

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lahan Kering

Lahan kering selalu dikaitkan dengan pengertian bentuk bukan sawah yang dilakukan oleh masyarakat bagian hulu suatu daerah aliran sungai (DAS), sebagai lahan atas (*upland*) atau lahan yang terdapat diwilayah kering (kekurangan air) yang tergantung pada air hujan sebagai sumber air. Pengembangan pertanian lahan kering seringkali menghadapi berbagai kendala, seperti fisik, kimia, biologi tanah serta ketersediaan air, yang semuanya menyebabkan produktifitasnya sangat rendah (Wikantika, 2006).

Beberapa pengertian lahan kering diantaranya adalah sebidang tanah yang dapat digunakan untuk usaha pertanian dengan menggunakan atau memanfaatkan air secara terbatas, dan biasanya bergantung dari air hujan (Rukamana, 1995). Sedangkan menurut konvensi internasional PBB definisi lahan kering adalah lahan yang menerima curah hujan tahunan kurang dari dua pertiga dari evaporasi potensial, dimana produksi tanamannya dibatasi oleh ketersediaan air. Kategori lahan kering ini termasuk lahan budidaya, semak belukar, padang rumput, dan padang pasir.

Lahan kering di Indonesia sendiri menempati areal yang terluas dan punya kedudukan yang strategis dalam kegiatan pembangunan pertanian. Berdasarkan survei pertanian BPS diperoleh luasan lahan kering khususnya dalam penggunaannya dan secara ringkas dapat disebutkan dari yang terbesar berturut-turut adalah hutan rakyat (16,5%), perkebunan (15,8%), tegalan (15,0%), ladang (5,7%), dan padang rumput (4,0%). Lahan kering yang kosong dan merupakan tanah yang tidak diusahakan seluas (14,05%) dari total lahan kering. Hal ini merupakan potensi yang besar untuk dapat dimanfaatkan. Pengelolaan lahan kering bertujuan untuk menetapkan dan melestarikan produktifitas serta mempertahankan keanekaragaman alami masyarakat biotik dalam batas-batas daya dukung lingkungan, tanah dan air.

Dalam pengelolaannya, lahan kering memerlukan upaya strategis agar dapat dimanfaatkan untuk pengembangan tanaman pertanian secara optimal mengingat beberapa kendala antara lain (Minardi, 2009):

1. Sebagian besar lahan kering tingkat kesuburannya rendah dan sumber pengairan terbatas kecuali dari curah hujan yang distribusinya tidak bisa dikendalikan sesuai dengan kebutuhan.
2. Topografi umumnya tidak datar, berada di daerah lereng dan perbukitan, memiliki tingkat erosi relatif tinggi yang berpotensi untuk menimbulkan degradasi kesuburan lahan.
3. Infra struktur ekonomi tidak sebaik di lahan sawah.
4. Keterbatasan biofisik lahan, penguasaan lahan petani, dan infrastruktur ekonomi menyebabkan teknologi usaha tani relatif mahal bagi petani lahan kering.
5. Kualitas lahan dan penerapan teknologi yang terbatas menyebabkan variabilitas produksi pertanian lahan kering relatif tinggi.

2.2. Ketersediaan Air dalam Tanah

Air terdapat didalam tanah karena ditahan (diserap) oleh masa tanah, tertahan oleh lapisan kedap air, atau karena keadaan drainase yang kurang baik. Air tanah selalu aktif semenjak permulaan dalam membantu proses pembentukan horizon tanah. Bila air mudah meresap kedalam bahan induk tanah, maka terdapatlah keadaan *aerobic*, sehingga terbentuklah tanah yang cukup dalam dan mengandung bahan yang teroksidasi, dan perakaran tanaman tidak terhambat oleh air. Sebaliknya didaerah-daerah yang sering tergenang air, maka oksidasi terhambat dan bahan organik terakumulasi di permukaan tanah (Surdianto *et al*, 2012).

Air dapat meresap atau ditahan oleh tanah karena adanya gaya-gaya adhesi, kohesi, dan gravitasi. Karena adanya gaya-gaya tersebut maka air dalam tanah dapat dibedakan menjadi (Hardjowigeno, 1987)::

1. Air higroskopik
Air yang diserap tanah sangat kuat sehingga tidak dapat digunakan tanaman (adhesi antara tanah dengan air).
2. Air kapiler
Air dalam tanah dimana daya kohesi (tarik-menarik antara butir-butir air) dan daya adhesi (antara air dan tanah) lebih kuat dari gravitasi. Air ini dapat

bergerak kesamping atau keatas karena gaya-gaya kapiler. Sebagian besar dari air kapiler merupakan air yang tersedia (dapat diserap) oleh tanaman.

Air perkolasi membantu siklus unsur hara dan pemindahan liat, oksidasi besi dan aluminium, garam-garam dan lain-lain. Didaerah kering gerakan air keatas (kapiler) menyebabkan terjadinya akumulasi garam dipermukaan tanah. Persediaan air dalam tanah tergantung dari (Surdianto *et al*, 2012):

1. Banyaknya curah hujan atau air irigasi
2. Kemampuan tanah menahan air
3. Besarnya evapotranspirasi (penguapan langsung melalui tanah dan vegetasi)
4. Tingginya muka air tanah.

Baik kelebihan atau kekurangan air dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. Kegunaan air bagi pertumbuhan tanaman adalah (Hardjowigeno, 1987):

1. Sebagai unsur hara tanaman
Tanaman memerlukan air dari tanah dan CO₂ dari udara untuk membentuk gula dan karbohidrat dalam proses fotosintesis.
2. Sebagai pelarut unsur hara
Unsur-unsur hara yang terlarut dalam air diserap oleh akar-akar tanaman dari larutan tersebut.
3. Sebagai bagian dari sel-sel tanaman
4. Air merupakan bagian dari protoplasma.

2.2.1. Infiltrasi

Infiltrasi tanah adalah proses pergerakan masuknya air kedalam lapisan tanah yang dikendalikan oleh gaya gravitasi, gerakan kapiler, dan porositas tanah (Putra, 2008). Data laju infiltrasi dapat dimanfaatkan untuk menduga kapan suatu limpasan permukaan (*run-off*) akan terjadi bila suatu jenis tanah telah menerima sejumlah air tertentu, baik melalui curah hujan ataupun irigasi dari suatu tandon air di permukaan tanah. Oleh karena itu, informasi besarnya kapasitas infiltrasi tanah tersebut berguna, baik dalam pengelolaan irigasi, maupun dalam perencanaan konservasi tanah dan air. Dengan mengamati atau menguji sifat ini dapat memberikan gambaran tentang kebutuhan air irigasi yang diperlukan bagi suatu jenis tanah untuk jenis tanaman tertentu pada suatu saat.

Banyaknya air yang masuk ke dalam tanah melalui proses infiltrasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain tekstur dan struktur tanah, kelembaban tanah awal, kegiatan biologi dan unsur organik, jenis dan tebal seresah serta tipe vegetasi dan tumbuhan bawah. Faktor-faktor tersebut berinteraksi sehingga mempengaruhi besarnya infiltrasi dan limpasan permukaan. Semakin besar air hujan yang masuk ke dalam tanah, berarti semakin kecil limpasan permukaan yang terjadi.

2.2.2. Karakteristik Ketersediaan Air

Air tanah dapat merugikan tanah dalam penyediaan hara, yaitu dapat mempercepat proses pemiskinan hara dalam tanah sebagai akibat proses pencucian yang terjadi secara intensif, mempercepat proses perubahan horizon dalam tanah akibat terjadinya proses iluviasi dari lapisan tanah atas ke lapisan tanah bawah dan menghambat aliran udara ke dalam tanah apabila dalam kondisi jenuh air sehingga dapat mengganggu respirasi dan serapan hara oleh akar tanaman, serta menyebabkan perubahan reaksi tanah dari reaksi aerob menjadi reaksi anaerob.

Menurut Hardjowigeno (1987), bahwa air terdapat dalam tanah karena ditahan (diserap) oleh massa tanah, tertahan oleh lapisan kedap air, atau karena keadaan drainase yang kurang baik. Air dapat meresap atau ditahan oleh tanah karena adanya gaya-gaya adhesi, kohesi, dan gravitasi.

Kapasitas lapang merupakan keadaan tanah yang cukup lembab yang menunjukkan jumlah air terbanyak yang dapat ditahan oleh tanah terhadap gaya tarik gravitasi. Keadaan ini dapat dicapai jika dilakukan pemberian air pada tanah sampai terjadi kelebihan air, setelah itu kelebihan airnya dibuang. Jadi pada keadaan ini semua rongga pori terisi air. Gerakan air tanah berlangsung disebabkan adanya gaya gravitasi. Gerakan ini makin lama makin lambat dan setelah kurang lebih dua sampai tiga hari gerakan tersebut praktis terhenti, pada keadaan ini air dalam tanah dalam keadaan kapasitas lapang. Jika proses kehilangan air dibiarkan berlangsung terus, pada suatu saat akhirnya kandungan air tanah sedemikian rendahnya sehingga energi potensialnya sangat tinggi dan

mengakibatkan tanaman tidak mampu menggunakan air tersebut. Hal ini ditandai dengan layunya tanaman terus menerus, oleh karena itu keadaan air tanah pada keadaan ini disebut titik layu permanen.

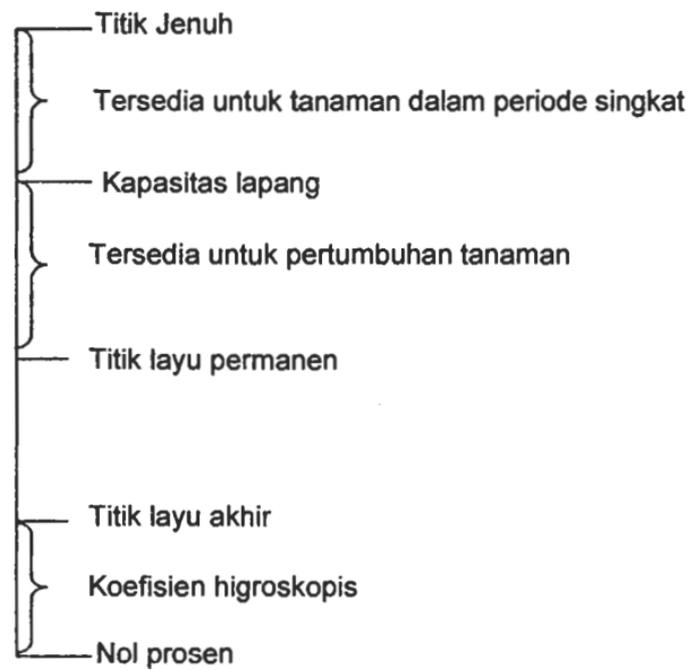
Titik layu permanen merupakan keadaan kandungan air tanah dimana akar-akar tanaman mulai tidak mampu lagi menyerap air dari tanah, sehingga tanaman menjadi layu (Ayu *et al*, 2013). Tanaman akan tetap layu baik pada siang ataupun malam hari. Air tanah yang berada diantara kapasitas lapang dan titik layu permanen merupakan air yang dapat digunakan oleh tanaman, oleh karena itu disebut air tersedia (*available water*). Perbedaan struktur, kadar bahan organik dan kematangannya merupakan penyebab berbedanya tinggi kadar air pada masing-masing kondisi kapasitas lapang, titik layu permanen dan air tersedia. Hal ini dikarenakan kandungan air pada saat kapasitas lapang dan titik permanen berbeda pada setiap tanah yang memiliki tekstur berbeda. Pada tanah pasir nilai titik layu permanen maupun kapasitas lapang berada pada nilai terendah. Nilai-nilai itu semakin meningkat dengan semakin tingginya kadar debu, liat dan bahan organik tanah. Tanah lempung liat merupakan tanah yang mempunyai nilai titik layu permanen dan kapasitas lapang tertinggi, yang berarti nilai air tersedianya juga paling tinggi.

2.2.3. Kadar Lengas dan Simpanan Lengas Tanah

Lengas tanah atau kelembaban tanah merupakan air yang terikat secara adsorbtif pada permukaan butir-butir tanah. Menurut Daniel (1971), kelembaban air dalam tanah dipengaruhi oleh penyerapan air oleh perakaran. Kapasitas simpanan tanah bergantung pada tekstur, kedalaman dan struktur tanah. Ketersediaan lengas tanah tergantung pada potensial air, distribusi akar dan suhu.

Jumlah air dalam tanah biasa dinyatakan sebagai persentase terhadap berat tanah kering. Kapasitas kejenuhan merupakan air yang dibutuhkan untuk mengisi seluruh ruang pori antara butiran-butiran tanah. Kapasitas kejenuhan ini merupakan batas atas kelembaban tanah yang mungkin dicapai. Untuk membuat tanah menjadi jenuh air, semua udara yang berada dalam ruang pori harus dikeluarkan dan diganti dengan air. Kapasitas kejenuhan ini sering dipandang sebagai kapasitas menahan kelembaban maksimum yang dimiliki oleh tanaman.

Gambar berikut menunjukkan indeks kelengasan tanah pada skala lengas tanah secara umum:



Gambar 1. Indeks Kelengasan Tanah Pada Skala Lengas Tanah Secara Umum. Sumber: Putra *et al.*, (2008).

Simpanan lengas tanah mencerminkan lapisan air ekuivalen yang dapat disimpan pada profil tanah. Simpanan lengas sangat dipengaruhi oleh sifat air yang dinamis dan dapat bertambah maupun berkurang tergantung pada proses hidrologi yang terjadi pada lahan tersebut. Simpanan lengas tanah berpengaruh terhadap proses kehilangan air melalui proses evapotranspirasi. Proses ini terjadi saat tanah memiliki kelebihan air, suatu kondisi dimana tanah berada pada kondisi diantara kondisi kapasitas lapang dan titik layu permanen.

Menurut Suyanto *et al.* (1989), lengas tanah disamping berguna bagi tanaman, juga berperan dalam proses pergerakan hara dalam tanah, sehingga dapat mempengaruhi keberhasilan pemupukan. Secara tidak langsung kapasitas menahan air berpengaruh pada kondisi lengas tanah yaitu air yang mengisi sebagian atau seluruh pori tanah, atau terserap pada permukaan lempung dan bahan organik tanah.

2.3. Tanaman Nanas

2.3.1. Morfologi

Nanas adalah tanaman tropis dan tumbuh dengan baik di daerah yang memiliki suhu (16° ke 33°C), tapi dengan curah hujan sedang. Untuk jenis *smooth cayenne* diperkirakan dapat tumbuh secara optimal dengan curah hujan 50 mm bulan⁻¹. Tanaman nanas memiliki beberapa keterbatasan yaitu (Government, 2008):

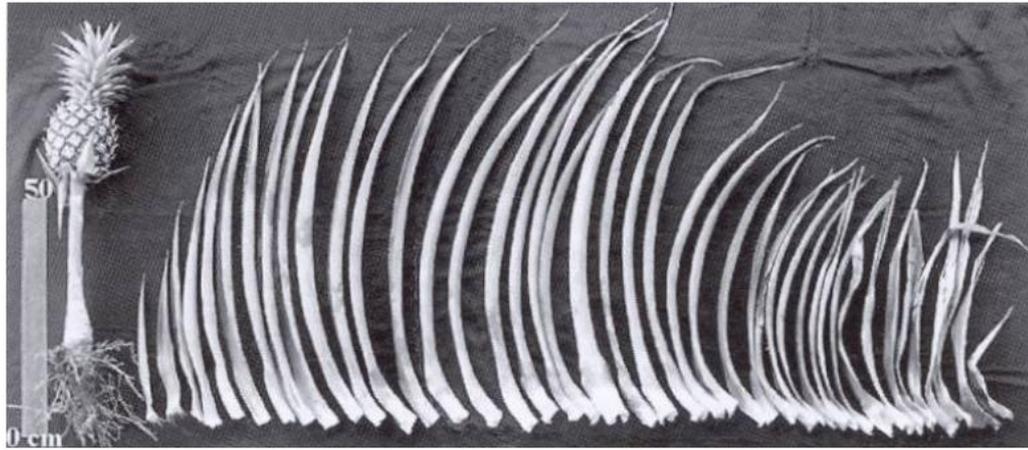
1. Tidak toleran terhadap suhu ekstrim dingin
2. Tidak toleran terhadap suhu tinggi (lebih dari 40°C), karena dapat menyebabkan tanaman mengalami *sunburn* yang berdampak pada kegagalan panen.
3. Membutuhkan sistem drainase yang baik untuk pertumbuhan sistem perakarannya.

Nanas memiliki karakteristik khusus yang membuat tanamannya dapat bertahan dan tumbuh dengan baik dibawah curah hujan rendah (Malezieux,2003) diantaranya yaitu:

1. Orientasi dan bentuk daun yang dapat menangkap kondisi lembab atau embun secara maksimal dan penangkapan sinar matahari yang efisien.
2. Daunnya yang dapat menyimpan nutrisi dan air secara efektif.
3. Mampu menyerap nutrisi melalui akar dan menyalurkannya ke daun dan secara langsung jaringan pada daun dapat menahannya agar tidak mengalami penguapan yang berlebihan.
4. Jumlah stomata yang sedikit dan terletak dibawah daun untuk mengurangi kehilangan air
5. Setengah dari ketebalan daun terisi oleh jaringan penyimpan air, yang dapat digunakan pada saat curah hujan rendah untuk membantu mempertahankan pertumbuhan tanaman.
6. Memiliki sistem matabolisme CAM (Crassulacean Acid Metabolism) yang berguna untuk menangkap karbon dioksida pada malam hari dengan begitu sangat memantu untuk mengurangi kehilangan air.

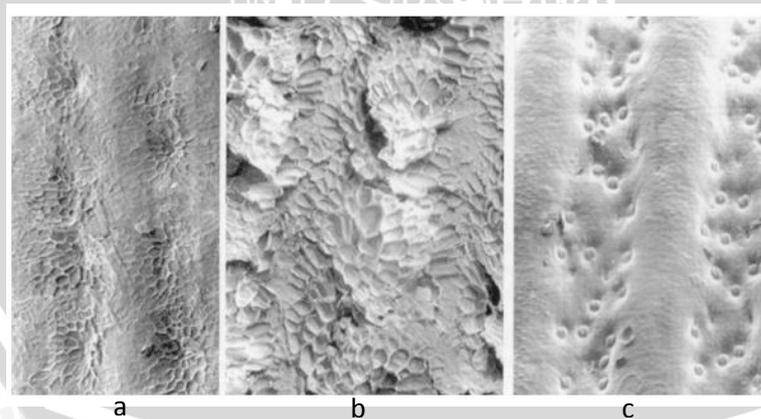
Daun nanas berbentuk panjang, meruncing di ujung. Bentuk daun ini mempertimbangkan intersepsi maksimum matahari, dan sangat efisien untuk

menangkap pergerakan air hujan ke batang dan akar tanaman. Kebanyakan daunnya khususnya ujung daun ini semuanya menghadap ke sudut datangnya matahari (yaitu: daunnya hampir lurus) hal ini membantu untuk mengurangi temperatur dan penguapan pada tanaman.



Gambar 2. Susunan morfologi Daun Nanas. Sumber: Malezieux *et al*, (2003).

Stomata merupakan pori-pori pada daun yang dapat terbuka. Karbon dioksida dapat masuk melalui stomata, sementara itu oksigen dan embun dapat keluar juga melalui stomata. Stomata terletak di permukaan bawah daun, memiliki bentuk yang kecil, dalam dan dilindungi oleh lapisan lilin yang tebal, tanaman memiliki tingkat transpirasi yang sangat rendah (kehilangan air).



Gambar 3. Stomata Daun Nanas Secara Mikroskopis. (a) bidang atas daun, (b) lapisan bawah daun yang menunjukkan perkembangan trichoma, (c) menunjukkan lapisan bawah daun yang tidak tertutup oleh trichoma dan menunjukkan letak stomata. Sumber: Malezieux *et al*, (2003).

Trichoma (“rambut daun”) didefinisikan sebagai perkembangan lapisan luar dari daun. Pada tanaman nanas, trichoma merupakan multi-sel, bersisik

mengelilingi stomata dan membantu untuk mengurangi kehilangan air pada tanaman. Pada penampang melintang daun dari tanaman nanas yang sudah dewasa terdapat jaringan penyimpan air setebal 4 mm atau kira-kira setengah dari volume daun (Gambar 4). Jaringan ini menyediakan tempat penyimpanan untuk memelihara pertumbuhan tanaman dan pertumbuhan buah selama kelembaban lingkungan tanaman tidak mendukung pertumbuhan tanaman nanas. Setelah masa kering yang panjang, jaringan ini akan mengalami penurunan sampai nol (tidak ada) hal ini merupakan pertanda musim kekeringan.



Gambar 4. Jaringan Penyimpanan Air dalam Daun Nanas. Sumber: Malezieux *et al*, (2003).

Nanas memiliki sistem fotosintesis yang berbeda dari tanaman lainnya, yaitu yang disebut dengan CAM (*Crassulacean Acid Metabolism*). Keutamaan CAM pada beberapa tanaman memiliki kemampuan untuk memelihara kelembaban tanaman. Kebanyakan tanaman menyerap karbon dioksida ketika matahari bersinar untuk kelangsungan proses fotosintesis dan memproduksi pati dan gula. Tanaman CAM, memiliki keunikan dalam penyerapan karbon dioksida, stomata tanaman CAM akan tertutup sepanjang hari dan akan terbuka ketika malam hari ketika udara lebih lembab dan dingin. Ketika matahari muncul di hari berikutnya stomata akan tertutup kembali.

Meskipun tingkat fotosintesis pada nanas termasuk rendah bila dibandingkan dengan tanaman lainnya seperti gandum dan tebu, indeks luas daun tanaman nanas lebih tinggi. Hal ini berfungsi untuk memelihara proses fotosintesis tetap berlangsung dalam kondisi yang kurang menguntungkan bagi tanaman. Dalam kaitannya dengan pemeliharaan kelembaban tanaman, evaporasi

dan transpirasi, sebenarnya dapat mengurangi pertumbuhan tanaman nanas secara signifikan.

2.3.2. Persyaratan Tumbuh Tanaman Nanas

Pada umumnya hampir semua jenis tanah yang dapat digunakan untuk pertanian cocok untuk tanaman nanas. Meskipun demikian, lebih cocok pada jenis tanah yang mengandung pasir, subur, gembur dan banyak mengandung bahan organik serta memiliki kandungan kapur rendah. Dengan derajat keasaman berkisar antara pH 4,5-6,5. Tanah yang banyak mengandung kapur (pH lebih dari 6,5) menyebabkan tanaman menjadi kerdil dan klorosis. Sedangkan tanah yang asam (pH 4,5 atau lebih rendah) mengakibatkan penurunan unsur Fosfor, Kalium, Belerang, Kalsium, Magnesium, dan Molibdinum dengan cepat (Rukmana, 1995).

Kelerengan tanah tidak banyak berpengaruh dalam penanaman nanas, namun nanas sangat suka jika ditanam di tempat yang agak miring, sehingga begitu ada air yang melimpah, begitu cepat pula tanah tersebut menjadi kering.

Tanaman nanas cocok ditanam di ketinggian 800-1200 mdpl. Pertumbuhan optimal tanaman nanas antara 100-700 m dpl. Temperatur minimum untuk pertanaman nanas antara 15°-20°C, sedangkan temperatur maksimumnya berkisar antara 25°-32°C (Fatimah, 2008).

2.3.3. Pola Pertumbuhan Tanaman Nanas

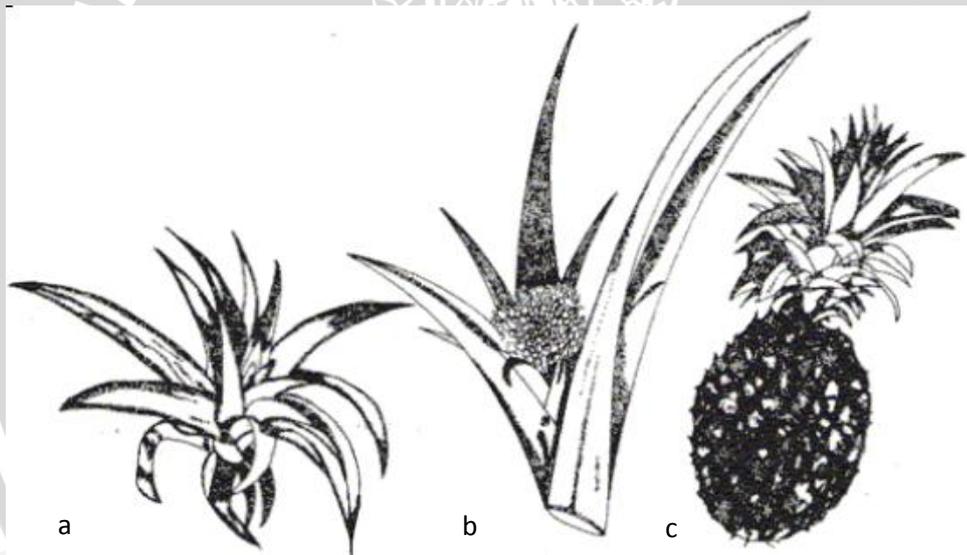
Tanaman nanas memiliki siklus tahunan, siklus tanamannya lebih dari 12 bulan, pembungaan dan pendewasaan tanaman tidak terikat oleh musim. Dua kondisi yang dibutuhkan tanaman untuk dapat berbunga secara alami, yaitu: (a) tanaman harus sudah mencapai tingkat kedewasaan yang cukup, (b) atau beberapa tekanan yang dapat menyebabkan tanaman berubah. Sebagai contoh cekaman terhadap suhu dingin, kekeringan atau kerusakan fisik akibat serangga atau serangan penyakit (Malezieux *et al*, 2003).

Pada umumnya mahkota buah atau stek tanaman dapat digunakan sebagai bahan tanam. Stek bentuknya lebih besar dibandingkan dengan bahan tanam yang berasal dari mahkota buah dan merupakan hasil dari tanaman dewasa sebelumnya. Di timur selatan Queensland, bahan tanam yang berasal dari stek siap untuk berbunga sekitar 12 bulan, sedangkan bahan tanam yang berasal dari

mahkota dan ditanam pada waktu yang sama siap berbunga pada umur 14 bulan (Government, 2008). Pada studi tanaman nanas di wilayah tropis negara Brazil, fase pertumbuhan tanaman nanas di bagi menjadi 4 fase, yaitu: (Malezieux *et al*, 2003).

1. Fase I : Pertumbuhan vegetatif tanaman. Fase ini berlangsung selama 168 hari. Pada fase ini terbagi lagi menjadi dua yaitu pertumbuhan vegetatif tanaman fase I dan fase II.
2. Fase II : Pembungaan. Fase ini berlangsung selama 69 hari
3. Fase III : Pembentukan buah. fase ini berlangsung selama 74 hari
4. Fase IV : Fase akhir yaitu meliputi pemasakan dan pemanenan buah dengan lama fase berkisar 30 hari.

Gambar berikut menunjukkan periode pertumbuhan tanaman nanas:



Gambar 5. Pola Pertumbuhan Tanaman Nanas. (a) fase vegetatif, (b) fase pembungaan, (c) pembentukan dan pemasakan buah. Sumber: Malezieux *et al*, (2003).

2.3.4. Kebutuhan Air Tanaman Nanas

Nanas biasa dilihat sebagai simbol buah tropis yang memiliki apresiasi terbaik di seluruh dunia dengan keunggulan kualitas organoleptikalnya. Nanas memiliki adaptasi sistem fotosintesis fiksasi karbon yang dapat memberikan produktifitas tinggi dengan kondisi keterbatasan air tersedia (Chusman, 2005). Oleh karena itu negara tropis lebih cocok untuk perkebunan nanas yang sebagian besar wilayahnya dengan ketersediaan air yang rendah.

Mekanisme morfo-fisiologis dari tanaman nanas membuat tanaman nanas lebih efisien untuk memenuhi kebutuhan air dalam tingkat transpirasi yang berkisar antara $0.3-0.5 \text{ mm cm}^{-2}$ luasan daun jam^{-1} (Py, 1965). Bagaimanapun juga, kemampuan tanaman nanas yang dapat tumbuh pada kondisi ketersediaan air yang rendah dapat menurunkan produktifitasnya. Seperti yang disebutkan oleh Pedro *et al*, (2008), keterbatasan air dalam masa fenologi menyebabkan rendahnya produktifitas buahnya untuk daerah yang belum menerapkan sistem irigasi. Apabila dalam siklus perkembangannya tanaman nanas mengandalkan air hujan untuk pemenuhan kebutuhan airnya menyebabkan penundaan pada masa fenologi tanaman nanas akan mengakibatkan penurunan produksi buah. walaupun kebanyakan dari tanaman nanas memiliki sistem *rain-fed*, praktek penyediaan irigasi dibutuhkan untuk untuk menyatukan sistem produksinya.

Irigasi pada tanaman nanas harus dilaksanakan selama masa fenologi yang merupakan pokok aktifitas pertumbuhan tanaman (mulai dari penanaman sampai pengisian bunga) untuk menghindari stress air. Ketika irigasi diaplikasikan pada periode pembungaan sampai pemanenan buah, kadar gula pada buah akan meningkat dan menyebabkan kebusukan pada buah. *Sprinkler irrigation* merupakan sistem irigasi yang paling cocok untuk tanaman nanas, ketika diaplikasikan dalam jumlah yang seragam.

Kebutuhan air tanaman nanas dihubungkan dengan fase pertumbuhan tanaman dan kondisi ketersediaan air dalam tanah tanah (Py, 1965). Huang dan lee mempelajari tentang pengaruh baik dari pengaplikasian irigasi pada fase pertumbuhan dan pengelolaan tanaman nanas. Curah hujan tahunan yang ideal untuk pertumbuhan tanaman nanas berkisar dari 1000-1500 mm sepanjang tahun.

Dalam studi pendugaan kebutuhan air tanaman nanas daerah tropis yang di lakukan di Brazil menyebutkan bahwa variabel terbanyak yang mempengaruhi siklus perkembangan tanaman nanas adalah nilai evapotranspirasi tanaman (ETc). Penghitungan nilai evapotranspirasi tanaman (ETc) selama siklus perkembangan tanaman nanas dengan nilai tertinggi ($\text{ETc} = 4,7 \pm 0,5 \text{ mm day}^{-1}$) pada fase pertumbuhan vegetatif tanaman nanas, dengan nilai koefisien tanaman tertingginya sebesar ($\text{Kc} = 0,91 \pm 0,07$). Disisi lain, ETc paling rendah terdapat pada

awal pertumbuhan vegetatif tanaman dan pemanenan buah, dan ETc tertinggi terdapat pada pertengahan siklus produksi tanaman nanas.

Dalam studi ini fase tanaman di bagi menjadi beberapa fase seperti pada Tabel berikut:

Tabel 1. Koefisien Tanaman (Kc), Evapotranspirasi Tanaman (Mm), dan Acuan Evapotranspirasi untuk Setiap Fase Fenologi Tanaman.

Fase Fenologikal	Lama (Hari)	Evapotranspirasi Tanaman		Referensi Evapotranspirasi		Kc
		Rata-rata harian	kumulatif	Rata-rata harian	kumulatif	
I. Vegetatif						
Fase I	84	4,1±0,7	351,9	4,7±0,6	398,0	0,88±0,07
Fase II	84	4,6±0,5	378,0	5,1±0,4	426,7	0,91±0,07
Pembungaan	69	4,3±0,6	303,6	5,0±0,4	347,3	0,88±0,09
Pembentukan Buah	74	3,8±0,3	281,2	4,4±0,3	323,2	0,87±0,05
Panen	30	3,4±0,1	105,0	3,8±0,1	119,6	0,89±0,01
Siklus Perkembangan Tanaman	341	4,1±0,6	1419,7	4,7±0,6	1614,9	0,88±0,6

Sumber: Pedro *et al*, (2007).

Hasil penghitungan ini dapat digunakan untuk efisiensi penggunaan air dan pengoptimalan produksi tanaman nanas di daerah tropis. Kebutuhan air selama siklus perkembangan tanaman mencapai 1432.6 mm.

2.3.5. Efek Cekaman Air Selama Fase Pertumbuhan Nanas

Daun nanas tersebut diatur dalam roset yang padat, dimana letak tersebut dijadikan tempat saluran masuknya air hujan ringan untuk pemenuhan kebutuhan air tanaman melalui daun dan untuk menghasilkan embun tanaman. Selain itu, besarnya trikoma yang menutupi permukaan atas dan bawah daun membantu tanaman nanas dalam mengurangi kehilangan air. Ciri-ciri morfologi daun nanas meliputi lapisan *cutinize* yang tebal, multi-sel hypodermis, jumlah stomatanya sedikit. Setengah dari volume daun terdiri oleh jaringan penyimpan air. Tingkat transpirasi kanopi dan daun tanaman nanas paling rendah dibandingkan dengan tanaman lain. Morfologi dan anatomi seperti ini membuat tanaman beradaptasi untuk melakukan evapotranspirasi rendah (Krauss, 1959). Tanaman nanas dapat bertahan hidup pada kondisi kekeringan sampai batas tertentu, namun kekeringan ekstrim yang berkepanjangan dapat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman secara signifikan (Rohrbach dan Apt (1986); Bartholomew *et al*, 2003).

Di daerah dengan curah hujan tinggi, pertumbuhan dan hasil tanaman nanas dipengaruhi oleh kerentanan terhadap penyakit tanaman. Genangan air selama 15 hari berturut-turut dapat menyebabkan kematian tanaman. Sistem drainase yang baik sangat penting dalam praktek penanaman nanas, hal ini sudah dipraktekkan oleh Australia, Afrika Barat dan Afrika Selatan untuk mencegah resiko genangan selama musim hujan berlangsung. Dalam kondisi tergenang, tidak hanya pertumbuhan tanaman saja yang mengalami penurunan, berat buah juga mengalami penurunan. Selama genangan terjadi, akar tanaman dapat terserang patogen dan akan membusuk sehingga dapat menyebabkan produktifitasnya menurun (Goverment, 2008).

2.4. Neraca Air

Neraca air (*water balance*) merupakan neraca masukan dan keluaran air disuatu tempat pada periode tertentu, sehingga dapat untuk mengetahui jumlah air tersebut kelebihan (surplus) ataupun kekurangan (defisit). Kegunaan mengetahui kondisi air pada surplus dan defisit dapat mengantisipasi bencana yang kemungkinan terjadi, serta dapat pula untuk mendayagunakan air sebaik-baiknya. Manfaat secara umum yang dapat diperoleh dari analisis neraca air antara lain (Firmansyah, 2010):

1. Digunakan sebagai dasar pembuatan bangunan penyimpanan dan pembagi air serta saluran-salurannya. Hal ini terjadi jika hasil analisis neraca air didapat banyak bulan-bulan yang defisit air.
2. Sebagai dasar pembuatan saluran drainase dan teknik pengendalian banjir. Hal ini terjadi jika hasil analisis neraca air didapat banyak bulan-bulan yang surplus air
3. Sebagai dasar pemanfaatan air alam untuk berbagai keperluan pertanian seperti tanaman pangan – hortikultura, perkebunan, kehutanan hingga perikanan.

Neraca air lahan merupakan penggabungan data-data klimatologis dengan data-data tanah terutama data kadar air pada Kapasitas Lapang (KL), kadar air tanah pada Titik Layu Permanen (TLP), dan Air Tersedia (WHC = Water Holding Capacity). Berdasarkan Firmansyah 2010, Analisis Neraca Air Model

Thornthwaite and Matter merupakan salah satu cara analisis untuk mengetahui neraca air lahan.

2.5. Model Cropwat 8.0

Cropwat merupakan model pengembangan untuk tanah dan air oleh FAO yang merupakan sebuah model komputer untuk perhitungan kebutuhan air tanaman dan kebutuhan irigasi berdasarkan data tanah, iklim dan tanaman. Selain itu, model ini memungkinkan pengembangan jadwal irigasi untuk kondisi manajemen yang berbeda dan perhitungan penyediaan air untuk berbagai skema pola tanaman. Cropwat 8.0 juga dapat digunakan untuk mengevaluasi praktek-praktek irigasi petani dan untuk menilai kinerja tanaman di bawah kedua kondisi tadah hujan dan irigasi. Semua prosedur perhitungan yang digunakan dalam Cropwat 8,0 didasarkan pada dua publikasi FAO dari Irigasi dan Drainase Series, yakni, Nomor 56 " Tanaman Evapotranspirasi - Pedoman komputasi kebutuhan air tanaman " dan No 33 berjudul " hasil respon air ". Dalam model ini terdapat beberapa fitur, antara lain yaitu:

1. Masukan data iklim bulanan, harian, tahunan untuk perhitungan evapotranspirasi acuan (ET_o).
2. Kompatibilitas untuk memungkinkan penggunaan data dari database climwat.
3. Kemungkinan untuk memperkirakan data iklim dalam ketiadaan nilai yang terukur.
4. Penghitungan tahunan dan harian kebutuhan air tanaman berdasarkan algoritma perhitungan diperbarui termasuk penyesuaian nilai koefisien tanaman.
5. Perhitungan kebutuhan air tanaman dan penjadwalan irigasi untuk padi dan padi gogo, menggunakan prosedur baru dikembangkan untuk menghitung kebutuhan air termasuk periode penyiapan lahan.
6. Jadwal irigasi disesuaikan pengguna interaktif.
7. Presentasi grafis dari input data, kebutuhan air tanaman dan jadwal irigasi.

Dalam menentukan ET_o, Cropwat 8.0 menggunakan metode *Penman-Monteith*, selain itu penghitungan kebutuhan air untuk pengolahan tanah pada aplikasi ini juga mencakup kebutuhan air pada masa pra pelumpuran dan masa pelumpuran (Anggraeni, 2012).

Selain untuk menentukan kebutuhan air irigasi dan penjadwalan irigasi tanaman, Model Cropwat juga dapat digunakan untuk penentuan jadwal tanam dan penentuan pola tanam yang akan digunakan. Dalam studi yang dilakukan Wardah, (2011). Model Cropwat dijadikan model untuk menentukan pola tanam dan waktu penanaman tanaman yang tepat untuk mengoptimalkan hasil produksi tanaman, penelitian ini dilakukan pada lahan kering di Kecamatan Kenduruan Kabupaten Tuban. Berdasarkan hasil analisisnya waktu tanam yang baik untuk daerah tersebut berdasarkan model Cropwat adalah waktu tanam pada W1 (padi, jagung, kacang tanah, *cassava*) karena mampu menghasilkan produksi yang lebih besar dibandingkan dengan waktu tanam W2 dan W3. Sedangkan pola tanamnya lebih baik menggunakan pola tanam padi-jagung-kacang tanah dibandingkan padi-jagung-jagung dan *cassava* dikarenakan ketersediaan air dalam tanah tidak mampu memenuhi kebutuhan air tanaman.

Penggunaan Model Cropwat juga dilakukan oleh Priyono (2008), untuk mengevaluasi dinamika lengas tanah dan defisit lengas tanah pada kedalaman perakaran di beberapa tanaman dengan maksud untuk menyajikan informasi yang diperlukan dalam pengambilan keputusan pada pengelolaan tanaman. Dalam studinya, Priyono menggunakan data klimatologi tahun 1998-2007 di 12 Kecamatan wilayah Kabupaten Malang. Evaluasi yang dilakukan menunjukkan kecenderungan adanya variabilitas kebutuhan air tanaman sesuai karakteristik agro-ekologinya. ETo sangat menentukan kebutuhan air tanaman disamping kapasitas simpanan air tanah dan besarnya hujan yang dapat diterima tanah. Kebutuhan air tanaman sangat penting sebagai pertimbangan pemilihan model pola tanam, agar tidak mengalami reduksi produksi potensial yang besar. Kendala utama pertanian lahan kering adalah terbatasnya ketersediaan air bagi tanaman.