



MEKANISME TERJADINYA HUJAN DAN PENGARUHNYA TERHADAP LINGKUNGAN

Gita Ayu Windari* dan Sudarti

*Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember
Jalan Kalimantan Tegalboto No. 37, Kec. Sumpalsari, Kab. Jember, Jawa Timur 68121*

* Korespondensi penulis: ginaayu0404@gmail.com

ABSTRAK

Hujan merupakan suatu proses penguapan yang terjadi di permukaan bumi baik dari air, tumbuhan, maupun tanah. Proses terjadinya hujan berkaitan dengan siklus air. Siklus ini menyebabkan air turun dari atmosfer ke permukaan bumi. Keberadaan hujan ini dapat memberikan dampak pada kehidupan serta lingkungan di bumi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis mekanisme terjadinya hujan dan pengaruhnya terhadap lingkungan. Metode yang digunakan adalah tinjauan terhadap referensi atau tinjauan pustaka dari berbagai penelitian sebelumnya berkaitan dengan mekanisme hujan beserta dampaknya terhadap lingkungan, yang diseleksi, dikumpulkan, dan dipadukan hingga menghasilkan suatu simpulan yang diinginkan. Berdasarkan hasil penelitian melalui kajian literatur sebanyak 14 artikel, didapatkan bahwa mekanisme curah hujan diurnal, baik untuk skala regional, puncak perpindahan curah hujan dari laut ke darat berhubungan dengan angin darat dan angin laut, dan hujan memiliki dampak terhadap lingkungan, salah satunya adalah menyebabkan tanah longsor, yang merupakan contoh khas erosi berbasis gravitasi.

Kata Kunci: Hujan, Lingkungan, Mekanisme Hujan, Pengaruh Hujan

1. Pendahuluan

Indonesia terletak tepat di garis khatulistiwa sehingga terdapat dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Kedua musim ini memberikan dampak positif dan negatif terhadap kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan di tanah air. Hujan merupakan salah satu sumber air bumi, dan jika dibiarkan dalam jangka waktu yang lama, kita tidak akan bisa hidup tanpa air. Seiring berjalannya waktu, terjadi bencana seperti banjir, tanah longsor, dan erosi tanah yang berdampak negatif terhadap makhluk hidup dan lingkungan. Hujan merupakan fenomena turunnya air ke permukaan bumi. Hujan juga merupakan bagian dari siklus biologis dan terbentuk dari penguapan air laut dan air darat yang naik dari permukaan bumi, dibawa ke atmosfer oleh angin, kemudian mengembun dan akhirnya jatuh ke daratan atau permukaan. Laut itu seperti air hujan. Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi ada yang diserap tanaman, ada yang menguap dan kembali ke atmosfer, ada pula yang mengalir ke darat, meresap ke bawah tanah, masuk ke sungai, dan mengalir menuju laut [1].

Curah hujan adalah jumlah air hujan yang jatuh selama periode waktu tertentu yang diukur menggunakan satuan tinggi di atas permukaan tanah horizontal yang diasumsikan tidak ada infiltrasi, *runoff*, atau evaporasi. Curah hujan, juga disebut presipitasi, adalah jumlah air hujan yang turun di tempat tertentu dalam satuan waktu tertentu. Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu, seperti hari, minggu, bulan, atau tahunan. Curah hujan diukur dengan satuan tinggi milimeter (mm) di atas permukaan horizontal. Hujan juga dapat didefinisikan sebagai tingkat air hujan yang terkumpul di area datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir [2].

Musim hujan merupakan bagian integral dari siklus alam, membawa manfaat dan tantangan bagi ekosistem. Penting untuk memahami dan mengelola dampak untuk menjaga lingkungan tetap seimbang dan berkelanjutan. Upaya konservasi, pengurangan risiko bencana, dan adaptasi perlu ditingkatkan lebih lanjut untuk melindungi ekosistem dari dampak ekstrem musim hujan dan mendorong keberlanjutan jangka panjang.



Saat hujan di musim panas, limpasan panas dari permukaan yang kedap air mengalir ke danau-danau perkotaan, sehingga menciptakan perang suhu permukaan. Proses tersebut pada akhirnya menimbulkan efek jangka pendek melalui perkembangbiakan *cyanobacterial* di danau tropis dan efek jangka panjang berupa perubahan struktur danau dan kelimpahan spesies. Memahami proses pertukaran panas antara permukaan bumi, permukaan bawah bumi, dan limpasan permukaan serta mengungkap mekanisme pembentukan air hidrotermal merupakan kepentingan ilmiah yang besar [3].

Air secara umum diakui sebagai komponen utama kehidupan dan pengatur pembangunan suatu negara. Oleh karena itu, hal ini perlu dikelola dan diukur melalui penerapan alat-alat yang mendukung pengambilan keputusan dan proses manajemen. Di antara alat-alat tersebut, model hidrologi, terutama model konversi curah hujan-limpasan, pengisian ulang, dan evapotranspirasi, telah muncul selama tiga dekade terakhir. Fokus utama pemodelan hidrologi adalah mereproduksi aliran seakurat mungkin [4].

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi, dan curah hujan yang ekstrim seringkali menjadi penyebab utama terjadinya bencana banjir. Oleh karena itu, model curah hujan-limpasan penting untuk mempelajari proses hidrologi di wilayah sungai dengan tujuan mencegah bencana banjir [5].

Urbanisasi telah menjadi aktivitas antropogenik utama di seluruh dunia, yang menyebabkan perubahan signifikan pada suhu dan curah hujan di dalam dan sekitar wilayah perkotaan. Penelitian oleh Huang dkk. juga menunjukkan bahwa curah hujan bervariasi secara asimetris dari ringan hingga ekstrim, menyebabkan banjir dan kekeringan di berbagai belahan dunia. Namun, sejauh mana urbanisasi mempengaruhi perubahan asimetris pada curah hujan perkotaan dan kekeringan masih belum jelas [6]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis mekanisme terjadinya hujan dan pengaruhnya terhadap lingkungan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan tinjauan terhadap referensi atau tinjauan pustaka dari berbagai penelitian yang dikumpulkan dan dipadukan hingga menghasilkan hasil yang diinginkan. Tinjauan literatur ini memberikan kerangka kerja yang menggabungkan hasil baru dan hasil sebelumnya untuk mengidentifikasi temuan penelitian pada topik tertentu. Pertanyaan penelitian diidentifikasi dengan mencari dan menganalisis literatur yang relevan menggunakan pendekatan sistematis. Dua puluh dua makalah yang relevan digunakan dalam penelitian ini. Penulis mempelajari beberapa literatur dan jurnal serta menganalisis literatur tersebut melalui perbandingan. Data pencarian literatur ini diperoleh dari kutipan jurnal dan artikel yang dikumpulkan antara tahun 2013 hingga 2021 melalui *database* Google Scholar, dan *website* jurnal dan artikel yang tersedia. Penelitian ini menggunakan teknik studi kepustakaan atau *literature review*, yaitu mengkaji permasalahan dengan menggunakan berbagai literatur. Literatur yang dikumpulkan terdiri dari jurnal, artikel, dan buku yang relevan.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan kajian literatur terhadap 14 artikel yang telah dikumpulkan dan diseleksi yang berkaitan dengan mekanisme terjadinya hujan beserta topik lainnya yang berkaitan, diperoleh hasil dari setiap artikel yang dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Kajian Literatur Penelitian Mekanisme Terjadinya Hujan

Penulis	Hasil
Diyah Ruswanti [2]	Nilai RMSE SVM sebesar 176,374 dan neural network sebesar 22,289. Hasil keluaran RMSE menunjukkan bahwa algoritma dengan tingkat kesalahan terendah dalam memprediksi curah hujan di Kabupaten Pematang adalah algoritma jaringan saraf dengan tingkat kesalahan terendah dibandingkan dengan SVM, dan NN memiliki



Penulis	Hasil
	tingkat kesalahan terendah dalam memprediksi curah hujan di Kabupaten Pematang Jaya Kabupaten Pematang Jaya berkinerja lebih baik dibandingkan dengan SVM.
Khoirun Nikmah [7]	Setelah melakukan penelitian observasional di arsip pemerintah, mahasiswa menjadi lebih kritis dalam berdiskusi selama perkuliahan. Banyak permasalahan dan pengalaman selama observasi yang akan dibahas dalam perkuliahan.
G.A.D. Setiawati dan N.W. Ekayanti [8]	Metode permainan ilmiah tentu efektif untuk pembelajaran IPA anak usia dini. Dapat meningkatkan keterampilan sains dan hasil belajar sains, mengenalkan dan meningkatkan keterampilan dasar proses sains, serta meningkatkan konsep sains anak.
Alsafina Maratus Solikhah, dkk. [9]	Siswa sekolah dasar dapat meningkatkan minat membaca dengan memperkenalkan modifikasi e-book ke dalam pembelajarannya. E-book yang dimodifikasi dengan berbagai warna, gambar, video dan animasi dapat menarik minat siswa sekolah dasar untuk membaca dan memahami isinya. Hal ini dikarenakan siswa sekolah dasar menyukai hal-hal yang penuh warna dan bervariasi. Pemanfaatan metode pembelajaran “belajar sambil bermain” dalam pembelajaran sesuai dengan karakteristik siswa sekolah dasar yang cenderung senang bermain, dan dapat meningkatkan minat membaca.
Dewi Tamara Qothrunada dan Siti Risnayah [10]	Hujan lebat pada bulan September 2020 disebabkan oleh terganggunya pola angin di sekitar Kalimantan dan Sulawesi, kenaikan suhu permukaan laut di Indonesia, peristiwa La Niña yang aktif dan lemah, serta angin timur yang ekstrim fenomena yang disebabkan oleh gangguan angin timuran.
Novita Agnes Putrislia dan Gamaliel Septian Airlanda [11]	Produk yang dihasilkan berupa e-book dengan cerita bergambar. Media pembelajaran ini berisi materi pembelajaran bahasa Indonesia Kelas 3, Topik 3 dan Subtopik 4. Bahan ajar bahasa Indonesia meliputi proses terjadinya hujan.
D.M. Putri dan N. Handayani [12]	Awan pembawa hujan tumbuh pada pukul 09:00 hingga 10:30 UTC, memiliki reflektansi maksimum 55-60 dBz, dan diklasifikasikan sebagai awan konvektif. Rekonstruksi QPE di wilayah studi menunjukkan bahwa hujan turun selama 40 menit pada pukul 10:00 UTC dengan intensitas puncak 55,2 mm/jam.
Charles J. Tiwery dkk. [13]	Kota Masohi, Kabupaten Mulk Tengah, RT 008 Kecamatan Namasina berpenduduk 448 jiwa, terdiri dari 215 jiwa laki-laki dan 233 jiwa perempuan, atau rata-rata 4 jiwa per Kepala Keluarga (KK) dalam 115 KK.
Mardiyana Faridhatul Anawaty dan Selfi Lailiyatul Iftitah [14]	Ilmu kebumihan dan antariksa merangsang rasa ingin tahu anak karena dapat mempelajari benda-benda disekitarnya.
Nurul Fajeriana dan Darmawan Risal [15]	Hasil positif terlihat selama operasi. Selama latihan simulasi, peserta secara aktif membagikan tugas kepada



Penulis	Hasil
	masing-masing anggota kelompok, memantau dan mengevaluasi hasilnya, serta berpartisipasi aktif dalam observasi dan diskusi, sehingga mereka dapat menerima umpan balik yang saya berikan. Oleh karena itu, teknik perlindungan tanah yang baik apa yang dapat meminimalkan erosi.
Azwar, Ella Meilianda, Masimin [16]	Hujan lebat turun dalam jangka waktu lama pada bulan November dan Desember.
Reno Gumilang [17]	Aplikasi yang menggunakan teknologi <i>augmented reality</i> untuk mensimulasikan terjadinya hujan. Hal ini memudahkan guru dalam mengajar dan membantu siswa memahami proses terjadinya hujan dengan menampilkannya dalam bentuk 3D. Memahami lebih baik Melihat secara visual bagaimana proses terjadinya hujan.
Rahmawati dan Gelen Pranata [18]	Pendataan online di Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Agustus 2021.
Ismail dkk. [19]	Analisis data curah hujan pemukiman, analisis data tipe rumah dan luas atap, analisis data jumlah penduduk Malolo Desa Komala Kecamatan Podbanken Utara.

Hujan secara Umum

Peristiwa hujan didefinisikan sebagai rekaman terus menerus selama minimal lima menit di mana disdrometer mendeteksi hujan dengan intensitas lebih besar dari 0,1 mm/jam. Suatu peristiwa mungkin mengandung periode kemarau, namun satu periode kemarau terus-menerus dalam suatu peristiwa tidak boleh melebihi durasi 15 menit. Klasifikasi jenis hujan dan kualitas klasifikasinya bergantung pada instrumen yang tersedia. Pengamatan awan telah digunakan untuk klasifikasi, dimana kumulus dan kumulonimbus (stratus dan nimbostratus) dianggap sebagai sumber hujan konvektif (stratiform). Menggabungkan intensitas hujan dengan durasi hujan memberikan pendekatan lain untuk mengklasifikasikan kejadian hujan [7].

Namun, ambang batas dan variasi intensitas hujan yang berbeda biasanya digunakan dan berbagai perangkat pengukuran curah hujan dapat digunakan untuk tujuan ini. Disdrometer telah digunakan untuk menilai variasi struktur mikro hujan antara hujan konvektif dan stratiform, dan akibatnya untuk menetapkan metode klasifikasi jenis hujan. Citra satelit dan observasi radar cuaca berbasis darat mempunyai keuntungan berupa cakupan spasial yang lebih luas dan akibatnya memberikan metode alternatif untuk mengklasifikasikan hujan. Hal ini mencakup analisis struktur vertikal reflektifitas radar (Z) dan kecepatan jatuh hidrometeor, struktur horizontal, dan variasi Z, serta perluasan spasial awan dan variasi temporal dalam strukturnya [8].

Parameter Curah Hujan

Micro Rain Radars (MRRs) banyak digunakan untuk memberikan profil vertikal beberapa parameter curah hujan. Parameter ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi lapisan leleh, yaitu wilayah atmosfer tempat partikel salju dan es mencair menjadi tetesan air hujan saat jatuh ke tanah. Wilayah ini muncul dalam pengamatan radar dalam bentuk peningkatan reflektifitas radar secara lokal dan biasanya disebut sebagai pita terang. Deteksi pita terang mendukung klasifikasi jenis hujan karena pita terang biasanya muncul pada hujan stratiform, sedangkan turbulensi dan gerakan vertikal yang menjadi ciri hujan konvektif tidak memungkinkan terbentuknya pita terang. Karakteristik khusus dari pita terang memungkinkan untuk mengklasifikasikan peristiwa hujan, dan fase-fase dalam peristiwa tersebut. Selain itu, beberapa metode telah diusulkan untuk menetapkan aturan klasifikasi untuk resolusi temporal yang lebih tinggi [9].

Curah hujan dan infiltrasi sangat mengubah karakteristik tanah. Beberapa kualitas fisik tanah berubah selama curah hujan, seperti kadar udara, matriks hisapan, tekanan pori udara, dan tegangan total [10]. Kadar



volumetrik udara adalah perbandingan antara volume udara dengan volume satuan tanah dan bertambah pada saat hujan. Penyedotan matriks merupakan parameter sensitif ketika tanah tak jenuh terkena curah hujan dan pengaruhnya berbeda pada tanah dengan tingkat infiltrasi curah hujan yang bervariasi. Tekanan pori-pori udara meningkat selama curah hujan dan mengurangi kekuatan geser tanah. Lereng dengan kemiringan yang lebih besar mempunyai tekanan air pori yang lebih besar. Tegangan total merupakan analisis dasar stabilitas yang digunakan untuk menghitung faktor keamanan. Namun, semua penelitian di atas mengukur satu atau beberapa kuantitas fisik tanah dan kurang mencerminkan secara komprehensif perubahan sifat tanah selama tanah longsor [20].

Mekanisme Terjadinya Hujan

Mekanisme hujan didasarkan pada tiga peristiwa:

1. Tahap Penguapan (Evaporasi)

Dalam siklus air, penguapan terjadi ketika sinar matahari memanaskan permukaan air. Panas matahari membuat molekul air bergerak lebih cepat dan keluar sebagai gas. Setelah penguapan, molekul uap air tetap berada di udara selama sekitar 10 hari. Saat uap air naik ke atmosfer, ia mulai mendingin kembali. Ketika cukup dingin, uap air mengembun kembali menjadi air cair. Tetesan air ini akhirnya bersatu membentuk awan dan presipitasi. Penguapan dari laut sangat penting untuk produksi air tawar. Lautan merupakan sumber utama air di atmosfer, karena lebih dari 70% permukaan bumi ditutupi oleh lautan. Saat air menguap, garamnya tetap ada. Uap air tawar kemudian mengembun menjadi awan, banyak di antaranya melayang di daratan. Curah hujan dari awan tersebut memenuhi danau, sungai, dan sungai dengan air tawar [11].

2. Tahap Pengembunan atau Kondensasi

Pengembunan adalah proses terjadinya uap air menjadi cair ini kebalikan dari evaporasi, dimana air cair berubah menjadi uap. Kondensasi terjadi dalam dua cara. Udara didinginkan sampai titik embun, atau udara menjadi jenuh dengan uap air dan tidak dapat menyerap air. Awan hanyalah kumpulan tetesan air di atmosfer. Molekul-molekul dalam uap air berjauhan satu sama lain. Semakin banyak uap air terakumulasi dalam suatu awan, semakin jenuh awan tersebut dengan uap air. Awan jenuh tidak mampu lagi menampung uap air. Ketika awan menjadi jenuh dengan uap air, kepadatan atau kedekatan molekul meningkat. Uap air itu mengembun dan menjadi hujan. Udara dingin mengandung lebih sedikit uap air dibandingkan udara hangat. Inilah sebabnya mengapa iklim yang lebih hangat sering kali lebih basah dibandingkan iklim yang lebih dingin. Uap air tetap berada di udara dan tidak mengembun membentuk hujan. Daerah yang beriklim dingin mempunyai peluang terjadinya hujan lebih tinggi karena uap air lebih mudah mengembun [12].

3. Presipitasi

Curah Hujan Curah hujan terjadi di awan ketika uap air mengembun menjadi tetesan air yang lebih besar. Jika jatuhnya cukup deras maka akan jatuh ke bumi. Saat awan menjadi lebih dingin, misalnya di dataran tinggi, tetesan air dapat membeku dan membentuk es. Tergantung pada suhu awan dan tanah, kristal es ini jatuh ke tanah sebagai salju, hujan es, atau hujan. Kebanyakan hujan sebenarnya dimulai sebagai salju di atas awan. Ketika kepingan salju jatuh ke udara hangat, mereka menjadi tetesan air hujan. Partikel debu dan asap di atmosfer berperan penting dalam pembentukan presipitasi. Partikel-partikel ini, yang disebut "inti kondensasi", membentuk permukaan tempat uap air mengembun. Hal ini menyebabkan tetesan air terkumpul dan menjadi cukup besar hingga jatuh ke bumi [13].

Kesalahpahaman yang umum adalah bahwa tetesan air hujan terlihat seperti air mata. Faktanya, tetesan air hujan yang lebih kecil (lebarinya sekitar 1 milimeter) hampir berbentuk bola sempurna. Tetesan air hujan yang lebih besar (lebar 2-3 milimeter) juga berbentuk bulat, tetapi dengan lekukan kecil di bagian bawah. Ketika jatuh, bentuknya seperti kacang merah. Tetesan hujan yang sangat besar (lebih besar dari 4,5 milimeter (0,177 inci)) memiliki kelengkungan yang sangat besar dan terlihat seperti parasut. Tetesan yang sangat besar ini biasanya terpecah menjadi dua tetesan yang lebih kecil. Pembengkokan tetesan air hujan disebabkan oleh



hambatan udara. Air hujan selalu berupa air tawar, meskipun air tersebut berasal dari laut. Ini karena garam laut tidak menguap bersama air. Namun, dalam beberapa kasus, polutan di udara dapat mencemari tetesan air sebelum menyentuh tanah. Curah hujan yang dihasilkan disebut hujan asam. Hujan asam tidak secara langsung merugikan manusia, namun dapat menyebabkan pengasaman danau dan sungai. Hal ini berbahaya bagi ekosistem perairan, karena tumbuhan dan hewan seringkali tidak mampu beradaptasi dengan keasaman.

Untuk menganalisis lebih lanjut pengaruh proses curah hujan terhadap pembentukan limpasan dan proses produksi erosi dan pasir, curah hujan keempat digunakan sebagai contoh, untuk mengeksplorasi tren limpasan hujan dengan curah hujan ephemeris dalam pola pengolahan tanah yang berbeda, dan pengukuran pengurangan kecepatan limpasan [21]. Pada periode awal curah hujan, kandungan air tanah tidak jenuh, air hujan meresap dengan cepat, sehingga laju penurunan limpasan berada pada tingkat yang tinggi. Seiring berjalannya waktu, tanah secara bertahap mencapai kejenuhan, dan limpasan curah hujan tanah secara bertahap cenderung stabil, dan pada tingkat yang lebih rendah, dan efek erosi limpasan terhadap sedimen meningkat. Hal ini juga membuktikan temuan studi empiris Zhang dkk., yang melaporkan bahwa limpasan tanah dan produksi pasir masing-masing menunjukkan tren pertumbuhan linier dan kurva S, seiring dengan meningkatnya curah hujan secara ephemeris [14].

Dampak Hujan Terhadap Lingkungan

Musim hujan memberikan dampak yang besar terhadap ekosistem, membawa banyak perubahan yang dapat memberikan dampak positif maupun negatif terhadap lingkungan sekitar. Awal musim hujan ditentukan berdasarkan curah hujan 50 mm atau lebih dalam satu musim (10 hari), dan berlanjut hingga dua musim berikutnya. Permulaan musim hujan bisa lebih awal (early), sama, atau lebih lambat (kurang) dari biasanya (curah hujan normal pada tahun 1991 hingga 2020). Hal ini sesuai dengan prakiraan negara BMKG. Musim hujan memberikan manfaat air bagi masyarakat yang sebelumnya mungkin pernah mengalami krisis air minum pada musim kemarau. Musim hujan juga mengurangi frekuensi kebakaran hutan dan lahan yang biasa terjadi pada musim kemarau. Selain itu, udara menjadi lebih bersih saat musim hujan karena polutan di udara terbawa oleh air hujan. Saat musim hujan tiba, ada beberapa hal yang tidak hanya membawa dampak baik, namun juga berdampak buruk. Mengetahui dampak negatifnya memungkinkan Anda memprediksi kemungkinan risiko. Dampak negatif yang paling sering terjadi adalah banjir. Hujan bukanlah faktor utama; sistem drainase yang buruk dan kerusakan ekosistem juga harus dipertimbangkan. Hujan turun sangat deras sehingga sistem drainase tidak mampu mengalirkan air sehingga menyebabkan banjir. Bahkan curah hujan yang sangat deras dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan tanah longsor karena tanah tidak dapat menyimpan air. Musim hujan juga berdampak pada sektor pertanian dan kelebihan air pasti akan berdampak buruk pada tanaman. Dampak negatif lainnya adalah demam berdarah meningkat saat musim hujan. Lingkungan yang lembab dan banyak genangan air menjadi tempat yang nyaman bagi nyamuk untuk berkembang biak dengan cepat [15].

Tanah longsor adalah contoh khas erosi berbasis gravitasi. Hasil sedimen dari tanah longsor bervariasi tergantung pada beberapa faktor. Skala waktu perjalanan tanah longsor terhadap hasil sedimen di DAS cukup besar. Untuk menganalisis transportasi sedimen secara komprehensif, perlu dilakukan penyelidikan terhadap sejarah longsor di wilayah cekungan tersebut setidaknya selama 100 tahun sebelumnya. Hasil sedimen longsor dari tanah yang terkena gempa bumi akibat curah hujan telah dipelajari dan diukur. Salah satu model yang digunakan untuk menyatakan kontribusi tanah longsor terhadap hasil sedimen sebagai fungsi karakteristik curah hujan telah ditetapkan. Model lain yang disebut SHEETRAN dibuat untuk menganalisis dampak curah hujan terhadap tanah longsor dan transportasi sedimen. Hal tersebut diterapkan pada Cekungan Valsassina, yang merupakan lembah glasier luas dengan profil berbentuk U. Endapan permukaan yang terdapat pada lereng lembah terdiri dari material chaos dolomit berkapur dengan pecahan yang lepas dan bertepi tajam. Pengaruh curah hujan terhadap hasil sedimen terlihat jelas dan hasil sedimen meningkat seiring dengan peningkatan persentase kerikil [16].



Prediksi hujan merupakan topik penting yang terus mendapat perhatian di seluruh dunia. Hujan membawa dampak yang besar terhadap berbagai aspek kehidupan manusia baik sosial maupun ekonomi, misalnya di bidang pertanian, kesehatan, transportasi, dll. Hujan juga berdampak pada bencana alam seperti tanah longsor dan banjir [22]. Begitu besarnya dampak hujan terhadap kehidupan manusia, maka diperlukan suatu model untuk memahami dan memprediksi prediksi untuk memberikan peringatan dini di berbagai bidang/kebutuhan seperti pertanian, transportasi, dll. Pemodelan dapat dibuat berdasarkan sejarah cuaca. Datanya yang telah terekam oleh stasiun meteorologi yang tersebar di berbagai lokasi di Indonesia. Data ini disediakan oleh Badan Klimatologi, Meteorologi, dan Geofisika (BMKG) untuk dapat diakses oleh masyarakat untuk berbagai keperluan termasuk keperluan penelitian.

Curah hujan adalah istilah umum untuk uap air yang mengembun dan jatuh ke bumi dari atmosfer dalam segala bentuknya dalam siklus hidrologi. Presipitasi adalah sebutan umum untuk uap yang mengembun dan jatuh ke tanah dalam serangkaian proses siklik hidrologi. Biasanya besarnya selalu dinyatakan dalam kedalaman curah hujan (mm). Curah hujan merupakan faktor input terpenting dalam proses hidrologi karena curah hujan sungai diubah menjadi aliran baik melalui limpasan permukaan, aliran perantara, aliran bawah permukaan, maupun aliran air tanah [16]. Alat yang mengukur jumlah curah hujan yang jatuh di permukaan bumi per satuan luas disebut alat pengukur hujan. Satuan curah hujan yang umum digunakan di BMKG adalah milimeter (mm). Alat pengukur hujan ada dua macam, yaitu alat pengukur hujan umum (Obs). Atau alat pengukur hujan *non-recording* di stasiun pengamatan, dan alat pengukur hujan/alat pengukur hujan otomatis yang dapat merekam sendiri (*self-recording*). Alat pengukur hujan otomatis ada dua jenis, yaitu Alat Pengukur Hujan Otomatis Tipe Hermann, yaitu Alat Pengukur Hujan Tipe Float dan Alat Pengukur Hujan Otomatis Tipe Tipping Bucket.

Pengukuran curah hujan dengan menggunakan alat pengukur hujan Hermann dilakukan pada waktu dan periode tertentu setiap hari, termasuk pada musim cerah dan kemarau. Cara penggunaan alat pengukur hujan tipe Hermann pada saat observasi adalah sebagai berikut:

1. Buka pintu depan meteran (alat pengukur hujan tipe Hermann ini), lepaskan pin dari alasnya, dan angkat silinder jam secara perlahan dan vertikal.
2. Putar jarum jam sepenuhnya (jangan terlalu keras, jangan terlalu banyak), ambil kertas Hermann yang baru, dan tuliskan tanggal pemasangan kertas tersebut, nama stasiun, dan nama pekerja di stasiun tersebut pada sisi kiri sisi pengamat waktu.
3. Pasang pin pada silinder menggunakan klem pin yang terpasang pada silinder. Saat memasang stylus, pastikan stylus menampilkan waktu setempat atau mendekatinya.
4. Kembalikan silinder ke posisi semula dan putar perlahan silinder ke kiri dan ke kanan untuk mencocokkan waktu yang tertera pada pena dengan waktu setempat Anda. Usahakan jangan terlalu sering melakukannya.
5. Isi pena dengan tinta yang lebih ringan agar tinta tidak terlalu banyak. Anda hanya perlu mengisi bagian tersebut sebanyak tiga perempatnya untuk menghindari tumpahan tinta saat mengganti tabung atau saat cuaca lembab. Ambil 200 ml air (bisa menggunakan gelas ukur Hellmann) lalu tuangkan perlahan ke dalam corong pengukur hujan hingga air habis dan muncul garis vertikal dari 0 hingga 10 pada pena di penghujung hari. Meskipun cuaca bagus pada saat itu, meskipun hari cerah, tulishlah angka 0 pada tabung setelah setiap pekerjaan [17].

Pembahasan

Sebuah teori penting tentang pembentukan hujan yang dikemukakan oleh ahli meteorologi Swedia Bergeron pada tahun 1933 dan didukung kuat oleh Findeisen pada tahun 1938 menyatakan bahwa curah hujan, pada dasarnya, adalah pencairan es atau kepingan salju. Pertentangan dengan teori ini terletak pada kenyataan bahwa hujan juga diamati dari awan yang tidak mencapai titik beku. Di beberapa negara tropis seperti Indonesia, beberapa pengamatan telah dilakukan mengenai hujan yang berasal dari awan, yang atapnya berada jauh di bawah titik beku. Penggabungan terjadi ketika tetesan air bergabung untuk menghasilkan tetesan air yang lebih besar. Tetesan air tetap diam, biasanya karena hambatan udara. Seringkali, tetesan air yang lebih



besar dihasilkan dari tumbukan tetesan kecil selama turbulensi udara. Penggabungan berlanjut ketika tetesan air yang lebih besar ini turun, sehingga tetesan tersebut menjadi cukup berat untuk mengatasi hambatan udara dan jatuh sebagai hujan. Umumnya, penggabungan paling sering terjadi pada awan di atas titik beku. Ini dikenal sebagai proses hujan hangat. Laut dan samudera adalah sumber utama hujan, tetapi sungai dan danau juga berkontribusi terhadap hal tersebut. Panas matahari membuat air menguap [23]. Air tetap berada di atmosfer sebagai uap yang tidak terlihat hingga mengembun, mula-mula menjadi awan dan kemudian menjadi tetesan air hujan. Kondensasi terjadi ketika udara didinginkan. Curah hujan diukur menggunakan alat pengukur hujan dan jumlah curah hujan dapat diperkirakan dengan radar cuaca. Dalam penelitian langka di bidang fisika ini, dilakukan kajian empiris dan teoritis tentang transformasi energi dalam proses turunnya hujan [24].

Selain itu, melalui perbandingan tren laju penurunan limpasan tanah pada pola pengolahan tanah yang berbeda, terlihat bahwa pada periode awal, laju penurunan limpasan air hujan paling besar terjadi pada perlakuan pengolahan tanah lintas monopoli, diikuti oleh pengolahan tanah monopoli halus, sedangkan laju penurunan paling rendah ditemukan pada pengolahan tanah tanpa monopoli dan, pada akhir musim hujan, laju pengurangan limpasan hujan tanah, dalam urutan menurun, pengolahan tanah monopoli silang > pengolahan tanah halus -pengolahan tanah monopoli > pengolahan tanah tanpa monopoli [25]. Ketika St. Gerontidis dkk. mempelajari pengaruh pengolahan tanah di lereng bawah versus pengolahan tanah kontur terhadap perpindahan partikel tanah, ditemukan bahwa pengolahan tanah kontur secara efektif menghambat proses hilangnya air tanah dan pupuk. Selain itu, laju pengurangan limpasan hujan tanah menurun seiring dengan meningkatnya kemiringan lahan pertanian, yang menunjukkan peningkatan bertahap dalam limpasan dan produksi pasir akibat proses curah hujan [26].

Kemiringan, arah punggung bukit, dan intensitas curah hujan pada lahan budidaya dalam kondisi curah hujan di wilayah tanah hitam timur laut mempengaruhi produksi tanah dan proses aliran pada tingkat yang berbeda-beda, dan arah punggung bukit yang melintang secara efektif menghambat jalur migrasi aliran air, mengubah cara distribusi air hujan, dan menghambat hilangnya air yang tidak efektif [27]. Namun, dengan meningkatnya kemiringan lereng dan intensitas curah hujan, kedalaman dan laju limpasan limpasan tanah meningkat secara signifikan ($p < 0,05$), dan efek erosi hidrolis dari produksi curah hujan pada tanah juga meningkat [18]. Dampaknya ialah air hujan membawa sedimen dalam jumlah besar, sehingga memicu efek hilangnya unsur hara tanah. Arah punggung bukit yang melintang di lereng tidak hanya dapat mengurangi limpasan lereng, tetapi juga mengurangi pencucian permukaan tanah dan daya dukung sedimen, meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah, memperbaiki struktur tanah, dan mengurangi erosi tanah. Perlu dicatat bahwa peningkatan intensitas curah hujan akan meningkatkan hilangnya nitrogen dan fosfor tanah dalam berbagai cara pengolahan tanah. Namun, seiring dengan bertambahnya kemiringan tanah, daya dukung limpasan hujan terhadap nitrogen tanah mengalami penurunan, hal ini menegaskan bahwa peningkatan laju aliran produksi curah hujan tidak berpengaruh signifikan terhadap proses erosi nitrogen tanah [19]. Hasil analisis komprehensif menunjukkan bahwa pengaturan individu terhadap kemiringan lahan budidaya, arah punggung bukit, dan intensitas curah hujan mempunyai dampak yang signifikan terhadap hilangnya air tanah dan pupuk, dan tingkat pengaruhnya berkaitan erat dengan tanah itu sendiri dan cara pengaturannya. sedangkan mekanisme kombinasi multifaktor terhadap efek erosi tanah melemah [2].

4. Kesimpulan

Melalui penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa mekanisme curah hujan diurnal, baik itu untuk skala regional, puncak perpindahan curah hujan dari laut ke darat berhubungan dengan angin darat dan angin laut (darat, angin laut). Selain itu, hujan memiliki dampak terhadap lingkungan, salah satunya adalah menyebabkan tanah longsor, yang merupakan contoh khas erosi berbasis gravitasi. Hasil sedimen dari tanah longsor bervariasi tergantung pada beberapa faktor diantaranya ialah waktu, di mana untuk skala waktu perjalanan dari tanah longsor terhadap hasil sedimen di DAS cukup besar.



Referensi

- [1] W. Liu, R. Bai, X. Sun, F. Yang, W. Zhai, dan X. Su, "Rainfall and Irrigation-Induced Landslide Mechanisms in Loess Slopes: An Experimental Investigation in Lanzhou, China," *Atmosphere*, vol. 15, no. 2, 2024. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.3390/atmos15020162>.
- [2] D. Ruswanti, "Pengukuran Performa Support Vector Machine Dan Neural Network Dalam Meramalkan Tingkat Curah Hujan," *Jurnal Gaung Informatika*, vol. 13, no. 1, 2020. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.47942/gi.v13i1.455>.
- [3] Y. Luo, Y. Zhang, K. Yang, X. Zhou, dan Z. Peng, "Urban surface thermal runoff generation mechanism and scenario simulation," *Water Resources Research*, vol. 59, 2023. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.1029/2022WR033881>.
- [4] M. Aqnouy, M. Ahmed, G.T. Ayele, I. Bouizrou, A. Bouadila, dan J.E.S. El Messari, "Comparison of Hydrological Platforms in Assessing Rainfall-Runoff Behavior in a Mediterranean Watershed of Northern Morocco," *Water*, vol. 15, 2023. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.3390/w15030447>.
- [5] F. Zhou, Y. Chen, dan J. Liu, "Application of a New Hybrid Deep Learning Model That Considers Temporal and Feature Dependencies in Rainfall-Runoff Simulation," *Remote Sense*, vol. 15, 2023. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.3390/rs15051395>.
- [6] S. Huang, Y. Gan, X. Zhang, N. Chen, C. Wang, X. Gu, dkk., "Urbanization amplified asymmetrical changes of rainfall and exacerbated drought: Analysis over five urban agglomerations in the Yangtze River Basin, China," *Earth's Future*, vol. 11, 2023. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.1029/2022EF003117>
- [7] K. Nikmah, "Penerapan Metode Pembelajaran Observasi Lapangan pada Mata Kuliah Studi Arsip untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa," *ASANKA: J. Soc. Sci. Educ.*, vol. 4, no. 1, pp. 26–33, 2023. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.21154/asanka.v4i1.5912>.
- [8] G.A.D. Setiawati dan N.W. Ekayanti, "Bermain Sains Sebagai Metode Yang Efektif Dalam Pembelajaran Sains Untuk Anak Usia Dini," *Pratama Widya: J. Pendidik. Anak Usia Dini*, vol. 6, no. 2, p. 126, 2021. [Online]. Tersedia: [doi: 10.25078/pw.v6i2.2391](https://doi.org/10.25078/pw.v6i2.2391).
- [9] A.M. Solikhah, A.D. Nursanti, dan E.N.F. Qodim, "Modifikasi E-Book Sebagai Sarana Peningkatan Minat Baca Siswa Sekolah Dasar Melalui Metode Belajar Sambil Bermain," dalam *Soc. Humanit. Educ. Stud. Conf. Ser.*, 2023, pp. 731-736. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.20961/shes.v6i1.71793>.
- [10] D.T. Qothrunada dan S. Risnayah, "Tinjauan Klimatologis Kejadian Hujan Di Musim Kemarau Pada Dasarian I September 2020 Di Sulawesi Tenggara," *Jurnal Widya Climago*, vol. 2, no. 2, pp. 38-48, 2020, [Online]. Tersedia: <https://ejournal-pusdiklat.bmkg.go.id/index.php/climago/article/view/23>.
- [11] N.A. Putrislia dan G.S. Airlanda, "Pengembangan E-Book Cerita Bergambar Proses Terjadinya Hujan untuk Meningkatkan Minat Membaca Siswa di Sekolah Dasar," *J. Basicedu*, vol. 5, no. 4, pp. 2036–2044, 2021. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i4.1032>.
- [12] D.M. Putri dan N. Handayani, "Kajian Kondisi Atmosfer dan Rekonstruksi Hujan Pada Kejadian Banjir di Lamandalu Menggunakan Radar Cuaca Doppler C-Band," *J. Fis.*, vol. 10, no. 2, pp. 50–61, 2020. [Online]. Tersedia: [doi: 10.15294/jf.v10i2.26463](https://doi.org/10.15294/jf.v10i2.26463).
- [13] C.J. Tiwery, N.I.D. Magrib, dan E.P. Sahetapy, "Analisis Pemanfaatan Air Hujan dan Perencanaan Sistem Penampungan Air Hujan sebagai Pemenuhan Kebutuhan Air Rumah Tangga (Studi Kasus: Jln. Chr. M. Tiahahu, RT 008 Kota Masohi Kabupaten Maluku Tengah)," *Manumata: Jurnal Ilmu Teknik*, vol. 8, no. 1, pp. 66–74, 2022.
- [14] M.F. Anawaty dan S.L. Iftitah, "Sains Bumi Dan Antariksa Pada Anak Usia Dini," *Al Abyadh*, vol. 6, no. 1, pp. 35-40, 2023.
- [15] N. Fajeriana dan D. Risal, "Peningkatan Pemahaman Tentang Potensi Erosi: Erosivitas dan Erodibilitas Dengan Simulasi Hujan Pada Topografi dan Tutupan Lahan yang Berbeda," *Abdimas: Papua J. Community Serv.*, vol. 5, no. 1, pp. 64–74, 2023. [Online]. Tersedia: [doi: 10.33506/pjcs.v5i1.1687](https://doi.org/10.33506/pjcs.v5i1.1687).



- [16] A. Azwar, E. Meilianda, dan M. Masimin, “Kajian Pola Curah Hujan Durasi Panjang Terkait Dengan Waktu Kejadian Banjir Di Kabupaten Aceh Utara,” *J. Arsip Rekayasa Sipil dan Perenc.*, vol. 4, no. 1, pp. 39–48, 2022. [Online]. Tersedia: [doi: 10.24815/jarsp.v4i1.16723](https://doi.org/10.24815/jarsp.v4i1.16723).
- [17] R. Gumilang, “Simulasi Terjadinya Hujan Menggunakan Teknologi Augmented Reality,” *J. Teknol. Pint.*, vol. 3, no. 3, 2023.
- [18] Rahmawati dan G. Pranata, “Intensitas Curah Hujan Harian Berdasarkan Data Stasiun Meteorologi Sultan Mahmud Badaruddin II,” *J. Penelit. Fis. dan Ter.*, vol. 4, no. 1, 2022. [Online]. Tersedia: [doi: 10.31851/jupiter.v4i1.7479](https://doi.org/10.31851/jupiter.v4i1.7479).
- [19] Ismail, A. Ahmad, M.Y. Ali, dan Ma’rufah, “Pemanenan Air Hujan Sebagai Penyediaan Air Bersih Di Kabupaten Takalar,” *J. Tek. Hidro*, vol. 16, pp. 44–53, 2023.
- [20] Y. Liu, Z. Deng, dan X. Wang, “The effects of rainfall, soil type and slope on the processes and mechanisms of rainfall-induced shallow landslides,” *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 24, 2021. [Online]. Tersedia: <https://doi.org/10.3390/app112411652>.
- [21] P. Lollino, A. Ugenti, D. de Lucia, M. Parise, C. Vennari, P. Allasia, N.L. Fazio, “Failure Mechanism of a Rainfall-Triggered Landslide in Clay Slopes,” *Geosci.*, vol. 13, no. 4, 2023. [Online]. Tersedia: [doi: 10.3390/geosciences13040125](https://doi.org/10.3390/geosciences13040125).
- [22] R. Morbidelli, C. Saltalippi, J. Dari, dan A. Flammini, “A review on rainfall data resolution and its role in the hydrological practice,” *Water*, vol. 13, no. 8, 2021. [Online]. Tersedia: [doi: 10.3390/w13081012](https://doi.org/10.3390/w13081012).
- [23] T. Li, F. Ma, J. Wang, P. Qiu, N. Zhang, W. Guo, J. Xu, dan T. Dai, “Study on the Mechanism of Rainfall-Runoff Induced Nitrogen and Phosphorus Loss in Hilly Slopes of Black Soil Area, China,” *Water*, vol. 15, no. 17, 2023. [Online]. Tersedia: [doi: 10.3390/w15173148](https://doi.org/10.3390/w15173148).
- [24] W. Ghada, E. Casellas, J. Herbinger, A. Garcia-Benadi, L. Bothmann, N. Estrella, J. Bech, dan A. Menzel, “Stratiform and Convective Rain Classification Using Machine Learning Models and Micro Rain Radar,” *Remote Sens.*, vol. 14, no. 18, 2022. [Online]. Tersedia: [doi: 10.3390/rs14184563](https://doi.org/10.3390/rs14184563).
- [25] Khamidinal, “Studi Komparasi Waktu Dan Proses Terjadinya Hujan Dalam Perspektif Al Qur’an Dan Sains,” *Suhuf*, vol. 33, no. 1, pp. 95–110, 2021. [Online]. Tersedia: [10.23917/suhuf.v33i1.15246](https://doi.org/10.23917/suhuf.v33i1.15246)
- [26] M.T. Anwar, S. Nugrohad, V. Tanriyati, dan V.A. Windarni, “Rain Prediction Using Rule-Based Machine Learning Approach,” *ASSET: Adv. Sustain. Sci. Eng. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2020. [Online]. Tersedia: [doi: 10.26877/asset.v2i1.6019](https://doi.org/10.26877/asset.v2i1.6019).
- [27] E. Diniyati, D.Q. Syofyan, dan A. Mulya, “Analisis Hujan Es di Kabupaten Ngawi Berdasarkan Citra Satelit Himawari-8 dan Data Reanalisis Copernicus ECMWF,” *J. Geogr. Media Inf. Pengemb. dan Profesi Kegeografian*, vol. 18, no. 2, pp. 69–75, 2021. [Online]. Tersedia: [doi: 10.15294/jg.v18i2.28010](https://doi.org/10.15294/jg.v18i2.28010).