

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komoditas Tanaman

2.1.1 Tanaman Kedelai

Semua varietas kedelai merupakan tanaman semusim, dan termasuk tanaman basah. Batangnya berdiri tegak dan bercabang banyak. Kedelai sangat peka terhadap perubahan faktor lingkungan. Pertumbuhannya dapat lebih baik pada struktur tanah yang gembur, bebas rumput dan cara bercocok tanam yang baik. Respon kedelai terhadap perubahan faktor lingkungan akan menjadi lebih menguntungkan dengan memilih varietas yang sesuai. AAK (1991) menyatakan kedudukan tanaman kedelai dalam sistematik tumbuhan diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub-divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Polypetales
Family	: Leguminosae
Sub-family	: Papilionoideae
Genus	: Glycine
Species	: <i>Glycine max</i> (L.) Merrill

Kendala untuk meningkatkan produksi kedelai di Indonesia, antara lain: (a) faktor fisik, seperti tanah dan iklim terutama curah hujan, sebaran hujan, dan suhu udara; (b) faktor biologis, terutama hama, penyakit, dan gulma; (c) faktor sosial yang meliputi rendahnya adopsi teknologi oleh petani yang berakibat beragamnya pengelolaan tanaman kedelai di lapang; (d) faktor ekonomi yang mencakup rendahnya keuntungan (profitabilitas) usahatani dan lemahnya daya saing kedelai terhadap komoditas pertanian lainnya; dan (e) kurang berkembangnya kelembagaan penunjang usahatani kedelai, diantaranya sistem perbenihan, kurang tersedianya sarana produksi penting lainnya seperti penyediaan *inokulum rhizobium* bagi daerah-daerah pengembangan (Atman, 2006).

Pengembangan pertanaman kedelai dapat diarahkan pada tiga agroekosistem utama, yaitu: lahan sawah irigasi, lahan sawah tadah hujan, dan lahan kering. Luas lahan yang digunakan untuk produksi kedelai dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Luas Panen Tanaman kedelai menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Lampung Tahun 2005 - 2009 (Hektar)

No	Kabupaten/Kota	Tahun				
		2005	2006	2007	2008	2009
1	Kabupaten Lampung Barat	353	361	355	470	502
2	Kabupaten Tanggamus	315	335	405	815	3651
3	Kabupaten Lampung Selatan	82	120	83	458	1707
4	Kabupaten Lampung Timur	336	358	378	693	1172
5	Kabupaten Lampung Tengah	673	788	1053	1563	2329
6	Kabupaten Lampung Utara	200	95	65	121	1753
7	Kabupaten Way Kanan	1799	962	610	923	1005
8	Kabupaten Tulang Bawang	552	359	282	438	384
9	Kabupaten Pesawaran	X	X	X	335	789
10	Kota Bandar Lampung	X	5	X	X	104
11	Kota Metro	10	102	29	36	42
Total		4110	3247	3008	5658	13518

Sumber : Badan Pusat Statistik Propinsi Lampung, 2013

Jumlah produksi kedelai yang dihasilkan dalam kurun waktu 5 tahun dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Produksi kedelai menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Lampung Tahun 2005 2009 (ton)

No	Kabupaten/Kota	Tahun				
		2005	2006	2007	2008	2009
1	Kabupaten Lampung Barat	149	130	110	300	564
2	Kabupaten Tanggamus	340	356	434	925	4194
3	Kabupaten Lampung Selatan	85	126	90	533	2017
4	Kabupaten Lampung Timur	350	389	416	809	1431
5	Kabupaten Lampung Tengah	721	898	1203	1887	2897
6	Kabupaten Lampung Utara	233	110	74	134	2124
7	Kabupaten Way Kanan	2178	1159	719	1151	1279
8	Kabupaten Tulang Bawang	633	407	320	516	461
9	Kabupaten Pesawaran	X	X	X	380	930
10	Kota Bandar Lampung	X	X	X	X	125
11	Kota Metro	10	19	30	43	50
	Total	4699	3594	3396	6678	16153

Sumber : Badan Pusat Statistik Propinsi Lampung, 2013

2.1.2 Tanaman Padi

Padi merupakan tanaman pangan yang berupa rumput berumpun. tanaman pertanian berasal dari dua benua yaitu Asia dan Afrika barat tropis dan subtropis. Terdapat 25 spesies *Oryza*, yang dikenal adalah *Oryza sativa* dengan dua subspecies yaitu *Indica* (padi bulu) yang ditanam di Indonesia dan *Sinica* (padi cere). Pusat penanaman padi di Indonesia adalah pulau jawa (Karawang, Cianjur), Bali, Madura, Sulawesi dan akhir-akhir ini Kalimantan. Pada tahun 1992 luas panen padi di Indonesia mencapai 10.869.000 hektar dengan rata-rata hasil 4,35 ton/ha/tahun. Produksi padi nasional adalah 47.293.000 ton. Produksi padi nasional sampai Desember 1997 adalah 46.591.874 ton yang meliputi areal panen 9.881.764 hektar. Padi dapat tumbuh di daerah tropis/subtropis pada 45° LU sampai dengan 45° LS dengan cuaca panas dan kelembaban tinggi dengan

rata-rata curah hujan yang baik adalah 200mm/bulan atau 1500-2000 mm/tahun.

Padi dapat ditanam di musim kemarau atau hujan. Pada musim kemarau produksi meningkat asalkan air irigasi selalu tersedia (Prihatman, 2000).

Klasifikasi botani tanaman padi adalah sebagai berikut :

Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledonae
Famili	: Gramineae (Poaceae)
Genus	: <i>Oryza</i>
Species	: <i>Oryza</i> spp.

Hingga tahun 2009 luas areal tanam padi di Lampung terus meningkat hingga mencapai 570.417 hektar. Dengan rincian tiap kabupaten dapat dilihat pada tabel 3 berikut :

Tabel 3. Luas Panen Tanaman padi menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Lampung Tahun 2005 - 2009 (Hektar)

No	Kabupaten/Kota	Tahun				
		2005	2006	2007	2008	2009
1	Kabupaten Lampung Barat	25.345	27.034	34.238	34.256	36.637
2	Kabupaten Tanggamus	56.007	50.359	47.833	51.090	62.763
3	Kabupaten Lampung Selatan	89.819	83.866	89.507	58.502	74.717
4	Kabupaten Lampung Timur	78.388	80.714	77.203	77.470	88.022
5	Kabupaten Lampung Tengah	109.191	113.721	120.685	107.377	126.465
6	Kabupaten Lampung Utara	31.683	30.779	34.461	30.707	34.670
7	Kabupaten Way Kanan	35.819	34.140	34.461	30.707	34.670
8	Kabupaten Tulang Bawang	64.631	67.937	81.341	81.765	76.686
9	Kabupaten Pesawaran	X	X	X	21.702	24.876
10	Kota Bandar Lampung	1.859	1.764	1.493	1.763	1.804
11	Kota Metro	3.796	3.788	3.804	3.797	4.440
Total		496.538	494.102	524.955	506.547	570.417

Sumber : Badan Pusat Statistik Propinsi Lampung, 2013

Jumlah produksi tanaman padi terus meningkat seiring dengan bertambahnya luas areal tanam. Hingga tahun 2009 jumlah produksi mencapai 2.673.844 ton, lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 4 berikut :

Tabel 4. Produksi Padi menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Lampung Tahun 2005 – 2009 (ton)

No	Kabupaten/Kota	Tahun				
		2005	2006	2007	2008	2009
1	Kabupaten Lampung Barat	106.272	114.791	148.087	148.070	159.483
2	Kabupaten Tanggamus	255.013	229.679	220.649	251.970	313.708
3	Kabupaten Lampung Selatan	401.097	373.210	405.034	280.514	365.050
4	Kabupaten Lampung Timur	347.098	357.528	352.057	382.387	435.541
5	Kabupaten Lampung Tengah	467.984	493.123	539.270	514.792	608.294
6	Kabupaten Lampung Utara	111.532	110.865	129.937	121.353	139.377
7	Kabupaten Way Kanan	139.190	133.792	137.793	152.198	159.897
8	Kabupaten Tulang Bawang	270.698	291.920	350.906	354.546	336.343
9	Kabupaten Pesawaran	X	X	X	106.850	123.801
10	Kota Bandar Lampung	8.345	7.823	6.908	8.727	9.220
11	Kota Metro	16.915	17.183	17.763	19.668	23.130
Total		2.124.144	2.129.914	2.308.404	2.341.075	2.673.844

Sumber : Badan Pusat Statistik Propinsi Lampung, 2013

2.2 Kebutuhan Air Tanaman

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah.

Menurut Soemarto (1995), kebutuhan air tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya evaporasi, transpirasi dan selanjutnya diakumulasikan sebagai evapotranspirasi.

2.2.1 Evaporasi

Evaporasi merupakan faktor penting dalam studi tentang pengembangan sumber-sumber daya air termasuk juga dalam penggunaan konsumtif (*consumptive use*) untuk tanaman. Air akan menguap dari dalam tanah, baik tanah yang gundul atau yang tertutup oleh tanaman dan pepohonan. Laju evaporasi atau penguapan akan berubah-ubah menurut warna dan sifat pemantulan permukaan (*albedo*) dan berbeda pada permukaan yang langsung tersinari matahari dan yang terlindungi (Allen, 1990).

Di daerah beriklim sedang lembab, kehilangan air melalui evaporasi bebas dapat mencapai 60 cm per tahun dan kira-kira 45 cm lewat evaporasi permukaan tanah. Di daerah beriklim kering angka tersebut menjadi 200 cm dan 10 cm. Perbedaan tersebut disebabkan oleh karena tidak adanya curah hujan dalam waktu yang cukup lama (Soemarto, 1995).

Beberapa faktor meteorologi yang mempengaruhi besarnya evaporasi adalah sebagai berikut :

a. Radiasi matahari

Evaporasi merupakan konversi air ke dalam uap air. Proses ini berjalan terus hampir tanpa berhenti di siang haridan kerap kali juga di malam hari.

Perubahan dari keadaan cair menjadi gas ini memerlukan energi berupa panas laten untuk evaporasi. Proses tersebut akan sangat aktif jika ada penyiraman matahari langsung.

b. Angin

Jika air menguap ke atmosfer maka lapisan batas antara permukaan tanah dan udara menjadi jenuh oleh uap air sehingga proses penguapan berhenti. Agar proses tersebut dapat berjalan terus, lapisan jenuh harus diganti dengan udara kering. Pergantian itu hanya mungkin kalau ada angin yang akan menggeser komponen uap air. Jadi, kecepatan angin memegang peranan penting dalam proses evaporasi.

c. Kelembaban Relatif (*relative humidity*)

Faktor lain yang mempengaruhi evaporasi adalah kelembaban relatif udara. Jika kelembaban relatif ini naik, maka kemampuan udara untuk menyerap air akan berkurang sehingga laju evaporasinya menurun. Pergantian lapisan udara pada batas tanah dan udara dengan udara yang sama kelembaban relatifnya tidak akan menolong dalam memperbesar laju evaporasinya.

d. Suhu (*temperatur*)

Seperti disebutkan sebelumnya, energi sangat diperlukan agar evaporasi berjalan terus. Jika suhu udara dan tanah cukup tinggi, proses evaporasi berjalan lebih cepat dibandingkan dengan jika suhu udara dan tanah rendah dengan adanya energi panas yang tersedia. Kemampuan udara untuk menyerap uap air naik jika suhunya naik, maka suhu udara mempunyai efek ganda terhadap besarnya evaporasi dengan mempengaruhi kemampuan udara menyerap uap air dan mempengaruhi suhu tanah yang akan mempercepat penguapan. Sedangkan suhu dan air hanya mempunyai efek tunggal.

Suhu merupakan faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Suhu udara dipengaruhi oleh radiasi yang diterima di permukaan bumi sementara tinggi rendahnya suhu disekitar tanaman ditentukan oleh radiasi matahari, kerapatan tanaman, distribusi cahaya dalam tajuk tanaman, kandungan lengas tanah. Umumnya laju metabolisme makhluk hidup akan bertambah dengan meningkatnya suhu hingga titik optimum tertentu. Beberapa proses metabolisme tersebut antara lain bukaan stomata, laju transpirasi, laju penyerapan air dan nutrisi, fotosintesis, dan respirasi. Setelah melewati titik optimum, proses tersebut mulai dihambat: baik secara fisik maupun kimia, menurunnya aktifitas enzim (June, 2002).

Evaporasi yang mungkin terjadi pada kondisi air yang tersedia berlebihan disebut evaporasi potensial. Meskipun demikian kondisi air berlebih sering tidak terjadi. Evaporasi tetap terjadi dalam kondisi air tidak berlebihan meskipun tidak sebesar evaporasi potensial, evaporasi ini disebut evaporasi aktual.

2.2.2 Transpirasi

Semua jenis tanaman memerlukan air untuk kelangsungan hidupnya. Masing-masing tanaman berbeda-beda kebutuhan airnya. Hanya sebagian kecil air saja yang tertinggal di dalam tubuh tumbuh-tumbuhan, sebagian besar air setelah diserap lewat akar-akar dan dahan-dahan ditranspirasikan lewat daun. Dalam kondisi medan (*field condition*) tidak mungkin membedakan antara evaporasi dengan transpirasi jika tanahnya tertutup oleh tumbuh-tumbuhan. Kedua proses

tersebut evaporasi dan transpirasi, saling berkaitan sehingga dinamakan evapotranspirasi.

Jumlah air yang ditranspirasikan dapat bertambah besar, misalnya pada pohon yang besar yang akar-akarnya sangat dalam menembus tanah. Jumlah air yang ditranspirasikan akan lebih banyak dibandingkan jika air itu dievaporasikan sebagai air bebas (*free water*). Proses transpirasi berjalan terus hampir sepanjang hari di bawah pengaruh sinar matahari. Pada malam hari pori-pori daun menutup. Apabila pori-pori ini menutup menyebabkan terhentinya proses transpirasi secara drastis. Tetapi tidak demikian halnya dengan evaporasi. Proses evaporasi dapat berjalan terus selama ada masukan panas. Faktor lain yang penting adalah jumlah air yang tersedia cukup banyak. Jika jumlah air selalu tersedia secara berlebihan dari yang diperlukan oleh tanaman selama proses transpirasi ini, maka jumlah air yang ditranspirasikan akan lebih besar dibandingkan apabila tersedianya air di bawah keperluan.

2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Air Tanaman

Adapun faktor-faktor yang dapat mempengaruhi jumlah kebutuhan air pada tanaman antara lain :

2.3.1 Topografi

Keadaan topografi mempengaruhi kebutuhan air tanaman. Untuk lahan yang miring membutuhkan air yang lebih banyak dari pada lahan yang datar, karena air akan lebih cepat mengalir menjadi aliran permukaan dan hanya sedikit yang

mengalami infiltrasi, dengan kata lain kehilangan air di lahan miring akan lebih besar.

2.3.2 Hidrologi

Intensitas curah hujan yang turun di permukaan tanah akan mempengaruhi kebutuhan air. Semakin banyak curah hujannya, semakin sedikit kebutuhan air akan tanaman. Perubahan siklus hidrologi terutama ditunjukkan oleh periode La Nina dan El Nino yang semakin sering. La Nina merupakan fenomena alam yang ditandai dengan kondisi suhu muka laut di perairan Samudra Pasifik ekuator berada di bawah nilai normalnya (dingin), sementara kondisi suhu muka laut di perairan Benua Maritim Indonesia berada di atas nilai normalnya (hangat).

Kondisi suhu muka laut di samudra pasifik yang dingin menimbulkan tekanan udara tinggi, sementara kondisi hangat perairan Indonesia yang berada di sebelah barat pasifik menimbulkan tekanan udara rendah. Kondisi ini menyebabkan mengalirnya massa udara dari pasifik ke wilayah Indonesia. Aliran tersebut mendorong terjadinya konvergensi massa udara yang kaya uap air. Akibatnya semakin banyak awan yang terkonsentrasi dan menyebabkan turunnya hujan yang lebih banyak di daerah tersebut (lebih dari 40 mm/bulan di atas rata-rata Normalnya). Kebalikan dari La Nina adalah El Nino ketika suhu permukaan laut di Samudra Pasifik menghangat dan menyebabkan terjadinya musim kemarau yang kering dan panjang di Indonesia. Penurunan curah hujan pada saat El Nino dapat mencapai 80 mm/bulan (Boer, 2002).

2.3.3 Klimatologi

Keadaan cuaca adalah salah satu syarat penting dalam pengelolaan pertanian. Dengan memperhatikan keadaan cuaca dan cara pemanfaatannya, maka dapat dilaksanakan penanaman tanaman yang tepat untuk periode yang tepat dan sesuai dengan keadaan tanah. Cuaca dapat dijadikan rasionalisasi penentuan laju evapotranspirasi, hal ini sangat bergantung pada intensitas penyinaran dan radiasi cahaya matahari.

2.4 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah kombinasi proses kehilangan air dari suatu lahan bertanaman melalui evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah proses dimana air diubah menjadi uap air (*vaporization*) dan selanjutnya uap air tersebut dipindahkan dari permukaan bidang penguapan ke atmosfer (*vapor removal*). Evaporasi terjadi pada berbagai jenis permukaan seperti danau, sungai lahan pertanian, tanah, maupun dari vegetasi yang basah. Transpirasi adalah vaporisasi di dalam jaringan tanaman dan selanjutnya uap air tersebut dipindahkan dari permukaan tanaman ke atmosfer (*vapor removal*). Pada transpirasi, vaporisasi terjadi terutama di ruang antar sel daun dan selanjutnya melalui stomata uap air akan lepas ke atmosfer. Hampir semua air yang diambil tanaman dari media tanam (tanah) akan ditranspirasikan, dan hanya sebagian kecil yang dimanfaatkan tanaman (Allen et al, 1990).

Menurut Runtunuwu (2008), Evaporasi yang sering digunakan dalam studi agroklimat adalah evapotranspirasi potensial dan evapotranspirasi tanaman (actual). Laju evapotranspirasi dari suatu daerah oleh dua pengendali atau kontrol utama. Yang pertama ialah ketersediaan air pada permukaan daerah tersebut, dan kontrol kedua ialah kemampuan atmosfer mengevapotranspirasikan air dari permukaan dan memindahkan uap air ke atas. Kalau banyaknya air selalu tersedia tak terbatas, maka evapotranspirasi akan berlangsung dengan laju maksimum untuk lingkungan tersebut. Keadaan ini memunculkan konsep evapotranspirasi potensial. Akan tetapi pada umumnya banyaknya air pada permukaan tidaklah selalu tersedia, apalagi tak terbatas, sehingga evapotranspirasinya berlangsung dengan laju yang lebih kecil daripada laju seandainya banyaknya air yang tersedia tak terbatas. Dari konsep ini timbullah konsep evapotranspirasi aktual. Ada dua macam pengukuran yang biasa dijumpai di suatu stasiun pengamatan. Salah satunya, mengukur banyaknya air yang menguap dari suatu permukaan (Allen, 1990).

Pengukuran penguapan dari permukaan air bebas dan permukaan tanah serta transpirasi dari tumbuh-tumbuhan adalah sangat penting dalam pertanian.

Hidrometeorologi, dan dalam pendesainan waduk atau *embung* dan sistem irigasi terutama di daerah gersang. Di dalam prakteknya sulit untuk memisahkan atau membedakan air yang dihasilkan penguapan dari tanah dan tubuh air yang di transpirasikan dari tumbuh-tumbuhan. Oleh karena itu kedua proses tadi biasa dicakup dengan menggunakan istilah evapotranspirasi. Laju evapotranspirasi ini dinyatakan dengan banyaknya uap air yang hilang oleh proses evapotranspirasi dari suatu daerah tiap satuan luas dalam satuan waktu. Ini dapat pula dinyatakan

sebagai volume air cair yang hilang oleh proses evapotranspirasi dari daerah hasil tadi dalam satuan waktu yang setara dengan tinggi atau tebal air cair yang hilang tiap satuan waktu dari daerah yang ditinjau. Satu satuan waktu yang dipakai bisa satu jam atau satu hari dan satuan tebal dengan satuan milimeter atau sentimeter (Allen et al, 1990)

2.4.1 Evapotranspirasi Potensial (ET_0)

ET_0 merupakan jumlah air yang ditranspirasikan dalam satuan unit waktu oleh tanaman yang menutupi tanah secara keseluruhan dengan ketinggian seragam, tidak pernah kekurangan air, dan tidak terserang hama penyakit. Dengan kata lain, ET_0 dapat diinterpretasikan sebagai kehilangan air oleh tanaman yang diakibatkan oleh faktor klimatologis. Penentuan nilai kebutuhan air tanaman (evapotranspirasi) sejauh ini masih berdasarkan pada persamaan empiris yang telah banyak dikembangkan (Doorenbos and Pruitt, 1984). Di antara persamaan-persamaan empiris yang umum digunakan adalah metode Blaney-Criddle dan metode Penman, sedangkan penggunaan langsung di lapang umumnya dengan menggunakan peralatan untuk mengamati perubahan air tanah. ET_0 dapat dihitung secara empiris dengan persamaan Penman (Doorenbos and Pruitt, 1984), sebagai berikut:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_2 - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- ET_0 = Evapotranspirasi Potensial [$mm \text{ hari}^{-1}$]
- R_n = Radiasi matahari bersih [$MJ \text{ m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$]
- G = Fluks panas laten tanah [$MJ \text{ m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$]
- T = Suhu udara harian rata-rata [$^{\circ}C$]

U_2	= Kecepatan angin pada ketinggian 2 m ($m s^{-1}$)
e_s	= Tekanan uap jenuh [kPa]
e_a	= Tekanan uap aktual [kPa]
$e_s - e_a$	= Defisit tekanan uap [kPa]
Δ	= Pertambahan tekanan uap jenuh [$kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$]
γ	= Tekanan konstan psikhrometrik [$kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$]

2.4.2 Evapotranspirasi Aktual (ET_c)

ET_c merupakan tebal air yang dibutuhkan untuk mengganti sejumlah air yang hilang melalui evapotranspirasi pada tanaman yang sehat. Nilai Etc adalah nilai kebutuhan air yang harus diberikan ke tanaman, atau merupakan dasar dalam penentuan kebutuhan air bagi tanaman di lapang dengan persamaan empiris:

$$ET_C = Kc \times ET_0 \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

ET_0	= Evapotranspirasi (potensial) tanaman acuan (mm/hari)
Kc	= Koefisien tanaman
ETc	= Evapotransipirasi (aktual) tanaman (mm/hari)

2.5 Limpasan Permukaan (*Run Off*)

Salah satu komponen dalam siklus hidrologi adalah limpasan hujan. Komponen limpasan hujan dapat berupa *runoff* (aliran permukaan) ataupun aliran yang lebih besar seperti aliran air di sungai. Limpasan akibat hujan ini dapat terjadi dengan cepat dan dapat pula setelah beberapa jam setelah terjadinya hujan. Lama waktu kejadian hujan puncak dan aliran puncak sangat dipengaruhi oleh kondisi wilayah tempat jatuhnya hujan. Makin besar perbedaan waktu kejadian hujan puncak dan debit puncak, makin baik kondisi wilayah tersebut dalam menyimpan air di dalam tanah (Triatmodjo, 2008).

Triatmodjo (2008) menyatakan wilayah Indonesia dengan kondisi tropis dimana hujan terjadi terpusat pada enam bulan periode hujan menyebabkan kita harus bisa melakukan rekayasa konservasi air dengan cara menyimpan air hujan sebanyak mungkin di dalam tanah selama musim hujan dan memanfaatkannya setelah datangnya periode musim kemarau.

Aliran air yang terjadi di permukaan tanah setelah jenuhnya tanah lapisan permukaan disebut *runoff*. Air hujan yang jatuh di permukaan bumi akan menjadi aliran permukaan (*runoff*) setelah tanah di lapisan permukaan jenuh oleh air hujan dan proses hujan memiliki intensitas lebih besar dari laju perkolasi. Aliran permukaan kemudian saling bertemu pada jaringan pengaliran yang kecil sebagai anak-anakan sungai. Aliran tersebut terus berkumpul dan selanjutnya akan bertemu di sungai sebagai aliran air yang lebih besar dimana aliran permukaan berpadu dengan aliran bawah permukaan (*interflow*) dan aliran dasar (*base flow*).

Aliran permukaan akibat kejadian hujan pada suatu tempat dapat dinyatakan dengan rumus:

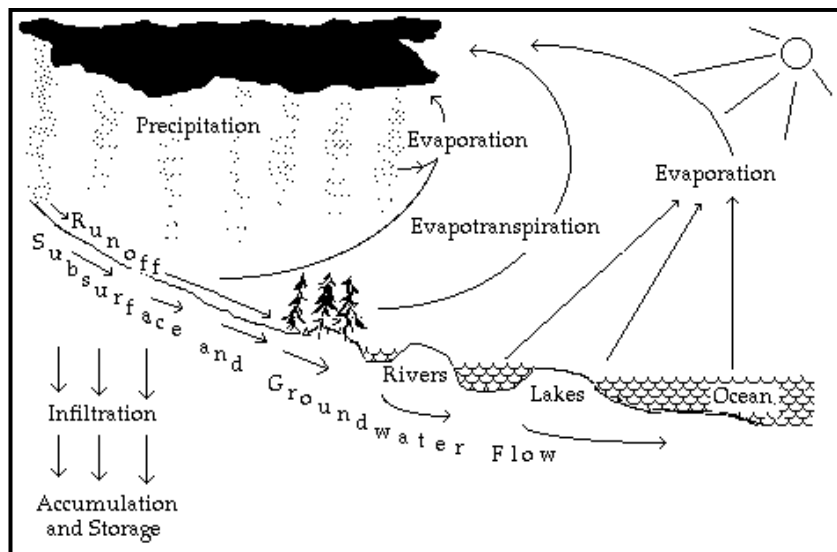
$$R_{off} = CH - I \dots \dots \dots (3)$$

Dimana R_{off} adalah aliran permukaan (mm), CH adalah curah hujan (mm) dan I adalah infiltrasi (mm).

2.6 Pemanenan Air Hujan (*Water Harvesting*)

Kebanyakan teknik untuk mengumpulkan air biasanya menggunakan sumber air yang besar seperti sungai dan *groundwater* (Sumur dan sistem irigasi), dan memerlukan investasi sekala besar. Tetapi di banyak Negara dunia, beragam

metode skala kecil dan sederhana telah dikembangkan untuk menangkap dan mengumpulkan air limpasan permukaan (*runoff*) digunakan untuk beragam tujuan produktif. Kalau limpasan permukaan ini dibiarkan saja akan dapat menyebabkan erosi tanah, *runoff* ini dapat dipanen dan dimanfaatkan. Beragam teknik memanen air dengan aneka ragam aplikasinya telah tersedia.



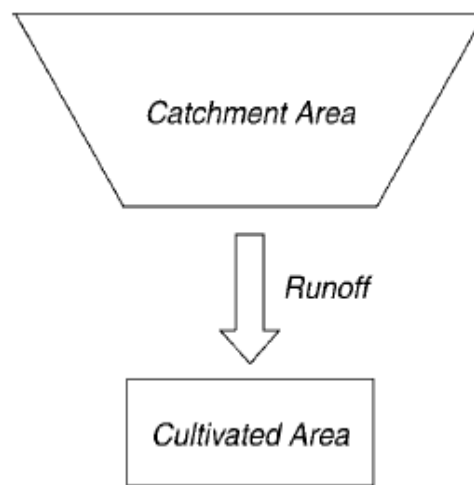
Gambar 1. Siklus hidrologi (Critchley, 1991).

Pemanenan air hujan ini ditujukan untuk memanfaatkan *runoff*, penyimpanan lengas tanah bertujuan untuk mencegah *runoff* dan menyimpan air hujan di tempat dimana jatuh dari langit sebanyak mungkin. Perbedaan di antara dua macam teknologi ini tidak terlalu jelas, terutama kalau daerah-tangkapan hujan (penghasil *runoff*) sekalanya sangat kecil. Selain itu, teknologi penyimpanan lengas tanah dapat diaplikasikan di daerah lahan budidaya pertanian (Soemarno, 2010).

2.6.1 Prinsip-prinsip Panen Air Hujan

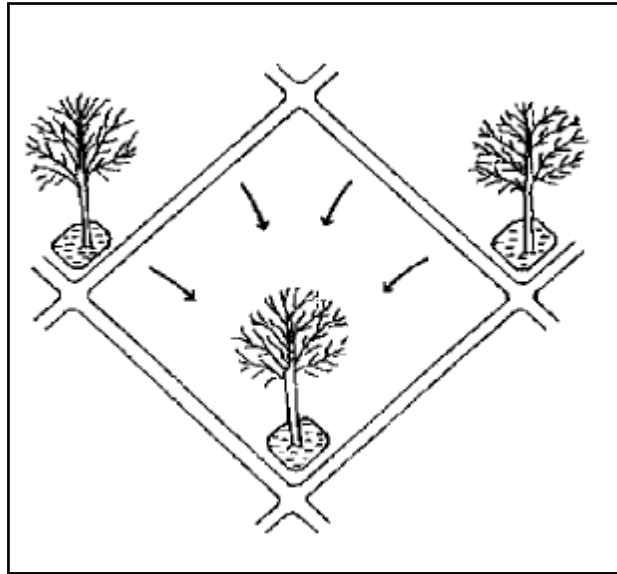
Pemanenan-air-hujan dalam makna yang luas dapat didefinisikan sebagai kegiatan pengumpulan *runoff* untuk penggunaan yang produktif. *Runoff* dapat ditangkap

dan dikumpulkan dari cucuran atap atau dari permukaan lahan, atau dari sungai-sungai musiman. Sistem pemanenan air yang memanen *runoff* dari atap bangunan atau dari permukaan lahan termasuk dalam kategori “pemanenan air hujan”, sedangkan semua system yang mengumpulkan *runoff* dari sungai-sungai musiman dikelompokkan dalam kategori “pemanenan air banjir”. Secara sederhana sistem dalam pemanenan air hujan disajikan pada gambar 2 (Soemarno, 2010).



Gambar 2. Prinsip panen air hujan untuk produksi tanaman (Critchley dkk. 1991)

Teknik-teknik pemanenan air hujan bersekala kecil dapat menangkap air hujan dan *runoff* dari daerah tangkapan yang kecil, meliputi lereng-lereng yang pendek, panjang lereng kurang dari 30 m (daerah tangkapan mikro). Pemanenan air hujan pada lereng lebih dari (30m - 200m), di luar lahan pertanian budidaya juga dapat dilakukan. Gambar 3 menyajikan contoh sistem daerah tangkapan skala mikro.



Gambar 3. Daerah Tangkapan (*catchment*) Mikro (Critchley, 1991).

2.6.2 Kondisi yang dipersyaratkan panen air hujan

Menurut Soemarno (2010) beberapa hal penting yang harus dipertimbangkan dalam pemanenan hujan adalah sebagai berikut :

A. Iklim

Pemanenan air hujan sangat sesuai untuk daerah-daerah semi-arid dengan rata-rata curah hujan tahunan (300-700 mm). Teknologi ini juga dipraktikkan di beberapa daerah arid dengan rata-rata curah hujan tahunan (100-300 mm). Di kebanyakan daerah tropis, periode utama curah hujan terjadi selama periode panas 'summer', pada saat alju evaporasi sangat tinggi. Di daerah tropis yang lebih kering, resiko kegagalan panen tanaman lebih besar. Biaya struktur pemanenan air hujan juga lebih tinggi karena harus dibuat dengan skala lebih besar.

B. Kemiringan Lereng

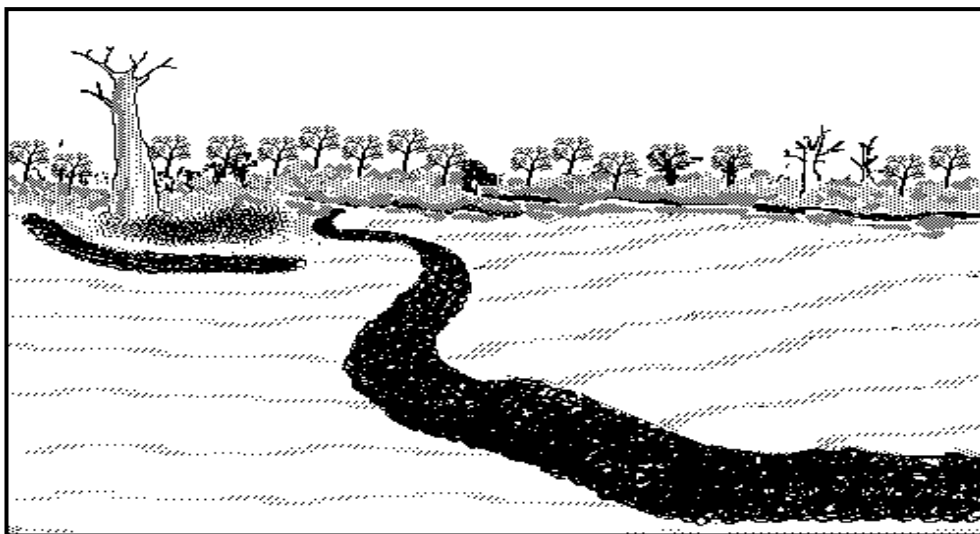
Pemanenan air hujan tidak direkomendasikan pada lahan dengan kemiringan lebih dari 5% karena distribusi *runoff* tidak merata, erosi tanah intensif dan biaya pembuatan bangunan penangkap air hujan juga mahal. Tanah dan pengelolaan kesuburan tanah di zone budidaya harus cukup tebal sehingga mempunyai kapasitas simpanan air yang cukup besar, dan tanahnya subur. Tanah-tanah di daerah-tangkapan air harus mempunyai laju infiltrasi yang rendah. Untuk kebanyakan sistem pemanenan air, kesuburan tanahnya harus diperbaiki, atau dipertahankan, supaya tetap produktif dan lestari. Peningkatan ketersediaan lengas tanah dan peningkatan produktivitas tanaman yang dihasilkan dari kegiatan penangkapan air hujan akan berdampak pada eksploitasi hara tanah yang lebih besar. Tanah-tanah berpasir tidak terlalu banyak memberikan nilai-tambah dari kegiatan pemanenan air hujan ini, kecuali kalau pada saat yang bersamaan juga ditingkatkan kesuburan tanahnya.

C. Tanaman

Salah satu kriteria utama untuk memilih teknologi panen air hujan adalah kesesuaiannya dengan jenis tanaman yang akan ditanam. Akan tetapi, jenis tanaman juga dapat disesuaikan dengan struktur bangunan pemanen air hujan. Perbedaan penting di antara tanaman tahunan (misalnya pohon) dengan tanaman semusim adalah bahwa pohon memerlukan konsentrasi air pada titik-titik tertentu, sedangkan tanaman semusim biasanya lebih diuntungkan kalau distribusi air lebih merata ke seluruh areal pertanaman. Distribusi air yang merata dapat dicapai dengan jalan meratakan tanah garapan.

2.6.3 Rancangan Sistem Panen Air Hujan

Menurut Soemarno (2010) cadangan air di daerah budidaya pertanian didukung dengan air dari daerah-tangkapan air hujan (Gambar 4). Pada saat merancang suatu sistem pemanenan air, ukuran daerah-tangkapannya dihitung atau diestimasi secara akurat untuk menjamin cukupnya *runoff* yang dapat dipanen untuk memenuhi kebutuhan tanaman di lahan budidaya.

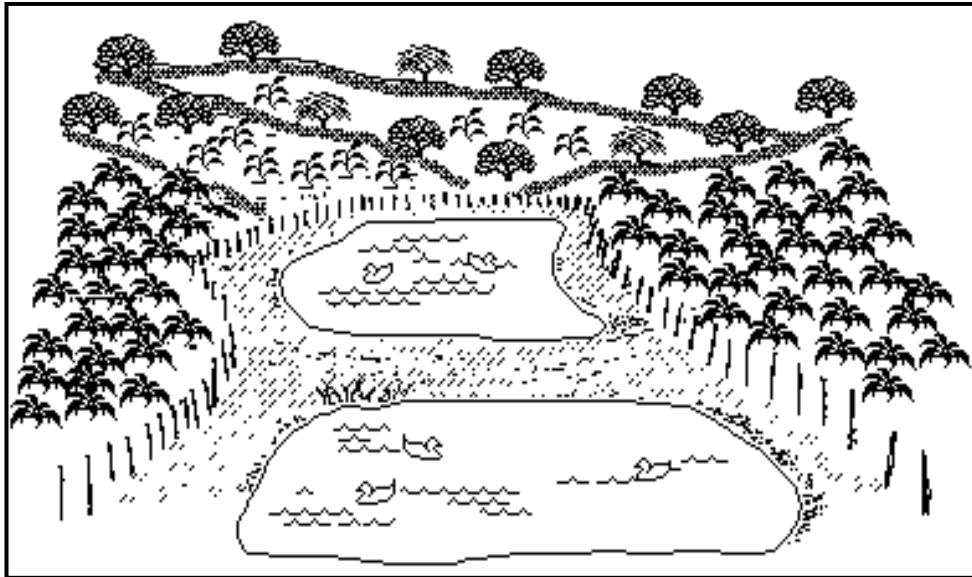


Gambar 4. Modifikasi *microcatchment* untuk menyalurkan dan menampung *runoff* ke lokasi yang ditentukan (Critchley, 1991)

Data yang diperlukan (curah hujan, *runoff* dan *crop water requirements*) seringkali tidak tersedia dan kalau ada variasinya sangat besar. Informasi dan data seperti ini dapat beragam antar lokasi, atau antar tahun. Perhitungan dapat memberikan kesan tentang akurasi, tetapi hal ini dapat keliru kalau perhitungannya didasarkan pada data yang ragamnya sangat besar.

Karena alasan inilah maka biasanya sistem pemanenan air hujan dirancang dengan menggunakan mekanisme pelatihan dan pendampingan untuk rasio lahan budidaya (C) dengan kolam penampung (CA). Banyak sistem pemanenan air

hujan yang berhasil biasanya dimulai dengan skala eksperimen kecil-kecilan dengan estimasi rasio C:CA. Disain awal kemudian dapat dimodifikasi berdasarkan pengalaman lapangan. Untuk dapat mengestimasi rasio C:CA dan menilai secara kritis hasil-hasil eksperimen pertama dari suatu sistem panen air hujan, diperlukan pemahaman yang komprehensif tentang bagaimana bekerjanya sistem pemanenan air hujan. Aspek-aspek apa saja yang mempengaruhi berfungsinya sistem pemanenan air hujan.



Gambar 5. Kolam penampung air hujan untuk mendukung diversifikasi pertanian (Critchley, 1991)