

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penginderaan Jauh**

##### **2.1.1 Pengertian Penginderaan Jauh**

Teknologi pemotretan udara mulai diperkenalkan pada akhir abad ke 19, teknologi ini kemudian dikembangkan menjadi teknologi penginderaan jauh atau *remote sensing*. Manfaat pemotretan udara dirasa sangat besar dalam perang dunia I dan II, sehingga foto udara dipakai dalam eksplorasi ruang angkasa. Sejak saat itu penginderaan jauh dikenal dalam dunia pemetaan.

Berikut ini beberapa definisi mengenai penginderaan jauh :

1. Penginderaan jauh adalah ilmu atau seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah, atau gejala, dengan cara menganalisis data yang diperoleh atau gejala yang akan dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1990).
2. Penginderaan jauh merupakan teknik yang dikembangkan untuk memperoleh dan menganalisis tentang bumi. Informasi itu berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan oleh permukaan bumi (Lindgren,1985).
3. Penginderaan jauh dapat disebut sebagai seni atau ilmu karena perolehan informasi secara tidak langsung dilakukan menggunakan metoda matematis dan statik berdasarkan algoritma tertentu (ilmu), dan proses interpretasi terhadap citra tidak hanya berdasar pada ilmu namun juga pengalaman dan kemampuan menangkap kesan dari kenampakan objek pada citra (seni) (jensen,2000 dalam Suprayogi 2009).

##### **2.1.2 Citra Digital**

Citra (*image* atau *scene*) merupakan representasi dua dimensi dari suatu objek di dunia nyata. Dalam penginderaan jauh, citra merupakan gambaran bagian permukaan bumi sebagaimana terlihat dari ruang angkasa (satelit) atau dari udara (pesawat terbang) (Eddy Prahasta, 2008). Citra dapat diimplementasikan dalam dua bentuk yaitu analog dan digital. Salah satu bentuk citra analog adalah foto

udara atau peta foto ( *hardcopy*), sedangkan satelit yang merupakan data hasil rekaman sistem sensor merupakan bentuk citra digital.

### **2.1.3 Citra Landsat**

#### **2.1.3.1 Sistem Satelit Landsat**

Teknologi penginderaan jauh satelit dipelopori oleh NASA Amerika Serikat dengan diluncurkannya satelit sumberdaya alam yang pertama, yang disebut ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite*) pada tanggal 23 Juli 1972, menyusul ERTS-2 pada tahun 1975, satelit ini membawa sensor RBV (*Retore Beam Vidcin*) dan MSS (*Multi Spectral Scanner*) yang mempunyai resolusi spasial 80 x 80 m. Satelit ERTS-1, ERTS-2 yang kemudian setelah diluncurkan berganti nama menjadi Landsat 1, Landsat 2, diteruskan dengan seri-seri berikutnya, yaitu Landsat 3, 4, 5, 6,7 dan terakhir adalah Landsat 8 yang diorbitkan tanggal 11 Februari 2013, NASA melakukan peluncuran satelit *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM). Satelit ini mulai menyediakan produk citra open access sejak tanggal 30 Mei 2013, menandai perkembangan baru dunia antariksa. NASA lalu menyerahkan satelit LDCM kepada USGS sebagai pengguna data terhitung 30 Mei tersebut. Satelit ini kemudian lebih dikenal sebagai Landsat 8. Pengelolaan arsip data citra masih ditangani oleh *Earth Resources Observation and Science* (EROS) Center. Landsat 8 hanya memerlukan waktu 99 menit untuk mengorbit bumi dan melakukan liputan pada area yang sama setiap 16 hari sekali. Resolusi temporal ini tidak berbeda dengan landsat versi sebelumnya.

Seperti dipublikasikan oleh USGS, satelit landsat 8 terbang dengan ketinggian 705 km dari permukaan bumi dan memiliki area scan seluas 170 km x 183 km (mirip dengan landsat versi sebelumnya). NASA sendiri menargetkan satelit landsat versi terbarunya ini mengemban misi selama 5 tahun beroperasi (sensor OLI dirancang 5 tahun dan sensor TIRS 3 tahun). Tidak menutup kemungkinan umur produktif landsat 8 dapat lebih panjang dari umur yang dicanangkan sebagaimana terjadi pada landsat 5 (TM) yang awalnya ditargetkan hanya beroperasi 3 tahun namun ternyata sampai tahun 2012 masih bisa berfungsi.

Satelit landsat 8 memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Diantara kanal-kanal tersebut, 9 kanal (band 1-9) berada pada OLI dan 2 lainnya (band 10 dan 11) pada TIRS. Sebagian besar kanal memiliki spesifikasi mirip dengan landsat 7. Berikut merupakan tabel yang menjelaskan karakteristik band-band yang terdapat pada citra landsat 8.

**Tabel 2.1** Band Citra Landsat 8

<b>Band</b>	<b>Panjang Gelombang (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Sensor</b>	<b>Resolusi</b>
1	0,43 - 0,45	Visible	30 m
2	0,45 - 0,51	Visible	30 m
3	0,53 - 0,59	Visible	30 m
4	0,64 - 0,67	Near-infrared	30 m
5	0,85 - 0,88	Near-infrared	30 m
6	1,57 - 1,65	SWIR 1	30 m
7	2,11 - 2,29	SWIR 2	30 m
8	0,50 - 0,68	Pankromatik	15 m
9	1,36 - 1,38	Cirrus	30 m
10	10,6 - 11,19	TIRS 1	100 m
11	11,5 - 12,51	TIRS 2	100 m

Sumber : [Http://www.usgs.gov](http://www.usgs.gov).2013

#### 2.1.4 Interpretasi Citra

Interpretasi citra adalah proses pengkajian citra melalui proses identifikasi dan penilaian mengenai objek yang tampak pada citra. Dengan kata lain, interpretasi citra merupakan suatu proses pengenalan objek yang berupa gambar (citra) untuk digunakan dalam disiplin ilmu tertentu seperti Geologi, Geografi, Ekologi, Geodesi dan disiplin ilmu lainnya.

Tahapan kegiatan yang diperlukan dalam pengenalan objek yang tergambar pada citra, yaitu :

1. Deteksi yaitu pengenalan objek yang mempunyai karakteristik tertentu oleh sensor.
2. Identifikasi yaitu mencirikan objek dengan menggunakan data rujukan.

3. Analisis yaitu mengumpulkan keterangan lebih lanjut secara terperinci.

Pengenalan objek merupakan bagian penting dalam interpretasi citra. Untuk itu, identitas dan jenis objek pada citra sangat diperlukan dalam analisis pemecahan masalah. Karakteristik objek pada citra dapat digunakan untuk mengenali objek yang dimaksud dengan unsur interpretasi. Menurut Lillesand dan Kiefer (1990), unsur interpretasi yang dimaksud dalam hal ini adalah:

1. Rona dan Warna

Rona dan warna merupakan unsur pengenalan utama atau primer terhadap suatu objek pada citra penginderaan jauh. Rona ialah tingkat kegelapan atau tingkat kecerahan objek pada citra, sedangkan warna ialah wujud yang tampak oleh mata dengan menggunakan spektrum sempit, lebih sempit dari spektrum tampak.

2. Bentuk

Bentuk merupakan variabel kualitatif yang memberikan konfigurasi atau kerangka suatu objek sebagaimana terekam pada citra penginderaan jauh.

3. Ukuran

Ukuran merupakan ciri objek yang antara lain berupa jarak, luas, tinggi lereng dan volume. Ukuran objek citra berupa skala.

4. Tekstur

Tekstur adalah frekuensi perubahan rona pada citra. Tekstur dinyatakan dengan kasar, halus atau sedang. Contoh: hutan bertekstur kasar, belukar bertekstur sedang, semak bertekstur halus.

5. Pola

Pola atau susunan keruangan merupakan ciri yang menandai bagi banyak objek bentukan manusia dan beberapa objek alamiah. Contoh: perkebunan karet atau kelapa sawit akan mudah dibedakan dengan hutan dengan pola dan jarak tanam yang seragam.

6. Bayangan

Bayangan sering menjadi kunci pengenalan yang penting bagi beberapa objek dengan karakteristik tertentu. Sebagai contoh, jika objek menara diambil tepat dari atas, objek tersebut tersebut tidak dapat diidentifikasi secara langsung.

Maka untuk mengenali objek tersebut adalah menara yaitu dengan melihat bayangannya.

#### 7. Situs

Situs adalah letak suatu objek terhadap objek lain disekitarnya. Situs bukan ciri objek secara langsung, tetapi kaitannya dengan faktor lingkungan.

#### 8. Asosiasi

Asosiasi merupakan keterkaitan antara objek satu dengan objek yang lain. Karena adanya keterkaitan ini maka terlihatnya suatu objek pada citra sering merupakan petunjuk adanya objek lain. Sekolah biasanya ditandai dengan adanya lapangan olahraga.

### 2.2 Penutupan Lahan

Penutupan lahan (*landcover*) dapat berupa vegetasi dan konstruksi artifisial yang menutup permukaan lahan. Penutupan lahan berkaitan dengan jenis kenampakannya di permukaan bumi, seperti bangunan, danau, vegetasi ( Lillesand dan Kiefer, 1990). Sedangkan penggunaan lahan (*land use*) adalah semua jenis penggunaan atas lahan oleh manusia, mencakup penggunaan lahan untuk pertanian hingga lapangan olahraga, rumah mukim hingga rumah makan, rumah sakit hingga makam ( Lindgren,1985 dalam Purwadhi 2001).

Menurut Malingreau (1978), dalam Dewajati (2003), penggunaan lahan adalah segala macam campur tangan manusia, baik secara menetap maupun berpindah–pindah terhadap suatu kelompok sumberdaya alam dan sumberdaya buatan yang secara keseluruhan disebut lahan, dengan tujuan untuk mencukupi kebutuhan baik material maupun spiritual atau keduanya.

Dilihat dari strukturnya, lahan merupakan pembawa berbagai ekosistem dan sekaligus bagian dari ekosistem itu yang mempunyai fungsi penting dalam kehidupan manusia. Perubahan penggunaan lahan dari non terbangun menjadi terbangun seperti dari tegalan atau hutan menjadi permukiman dan yang lainnya dapat menyebabkan berkurangnya kemampuan lahan untuk meresapkan air hujan. Selain hal tersebut, cara bercocok tanam yang tidak sesuai dengan kaidah

konservasi juga dapat menyebabkan berkurangnya kemampuan lahan untuk meresapkan air hujan.

### **2.2.1 Sistem Klasifikasi Penutupan / Penggunaan Lahan**

Klasifikasi penggunaan lahan sangat penting dalam studi penggunaan lahan. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh informasi mengenai penggunaan lahan untuk pengambilan keputusan terutama untuk tujuan perbandingan.

Beberapa klasifikasi penggunaan lahan yang paling berpengaruh dalam pembuatan peta penggunaan lahan di Indonesia diantaranya adalah :

1. Menurut Darmojuwono (1964), menekankan pada aspek penggunaan lahan yang berpedoman pada *Commission on World Land Use Survey*. Klasifikasi tersebut memiliki hirarki atau penjenjangan yang mantap, sehingga untuk pemetaan penggunaan lahan mampu menampilkan pola keruangan dari suatu wilayah.
2. Menurut I Made Sandy (1977), mendasarkan pada bentuk penggunaan lahan dengan mempertimbangkan skala peta. Pada skala peta yang berbeda, jumlah dan kategori bentuk lahannya juga berbeda. Dalam klasifikasi penggunaan lahan ini, I Made Sandy membedakan jumlah dan kategori bentuk penggunaan lahan untuk pemetaan 1 : 250.000 – 1 : 200.000 dengan 8 kategori sedangkan untuk pemetaan 1 : 100.000 keatas dengan 10 kategori.
3. Menurut Malingreau (1978), klasifikasi ini menekankan pada pemahaman sistem klasifikasi dan mengacu pada suatu kerangka kerja klasifikasi dengan membagi lahan kedalam tingkat tertentu.
4. Menurut *Land Utilization Survey* di Inggris (1933), klasifikasi ini berdasarkan kualitas lahan menurut ukuran kemanfaatannya dalam mendukung kebutuhan konsumsi manusia. Klasifikasi dalam tiga kelompok besar yaitu kategori baik, sedang, dan miskin.
5. Menurut USGS ( *United State Geological Survey* ), Anderson 1972, klasifikasi ini digunakan dalam klasifikasi penginderaan jauh. Klasifikasi USGS ini menggunakan kategori penggunaan lahan yang lebih rinci yaitu tingkat I dan II yang dibakukan di seluruh dunia, terutama yang membuat

peta penggunaan lahan dan perubahannya dari citra penginderaan jauh yang dikembangkan oleh Anderson et al (1978).

6. Menurut Badan Standar Nasional Indonesia, penetapan klasifikasi penutup lahan dalam standar ini bertujuan untuk mengkombinasikan kelas penutup lahan yang pendetailan kelasnya bervariasi antar pihak-pihak yang berkepentingan. Kelas penutup lahan dalam standar ini merupakan kelas-kelas umum yang melibatkan berbagai sektor. Standar penutup lahan mengacu pada *Land Cover Classification System United Nation – Food and Agriculture Organization* (LCCS-UNFAO) dan *ISO 19144-1 Geographic Information – Classification System – part 1 : Classification system structure*, dan dikembangkan sesuai dengan keadaan tutupan lahan di Indonesia.

### **2.3 Daerah Aliran Sungai (DAS)**

Konsep daerah aliran sungai atau sering disingkat DAS merupakan dasar dari semua perencanaan hidrologi. Mengingat DAS yang besar pada umumnya tersusun dari berbagai sub DAS. Secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung bukit-bukit atau gunung, maupun batas-batas seperti jalan atau tanggul bukit dimana air hujan yang turun dari wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik kontrol (Suripin, 2002). Menurut kamus Webster (1959) DAS adalah suatu daerah yang dibatasi oleh daerah topografi, yang menerima hujan, menampung, menyimpan dan mengalirkan ke sungai dan seterusnya ke danau atau ke laut. Sedangkan menurut Asdak (2010) Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah wilayah daratan yang secara topografi di batasi oleh punggung-punggung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkan ke laut melalui sungai utama. Wilayah daratan yang dimaksud dinamakan daerah tangkapan air yang merupakan suatu ekosistem dengan unsur utama terdiri dari sumberdaya alam (tanah, air, dan vegetasi) dan sumberdaya manusia sebagai pemanfaat sumberdaya alam.

Menurut Kodoatie (2001), DAS dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu, daerah hulu, tengah, dan hilir, dimana masing-masing daerah memiliki sifat dan karakteristik berbeda. Ketiga daerah tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Bagian Hulu, terutama di daerah pegunungan sungai-sungai biasanya memiliki kemiringan yang terjal (*steep slope*). Kemiringan dasar sungainya antara 2 – 3 % atau lebih. Kemiringan terjal ini dengan curah hujan yang tinggi akan menimbulkan kuat arus (*stream power*) besar sehingga debit aliran di daerah ini cukup besar. Bagian hulu biasanya diindikasikan sebagai daerah konservasi, dengan kemiringan lereng lebih dari 15 %, mempunyai kerapatan drainase lebih tinggi, dan biasanya bukan merupakan zona rawan banjir.
2. Bagian tengah adalah daerah transisi dari hulu ke hilir, mulai batas pegunungan sampai daerah pantai. Kemiringan dasar pada umumnya kurang dari 2 % karena kemiringan memanjang sungai di daerah ini berangsur-angsur menjadi landai (*mild*). Di daerah ini sering terjadi proses degradasi (penggerusan) dan gradasi (penumpukan) sedimen. Akibatnya banjir bisa terjadi dalam waktu yang relatif lebih lama dibandingkan dengan hulu.
3. Bagian Hilir, dimulai dari batas tengah atau transisi, daerah pantai dan berakhir di laut (mulut sungai / estuari). Kemiringan daerah ini dari landai menjadi sangat landai, bahkan ada bagian-bagian sungai terutama yang mendekati laut kemiringan dasar sungai mendekati 0. Apabila terjadi banjir, periodenya lebih lama dibandingkan bagian tengah atau hulu. Bagian hilir diindikasikan sebagai daerah pemanfaatan dengan kemiringan lereng <8% (kecil sampai datar), kerapatan drainase lebih kecil dan biasanya pada beberapa tempat merupakan zona rawan banjir.

Ekosistem DAS hulu merupakan bagian yang penting karena mempunyai fungsi perlindungan terhadap seluruh bagian DAS. Perlindungan ini antara lain dari segi fungsi tata air. Oleh karena itu DAS hulu seringkali menjadi fokus perencanaan pengelolaan DAS mengingat bahwa dalam suatu DAS daerah hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi.



DAS disebut juga sebagai *watershed* atau *catchment area*. DAS ada yang kecil dan ada juga yang sangat luas. DAS yang sangat luas bisa terdiri dari beberapa sub DAS dan sub DAS bisa terdiri dari beberapa sub-sub DAS, tergantung dari banyaknya anak sungai dari cabang sungai yang ada, yang merupakan bagian dari suatu sistem sungai utama (Asdak, 2010).

Menurut Sasrodarsono dan Takeda (2003), berdasarkan perbedaan debit banjir yang terjadi, bentuk DAS dapat dibedakan menjadi tiga bentuk, yaitu :

1. Bulu Burung

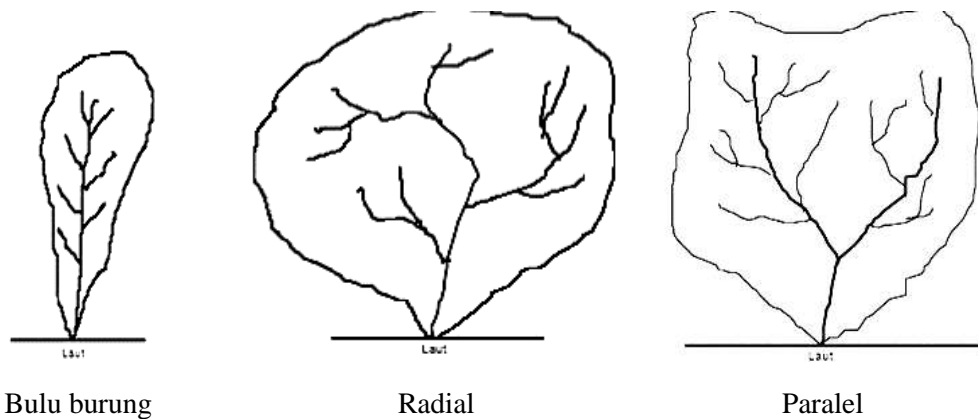
Suatu daerah pengaliran yang mempunyai jalur daerah di kiri dan di kanan sungai utama dimana anak-anak sungai mengalir ke sungai utama. Daerah pengaliran demikian mempunyai debit banjir yang kecil, oleh karena waktu tiba debit banjir dari anak-anak sungai itu berbeda.

2. Radial

Daerah pengaliran yang berbentuk kipas atau lingkaran dan dimana anak-anak sungainya mengkonsentrasi ke satu titik secara radial. Daerah pengaliran ini mempunyai debit banjir yang besar di dekat titik pertemuan anak-anak sungai.

3. Paralel

Daerah pengaliran seperti ini mempunyai corak dimana dua jalur daerah pengaliran yang bersatu di bagian hilir. Banjir biasanya terjadi di daerah hilir titik pertemuan sungai.



**Gambar 2.1** Bentuk-bentuk DAS (Sosrodarsono dan Takeda, 2003)

Sungai mempunyai fungsi untuk mengumpulkan curah hujan dalam suatu daerah dan mengalirkan ke laut. Daerah pengaliran sebuah sungai adalah daerah yang mengalirkan airnya ke sungai tersebut. Luas daerah pengaliran diperkirakan dengan pengukuran daerah-daerah itu pada peta topografi. Luas daerah pengaliran berpengaruh pada besarnya debit banjir yang terjadi. Semakin luas daerah pengaliran maka semakin besar debit banjir.

### **2.3.1 Siklus Hidrologi DAS**

Menurut Asdak, 2010 siklus hidrologi merupakan gerakan perputaran air di permukaan bumi, yaitu perjalanan air ke permukaan laut ke atmosfer kemudian jatuh ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut dan tidak pernah berhenti.

Dalam siklus hidrologi, energi panas matahari dan faktor iklim lainnya menyebabkan terjadinya proses evaporasi pada permukaan vegetasi dan tanah, di laut atau badan-badan air lainnya. Uap air sebagai hasil proses evaporasi akan terbawa oleh angin melintasi daratan, dan apabila keadaan atmosfer memungkinkan maka sebagian uap air tersebut akan terkondensasi dan turun sebagai air hujan. Sebelum mencapai permukaan tanah, air hujan tersebut akan tertahan oleh tajuk vegetasi. Sebagian dari air hujan tersebut akan tersimpan di permukaan tajuk selama proses pembasahan tajuk, dan sebagian lainnya akan jatuh tanah melalui sela-sela daun atau mengalir ke bawah melalui batang pohon. Sebagian air hujan tidak pernah jatuh ke tanah melainkan ter-evaporasi kembali ke atmosfer (dari tajuk dan batang) selama dan setelahnya berlangsung hujan.

Air hujan yang telah mencapai permukaan tanah selanjutnya akan bergerak secara kontinu dengan tiga cara yang berbeda, yaitu :

1. Evaporasi – transpirasi, yaitu proses terjadinya awan dari proses penguapan air yang ada di laut, daratan, sungai, di tanaman, dll. Pada kondisi tertentu awan akan menjadi butir-butir air yang kemudian jatuh (*precipitation*) dalam bentuk hujan.

2. Infiltrasi, yaitu proses pergerakan air ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan menuju muka air tanah.
3. Aliran air permukaan, yaitu proses pergerakan air di atas permukaan tanah menuju aliran utama (sungai) dan danau.

Dalam siklus hidrologi, masukan berupa curah hujan akan didistribusikan melalui beberapa cara, yaitu air lolos (*throughfall*), aliran batang (*stemflow*), dan air hujan langsung sampai ke permukaan tanah untuk kemudian terbagi menjadi air larian, evaporasi, dan air infiltrasi. Gabungan evaporasi uap air hasil proses transpirasi dan intersepsi dinamakan evapotranspirasi. Sedang air larian dan air infiltrasi akan mengalir ke sungai sebagai debit aliran.

#### **2.4 Presipitasi (Curah Hujan)**

Presipitasi adalah curahan atau jatuhnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dan laut dalam bentuk yang berbeda, yaitu curah hujan di daerah tropis dan curah hujan serta salju di daerah beriklim sedang (Asdak, 2010). Dengan kata lain, di daerah beriklim tropis seperti Indonesia, presipitasi sama dengan curah hujan. Curah hujan merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam daur hidrologi pada suatu daerah aliran sungai. Besarnya debit puncak yang terjadi pada Daerah Aliran Sungai juga tergantung pada intensitas curah hujannya, oleh karena itu dalam pengelolaan DAS harus memperhatikan besarnya intensitas curah hujan pada wilayah DAS tersebut dengan melakukan pengukuran dan perhitungan curah hujan. Klasifikasi curah hujan menurut intensitasnya (Seiler dan Gat, 2007) sebagai berikut :

1. rendah dengan intensitas  $< 2,5$  mm / jam,
2. sedang dengan intensitas 2,6-7,5 mm / jam, dan
3. tinggi dengan dengan intensitas  $> 7,6$  mm / jam.

Ada beberapa metode yang umum dipakai untuk menghitung rata-rata curah hujan dari beberapa stasiun curah hujan, yaitu (Asdak, 2010) :

1. Metode rata-rata Aljabar (Aritmatik)

Metode ini dapat memberikan hasil perhitungan curah hujan yang memadai apabila lokasi stasiun penakar curah hujan di daerah tangkapan tersebut merata, dan daerah kajian relatif seragam terutama dalam hal ketinggian sehingga variasi curah hujan tidak terlalu besar.

Curah hujan rata-rata dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot A_i}{n} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

P = curah hujan yang tercatat dalam stasiun hujan (mm)

n = banyaknya stasiun hujan

A = Luas DAS

2. Metode Poligon Thiessen

Teknik poligon dilakukan dengan cara menghubungkan satu alat penakar hujan dengan lainnya menggunakan garis lurus. Pada daerah tangkapan air untuk masing-masing alat penakar hujan. Daerah tersebut dibagi menjadi beberapa poligon (jarak garis pembagi dua penakar hujan yang berdekatan lebih kurang sama). Hasil pengukuran pada setiap alat penakar hujan terlebih dahulu diberi bobot dengan menggunakan bagian-bagian wilayah dari total daerah tangkapan air yang diwakili oleh alat penakar hujan masing-masing lokasi, kemudian dijumlahkan. Curah hujan tahunan rata-rata di daerah tersebut diperoleh dari persamaan dibawah ini :

$$P = \frac{R_1 \cdot a_1}{A} + \frac{R_2 \cdot a_2}{A} + \dots + \frac{R_n \cdot a_n}{A} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

P = curah hujan rata-rata (mm)

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, ..... R<sub>n</sub> = curah hujan untuk masing-masing alat penakar hujan (mm)

a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, ..... a<sub>n</sub> = luas untuk masing-masing daerah poligon (Ha)

A = Luas total daerah tangkapan air (Ha)

### 3. Metode Isohyet

Cara perhitungan curah hujan dengan metode ini memerlukan banyak waktu karena garis-garis isohyet yang baru perlu ditentukan untuk setiap curah hujan. Interval garis kontur dapat digunakan untuk membantu memprakirakan posisi garis-garis dengan curah hujan yang sama besarnya (isohyet). Setelah penentuan garis isohyet, kemudian dapat dihitung besarnya curah hujan rata-rata untuk masing-masing fraksi isohyet, dan dengan demikian dapat diprakirakan besarnya curah hujan rata-rata untuk seluruh daerah DAS.

Dapat dilihat bahwa metode Isohyet mempunyai persyaratan yang lebih rumit dibandingkan dengan metode aritmatik maupun poligon thiessen, oleh karena itu apabila persyaratan tersebut tidak terpenuhi maka metode aritmatik dan terutama metode poligon thiessen lebih diutamakan.

## 2.5 Air Larian

Air larian adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah yang mengalir ke sungai, danau, dan laut (Asdak,2010). Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah diantaranya ada yang meresap langsung ke dalam tanah,dan ada sebagian yang mengalir di atas permukaan tanah dan mengalir ke tempat yang lebih rendah. Fenomena air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah tersebut yang biasanya di sebut air larian. Air larian terjadi ketika jumlah curah hujan melebihi laju air yang meresap ke dalam tanah. Setelah laju infiltrasi terpenuhi, air mulai mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah pengisian air pada cekungan tersebut selesai, air dapat mengalir di atas permukaan tanah dengan bebas.

Menurut Asdak, 2010, faktor-faktor yang mempengaruhi air larian adalah :

1. Intensitas hujan. Pada hujan dengan intensitas tinggi, kapasitas infiltrasi akan terlampaui dengan beda yang cukup besar pada hujan kurang

intensif. Sehingga total volume air larian akan lebih besar pada hujan intensif dari hujan kurang intensif meskipun curah hujan total untuk kedua curah hujan sama besarnya.

2. Lama waktu hujan. Infiltrasi akan berkurang pada tingkat awal suatu kejadian hujan. Oleh karena itu, hujan dengan waktu yang singkat tidak banyak menghasilkan air larian. Pada hujan dengan intensitas yang sama dengan waktu yang lebih lama akan menghasilkan air larian yang lebih besar.
3. Distribusi curah hujan. Pada umumnya, laju air larian dan volume terbesar terjadi ketika seluruh DAS tersebut ikut berperan, dengan kata lain hujan turun merata di seluruh wilayah DAS yang bersangkutan.
4. Luas DAS. Semakin besar luas DAS, ada kecenderungan semakin besar curah hujan yang diterima. Akan tetapi, beda waktu puncak curah hujan dengan puncak hidrograf aliran menjadi lebih lama. Demikian pula waktu yang diperlukan untuk mencapai puncak hidrograf dan lama waktu untuk seluruh hidrograf aliran juga lebih panjang.
5. Kemiringan lereng DAS. Semakin besar kemiringan lereng suatu DA, maka akan semakin cepat laju air larian, dengan demikian mempercepat respon DAS tersebut oleh adanya curah hujan. Bentuk topografi seperti kemiringan lereng, keadaan parit dan bentuk cekungan permukaan air tanah lainnya akan mempengaruhi laju volume air larian.
6. Bentuk DAS. Bentuk DAS yang memanjang dan sempit cenderung menurunkan laju air larian pada DAS berbentuk melebar walaupun luas keseluruhannya sama. Hal ini terjadi karena, air larian pada bentuk DAS tidak terkonsentrasi secepat pada DAS berbentuk melebar, dan curah hujan pada DAS memanjang tampaknya kurang merata.
7. Kerapatan daerah aliran (drainase). Kerapatan drainase adalah jumlah dari semua saluran air/ sungai (KM) dibagi dengan luas DAS (KM<sup>2</sup>). Semakin tinggi kerapatan daerah aliran maka semakin besar kecepatan air larian untuk curah hujan yang sama. Oleh karenanya, dengan

kerapatan daerah aliran tinggi, debit puncak akan tercapai dengan waktu yang lebih cepat.

8. Vegetasi dan cara bercocok tanam. Vegetasi dapat memperlambat jalannya air larian yang teratahan diatas permukaan tanah, dengan dapat menurunkan laju air larian.

### **2.5.1 koefisien Air Larian ( C )**

Koefisien air larian (C) merupakan bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air larian terhadap besarnya curah hujan ( Asdak, 2007). Secara umum, koefisien air larian dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$\text{Koefisien air larian (C)} = \text{air larian (mm)} / \text{curah hujan (mm)}$$

Nilai kofisien C berkisar antara 0 sampai 1. Nilai 0 menunjukkan bahwa semua air hujan terdistribusi masuk semua kedalam tanah, sedangkan nilai C sama dengan 1 menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai air larian. Sebagai contoh, misalkan nilai C = 0,20 artinya 20% dari total curah hujan akan menjadi air larian. Hal ini semakin besarnya nilai koefisien air larian maka semakin besar pula air hujan yang mengalir menjadi air larian , maka nilai debit puncak akan menjadi lebih semakin besar.

Nilai koefisien air larian juga menentukan bagian curah hujan yang akan mengalir sebagai air larian. Besar kecilnya nilai C tergantung pada permeabilitas dan kemampuan tanah dalam menampung air. Nilai C kecil menunjukkan bahwa sebagian air ditampung untuk waktu tertentu, sementara daerah dengan nilai C besar menunjukkan bahwa hampir semua air hujan akan menjadi air larian. Daerah bervegetasi umumnya mempunyai nilai C kecil, sedangkan pada daerah terbangun dengan sebagian tanah beraspal atau bentuk permukaan tanah yang kedap air lainnya mempunya nilai C besar.

Nilai koefisien air larian untuk metode rasional dalam beberapa penggunaan lahan adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.2** Nilai koefisien air larian untuk metode rasional

Penggunaan Lahan	C	Penggunaan Lahan	C
<b>Perkantoran</b>		<b>Tanah Lapang</b>	
daerah pusat kota	0,70-0,95	berpasir, datar, 2%	0,05-0,10
daerah sekitar kota	0,50-0,70	berpasir, agak rata, 2-7%	0,10-0,15
<b>Perumahan</b>		berpasir, miring, 7%	0,15-0,20
rumah tunggal	0,30-0,50	tanah berat, datar, 2%	0,13-0,17
rumah susun terpisah	0,40-0,60	tanah berat, agak rata, 2-7%	0,18-0,22
rumah susun bersambung	0,60-0,75	tanah berat, miring, 7%	0,25-0,35
pinggiran kota	0,25-0,40	<b>Tanah Pertanian 0-30%</b>	
<b>Daerah Industri</b>		<b>tanah kosong</b>	
kurang padat industri	0,50-0,80	rata	0,30-0,60
padat industri	0,60-0,90	kasar	0,20-0,50
taman, keburan	0,10-0,25	<b>ladang garapan</b>	
tempat bermain	0,20-0,35	tanah berat tanpa vegetasi	0,30-0,60
daerah stasiun KA	0,20-0,40	tanah berat dengan vegetasi	0,20-0,50
<b>Jalan Raya</b>		berpasir, tanpa vegetasi	0,20-0,25
Beraspal	0,70-0,95	berpasir, dengan vegetasi	0,10-0,25
Berbeton	0,80-0,95	<b>padang rumput</b>	
Berbatu	0,70-0,85	tanah berat	0,15-0,45
Trotoar	0,75-0,85	berpasir	0,05-0,25
daerah beratap	0,75-0,95	hutan/vegetasi	0,05-0,15
		<b>Tanah tidak produktif &gt;30%</b>	
		rata, kedap air	0,70-0,90
		kasar	0,50-0,70

Sumber : U.S Forest service, 1980 dalam Asdak 2010

Pada perhitungan debit puncak dengan metode rasional, nilai koefisien air larian (C) juga dapat ditentukan berdasarkan kelompok tanah, laju curah hujan serta keadaan hidrologi dan penutupan tajuk.

**Tabel 2.3** angka koefisien air larian untuk kelompok tanah B

Keadaan Hidrologi dan Penutupan Tajuk	koefisien C untuk laju curah hujan		
	25 mm/jam	100 mm/jam	200 mm/jam
buruk, tanaman dalam jajaran	0,63	0,65	0,66
baik, tanaman dalam jajaran	0,47	0,56	0,62
buruk, tanaman padi-padian	0,38	0,38	0,38
baik, tanaman padi-padian	0,18	0,21	0,22



baik, rumput dalam rotasi	0,29	0,36	0,39
baik, padang rumput	0,02	0,17	0,23
baik, tanah berhutan	0,02	0,1	0,25

Sumber : Horn and Schwab, 1963 dalam Asdak 2010

Apabila jenis tanah dalam suatu DAS bukan termasuk kedalam tanah kelompok B, maka untuk memperoleh nilai C harus terlebih dahulu mengkonversi kelompok tanahnya.

**Tabel 2.4** faktor-faktor konversi kelompok tanah dalam suatu DAS

Keadaan Hidrologi dan Penutupan Tajuk	Faktor untuk mengubah tetapan C dari kelompok tanah B menjadi :		
	Kel A	Kel C	kel D
buruk, tanaman dalam jajaran	0,89	1,09	1,12
baik, tanaman dalam jajaran	0,86	1,09	1,14
buruk, tanaman padi-padian	0,86	1,11	1,16
baik, tanaman padi-padian	0,84	1,11	1,16
baik, rumput dalam rotasi	0,81	1,13	1,18
baik, padang rumput	0,65	1,21	1,31
baik, tanah berhutan	0,45	1,27	1,4

Sumber : Horn and Schwab, 1963 dalam Asdak 2010

**Tabel 2.5** Jenis kelompok tanah

Kelompok Tanah	Keterangan
A	Termasuk tanah pasir dalam dengan unsur debu dan liat
B	Tanah berpasir lebih dangkal dari A, bertekstur halus sampai sedang
C	Tanah dangkal dan mengandung cukup liat, bertekstur sedang sampai halus
D	Kebanyakan tanah liat, dangkal dengan lapisan kedap air dekat permukaan tanah

Sumber : US.SCS, 1972 dalam Asdak 2010

Salah satu faktor utama yang mempengaruhi nilai  $C$  adalah presentase lahan kedap air yang dipengaruhi oleh jenis penutup lahan, sehingga pada DAS yang terdiri dari berbagai jenis penutup lahan maka nilai koefisien aliran permukaan ( $C$ ) akan beragam pula. Untuk menganalisa nilai koefisien aliran permukaan suatu DAS digunakan persamaan (Suripin,2002) :

$$C_{\text{tertimbang}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$C_{\text{tertimbang}}$  = koefisien aliran permukaan DAS

$C_i$  = koefisien aliran jenis penutup lahan  $i$

$A_i$  = luas lahan dengan jenis penutup lahan  $i$

$n$  = jumlah jenis penutup lahan

### 2.5.2 Debit Aliran

Debit adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ( $m^3/dt$ ) (Asdak, 2010). Aliran sungai berasal dari hujan yang masuk ke dalam alur sungai berupa aliran permukaan, aliran air di bawah permukaan, aliran air di bawah tanah dan butir-butir hujan yang langsung jatuh ke dalam alur sungai. Debit aliran sungai akan naik setelah terjadi hujan yang cukup, kemudian akan turun kembali setelah hujan selesai. Gambar naik turunnya debit sungai menurut waktu disebut hidrograf. Bentuk hidrograf suatu sungai tergantung dari sifat hujan dan sifat-sifat daerah aliran sungai yang bersangkutan (Arsyad, 2006).

Sebagian besar debit aliran pada sungai kecil yang masih alamiah adalah debit aliran yang berasal dari air tanah atau mata air, dan debit aliran air permukaan (air hujan). Dengan demikian aliran air pada sungai kecil pada umumnya lebih menggambarkan kondisi hujan daerah yang bersangkutan. Sedangkan sungai besar, sebagian debitnya berasal dari sungai-sungai kecil dan

sungai sedang di atasnya. Sehingga aliran air sungai besar tidak terlalu menggambarkan kondisi hujan di daerah yang bersangkutan. Aliran dasar pada sungai kecil terbentuk dari aliran mata air dan air tanah, sedang aliran dasar pada sungai besar dibentuk dari aliran dasar sungai-sungai kecil dan sedang di atasnya.

Pengukuran debit di lapangan dapat dilakukan dengan empat kategori (Gordon et al, 1992 dalam Asdak 2010).

- a. Pengukuran volume air sungai. Cara ini biasanya dilakukan untuk keadaan aliran air sungai lambat. Pengukuran debit dengan cara ini dianggap paling akurat terutama untuk debit aliran lambat seperti pada aliran mata air. Cara pengukurannya dilakukan dengan menentukan waktu yang diperlukan untuk mengisi kontainer yang telah diketahui volumenya.
- b. Pengukuran debit dengan cara mengukur kecepatan aliran air dan menentukan luas penampang melintang sungai. Pengukuran dilakukan dengan alat ukur *current meter* atau sering dikenal dengan pengukuran debit melalui pendekatan *velocity-area method*.
- c. Pengukuran dengan menggunakan bahan kimia (pewarna) yang dialirkan dalam aliran sungai ( *substance tracing method* ). Cara ini sering digunakan untuk jenis sungai yang alirannya tidak beraturan (*turbulent*).
- d. Pengukuran debit dengan membuat bangunan pengukur debit seperti *weir* untuk aliran air lambat atau *flume* untuk aliran air cepat. Cara ini biasanya digunakan untuk pengukuran debit jangka panjang di stasiun-stasiun pengamat hidrologi.

## 2.6 Metode Rasional

Menurut Gunawan (1991), bahwa pendugaan debit puncak dengan menggunakan metode rasional merupakan penyederhanaan besaran-besaran terhadap suatu proses penentuan aliran permukaan yang rumit, akan tetapi tersebut dianggap akurat untuk menduga aliran permukaan dalam rancang bangun yang relatif murah, sederhana dan memberikan hasil yang dapat diterima

(*reasonable*). Selain itu metode rasional merupakan metode empiris yang lazim digunakan dibandingkan dengan rumus-rumus empiris yang lainnya dimana rumus ini menggunakan variabel yang berhubungan dengan debit banjir yaitu faktor daerah pengaliran, curah hujan, koefisien limpasan dan perubahan penggunaan lahan yang terjadi ( Sesorodarsono dan takeda, 2003).

Menurut Wanielista (1990) dalam Susanto (2006), metode rasional adalah salah satu dari metode tertua yang digunakan untuk memperkirakan debit puncak (*peak discharge*). Ide yang melatarbelakangi metode rasional adalah curah hujan dengan intensitas  $I$  terjadi secara terus menerus, maka laju air larian akan bertambah. Laju masukan pada sistem (IA) adalah hasil dari curah hujan dengan intensitas  $I$  pada DAS dengan luas  $A$ . Nilai perbandingan antara laju masukan dengan laju debit puncak ( $Q_p$ ) yang terjadi dinyatakan sebagai koefisien *run off* ( $C$ ) dengan ( $0 \leq C \leq 1$ ) (Chow, 1988).

Persamaan matematik metode rasional untuk menghitung besarnya debit puncak ( $Q_p$ ) adalah :

$$Q_p = 0,0028 C i A \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

$Q_p$  = Debit puncak ( $m^3/dt$ )

$C$  = Koefisien air larian

$i$  = intensitas curah hujan (mm/jam)

$A$  = luas wilayah DAS (ha)

Beberapa asumsi dasar untuk menggunakan formula metode rasional tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Curah hujan terjadi dengan intensitas yang tetap dalam satu jangka waktu tertentu, setidaknya sama dengan waktu konsentrasi.
- b. Limpasan langsung mencapai maksimum ketika durasi hujan dengan intensitas yang tetap, sama dengan waktu konsentrasi.

- c. Koefisien *run off* dianggap tetap selama durasi hujan.
- d. Luas DAS tidak berubah selama durasi hujan.

Berdasarkan rumus Chow tersebut dapat diketahui bahwa besarnya  $C$  berbanding lurus dengan  $Q$ , apabila nilai  $C$  naik maka nilai  $Q$  akan naik, jika  $I$  dan  $A$  di anggap konstan. Dari rumus tersebut dapat diketahui bahwa kenaikan debit banjir dipengaruhi oleh  $C$ ,  $I$ , dan  $A$ .

Chow mengatakan bahwa intensitas hujan dan luas daerah yang diamati cenderung konstan sehingga besar kecilnya volume air larian ( $Q$ ) ditentukan oleh penggunaan lahan yang ditunjukkan dalam koefisien air larian ( $C$ ). Semakin banyak lahan terbangun, maka semakin besar pula nilai koefisien air lariannya, sehingga debit air larian di daerah tersebut semakin besar pula. Besarnya debit air larian yang melebihi daya tampung daerah tersebut dapat menyebabkan masalah banjir.

## **2.7 Ketersediaan dan Kebutuhan Air**

### **2.7.1 Ketersediaan Air**

Ketersediaan air pada dasarnya terdiri atas tiga bentuk, yaitu air hujan, air permukaan, dan air tanah. Sumber air utama dalam pengelolaan alokasi air adalah sumber air permukaan dalam bentuk air di sungai, saluran, danau, dan tampungan lainnya. Penggunaan air tanah kenyataannya sangat membantu pemenuhan kebutuhan air baku dan air irigasi pada daerah yang sulit mendapatkan air permukaan, akan tetapi keberlanjutannya perlu dijaga dengan pengambilan yang terkendali di bawah debit aman (*safe yield*).

Dalam pengelolaan alokasi air, air hujan berkontribusi untuk mengurangi kebutuhan air irigasi yaitu dalam bentuk hujan efektif. Pada beberapa daerah dengan kualitas air permukaan yang tidak memadai, dilakukan pemanenan hujan, yaitu air hujan ditampung menjadi sumber air untuk keperluan rumah tangga. Ketersediaan air permukaan dapat didefinisikan dalam berbagai cara. Lokasi ketersediaan air dapat berlaku pada suatu titik, misalnya pada suatu lokasi

pos duga air, bendung tempat pengambilan air irigasi, dan sebagainya dimana satuan yang kerap digunakan adalah berupa nilai debit aliran dalam meter kubik/s atau liter/s. Banyaknya air yang tersedia dapat pula dinyatakan untuk suatu areal tertentu, misalnya pada suatu wilayah sungai (WS), daerah aliran sungai (DAS), daerah irigasi (DI), dan sebagainya, dimana satuan yang digunakan adalah berupa banyaknya air yang tersedia pada satu satuan waktu, misalnya juta meter kubik/tahun atau milimeter/hari.

### **2.7.2 Kebutuhan Air**

Penggunaan air oleh manusia pada dasarnya dapat dibagi atas pengambilan air dan penggunaan di tempat. Pengambilan air (*withdrawal*), atau *offstream water use* yaitu jika dalam penggunaannya air diambil dari sumbernya (*diverted*), misalnya untuk irigasi dan air minum. Sedangkan penggunaan di tempat (*non-withdrawal*), yaitu jika dalam penggunaannya air tidak diambil dari sumber air, melainkan hanya digunakan ditempat (*on-site uses*) misalnya untuk perhubungan, perikanan, wisata, kelestarian alam, dan pembuangan limbah ke sungai.

Pengambilan air lebih lanjut dibagi atas penggunaan konsumtif dan penggunaan non-konsumtif. Dalam penggunaan konsumtif, air yang digunakan tidak dikembalikan lagi sebab hilang sebagai evapotranspirasi, misalnya pada irigasi, sebagai air minum oleh manusia dan hewan, atau diubah menjadi suatu produk pada industri minuman. Dalam penggunaan non-konsumtif, air yang telah diambil selanjutnya hampir seluruhnya dikembalikan lagi, misalnya listrik tenaga air, air pendingin industri, dan air buangan irigasi (*return flow*). Mengenai penggunaan konsumtif ini ada juga bagian air yang dapat digunakan kembali, misalnya infiltrasi tidak selalu berarti kehilangan air, sebab dapat digunakan kembali pada sawah di sebelah hilirnya, walaupun air buangan irigasi ini mungkin telah tercemar garam, pupuk dan pestisida.

### 2.7.2.1 Kebutuhan Air Rumah Tangga dan Perkotaan

Kebutuhan air rumah-tangga dan perkotaan (*domestic and municipal*) kerap-kali disebut juga dengan nama air baku jika air tersebut belum diolah, dan air bersih atau air minum jika air telah diolah dengan menggunakan Instalasi Pengolah Air. Kebutuhan ini sangat penting untuk selalu dipenuhi, sebab kegagalan pemenuhan kebutuhan air rumah tangga dan perkotaan dapat menimbulkan wabah penyakit dan keresahan masyarakat. Besarnya kebutuhan air ini bergantung pada jumlah penduduk, pola konsumsi yang sejalan dengan naiknya tingkat kesejahteraan, serta ukuran besarnya kota, atau desa yang dapat diasumsikan bergantung pada jumlah penduduk. Salah satu kriteria yang dapat digunakan tercantum pada Tabel 2.6 berikut, yang dapat digunakan untuk memberi gambaran umum kebutuhan air rumah-tangga dan perkotaan.

**Tabel 2.6** Kebutuhan air rumah tangga dan perkotaan

No	Uraian	Kriteria
1	Penduduk yang dilayani	80% - 90% dari jumlah penduduk
2	Sambungan rumah (SR)	70% - 90% dari jumlah penduduk yang dilayani
3	Kran Umum (KU)	10% - 30% dari jumlah SR, 30 l/orang/hari
4	Kebutuhan Air non domestik	20% dari kebutuhan domestik
5	Jumlah jiwa tiap SR	5-7 jiwa
6	Jumlah jiwa tiap KU	50-100 jiwa 190 l/orang/hari
7	Penduduk : Kota metropolis ( $> 10^6$ ) Kota besar ( $5 \cdot 10^5 - 10^6$ ) Kota sedang ( $1 \cdot 10^5 - 5 \cdot 10^5$ ) Kota kecil ( $2 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^5$ )	170 l/orang/hari 150 l/orang/hari 130 l/orang/hari 110 l/orang/hari

8	Pedesaan	100 l/orang/hari
9	Industri : Berat Sedang Kecil	0,50- 1,00 l/orang/hari 0,25-0,50 l/orang/hari 0.15-0.25 l/orang/hari
10	Kebutuhan harian maksimum	115% dari kebutuhan rerata
11	Lingkungan/penggelontoran	0,5 l/orang/hari

*Sumber : Ditjen Pengairan (2004)*

### **2.7.2.2 Kebutuhan Air Industri**

Kebutuhan air industri umumnya relatif konstan terhadap waktu. Dengan meningkatnya industri, maka meningkat pula kebutuhan air industri. Survei kebutuhan air industri diperlukan untuk menentukan rata-rata penggunaan air pada berbagai jenis industri tertentu. Angka indeks ini kemudian dapat dikaitkan dengan ukuran besarnya industri tersebut misalnya melalui banyaknya produk yang dihasilkan, atau banyaknya tenaga kerja. Untuk industri yang terletak pada suatu kawasan industri, maka dapat digunakan perkiraan kasar kebutuhan air per-hektarnya antara 0,5 sampai dengan 2 liter/s.

### **2.7.2.3 Kebutuhan Air Untuk Irigasi Pertanian**

Pada pengelolaan alokasi air di wilayah sungai, data kebutuhan air irigasi dapat diperoleh dari pengelola wilayah sungai, misalnya Dinas Pekerjaan Umum Pengairan (DPUP) Kabupaten/Kota, atau Dinas Sumber Daya Air Provinsi, atau Balai dan Balai Besar Wilayah Sungai, sebagai masukan untuk pengelolaan alokasi air. Besarnya kebutuhan air irigasi di lapangan ini dapat diperiksa kebenarannya dengan bantuan model komputer untuk menghitung kebutuhan air irigasi, berdasarkan parameter-parameter yang mempengaruhi, antara lain pola dan jadwal tanam, curah hujan efektif, perkolasi, efisiensi, golongan, dan sebagainya berdasarkan kriteria perencanaan jaringan irigasi KP01 dari Direktorat Jenderal Pengairan (1985).



Kebutuhan air di sawah untuk padi bergantung pada faktor-faktor: penyiapan lahan, penggunaan konsumtif, perkolasi dan rembesan, pergantian lapisan air, curah hujan efektif, dan efisiensi irigasi. Kebutuhan air di sawah ini dapat dinyatakan dalam satuan mm/hari atau liter/s/ha.

a. Penyiapan untuk lahan padi

Faktor-faktor penting yang menentukan kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah:

1. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan penyiapan lahan. Pada umumnya berkisar antara 1 bulan (dengan mesin) sampai dengan 1,5 bulan.
2. Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan. Untuk tanah bertekstur berat tanpa retak-retak diambil 250 mm, dan jika tanah dibiarkan kosong atau bera untuk waktu yang lama (lebih dari 2,5 bulan) maka kebutuhan air untuk penyiapan lahan diperkirakan 300 mm.

b. *Consumptive use (Crop Water Requirement)*

*Consumptive use* adalah kebutuhan air tanaman, oleh karena itu sering disebut pula CWR atau *Crop Water Requirement*. *Consumptive use* dapat diartikan sebagai tebal air yang diperlukan tiap tanaman untuk menggantikan air yang hilang akibat evapotranspirasi. Besar kecilnya *consumptive use* dipengaruhi oleh cuaca (suhu, radiasi, angin dan kelembapan), karakteristik tanaman, kondisi lokasi serta praktek pertanian. Perhitungan CWR hanya dapat dilakukan pada tanaman sejenis dan kedalaman airtanah tidak mempengaruhi kelembapan akar. Rumus yang digunakan untuk menghitung *Consumptive use* adalah sebagai berikut :

$$CU = Kc \cdot Eo \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

Kc = koefisien tanaman yang tergantung dari tipe tanaman dan tingkat pertumbuhannya

Eo = evaporasi, dengan albedo 0,25 untuk penutup lahan yang berupa tanaman

**Tabel 2.7** Koefisien Tanaman

Bulan	Nedeco/Prosida		FAO	
	Varietas biasa	Varietas unggul	Varietas biasa	Varietas unggul
0,5	1,20	1,20	1,10	1,10
1	1,20	1,27	1,10	1,10
1,5	1,32	1,33	1,10	1,05
2	1,40	1,30	1,10	1,05
2,5	1,35	1,300	1,10	0,95
3	1,24		1,05	0
3,5	1,12		0,95	
4	0		0	

Sumber : Ditjen pengairan PSA010 (1985)

c. *Farm Water Requirement (FWR)*

FWR adalah banyaknya kebutuhan air tanaman untuk satu petak sawah.

$$FWR = (Cu + Inf) - Peff \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

- Pef = hujan efektif
- Cu = kebutuhan air tiap tanaman
- Inf = infiltrasi/Perkolasi

Selama penyiapan lahan Peff diasumsikan 70% dari hujan, selama penanaman 40% dari hujan dan setelah penanaman 60% dari hujan.

d. *Project Water Requirement (PWR)*

$$PWR = (FWR/Ef). A \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

- PWR = kebutuhan air seluruh areal irigasi
- FWR = kebutuhan air satu petak sawah
- Ef = efisiensi irigasi

Efisiensi irigasi merupakan perbandingan antara jumlah air yang masuk di petak sawah dari saluran dengan jumlah air yang masuk ke areal irigasi di tempat pengambilan atau *intake*. Adanya kehilangan air di saluran

dipengaruhi oleh tipe saluran, jenis tanah, jenis sawah, evaporasi dan campur tangan manusia. Standar kebutuhan air rata-rata 1 liter/det/ha. Apabila kebutuhan air diperhitungkan selama 1 tahun, pengaruh lama tanaman dan prosentase (%) intensitas tanaman juga harus diperhitungkan. Persamaan yang digunakan :

$$A = L \times It \times a \dots\dots\dots(2.8)$$

keterangan :

- A = penggunaan air untuk irigasi
- L = luas daerah pertanian
- It = intensitas tanaman dalam persen (%) musim/tahun
- a = standard penggunaan air.

#### 2.7.2.4 Kebutuhan Air Untuk Ternak

Kebutuhan air ternak, perhitungan kebutuhan air untuk ternak dapat diperoleh sebagai berikut :

$$Q(T) = 365 \times \{q(c/b) \cdot P(c/b) + q(s/g) \cdot P(s/g) + q(pi) \cdot P(pi) + q(po) \cdot P(po)\} \dots(2.9)$$

Keterangan:

- Q(D) = kebutuhan air untuk ternak
- q(c/b) = kebutuhan air untuk sapi dan kerbau
- q(s/g) = kebutuhan air untuk domba/kambing
- q(pi) = kebutuhan air untuk babi
- q(po) = kebutuhan air untuk unggas
- P = jumlah masing-masing ternak

Diasumsikan untuk sapi dan kerbau ditentukan sebesar 40 liter/ekor/hari, domba/kambing 3 liter/ekor/hari, babi 6 liter/ekor/hari, sedangkan unggas sebesar 0,6 liter/ekor/hari (Triatmodjo, 2009)

#### 2.7.2.5 Kebutuhan Air Untuk Perikanan

Kebutuhan air untuk perikanan menggunakan rumus berikut:

$$Q(P) = 365 \times (q(fp)/1000) \times A(fp) \times 10000 \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan:

- Q(P) = kebutuhan air untuk perikanan
- q(fp) = kebutuhan air untuk penggantian air
- A(fp) = luas kolam

Menurut hasil studi FIDP (*The Study for Formulation of Irrigation Development Program in The Republic Indonesia*) yang tercantum dalam *Technical Report National Water Policy* tahun 1992, penggantian air kolam adalah sebesar 7 m<sup>3</sup>/hari/ha

### 2.7.2.6 Kebutuhan Air Untuk Pemeliharaan Sungai

kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai dihitung berdasarkan perkalian antara jumlah penduduk perkotaan dengan kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai, yaitu 360 liter/kapita/hari (FIDP, 1993).

$$Q(S) = (365 \times (q(f)/1000) \times P(n) \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

- Q(S) = kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai
- Q(f) = kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai per kapita
- P(n) = jumlah penduduk kota

## 2.8 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian yang relevan sebelumnya yang berkaitan dengan studi tentang analisis debit untuk ketersediaan dan kebutuhan air wilayah DAS sebagai pembanding dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

**Hani Fitriani (2002)**, dalam penelitiannya yang berjudul Analisis Potensi dan Ketersediaan Air Berdasarkan Neraca Air di DAS Brantas Hulu Jawa Timur. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui potensi ketersediaan air di DAS Brantas hulu Jawa Timur. Dalam penelitian menggunakan pendekatan diskriptif dengan memanfaatkan data curah hujan dan data debit dari stasiun hidrologi terkait. Perhitungan penggunaan air yang di teliti untuk kebutuhan irigasi wilayah DAS Brantas dengan menggunakan peta penggunaan lahan.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa potensi air DAS Brantas Hulu sebesar 12 milyar m<sup>3</sup>/tahun dengan curah hujan rata-rata 2000 mm/tahun. Dengan pemanfaatan sebesar 2,6-3,0 milyar m<sup>3</sup>/tahun untuk luas DAS sebesar 12.000 km<sup>2</sup>.

**Indra Kusuma Sari (2011)**, dalam penelitiannya yang berjudul Analisa Ketersediaan dan Kebutuhan Air Pada DAS Sampean. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai ketersediaan dan kebutuhan air wilayah DAS Sampean. Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan melakukan perhitungan debit intake pada sungai untuk mengetahui ketersediaan air. Kemudian dilakukan perhitungan kebutuhan air total untuk kebutuhan air domestik dan non domestik, kebutuhan air irigasi, kebutuhan air industri, dan kebutuhan air perikanan.

Dari hasil penelitian di ketahui bahwa bahwa kebutuhan air domestik dan non domestik sebesar 50,93 lt/dt, kebutuhan air irigasi sebesar 37.305,7 lt/dt untuk mengairi sawah seluas 36.180 ha, kebutuhan air industri sebesar 4,68 lt/dt, dan untuk kebutuhan air perikanan sebesar 281,72 lt/dt.

**Dani Aufa Aditya (2011)**, dalam penelitiannya yang berjudul Analisis Pengaruh Perubahan Lahan Di DAS Bringin Terhadap Tingkat Kerawanan Banjir Di Kota Semarang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan lahan di DAS Bringin terhadap tingkat kerawanan banjir di jota Semarang dengan menggunakan parameter kelerengan, curah hujan, dan penggunaan lahan tahun 2003-2010. Metode perhitungan debit banjir yang digunakan adalah metode rasional.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa nilai perubahan lahan mengalami peningkatan untuk daerah pemukiman sebesar sebesar 0,43 – 0,64 % atau sebesar 6,62 – 19,42 ha. Untuk wilayah hutan mengalami penurunan sebesar 8,08 – 20,53 ha atau sebesar 0,68 %. Air larian total yang dihasilkan meningkat 70 % dari 101,7% m<sup>3</sup>/detik menjadi 172,993 m<sup>3</sup>/detik.