

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Danau

Danau merupakan wadah air dan ekosistemnya yang terbentuk secara alamiah, termasuk situ dan wadah air sejenis dengan sebutan istilah lokal (PerMenLHK,2009). Keberadaan danau sangat berpengaruh dalam membentuk keseimbangan ekologi dan tata air. Dilihat dari sudut pandang ekologi, danau merupakan ekosistem yang terdiri dari unsur air, kehidupan akuatik, daratan yang mempengaruhi tinggi rendahnya permukaan air. Selain itu, kehadiran danau dapat mempengaruhi iklim mikro dan keseimbangan ekosistem disekitar danau. Jika dilihat dari tata air, danau berfungsi sebagai reservoir yang dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan air masyarakat danau seperti perikanan, irigasi, dan sebagai daerah tangkapan air berguna dalam pengendalian banjir, dan penyuplai air tanah (Kutarga .et.al,2008).

Soegianto, (2010) mengatakan bahwa pada umumnya terdapat beberapa perbedaan keadaan antara ekosistem sungai (lotic) dengan ekosistem danau (lentik), yaitu pada sungai (1) tekanan oksigen seragam dan sedikit sekali atau sama sekali tidak didapatkan stratifikasi suhu atau kimia, (2) arus merupakan faktor pembatas atau pengendali utama, dan (3) proses-proses pertukaran antara tanah dan air relatif lebih intensif di sungai mengakibatkan ekosistem sungai bersifat lebih terbuka dan metabolisme komunitasnya bersifat heterotrofik. Secara fisiografis sungai tergolong dalam perairan air tawar umum.

Whitten, Mustafa, & Henderson, mengatakan bahwa danau secara umum terbagi atas tiga stratifikasi atau lapisan dari permukaan sampai dasar yang diakibatkan oleh perbedaan suhu. Secara singkat dijelaskan sebagai berikut.

- a. Epilimnion, yaitu daerah permukaan danau yang mempunyai suhu paling panas yang disebabkan oleh penyinaran matahari secara langsung. Namun karena adanya pengaruh angin dan arus, maka panas ini akan menyebar.
- b. Metalimnion, yaitu daerah peralihan antara lapisan epilimnion dengan lapisan hipolimnion. Suhu air pada daerah ini lebih rendah dari daerah epilimnion.
- c. Hipolimnion, adalah yang bersuhu paling rendah dari suhu lapisan yang di atasnya. Sirkulasi air dalam waktu yang lama hanya terjadi jika ada

penurunan massa air dari permukaan akibat penurunan suhu yakni pada musim dingin atau hujan dan dibantu oleh adanya angin yang keras.

Perairan danau umumnya selalu menerima limpasan air dari daerah sekitar danau, sehingga perairan selalu menerima bahan-bahan terlarut yang masuk ke perairan danau. Oleh karena itu, zat pencemar yang terdapat di danau merupakan akibat dari zat-zat yang berasal dari limpasan air yang masuk. Kualitas perairan danau sangat bergantung pada pengelolaan dan pengendalian daerah aliran sungai yang berada di atasnya. Beberapa permasalahan yang sering ditemui pada ekosistem danau di Daerah Tangkapan Air (DTA) dan Daerah Aliran Sungai (DAS) di Indonesia yaitu kerusakan lahan dan erosi yang disebabkan oleh penebangan hutan secara liar dan pengelolaan ekosistem DAS yang tidak sesuai dengan daya dukung lingkungan sehingga menyebabkan erosi dan sedimentasi, pembuangan limbah penduduk, industri, pertambangan, pertanian, yang menimbulkan pencemaran air danau (Mardiyanto, 2013). Selain itu, laju sedimentasi yang tinggi pada ekosistem danau di Daerah Tangkapan Air (DTA) disebabkan oleh kerusakan vegetasi dan kegiatan pertanian yang tidak ramah lingkungan, sedangkan pencemaran air yang lebih kompleks, baik terkait diakibatkan oleh bahan pencemar maupun sumbernya.

2.2 Status Trofik Air Danau

Penentuan status trofik air danau telah diatur oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009. Kualitas air danau dikelompokkan berdasarkan eutrofikasi yang diakibatkan oleh adanya peningkatan kadar unsur hara dalam air. Faktor pembatas sebagai penentu eutrofikasi adalah unsur Total fosfat (TP) dan Total nitrogen (N). Pada umumnya total nitrogen dan total fosfat yang terkandung dalam tumbuhan air rata-rata memiliki 0,7% dan 0,09% dari berat basah. Total fosfat membatasi eutrofikasi jika kadar total nitrogen > delapan kali dari kadar total fosfat, total nitrogen membatasi proses eutrofikasi jika kadarnya < delapan kali dari kadar total fosfat (UNEP-IETC/ILEC, 2001). Klorofil-a adalah pigmen pada tumbuhan hijau yang dibutuhkan untuk fotosintesis. Parameter Klorofil-a menandakan kadar biomassa algae, dengan perkiraan rata-rata beratnya adalah 1% dari biomassa.

Eutrofikasi disebabkan oleh adanya peningkatan kadar unsur hara terutama parameter total nitrogen dan total fosfat pada air danau. Eutrofikasi diklasifikasikan dalam empat kategori status trofik yaitu :

1. Oligotrof yaitu status trofik air danau dan/atau waduk yang mengandung unsur hara dengan kadar rendah, status ini menunjukkan kualitas air masih bersifat alamiah belum tercemar dari sumber unsur hara total nitrogen dan total fosfat.
2. Mesotrof yaitu status trofik air danau dan/atau waduk yang mengandung unsur hara dengan kadar sedang, status tersebut masih menunjukkan adanya peningkatan kadar total nitrogen dan total fosfat namun masih dalam batas toleransi karena belum menunjukkan adanya indikasi pencemaran air.
3. Eutrof yaitu status trofik air danau dan/atau waduk yang mengandung unsur hara dengan kadar tinggi, status ini menunjukkan air telah tercemar oleh peningkatan kadar total nitrogen dan total fosfat.
4. Hipereutrof/Hipertrof yaitu status trofik air danau dan/atau waduk yang mengandung unsur hara dengan kadar sangat tinggi, status ini menunjukkan air telah tercemar berat oleh peningkatan kadar total nitrogen dan total fosfat.

2.3 Total nitrogen (TN)

Total nitrogen (TN) merupakan unsur hara yang penting pada perairan untuk fitoplankton dan tumbuhan air. Total nitrogen merupakan senyawa yang dapat membatasi pertumbuhan fitoplankton dan tumbuhan air di perairan (Collos dan Berges,2003). Sumber unsur total nitrogen di alam berasal dari presipitasi atmosfer, sumber-sumber geologi, peternakan, areal pertanian dan limbah cair domestik (Ghaly and Ramakrishnan,2015).

Presipitasi N dari atmosfer berbentuk N_2 . Namun, di atmosfer juga terdapat senyawa berjumlah kecil dari senyawa ammonia (NH_3), dan senyawa total nitrogen lainnya seperti NO, N_2O , dan HNO_3 (Aneja et al., 2001). Senyawa total nitrogen yang berada di atmosfer berasal dari pencemaran udara oleh industri. Beberapa lainnya berasal dekomposisi bahan organik dan foto kimia (Chadwick dan Huryn,2005).

Senyawa total nitrogen yang berasal dari sumber-sumber geologi dihasilkan dari batuan *igneous*, batuan metamorfik, dan batu bara. Konsentrasi senyawa nitrat pada saluran air tidak hanya diperkaya dari aktivitas antropogenik, tetapi berasal dari batuan dasar yang mengandung total nitrogen yang tetap. Senyawa nitrat yang berasal dari batuan dasar dengan tingkat rendah, tetapi dapat berkontribusi terhadap eutrofikasi perairan (Holloway *et al.*, 1998).

Areal pertanian dapat menjadi sumber total nitrogen bagi lingkungan. penggunaan unsur N dalam pertanian disebabkan karena unsur tersebut merupakan salah satu makronutrien pembatas untuk hasil pertanian (Gerakish, *et al.*, 2006). Oleh karena itu pada sistem produksi pertanian paling intensif, sekitar 50-75% senyawa N yang diberikan ke areal pertanian tidak digunakan lagi oleh tanaman dan hilang melalui limpasan air hujan. (Raun and Johnson, 1999).

Air limbah domestik terdiri 99% air dan 0,1% bahan padat terambang, koloid, dan terlarut. Bahan tersebut mengandung unsur hara utama (N,P,K) pada tumbuhan. Jumlah unsur hara utama yang tidak terolah secara berturut-turut 10-100 mg/L, 5-25 mg/L, dan 10-40 mg/L, sedangkan air limbah yang diolah kandungannya lebih sedikit (Mara dan Craincross, 1989).

Aktivitas Keramba Jaring Apung menghasilkan beban pencemar yang mengandung total nitrogen (TN) dan total fosfat (TP) dari pakan dan metabolisme ikan. Tingginya TN dan TP yang dihasilkan tergantung kepada jumlah produksi ikan dan penggunaan pakan (Nguyen *et al.*, 2014).

2.4 Total fosfat (TP)

Total fosfat merupakan faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton dan tumbuhan air. Konsentrasi P pada perairan dapat menjadi salah satu indikator dalam menentukan tingkat kesuburan suatu perairan (Patty, 2014)

Senyawa fosfor di alam tidak berdiri sendiri, melainkan berkombinasi dengan senyawa lain membentuk senyawa total fosfat (TP) (Johnston and steen, 2000). Fosfor di perairan diklasifikasikan senyawa total fosfat, yang terdiri orthototal fosfat, total fosfat terlarut dan total fosfat partikulat. Total fosfat terlarut terbagi atas total fosfat organik dan total fosfat anorganik yang terdiri dari orthototal fosfat dan politotal fosfat. Senyawa total fosfat tersuspensi adalah senyawa total fosfat total dikurang total fosfat ortho terlarut (APHA-AWWA-WEF, 2012).

Senyawa total fosfat yang berbentuk partikulat atau tersuspensi merupakan suatu kompleks campuran dari molekul-molekul yang berlainan dalam bentuk pentavalent TP (Correl, 1998).

Total fosfat merupakan unsur hara pada perairan berasal dari limbah industri, domestik, aktivitas pertanian dan pertambangan batuan total fosfat serta penggundulan hutan (Ruttenberg, 2004). Pemanfaatan total fosfat dalam mendukung kegiatan manusia cukup beragam, seperti halnya informasi dari negara Eropa barat. Pada hasil penelitian penggunaan total fosfat terbesar adalah sebagai pupuk 79 %, tambahan makanan 11 %, deterjen 9%, dan penggunaan lainnya 3% (Johnston and Steen, 2000). Jika senyawa dari pentavalen TP masuk kedalam perairan, maka bentuk senyawa tersuspensi akan berubah menjadi terlarut dalam bentuk orthototal fosfat dan organik serta berbagai senyawa dari pentavalen TP akan terhidrolisis secara kimiawi dan enzimatis menjadi orthototal fosfat. Senyawa orthototal fosfat (PO_4^{-2}) yang langsung di serap oleh bakteri, alga, dan tanaman (Correl, 1998). Salah satu indikator adanya eutrofikasi pada perairan adalah munculnya fitoplankton dan tumbuhan air yang melimpah.

2.4 Kriteria Baku Mutu air

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup lampiran VI, klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 kelas yaitu :

- a. Kelas satu (I) merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b. Kelas dua (II) merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana. rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- c. Kelas tiga (III) merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

- d. Kelas empat (IV) merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2.5 Inventarisasi dan Identifikasi Sumber Pencemar

Inventarisasi dan identifikasi sumber pencemar pada suatu wilayah administrasi atau Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat diidentifikasi berdasarkan peta topografi/rupa bumi, administrasi dan tata guna lahan, sedangkan jenis dan jumlah sumber pencemar dapat diperoleh dari data Dinas Perindustrian, Perdagangan, Dinas Pertanian, Dinas Pertambangan, Dinas Kesehatan, Biro Pusat statistik, Bappeda dan lain-lain.

Pencemar merupakan bahan/material yang masuk kedalam lingkungan dan meningkatkan konsentrasi substansi tersebut di alam. Seringkali, sebenarnya alam tidak memiliki substansi tersebut sampai manusia memasukannya. Menurut sumbernya, secara umum dibagi dua yaitu *point source* dan *non point* atau *diffuse source*. Pencemar *point source* merupakan sumber tunggal yang dapat diidentifikasi yang umumnya bersifat tidak bergerak dengan volume relatif tetap seperti dari permukiman, hotel, rumah sakit, pipa pembuangan instalasi pembuangan air limbah (IPAL) kegiatan industri, pusat perdagangan, laboratorium klinik dan gedung-gedung komersial. Sumber pencemaran *non point* adalah sumber pencemar tersebar (*diffuse*) atau bukan titik (*non point source*) yang bukan berasal dari sumber tunggal teridentifikasi. Umumnya NPS dibawa oleh air limpasan (*runoff*) pada saat atau setelah terjadinya hujan. Sumber pencemar tersebut meliputi air limpasan dari berbagai macam jenis penggunaan lahan (*land based*) seperti pertanian (sawah dan perkebunan), hutan dan lahan terbangun (*built-up area*) di perkotaan.

Beban pencemar merupakan besaran satuan berat zat pencemar dalam satuan waktu (kg/hari). Metode perhitungan beban pencemaran menggunakan dua pendekatan sebagai berikut :

1. Metode perhitungan langsung dilakukan menggunakan data kadar dan debit air limbah hasil pengukuran di lapangan. Beban pencemar yang dapat dihitung dengan metode langsung tersebut adalah beban pencemar yang bersumber industri, hotel, rumah sakit serta domestik yang memiliki IPAL (*Point Source*).

2. Metode perhitungan tidak langsung dilakukan dengan menggunakan faktor emisi atau faktor *effluent*, untuk memperkirakan beban pencemar dari sumber pencemaran yang rumit untuk diukur kualitas dan kuantitasnya secara langsung. Umumnya digunakan untuk memperkirakan besarnya beban pencemar dari industri, hotel, rumah sakit serta domestik yang tidak memiliki IPAL. Selain itu, metode perhitungan tidak langsung ini juga sering digunakan untuk mengasumsikan besarnya beban pencemar dari kegiatan peternakan, perikanan, sampah serta *non point source* dari penggunaan lahan misalnya pertanian (sawah dan perkebunan), hutan dan lahan terbangun (*built-up area*) di perkotaan. (DITJEN PPKL,2017)

2.6 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan sistem yang mengutamakan pada unsur geografis, istilah geografi merupakan bagian dari spasial (keruangan) yang bermaksud persoalan tentang bumi : permukaan 2 atau 3 dimensi. Istilah informasi geografis bermakna gambaran informasi mengenai tempat-tempat yang terletak di permukaan bumi, dan informasi keterangan – keterangan (atribut) yang terdapat di permukaan bumi yang posisinya dapat diberikan dan diketahui. SIG memiliki kemampuan dalam melakukan pengolahan data yang berorientasi geografis : a. masukan b. keluaran c. manajemen data d. Analisa dan manipulasi data (Prahasta, 2005). Menurut Prahasta 2005 menjelaskan SIG dapat diuraikan menjadi beberapa sub-sistem sebagai berikut :

1. Data *Input* : merupakan sub-sistem yang berfungsi untuk mengumpulkan data, mempersiapkan, dan menyimpan data spasial (keruangan) dan atributnya dari berbagai sumber. Sub-sistem tersebut bertanggung jawab dalam melakukan konversi atau mengubah format-format data aslinya ke dalam format (*native*) agar dapat digunakan oleh perangkat SIG.
2. Data *Output* : merupakan sub-sistem yang berfungsi menyajikan atau menampilkan keluaran yang telah diekspor kedalam bentuk format yang dikehendaki. Data output yang dihasilkan berupa tabel, grafik, report, peta baik dalam bentuk *soft* dan *hard copy*.
3. Data *Management* : merupakan sub-sistem mengintegrasikan baik data spasial maupun tabel-tabel atribut terkait ke dalam sebuah sistem basis data

sedemikian rupa hingga mudah buka kembali atau di-*retrieve* (load ke memori), di-*update*, dan di-*edit*.

4. Data *Manipulation & Analysis* : merupakan bagian dari sub-sistem ini menentukan informasi yang dihasilkan oleh SIG. Selain itu, sub-sistem ini melakukan manipulasi (evaluasi dan penerapan fungsi dan operator matematis dan logika) dan permodelan data agar menghasilkan informasi yang sesuai harapan.

ArcGIS merupakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis yang dikembangkan oleh *Environmental System Research Institute* (ESRI). Perangkat lunak tersebut merupakan pengembangan ArcView 3.x dan ArcInfo 7.2 *workstation* dan diluncurkan pertama kali tahun 1999. ArcGIS memiliki sarana interaksi antara pengguna dengan sistem operasi semudah *ArcView* dan kemampuan seandal Arcinfo 7.2. ArcGis memiliki beberapa aplikasi terintegrasi, yaitu ArcMap, *ArcCatalog*, dan *ArcToolbar*

1. ArcMap adalah program aplikasi utama didalam ArcGIS yang berfungsi untuk memperlihatkan dan memanipulasi data geografis, menggambar peta, *query* (pencarian), seleksi (penyaringan), dan *editing*.
2. ArcCatalog adalah aplikasi untuk melakukan pengelolaan data GIS yang berfungsi menghapus, memberi nama, membuat peta, peninjauan data, meta data, dan lainnya.
3. ArcToolbar adalah program aplikasi untuk analisis data, otomatisasi data, penggabungan data, permodelan, konversi data, dan operasi lain terkait layer ArcGIS.

2.7 IDW (*Inverse Distance Weighted*)

Metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) adalah metode deterministik sederhana dengan memperhitungkan titik sederhananya (NCGIA,1997). Asumsi yang digunakan pada metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat dari pada yang lebih jauh. Bobot (*weight*) akan berubah secara linear sesuai dengan jaraknya pada data sampel. Bobot tersebut tidak akan dipengaruhi oleh letak dari data sampel.

Nilai Interpolasi pada IDW ini menentukan pengaruh titik-titik masukan, dimana dengan menaksir pengaruh lebih besar pada titik-titik yang lebih dekat sehingga menghasilkan permukaan yang lebih bagus. Bobot nilai rata-rata yang digunakan yaitu turunan fungsi jarak antara titik sampel dan titik yang diinterpolasi. Metode IDW menggunakan rata-rata dari data sampel sehingga dihasilkan nilai yang tidak bisa lebih kecil atau lebih besar dari data sampel. Jadi, puncak bukit atau lembah yang terdalam tidak bisa ditampilkan. Untuk mendapatkan hasil yang baik, sampel data yang digunakan harus rapat dan berhubungan dengan variasi lokal. Jika sampel yang digunakan jarang dan tidak merata maka hasil yang didapat kemungkinan besar tidak sesuai dengan yang diinginkan (Philip dan Watson, 1985). Fungsi dari pembobotan yaitu menaksir suatu nilai pada lokasi yang tidak tersampel berdasarkan jarak dan data. Berikut merupakan persamaan yang digunakan pada metode *Inverse Distance Weighted (IDW)* (Azpurua dan Ramos, 2010).

$$Z^* = \sum_{i=1}^n \omega_i z_i \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana $Z_i = (i = 1, 2, 3, 4, \dots, n)$ adalah nilai konsentrasi pencemar yang ingin diinterpolasi sejumlah titik n titik dan bobot ω (*weight*) dirumuskan sebagai berikut :

$$\omega_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=1}^n h_j^{-p}} \dots \dots \dots (2.2)$$

Nilai p merupakan nilai positif yang dapat diubah yang dinamakan nilai parameter *power* (biasa bernilai 2) dan h_j adalah jarak dari sebaran titik ke titik interpolasi yang ingin dijabarkan.

$$h_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \dots \dots \dots (2.3)$$

(x, y) adalah titik koordinat interpolasi dan (x_i, y_i) adalah koordinat untuk menentukan setiap sebaran titik. Fungsi peubah *weight* bervariasi untuk keseluruhan data sebaran titik sampel dengan nilai yang mendekati nol dimana jarak bertambah terhadap sebaran titik. (Pramono, 2008).

Penelitian (Juanita dan Nanik, 2012) yang melakukan melakukan perbandingan teknik interpolasi antara *Inverse Distance Weighted (IDW)*, *natural*

neighbor, dan *spline*. Penelitian ini membahas model simulasi banjir pada data *DEM* (*digital elevation models*). Dimana data dari DEM ekstraksi menjadi menjadi data format point dan digunakan sebagai input data proses interpolasi menggunakan 3 metode tersebut, dimana hasil interpolasi tersebut dibandingkan dari hasil citra satelit. Hasil penelitian bahwa “penggunaan metode *IDW* memberikan hasil yang lebih mirip dengan kondisi topografi daerah kajian.

2.8 Metode Mock

Metode *Mock* merupakan metode untuk memprediksi keberadaan debit air disuatu wilayah baik daerah aliran sungai (*DAS*) atau Daerah Tampung Air (*DTA*) berdasarkan konsep *water balance*. Metode *mock* merupakan salah satu metode dari sekian banyak metode untuk memprediksi debit pada suatu *DAS/DTA*. Metode *Mock* sendiri dikembangkan oleh h Dr. F. J. *Mock* berdasarkan atas daur hidrologi. Berikut merupakan data yang digunakan untuk memprediksi debit ini berupa data klimatologi dan karakteristik wilayah yang akan dikaji :

- a. Data Klimatologi meliputi Jumlah curah hujan, suhu rata-rata, kelembapan, penyinaran matahari, kecepatan angin.
- b. Data karakteristik wilayah seperti, *luas catchment area* dan penggunaan lahan.

Menurut Hesti dalam Sutrisno (2011) Proses perhitungan yang dilakukan dalam metode Fj. *Mock* sebagai berikut:

1. Perhitungan evapotranspirasi potensial

Evapotranspirasi merupakan salah satu faktor penting dalam memprediksi seberapa besar debit yang dihasilkan dari data curah hujan dan klimatologi dengan menggunakan metode *Mock*. Alasannya adalah karena evapotranspirasi ini dapat memberikan nilai yang besar untuk terjadinya debit dari suatu daerah aliran sungai. Dalam metode *mock* evapotranspirasi dihitung tentang evapotranspirasi potensial dan evapotranspirasi aktual diuraikan di bawah ini (Bappenas, 2006).

2. Perhitungan evapotranspirasi aktual

Evapotranspirasi aktual merupakan evapotranspirasi yang terjadi saat kondisi air yang tersedia terbatas. Evapotranspirasi aktual dipengaruhi oleh

permukaan tanah yang tidak tertutupi tumbuhan hijau (*exposed surface*) pada musim kemarau dan jumlah hari hujan dalam bulan yang bersangkutan.

3. Perhitungan *water surplus*

Water surplus merupakan air hujan (presipitasi) yang telah mengalami evapotranspirasi dan mengisi tampungan tanah (*soil storage*). *Water surplus* ini akan berpengaruh langsung terhadap infiltrasi atau perkolasi dan *total runoff* yang merupakan faktor dalam menghitung debit *fj.mock*.

4. Perhitungan *Run Off & Groundwater Storage*

Sebagian hujan yang turun akan terjadi perkolasi ke dalam menembus lapisan tanah dan pada akhirnya akan mengisi saluran sungai. *Run-off* dipengaruhi oleh dua faktor yaitu infiltrasi dan perubahan *groundwater storage*. Infiltrasi merupakan proses masuknya air hujan kedalam tanah dan mengalir ke permukaan air tanah.