia/terkumpul di lantai hutan.

#### **E. Kehilangan Air karena Aliran Permukaan (*Surface Run Off*) Tusam**

Di atas telah dijelaskan bahwa aliran permukaan adalah air hujan netto yang tidak mengalami infiltrasi dan mengalir di atas permukaan tanah di bawah tegakan tusam. Dari Tabel 4. memperlihatkan bahwa aliran permukaan di bawah tegakan tusam menunjukkan angka yang sangat kecil. Hal ini dapat terjadi karena : adanya intersepsi/cegatan oleh lantai hutan/serasah, sehingga air terhambat/tertahan/tercegat oleh serasah dan oleh karena porositas tanah di bawah tusam yang tinggi, sehingga air hujan netto yang menjadi aliran permukaan sangat kecil. Teknologi seperti penjarangan dan jarak tanam yang lebar diharapkan dapat meningkatkan air hujan netto dan air hujan efektif. Dengan meningkatnya air hujan netto dan air hujan efektif diharapkan meningkatkan aliran permukaan, sehingga dapat mengurangi konsentrasi bahan-bahan yang bersifat *toxic* yang terkumpul di lantai hutan atau terlarut dan terbawa aliran permukaan.

#### **F. Reaksi Tanah di Bawah Tegakan Tusam Cenderung Masam**

Untuk meningkatkan pH tanah di bawah tegakan tusam yang bereaksi masam (pH rendah), dapat diatasi dengan pemberian bahan *dolomit* ( $\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)_2$ ).

### **VI. PENDEKATAN SECARA KELEMBAGAAN**

Sikap sebagian masyarakat yang tidak menerima kehadiran tanaman/hutan tusam sampai saat ini ada di 3 (tiga) daerah, yaitu di Desa Gombang Pekalongan Timur pada tahun 1985, Kabupaten Cilacap pada tahun 2000 dan di Desa Padang Gansing, Sumatera Barat pada tahun 2004. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kecenderungan bahwa dampak keberadaan hutan tusam mengarah pada pendapat publik dan sudah tersalur melalui Lembaga Pemerintah seperti Kepala Desa, Bupati kepada daerah kabupaten dan ada yang berasal dari anggota masyarakat dan disampaikan ke Menteri bahkan ke Presiden. Karena itu untuk mitigasi/mengurangi keluhan/penolakan masyarakat pada keberadaan hutan tusam perlu pendekatan kelembagaan juga.

Makin luasnya hutan tanaman tusam ternyata telah meresahkan sebagian masyarakat terutama masyarakat sekitar atau masyarakat yang menerima dampak negatif dari adanya hutan tanaman tersebut. Walaupun keberadaan hutan tanaman tusam telah ditolak sebagian masyarakat namun bukan berarti tanaman tersebut tidak boleh ditanam (dibudidayakan) lebih-lebih tusam oleh Perum Perhutani menjadi jenis kelas perusahaan kedua setelah kelas perusahaan jati (*Tectona grandis*).

Agar dampak negatif yang diderita oleh sebagian masyarakat di sekitar hutan tanaman tusam dapat dimitigasi dan pihak perusahaan (Perum/PT) dan pemerintah tidak kehilangan bahan baku (komoditasnya) maka selain dengan mengubah tehnik budidayanya, seperti jarak tanam, pola

tanam, teknik pemeliharaan tegakan seperti yang telah diuraikan di atas perlu juga melakukan: 1) Inventarisasi fakta kecenderungan yang terjadi di masyarakat kemungkinan perubahan fungsi atau penggunaan suatu bentang lahan; 2) Kaji ulang produk-produk kebijakan seperti peraturan, keputusan, kebijakan pedoman/petunjuk pelaksanaan/teknis dan revisi produk-produk tersebut yang dianggap tidak sesuai dan menyusun/menerbitkan produk-produk kebijakan yang lebih sesuai terutama untuk hutan tanaman tusam; 3) Penyuluhan, sosialisasi produk-produk kebijakan yang berkaitan dengan budidaya tusam yang aman; dan 4) Memantapkan dan mengembangkan hubungan kebersamaan (kemitraan) dengan masyarakat sekitar hutan dalam pengelolaan hutan seperti sistem tumpang sari dan magersari oleh Perum Perhutani, Pengelolaan Hutan Bersama Masyarakat (PHBM) dan Hutan Kemasyarakatan (HKM). Semua bentuk pengelolaan hutan bersama masyarakat tersebut dilandasi transparansi dalam tanggung jawab, peranan, pembagian biaya, hasil keuntungan/manfaat bagi masing-masing pihak.

Pengembangan kelembagaan pengelolaan hutan bersama masyarakat seperti di atas akan meningkatkan tercapainya pelaksanaan kebijakan prioritas Pemerintah (Departemen Kehutanan) yaitu: pemberdayaan ekonomi masyarakat di dalam dan sekitar kawasan hutan yang dijabarkan dalam kebijakan-kebijakan sebagai berikut: 1) Meningkatkan peran serta masyarakat dalam pembangunan kehutanan; 2) Meningkatkan akses masyarakat setempat dalam pemanfaatan hutan; 3) Memperluas lapangan pekerjaan masyarakat setempat; 4) Meningkatkan partisipasi masyarakat dalam memelihara kelestarian hutan; dan 5) Meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar hutan (Anonim, 2004).

Berdasarkan Undang-Undang No. 22 tahun 1999 tentang Pemerintah Daerah, beberapa kewenangan Pemerintah (Departemen Kehutanan) didesentralisasikan ke Pemerintah Propinsi dan Kabupaten/Kota. Di dalam hirarki Perundang-undangan dan peraturan, Surat Keputusan Menteri tidak tercantum di dalamnya. Sedang kebijakan prioritas di atas diterbitkan berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kehutanan No. 474/Menhut-VII/2004. Berdasarkan hal tersebut, kewenangan pelaksanaan pengembangan kelembagaan pengelolaan hutan bersama masyarakat berada di tangan Pemerintah Daerah yaitu Pemerintah Daerah Kabupaten/Kota, sebagai pemegang kewenangan otonomi daerah secara luas dan utuh.

Hubungan Pemerintah Propinsi dengan Kabupaten/Kota hanya koordinasi, kerja sama dan kemitraan. Namun dalam hal ini Gubernur selaku Wakil Pemerintah secara administratif melakukan pembinaan dan pengawasan terhadap Kabupaten/Kota. Karena itu dalam pengembangan Kelembagaan Pengelolaan Hutan Bersama Masyarakat, Pemerintah Propinsi mengkoordinasikan pelaksanaan program-program pemberdayaan masyarakat, sedang Pemerintah (Departemen Kehutanan) sebagai fasilitator.

Posisi Lembaga/Pemerintah (Pusat), Propinsi dan Kabupaten/Kota dalam pemberdayaan masyarakat untuk mitigasi dampak negatif yang dirasakan masyarakat akibat keberadaan hutan tusam atau hutan lainnya dan untuk melestarikan keberadaan hutan tersebut dapat digambarkan seperti Gambar 1.

## VII. KESIMPULAN

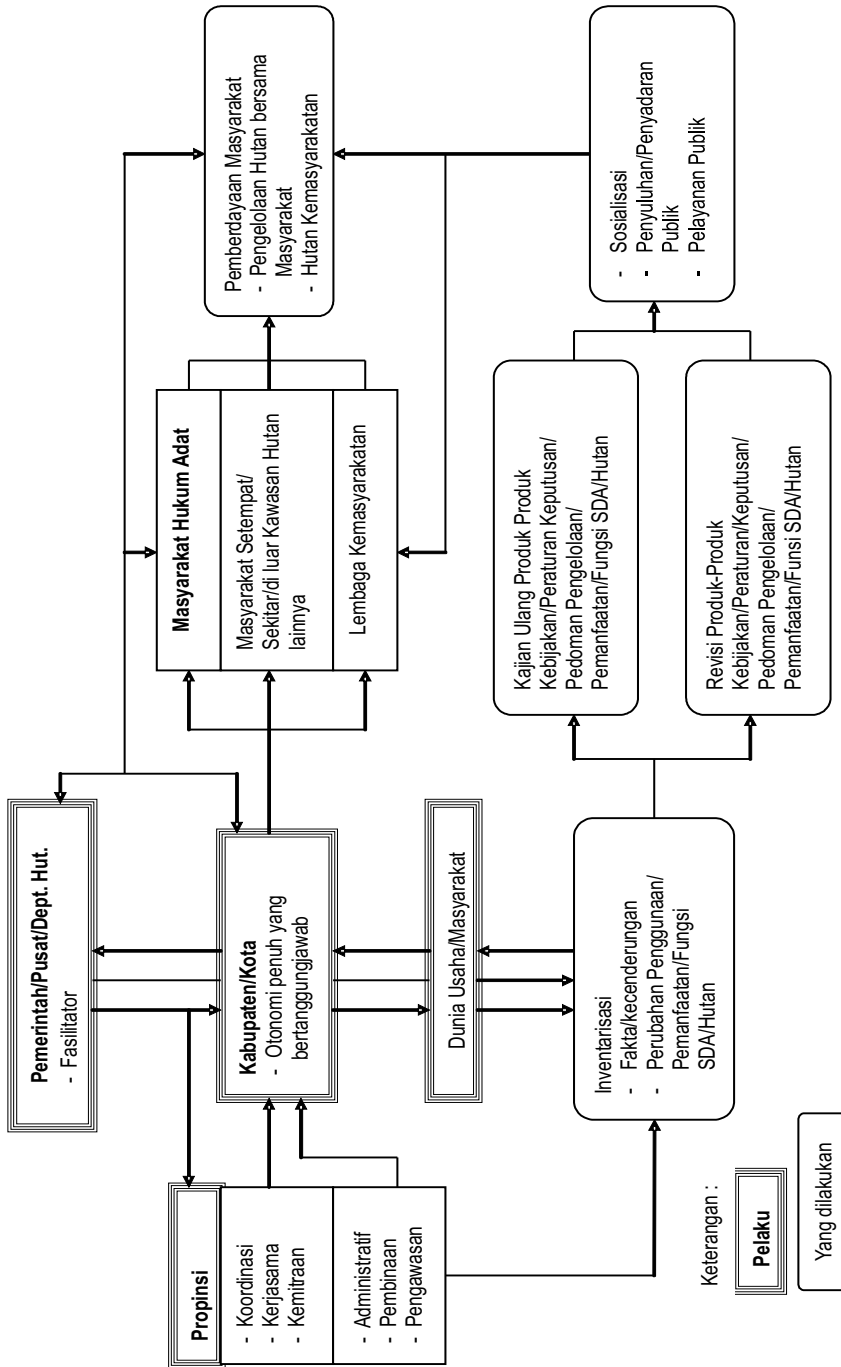
1. Air hilang karena intersepsi tajuk (*crown interception loss*) tusam sebesar 22% - 23% dari hujan tahunan. Untuk mengurangi kehilangan air karena intersepsi dapat dilakukan dengan memperbesar jarak tanam tusam (4m x 4m) dan penjarangan.

2. Perolehan air hujan netto (air lolos + aliran batang) tusam cukup besar (77%) dari curah hujan. Kondisi ini masih dapat ditingkatkan dengan penjarangan sehingga air lolos dapat ditingkatkan.
3. Untuk meningkatkan perolehan air dari aliran batang tusam yang rata-ratanya relatif rendah (28% dari curah hujan) dapat dilakukan dengan pola tanam campuran dengan jenis pohon yang berkulit batang licin/halus, sehingga intersepsi oleh kulit batang dapat diperkecil dan aliran batang bertambah besar.
4. Kecepatan dekomposisi serasah tusam yang lambat akan menghambat terbentuknya humus. Hal tersebut dapat diimbangi dengan perlakuan pola tanam campuran dengan jenis pohon yang menghasilkan serasah yang cepat terdekomposisi sehingga pembentukan bahan organik/humus bagi tanaman dan tanah dapat dipenuhi.
5. Penjarangan dan memperbesar jarak tanam tusam dapat meningkatkan aliran permukaan yang sangat kecil pada tegakan tusam (1.4-7% dari curah hujan). Peningkatan aliran permukaan dimaksudkan untuk mengurangi adanya konsentrasi zat-zat/bahan-bahan yang dapat menimbulkan racun agar terlarut dan terbawa oleh aliran permukaan.
6. Evapotranspirasi/kebutuhan air tusam yang menunjukkan angka yang tinggi (52- 65% dari curah hujan) tahunan memerlukan perhatian agar tusam ditanam pada daerah dengan curah hujan yang lebih tinggi dari 3000 mm per tahun dan dengan jarak tanam yang lebar atau dengan penjarangan.
7. Pendekatan secara kelembagaan seperti pengembangan/pemantapan pengelolaan hutan bersama masyarakat dan hutan kemasyarakatan perlu ditingkatkan.
8. Kaji ulang/revisi produk-produk kebijakan, peraturan, keputusan, pedoman, petunjuk pelaksanaan, petunjuk teknis mengenai budi daya tusam yang sudah tidak sesuai perlu dilakukan.
9. Sosialisasi/penyuluhan/penyadaran dan pelayanan masyarakat perlu dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2002. Hutan Pinus dan Hasil Air. Pusat Pengembangan Sumber Daya Hutan Perhutani Cepu : 1 - 34.
- Anonim. 2004. Rencana Kerja Kementerian Negara/Lembaga (Renja-KL) Departemen Kehutanan Kep. Menteri Kehutanan No. SK 474/Menhut-VII/2004 : 4 - 6.
- Budhiyono, Bambang Eko. 1979. Pendugaan neraca air dalam sistem hidrologi DAS Waspada Garut dengan Analisa Sistem. Tesis Sarjana Kehutanan IPB Bogor : 1 - 96.
- Bramasto, Y. 1995. Studi variasi pertumbuhan semai *Pinus merkusii jungh et de Vries* dari beberapa sumber benih. Buletin Penelitian Hutan Bogor No. 570 : 47 - 55.
- Chow, V. T. 1964. Handbook of Applied Hydrology. Mc Graw Hill. Toronto, New York : 11.1 - 11.33.
- Hewlett, J. D. and W.L. Mutter. 1969. An Outline of Forest Hydrology School of Forest Resources University of Georgia : 87 - 104.
- Mokobombang. 1981. Mulai gundul hutan disekitar irigasi Domoga. Kompas No. 254 Tahun XVI, tanggal 16 bulan 3.

- Mide, Umar. 1981. Studi intersepsi curah hujan pada tegakan *Pinus merkusii jungh et de vrees* di kecamatan Mengkedek Kabupaten Tana Toraja. Tesis Sarjana Kehutanan. Universitas Hasanudin Ujungpandang : 1 - 78.
- Pudjiharta, A dan M. K. Salata. 1985. Aliran batang, air lolos dan intersepsi curah hujan pada tegakan *Pinus merkusii* di daerah hutan tropik Cikole, Lembang, Bandung Utara, Jawa Barat. Buletin Penelitian Hutan No. 471 : 49- 62.
- Pudjiharta, A. 1984. Keadaan limpasan permukaan dan peresapan di bawah tegakan *Pinus merkusii* di Cikole, Ciwidey dan Bogor. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Bogor. Laporan No. 438 : 1 - 13.
- \_\_\_\_\_. 1986. Respon dari beberapa jenis tegakan terhadap pengawetan air di Ciwidey Bandung Selatan. Buletin Penelitian Hutan No. 472 : 41 - 57.
- \_\_\_\_\_. 1986. Peranan beberapa jenis pohon hutan dalam mentransfer air hujan. Buletin Penelitian Hutan No. 478 : 21 - 29.
- \_\_\_\_\_. 1986. Aspek hidrologi tegakan *Parkia javanica*, *sweetenia macrophylla* dan *Pinus merkusii* pada penelitian lisimeter di Bogor. Buletin Penelitian Hutan No. 487 : 1 - 12.
- \_\_\_\_\_. 1989. Perbandingan produksi dan penghancuran serasah di bawah tegakan *Pinus merkusii*, *S. macrophylla* dan hutan alam di Janlapa, Jawa Barat. Buletin Penelitian Hutan No. 508 : 1 - 13.
- \_\_\_\_\_. 1997. Aplikasi petunjuk pemilihan jenis dalam kaitannya dengan proporsi curah hujan dan evapotranspirasi (jenis *Tusam*, *Eucalyptus sp* dan *A. mangium*) dan peluang perolehan air. Info Hutan No. 84 : 1 - 15.
- \_\_\_\_\_. 2001. Aspek Hidrologi dari Eucalyptus. Buletin Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Vol.2 No. 1 : 1 - 10.
- Samingan, Tjahjono. 1978. The economic of the coniferous forest in the tropics. Bagian Ekologi Tumbuh-Tumbuhan, Departemen Botani, Fakultas Pertanian, IPB. 21 pp.
- Sampurno. 1982. Air, Air, Air. Kompas No. 82 Tahun XVII, tanggal 20 bulan 9.
- Winarso, D. A. 2004. Perubahan iklim dan fenomena bencana banjir di kawasan DKI Jakarta. Makalah dalam lokakarya : Perubahan iklim dan implikasi terhadap bencana banjir: rencana tindak antisipasi, adaptasi dan mitigasi bencana dan dampak banjir. Jakarta.
- Yamin, A. 1982. Bencana alam di Sumatera Selatan lingkungan yang perlu dikaji. Kompas No. 352 Tahun XVII hal IV, tanggal 26, bulan 4.



Gambar 1. Posisi Pemerintah Pusat, Propinsi dan Kabupaten/Kota dalam pengelolaan hutan bersama masyarakat  
 Figure 1. Position of Central Government, Province and Regency/City in Community based forest managements