I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Secara alami, hujan yang jatuh ke permukaan bumi akan mengalami berbagai jalur distribusi, seperti infiltrasi ke dalam tanah, evaporasi kembali ke atmosfer, intersepsi oleh tajuk vegetasi, serta aliran di atas permukaan tanah yang dikenal sebagai limpasan permukaan (*surface runoff*). Dari proses-proses tersebut, infiltrasi memegang peran penting dalam mendukung ketersediaan air tanah dan menjaga keseimbangan neraca air di suatu wilayah. Namun demikian, dinamika penggunaan lahan menjadi salah satu faktor utama yang dapat mengganggu proses hidrologis alami tersebut. Alih fungsi lahan, seperti konversi hutan menjadi lahan pertanian dan kawasan pemukiman, berdampak langsung terhadap peningkatan laju limpasan permukaan. Vegetasi alami yang sebelumnya berfungsi sebagai penghambat aliran air dan penopang infiltrasi digantikan oleh permukaan yang lebih kedap atau memiliki tutupan yang rendah, sehingga air hujan tidak sempat terserap optimal ke dalam tanah.

Siklus air dari hujan sebagai masukan air di permukaan tanah, hingga evaporasi, transpirasi, dan limpasan permukaan akan berlangsung secara terus menerus dan berada dalam keseimbangan. Siklus ini dikenal sebagai siklus hidrologi. Terjadinya perbedaan curah hujan dari waktu ke waktu dan pada berbagai wilayah yang berbeda, menyebabkan siklus yang bervariasi, karena curah hujan sebagai aliran masuk. Namun, selama faktor yang mempengaruhi tetap, siklus tersebut akan tetap seimbang, dan akan terjadi ketidakseimbangan jika terjadi perubahan pada faktor yang berpengaruh pada siklus tersebut.

Ketidakseimbangan pada siklus ini menyebabkan berbagai gangguan dalam siklus hidrologi di suatu wilayah. Misalnya banjir, kekeringan, pengendapan dan pendangkalan pada badan air seperti Sungai dan waduk, hingga erosi dan longsor. Perubahan yang terjadi terhadap faktor yang mempengaruhi siklus ini dipercepat seiring dengan pertumbuhan penduduk di suatu wilayah. Dengan semakin terbatasnya kualitas dan kuantitas sumber daya, sehingga diperlukan pengelolaan untuk mengatasi permasalahan yang terjadi.

Simpanan air berperan sangat penting bagi suatu ekosistem, dimana air tanah merupakan suatu faktor penting dalam pertumbuhan tanaman. jumlah simpanan air dapat berubah setiap waktu, sehingga memungkinkan di suatu tempat dapat mengalami kelebihan (surplus) atau kekurangan air (devisit). Menurut konsep siklus hidrologi, simpanan air dipengaruhi oleh jumlah air yang masuk dan keluar dari suatu kawasan pada jangka waktu tertentu. Neraca masuk dan keluarnya air pada suatu lahan disebut dengan neraca air atau *water balance*.

Neraca air merupakan suatu penjabaran tentang hubungan antara aliran masuk (*in flow*) dan aliran keluar (*out flow*) pada periode tertentu dari proses sirkulasi air (Paski et al., 2018). Curah hujan, evapotranspirasi, serta sifat fisik tanah merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan simpanan air dalam tanah. Neraca air lahan adalah neraca air yang digunakan pada lahan pertanian dan bermanfaat sebagai pertimbangan dalam penentuan tanaman, pengaturan musim tanam, serta irigasi. Pengukuran neraca air dapat dimanfaatkan untuk mengevaluasi perubahan ketersediaan air tanah dan penggunaan air tanah oleh tanaman secara kuantitatif.

Terjadinya perubahan pola hujan menyebabkan berubah pula kemampuan tanah dalam menyimpan air. Hal tersebut menyebabkan pola kegiatan pertanian perlu untuk disesuaikan, sehingga kegiatan pertanian dapat dilakukan pada waktu yang tepat guna memaksimalkan hasil pertanian. Penelitian ini membahas tentang simpanan air tanah pada berbagai penggunaan lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS) kali Gunting, Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan periode devisit dan surplus air, pendugaan kemampuan simpanan air tanah pada perubahan tata guna lahan, serta sebagai pedoman dalam penentuan masa penanaman serta dalam kegiatan konservasi untuk meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air.

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui simpanan air tanah pada berbagai penggunaan lahan untuk menentukan kemampuan penyimpanan air tanah paling baik, mengetahui periode devisit dan surplus air dalam tanah, serta menentukan faktor yang berperan dalam menentukan kemampuan tanah dalam menyimpan air.

1.3 Rumusan Masalah

- a. Penggunaan lahan manakah yang memiliki kemampuan menyimpan air tanah paling baik?
- b. Kapan periode defisit dan surplus air pada masing-masing lahan?
- c. Apa saja faktor yang mempengaruhi simpanan air tanah?

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai referensi bagi petani dalam pelaksanaan kegiatan pertanian khususnya penentuan masa penanaman serta kegiatan konservasi tanah dan air.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Simpanan Air Tanah

Simpanan air dalam tanah merupakan besaran air yang mampu disimpan di dalam pori tanah dalam kurun waktu tertentu. Simpanan air pada tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya kedalaman tanah efektif, sebaran ruang pori tanah, serta distribusi partikel tanah yang seimbang, antara pasir, debu, serta liat (Sari & Priyono, 2019).

Besarnya simpanan air tanah sangat bergantung kepada curah hujan, infiltrasi, limpasan (*run off*), kondisi geologi, dan vegetasi lahan. Air hujan yang melalui proses infiltrasi hingga masuk ke dalam tanah disebut sebagai *recharge*, dan besarnya sangat tergantung pada permeabilitas tanah, tutupan vegetasi, serta perubahan iklim (Taylor, et al., 2013).

2.2 Neraca Air

Neraca air dapat diartikan sebagai penjabaran tentang hubungan antara aliran yang masuk (*in flow*) dan aliran keluar (*out flow*) pada waktu tertentu dari proses sirkulasi air (Paski et al., 2018). Paski, et al. (2018) menambahkan, pengukuran neraca air dapat dimanfaatkan untuk mengevaluasi perubahan ketersediaan air dalam tanah dan penggunaan air tanah oleh tanaman secara kuantitatif. Penghitungan neraca air dapat digunakan untuk mengantisipasi resiko terjadinya kerugian pada kegiatan pertanian karena kekurangan air, serta sebagai upaya dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air (Perwitasari, 2016).

Input atau masukan air ke dalam suatu sistem hidrologi umumnya didominasi oleh presipitasi, salah satunya adalah hujan. Sementara itu, output atau keluaran air mencakup evapotranspirasi, yaitu penguapan air dari permukaan tanah dan air serta transpirasi tanaman; aliran permukaan, yaitu aliran air yang dihasilkan hujan yang tidak terserap oleh tanah, sehingga dialirkan ke Sungai, danau, atau laut; dan aliran bawah permukaan, yaitu keluarnya air dari sistem melalui pori tanah (Rodell, et al., 2018). Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi neraca air adalah curah hujan, evapotranspirasi, serta karakteristik tanah lainnya.

2.2.1 Curah Hujan

Curah hujan dan ketersediaan air tanah adalah dua faktor yang berhubungan dan sangat penting bagi kegiatan budidaya pertanian. Ketersediaan air tanah sangat menentukan tingkat keberhasilan dalam budidaya tanaman semusim, sehingga penentuan waktu budidaya dengan menyesuaikan ketersediaan air menjadi hal yang penting (Servina, 2019). Curah hujan adalah bentuk presipitasi yang paling sering dijumpai di Indonesia. Presipitasi dapat berbentuk sebagai padat (es) atau cair yang jatuh ke permukaan bumi (Ikrimah, 2024). Curah hujan berpengaruh dalam perhitungan neraca air, karena curah hujan sebagai sumber masukan air terbesar pada suatu lahan. Jumlah curah hujan pada suatu wilayah mempengaruhi besarnya sumberdaya air pada lokasi tersebut (Taufik et al., 2019)

Curah hujan merupakan komponen utama dalam siklus hidrologi, yang secara langsung berperan sebagai masukan air tanah melalui proses infiltrasi dan perkolasi. Distribusi dan besarnya curah hujan menentukan jumlah air yang menjadi masukan air tanah. Curah hujan tinggi namun tanpa diimbangi dengan kemampuan infiltrasi yang baik, menyebabkan limpasan permukaan akan sangat besar sehingga potensi air yang dapat tersimpan akan menurun, serta limpasan permukaan dapat menyebabkan kerusakan yang lebih besar. Intensitas dan distribusi curah hujan yang merata dapat meningkatkan potensi infiltrasi ke dalam tanah dan memperbesar potensi masukan air tanah dengan optimal (Handoko, *et. al.*, 2020).

2.2.2 Evapotranspirasi

Tanaman memerlukan air untuk melakukan proses pertumbuhan dan perkembangan. Air yang dibutuhkan tanaman akan mengalami proses penguapan. Proses penguapan tersebut lah yang akan mengubah molekul air dari keadaan cair menjadi bentuk gas atau uap air, proses penguapan tersebut dinamakan evapotranspirasi. Evapotranspirasi merupakan penjumlahan nilai dari proses penguapan air bebas atau disebut dengan evaporasi, dengan penguapan air melalui tubuh tanaman, yang disebut transpirasi (Noerhayati, 2015)

Evaporasi adalah kehilangan air dari tubuh air yang terbuka, seperti danau, waduk, lahan basah, atau lahan terbuka. Transpirasi adalah kehilangan air dari tanaman yang hidup. Evapotranspirasi berperan sebagai mekanisme pengendali utama dalam keseimbangan hidrologi dalam tanah, terutama di wilayah tropis,

misalnya di Indonesia yang memiliki curah hujan tinggi tetapi memiliki potensi evaporasi yang juga besar. Laju evapotranspirasi sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor iklim, yaitu temperatur, radiasi matahari, kelembaban udara, dan kecepatan angin (Fibriana, *et. al.*, 2018).

Menurut Supangat (2016), setiap jenis tanaman hutan memiliki nilai evapotranspirasi yang berbeda, sehingga tata air di suatu wilayah memiliki fungsi yang berbeda juga. Evapotranspirasi juga memiliki pengertian lain yaitu dimana proses penguapan yang terjadi di suatu permukaan tanah dan tanaman yang tumbuh di permukaan lahan tersebut (Baruga *et al.*, 2020).

2.2.3 Karakteristik Tanah yang Mempengaruhi Kemampuan Tanah dalam Menyimpan Air

Sifat tanah memberikan dampak terhadap neraca air, karena sifat tanah mempengaruhi kemampuan tanah pada suatu lahan dalam menyerap, menyimpan, serta meloloskan air dari dalam tanah. Sifat-sifat tanah yang berpengaruh terhadap neraca air diantaranya adalah:

a. Bahan Organik Tanah

Bahan organik adalah salah satu unsur pembenah tanah yang mampu memperbaiki karakteristik fisika, kimia, dan biologi tanah (Harista & Soemarno, 2017). Peningkatan jumlah bahan organik tanah dapat meningkatkan pori mikro dan jumlah pori makro menurun, sehingga rasio tata udara dan air dalam tanah menjadi lebih baik. Hal ini dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam mempertahankan air (Nita *et. al.*, 2015).

Kapasitas tanah dalam menyimpan air bergantung pada porositas dan kandungan bahan organik tanah yang ada di dalamnya. Bahan organik tanah (BOT) yang tinggi berperan terhadap ketersediaan air yang tinggi pula, hal ini karena bahan organik dalam tanah memiliki jumlah pori yang lebih tinggi dibandingkan partikel mineral, sehingga luas permukaan serapan menjadi lebih banyak, maka semakin tinggi kadar bahan organik tanah, semakin tinggi juga kemampuan penyimpanan air tanah (Hasibuan, 2015). Kemampuan bahan organik dalam mengikat air dapat mengurangi

terjadinya perkolasi dan evaporasi sehingga air dapat tersimpan lebih banyak di dalam tanah (Khoirunnisa et al., 2021).

Sumber bahan organik dapat berasal dari pupuk organik, vegetasi, serta tumbuhan penutup tanah yang tumbuh pada suatu lahan. Selain faktor tersebut, kondisi aerob dan anaerob juga berpengaruh terhadap pelapukan bahan organik. kondisi aerob dan anaerob erat hubungannya dengan penggunaan lahan. Pelapukan/dekomposisi bahan organik lebih cepat terjadi pada kondisi aerob karena pada kondisi aerob, sirkulasi oksigennya lebih baik dibandingkan dengan kondisi anaerob (Saraswati & Praptana, 2017).

b. Porositas

Pori total (porositas) tanah adalah ruang antara butiran partikel tanah yang umumnya udara akan menempati pori kasar atau makro dan pori kecil ditempati air. Persentase pori tanah adalah bagian ruang dari tanah yang diisi oleh udara dan air (salawangi, *et. al.*, 2020). Pori di dalam tanah menjadi penentu laju infiltrasi tanah, karena semakin besar pori di dalam tanah akan menyebabkan semakin cepat pula laju infiltrasi tanah.

Tanah yang porous berarti tanah tersebut cukup mempunyai ruang pori untuk pergerakan air tanah dan udara bergerak secara bebas di dalam tanah. Porositas tanah dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu kandungan bahan organik, struktur tanah, dan tekstur tanah. Tanah dengan tekstur berpasir lebih sulit untuk menahan air sehingga tanah cepat kering, ini dikarenakan pada tanah-tanah pasir jumlah pori-pori kasar lebih banyak. Persentase volume yang ditempati oleh pori-pori kecil, dalam tanah berpasir lebih rendah, sehingga disimpulkan memiliki kapasitas memegang air yang rendah, (Delsiyanti, *et. al.*, 2016)

Tanah dengan struktur granuler atau butiran, mempunyai persentase porositas yang lebih tinggi daripada tanah dengan struktur masif (pejal). Tanah dengan tekstur berpasir banyak mempunyai pori makro sehingga sulit menahan air lebih banyak. Porositas juga dipengaruhi oleh bahan organik tanah, struktur, serta tekstur tanah. Tanah dengan tekstur yang cenderung

kasar biasanya lebih sulit untuk menahan air, karena memiliki ukuran pori yang lebih besar (Handayani, *et. al.*, 2022)

c. Tekstur tanah

Tekstur tanah adalah perbandingan relatif fraksi tanah, antara fraksi pasir, debu, dan liat. Kelas tekstur tanah dikelompokkan berdasarkan perbandingan banyaknya jumlah pasir, debu dan liat dalam persen. Tanah-tanah yang bertekstur pasir mempunyai luas permukaan yang kecil, sehingga lebih sulit menahan air dan unsur hara. Tanah-tanah dengan tekstur liat mempunyai luas permukaan yang lebih besar dibandingkan tanah dengan teksur kasar (berpasir), sehingga kemampuan tanah dalam menahan air dan menyediakan unsur hara tinggi (Bintoro, *et. al.*, 2017).

Tekstur tanah diketahui menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi kemampuan tanah dalam menahan air, porositas tanah, permeabilitas tanah, dan sifat tanah lainnya. Tanah dengan tekstur kasar dapat meningkatkan laju infiltrasi dan permeabilitas tanah, sehingga jumlah air yang masuk ke dalam tanah semakin tinggi. Tekstur tanah mempengaruhi kemampuan tanah menahan air, pada tekstur berliat, tanah cenderung memiliki kemampuan lebih besar dalam menahan air dibandingkan tanah dengan teksur berpasir, hal ini berhubungan dengan luas permukaan partikelnya (Faiz & Prijono, 2021)

2.3 Vegetasi

Vegetasi memiliki peran penting dalam proses hidrologi, terutama mempengaruhi infiltrasi dan evapotranspirasi. Latuamury, *et. al.* (2020) menyebutkan bahwa kerapatan vegetasi memiliki hubungan kuat dengan karakteristik resesi hidrograf di kawasan daerah aliran Sungai (DAS). Kawasan yang memiliki kerapatan vegetasi tinggi menunjukkan karakteristik aliran dasar yang lebih stabil. Sistem perakaran tanaman pohon tepat meningkatkan proses granulasi tanah yang merupakan hal penting untuk menjaga kestabilan struktur pada tanah (Cahyaningrum, *et. al.*, 2023). Cahyaningrum, *et. al.*, (2023) menambahkan bahwa granulasi tanah dapat meningkatkan porositas serta kemampuan tanah dalam menyimpan air.

Terjadinya perubahan penggunaan lahan berdampak pada terjadinya penurunan indeks aliran dasar, yang menunjukkan semakin rendah tutupan vegetasi, maka semakin kecil kontribusi air tanah terhadap aliran sungai, yang berarti penurunan kapasitas penyimpanan air tanah (Yusuf, *et. al.*, 2021).

2.4 Intersepsi

Aliran batang dan hujan lolos tajuk adalah dua parameter penyusun intersepsi, yaitu -proses yang sangat penting saat hujan jatuh pada kawasan hutan atau bervegetasi. Intersepsi juga dapat dikatakan sebagai proses terhambatnya air hujan oleh tajuk tanaman, yang sebagian akan diupkan kembali menuju atmosfer. Besarnya intersepsi dipengaruhi oleh jenis vegetasi, kerapatan tajuk, serta intensitas dan durasi hujan (Asdak, 2023).

Aliran batang (*stemflow*) merupakan bagian dari air hujan yang jatuh pada bagian pohon, lalu mengalir menyusuri batang pohon hingga mencapai permukaan tanah. Meskipun proporsi aliran batang terhadap total curah hujan umumnya relatif kecil, proses ini berperan penting dalam mengarahkan air ke pangkal pohon, sehingga dapat meningkatkan infiltrasi. Aliran batang dipengaruhi oleh fisiografi pohon dan intensitas hujan yang terjadi. Tanaman pohon dengan batang yang lebih besar, memiliki potensi aliran batang yang lebih besar dibandingkan dengan tanaman semusim atau Semak (Ata, *et.al.*, 2015). Aliran batang ini dianggap berperan dalam mempertahankan kelembapan tanah di sekitar akar dan mendukung input dalam siklus hidrologi.

2.5 Limpasan permukaan

Limpasan permukaan (*runoff*) adalah bagian dari air hujan yang tidak terinfiltrasi ke dalam tanah sehingga mengalir di atas permukaan tanah menuju sungai atau badan air lain. Limpasan permukaan sangat dipengaruhi oleh intensitas hujan, kelerengan, penggunaan lahan, tekstur tanah, dan vegetasi pada suatu lahan. Perubahan tutupan lahan dari hutan menjadi permukiman serta lahan pertanian menyebabkan perubahan yang signifikan terhadap nilai limpasan (Nurhamidah, *et. al.*, 2018). Nurhamidah *et. al.*, (2018) menambahkan bahwa perubahan nilai limpasan ini dapat mengakibatkan masalah banjir di kawasan hilir daerah aliran Sungai.

Terjadinya bencana banjir, yang diawali oleh limpasan permukaan terjadi karena proses peresapan air ke dalam tanah terhambat karena rendahnya infiltrasi, sedangkan intensitas hujan yang turun melebihi kemampuan laju infiltrasi tanahnya, sehingga terbentuk aliran permukaan (Rizkiah, 2015).

2.6 Perkolasi

Perkolasi tanah adalah proses pergerakan air ke bawah melalui pori-pori tanah setelah terjadinya infiltrasi. Perkolasi merupakan tahap lanjutan dalam siklus hidrologi yang sangat penting karena perkolasi meloloskan sejumlah air yang melebihi kemampuan tanah dalam menyimpan air. Perkolasi dipengaruhi oleh tekstur, permeabilitas, tebal lapisan tanah bagian atas, dan jenis tutupan lahan (Takaendengan & Abas, 2021). Perkolasi akan terjadi jika kadar air maksimum kapasitas lapang telah tercapai. Menurut Ahmad, *et. al.*, (2022), bahwa perkolasi tidak akan tercapai jika porositas pada zona tidak jenuh belum terisi air secara maksimal.

Laju perkolasi yang tinggi umumnya ditemukan pada tanah bertekstur kasar seperti pasir, karena memiliki pori makro yang besar. Sebaliknya, tanah berliat dengan pori-pori halus cenderung memiliki perkolasi lambat, sehingga memperbesar peluang terjadinya genangan atau limpasan permukaan. Laju perkolasi pada tanah yang memiliki tekstur lempung berat dengan karakteristik pengolahan yang baik, laju perkolasinya dapat mencapai 1-3mm per hari, dan pada tanah yang lebih ringan, laju perkolasinya dapat menjadi lebih cepat (Bella, *et. al.*, 2018). Laju perkolasi dapat ditingkatkan dengan pengelolaan tutupan lahan dan vegetasi.

2.7 Sistem Informasi Geografis

Sistem informasi geografis (SIG) merupakan suatu sistem yang digunakan sebagai sarana pengumpulan dan pengolahan data, serta penyampaian informasi dalam koordinat keruangan secara manual maupun digital. Data yang digunakan dalam sistem ini yaitu data yang mengacu pada lokasi geografis. SIG adalah suatu alat berbasis komputer yang dimanfaatkan untuk meneliti dan memetakan hal-hal yang ada di muka bumi. Sistem informasi geografis adalah suatu sistem yang dipergunakan untuk membantu dalam merencanakan

pembangunan daerah, pendataan sumber daya alam, pengawasan daerah rawan bencana, dan sebagainya (Kurniawati, *et. al*, 2020).

SIG dapat digunakan untuk melakukan tumpang susun (*overlay*) antara parameter-parameter penting seperti curah hujan, tutupan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng untuk menghasilkan data dan media pendukung untuk pelaksanaan kegiatan penelitian. Metode overlay dilakukan dengan menggabungkan data parameter-parameter yang berpengaruh dalam penelitian, sehingga diperoleh data kesatuan dari penyusunan parameter-parameter yang terlibat (Subardjo & Ario, 2015)

2.8 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Hutan sekunder memiliki kemampuan menyimpan air paling baik, dilanjutkan dengan Agroforestri pinus-kopi, pinus monokultur, dan tanaman semusim.
- b. Periode devisit terjadi pada puncak musim kemarau, yang terjadi sekitar bulan Agustus hingga September. Sedangkan periode surplus akan terjadi sekitar bulan Februari hingga April.
- c. Simpanan air tanah dipengaruhi oleh bahan organik tanah, sebaran ruang pori, serta distribusi ukuran fraksi dan partikel tanah yang seimbang, antara partikel pasir, debu, dan liat.