

SISTEM ALOKASI PEMANFAATAN AIR DARI SUNGAI DENGAN CARA KESETIMBANGAN AIR DI DALAM SISTEM SUNGAI

Dedi Tjahyadi Abdullah

Abstrak

Dengan adanya otonomi daerah termasuk otonomi pengelolaan air di sub DAS masing-masing kabupaten maka sangat diperlukan aturan penglolalan secara terpadu antar Kabupaten ataupun antar Propinsi. Aturan yang terpadu yang harus dirancang bersama ialah pengelolaan DAS dengan aturan konservasi-nya dan rehabilitasi lahan, aturan pembagian pemakaian air secara terpadu dan adil pada masing-masing wilayah Kabupaten, serta aturan penanganan masalah sungai pada wilayahnya masing-masing. Aturan tersebut dicoba diurai didalam makalah ini walaupun tidak semuanya masuk dalam tulisan ini.

Makalah ini menerangkan cara pembagian air secara terpadu, yang selalu melihat ke udik yang sudah diambil oleh pemakai di bagian udik dan melihat ke hilir yang akan dimanfaatkan oleh para pemakai yang sudah ada di hilir dan limpasan ke hilir untuk maintenance flow (untuk biota air), perhitungan pembagian air dalam makalah ini menuju pada usaha seadil mungkin, secara teknis yang berwawasan hidrologis.

Pengaturan penelolan DAS perlu penanganan bersama dan biaya dimana biaya tersebut bisa diambil dari manfaat air dan lahan di daerah DAS tersebut dengan tidak melupakan unsur sosial bagi para pemakai air tertentu.

Sedikit kesimpulan dalam rangka memecahkan masalah pembagian air yaitu dengan membentuk Badan yang bertugas untuk memikirkan dan membagi air secara adil dan tidak melupakan bahwa air sebagai unsur sosial

Kata Kunci : Debit Andalan, Alokasi Air, dan Sistem Sungai

Pandangan umum

Sungai adalah sumber daya air yang harus di manfaatkan seoptimum mungkin dengan berazaskan wawasan lingkungan dan keadilan dalam pembagian alokasi air bagi pengguna air dari satu sistem sungai. Pemanfaatan air tersebut tentunya dengan keyakinan keberadaan debit yang diandalkan

atau dikenal dengan debit andalan, dengan prosentase andalan berkisar antara 70%, 80%, 90%, 95%.

Untuk irigasi biasanya menggunakan debit andalan 70% atau 80%, kebanyakan menggunakan 80%. Untuk kebutuhan air minum menggunakan andalan 90%, bahkan supaya tidak mengecewakan masyarakat bisa menggunakan andalan 95%, karena menyangkut langsung kebutuhan manusia.

Untuk pembangkit listrik tenaga air (PLTA) menggunakan 95%, karena menyangkut urusan bisnis bagi perusahaan listrik, bisnis bagi industri yang menggunakan listrik dan urusan penerangan bagi penduduk.

Perbedaan dari andalan tersebut digunakan untuk menghitung ketersediaan air di node yang akan memanfaatkan airnya. Makin besar prosentase andalan, mencerminkan makin penting pemakaiannya, maka makin besar prosentase andalan menunjukkan prioritas yang makin awal yang harus diberi air. Dalam satu sistem sungai dengan banyak pemakai dan dengan andalan yang berbeda, andalan yang paling besar merupakan prioritas yang pertama yang harus diperhatikan, sedangkan lainnya akan menggunakan air sisanya. Kejadian tersebut akan muncul manakala air yang tersedia sangat terbatas dan sedikit dibandingkan dengan kebutuhan total.

Contoh: Manakala air yang tersedia hanya 4 m³/d sedangkan kebutuhan irigasi 3 m³/d (minta andalan 80%), kebutuhan air minum 2 m³/d (minta andalan 90%), sedangkan untuk PLTA 3 m³/d (minta andalan 95%). Pemberian yang pertama adalah untuk PLTA sebesar 3 m³/d dan pemberian air yang kedua adalah untuk air minum sebesar sisanya 1 m³/d dan irigasi tidak kebagian air.

Apabila menghitung ketersediaan air untuk masing-masing pengguna (irigasi, DMI, PLTA) tetap harus menggunakan prosentase andalan masing-masing.

Tetapi apabila menggunakan UU pengairan akan berubah seperti berikut. Pemberian yang pertama adalah untuk air minum sebesar 2 m³/d dan pemberian air yang kedua adalah untuk air irigasi sebesar sisanya 2 m³/d dan PLTA tidak kebagian air.

Perhitungan keseimbangan bisa menggunakan andalan yang terkecil, tetapi harus dicek ulang untuk andalan yang paling besar, manakala terjadi kekurangan air maka andalan yang kecil harus mengalah dan andalan yang besar harus didahulukan.

Pembagian kritis tersebut apabila dimusim kemarau dimana air sangat terbatas dan pembagian air tentunya sangat ketat.

Sistem Pembagian Node Di Sungai Dalam Model Perhitungan Kesetimbangan Air.

Informasi pada suatu jaringan sungai bisa terbagi dalam 2 kelompok yaitu sebagai berikut:

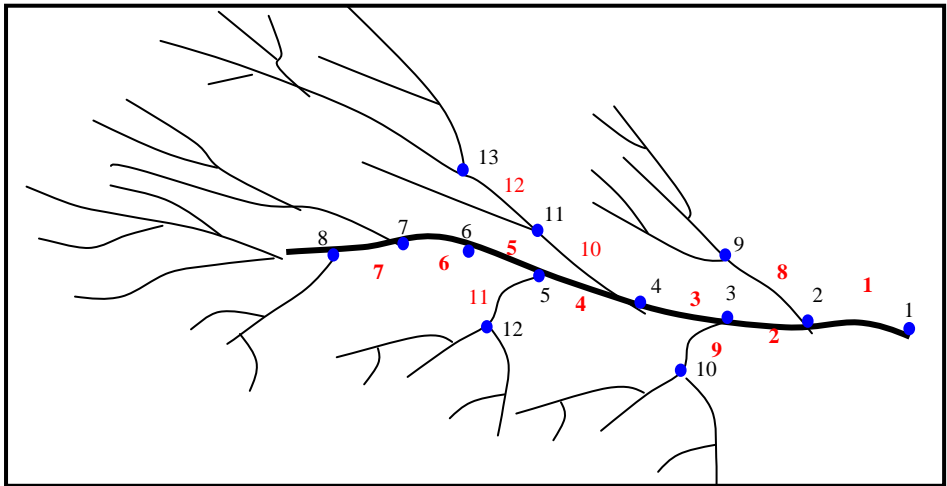
1. Informasi yang ada dalam kelompok node atau titik yang membatasi ruas sungai.
2. Informasi yang ada dalam kelompok Sengkang atau ruas yang dibatasi oleh titik.

Node adalah titik yang menunjukkan adanya bangunan air di sungai (bendung, bendungan, pengambilan air untuk air baku bagi air minum, industri penggelontoran kota tambak, PLTA, irigasi, bangunan jembatan, pertemuan antara dua sungai, titik yang berpotensi untuk dibangun bangunan air, DAS yang sifatnya homogen sehingga koefisiennya pengalirannya sama, diantara dua node yang terlalu panjang.

Sengkang adalah suatu ruas yang dibatasi oleh dua node di udik dan di hilir, dengan panjang ruas tertentu, atau ruas sungai yang mempunyai masalah sama sepanjang ruas tersebut (misal masalah luapan banjir). Sistem pembagian node dan sengkang bisa dilihat pada gambar 6.1.

Informasi yang bakal didapat di setiap node suatu sungai ialah berbentuk debit sungai, debit tersebut ialah:

1. Debit minimum yang harus lewat dari node yang ditinjau (node n) ($Q_{\min.n}$).
2. Debit yang tersedia yang menuju node ($Q_{avl.n}$), debit tersebut bisa masih bruto atau sudah bersih dengan pengurangan dari pemakaian air di udik node n .
3. Debit yang siap dipakai untuk keperluan apa saja di node n tersebut ($Q_{sp.n}$)



Gambar 6.4 pembagian Node dan Senggang di sungai

Informasi yang bakal didapat di setiap Senggang ialah:

1. Kecepatan air di sepanjang senggang tersebut.
2. Level air di sepanjang Senggang.

Debit hasil perhitungan yang bisa diinformasikan dari node ialah :

- Debit dari Hujan yang mengakibatkan debit bruto yang tersedia di node yang ditinjau ($Q_{avl.b.n}$).
- Debit yang tersedia neto tetapi belum boleh semuanya dimanfaatkan oleh pemakai di node tersebut. Debit ini didapat dari debit tersedia bruto – debit para pemakai air diudiknya + return flow dari pemakaian debit di atasnya.
- Debit limpasan dari node yang dibutuhkan oleh pemakai yang ada di hilir node yang ditinjau ($n+j$).
- Debit air yang boleh dimanfaatkan dari node tersebut.

a) Hujan yang menjadi debit bruto yang tersedia di node yang ditinjau ($Q_{avl.b.n}$).

Debit yang datang dari DAS

Debit yang datang dari das akibat hujan dengan data berbentuk data set debit (Q_{dsd}) di suatu DAS dengan luas tertentu dan koefisien pengaliran tertentu dan hujan yang sama homogen dengan node yang ditinjau. ($Q_{avl.b.n}$)

Data set tersebut merupakan debit hasil perhitungan dari tinggi hujan (dengan kurun waktu tertentu) menjadi debit di sungai atau hasil pengamatan debit pada node di sungai yang ditinjau atau di sungai yang berdekatan atau suatu anak sungai dalam satu das.

Tetapi alangkah baiknya apabila data set tersebut dihasilkan dari perhitungan debit yang berasal dari hujan dan sudah dilakukan kalibrasi dengan hasil pengukuran debit lapangan dalam jangka lama.

Teori yang diberikan pada buku ini ialah menghitung debit yang tersedia bruto dari curah hujan dengan menggunakan kesetimbangan air di DAS. Teori tersebut bisa memperlihatkan perubahan debit apabila kondisi DAS diperbaiki (dengan penghijauan). Hasil debit yang paling baik ialah dari hasil pengukuran lapangan (kondisi alam saat pengukuran), hanya saja apabila alam DAS diperbaiki maka perubahannya tidak bisa dihitung berdasarkan debit tersebut.

Debit hasil pengukuran baik untuk sebagai kalibrator bagi perhitungan debit sintetik dari data curah hujan.

Apabila debit hasil pengukuran berada di sungai tetangganya (m) yang mempunyai sifat hujan yang homogen dengan sungai yang ditinjau, berdasarkan rumus rasional ($Q=CIA$) maka debit pada sungai dan node yang ditinjau tergantung dari perbedaan luas DAS dan perbedaan koefisien aliran, hubungan tersebut ialah :

$$Q_{avl.b.n} = \frac{Q_{dsd.m}}{A_{dsd.m} * C_{dsd.m}} * A_n * C_n$$

Apabila koefisien alirannya sama maka debit di sungai dan node yang ditinjau hanya merupakan perbandingan linier dari luas DAS saja, yaitu sebagai berikut:

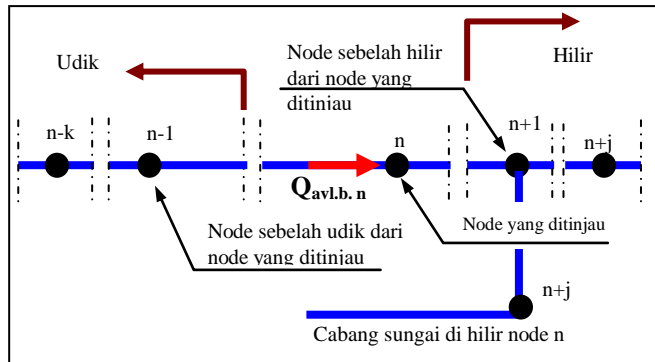
$$Q_{avl.b.n} = \frac{Q_{dsd.m}}{A_{dsd.m}} * A_n$$

Data debit hasil transfer tersebut diatas bisa saja digunakan sebagai alat kalibrasi untuk menghitung debit dari data curah hujan, supaya tahu koefisien hidrologi sehingga bisa digunakan untuk peramalan apabila kondisi DAS dirubah menjadi lebih hijau.

Teori tersebut adalah yang paling sederhana, yang paling baik ialah dengan menggunakan kesetimbangan air yang sudah di kalibrasi, sementara disini hanya bicara dari $Q_{ds,d}$ yang sudah berada di Node yang ditinjau saja tanpa membicarakan secara detail mendapatkannya.

Gambar 6.5

Posisi debit yang tersedia bruto di titik n yang ditinjau $Q_{avl.b.n}$ terhadap pengguna di udiknya dan dihilirnya.



Keterangan:

- $Q_{avl.b.n}$ = Debit yang tersedia dari DAS (avl) dan masih bruto ($avl.b$), pada node n ($avl.b.n$) yang ditinjau.
- $Q_{dsd.m}$ = Debit berbentuk data set debit (dsd) baik dari hasil hitungan atau dari hasil penelitian pada titik node m ($dsd.m$). Boleh menggunakan sungai yang dekat dengan sungai yang ditinjau dengan catatan sifat 150 hujannya homogen dengan lokasi sungai yang ditinjau.
- $A_{dsd.m}$ = luas DAS dari node m yang diambil datanya sebagai data set debit ($dsd.m$).
- $C_{dsd.m}$ = Koefisien pengaliran DAS dari node m yang diambil datanya sebagai data set debit ($dsd.m$).
- A_n = luas DAS dari node n yang ditinjau (n).
- C_n = Koefisien pengaliran DAS dari node n (n) yang ditinjau.

b) Debit air yang dimanfaatkan di sebelah udik node yang ditinjau pada node (n-k).

Pemakaian air untuk domestik (DMI)

Debit yang terpakai oleh kebutuhan air bersih bagi penduduk sekaligus dengan debit yang kembali ke sungai (return flow). Lokasi pemakaian air berada disebelah udik node n yang ditinjau (n-1, n-2 . . . n-k_{do}).

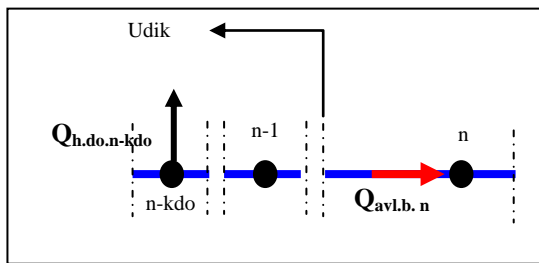
Kebutuhan air baku untuk air bersih tersebut di golongankan untuk air minum, air industri, air untuk kebutuhan rekreasi, munisipal (domestik, munisipal, industri atau DMI). Dalam perhitungan disini debit tersebut disebut debit domestik (Q_{do}). Bagi titik yang ditinjau pemakaian tersebut dianggap sebagai kehilangan atau pengurangan debit yang masuk ke node n dan lokasinya pada node n-k_{do} dengan harga k_{do} tergantung pada pembagian node dan sengkang pada model. Besarnya debit pengurangan tersebut adalah sebagai berikut:

$$Q_{h.do.n-k_{do}} = Q_{do.n-k_{do}} (1 - C_{rf.do.n-k_{do}})$$

Q_{h.do.n-kdo} = Debit yang hilang akibat pemakaian air untuk domestik pada titik n-k_{do}

Q_{do.n-kdo} = Debit pemakaian air untuk domestik di titik n-k_{do}

C_{rf.do.n-kdo} = Koefisien return flow dari pemakaian air domestik pada titik n-k_{do}.



(domestik).

Gambar 6.6

Posisi debit yang tersedia bruto di titik n yang ditinjau Q_{avl.b.n} terhadap pengguna di udiknya

Pemakaian air untuk Irigasi

Debit yang terpakai oleh kebutuhan air untuk irigasi sekaligus dengan debit yang kembali ke sungai. Lokasi pemakaian air berada disebelah udik node n yang ditinjau ($n-1, n-2 \dots n-k_{ir}$).

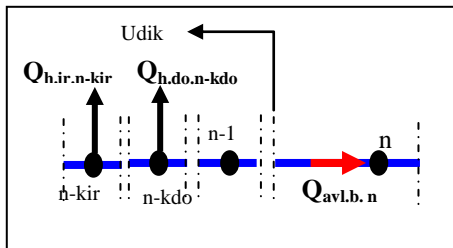
Kebutuhan air irigasi tersebut digolongkan untuk air irigasi pertanian, air irigasi tambak ikan. Debit tersebut disebut debit irigasi (Q_{ir}). Bagi titik yang ditinjau pemakaian tersebut dianggap sebagai kehilangan atau pengurangan debit yang masuk ke node n dan lokasinya pada node $n-k_{ir}$ dengan harga k_{ir} tergantung pada pembagian node dan sengkang pada model. Besarnya debit pengurangan tersebut adalah sebagai berikut:

$$Q_{h.ir.n-k_{ir}} = Q_{ir.n-k_{ir}} (1 - C_{rf.ir.n-k_{ir}})$$

$Q_{h.ir.n-k_{ir}}$ = Debit yang hilang akibat pemakaian air untuk irigasi pada titik $n-k_{ir}$

$Q_{ir.n-k_{ir}}$ = Debit pemakaian irigasi di titik $n-k_{ir}$

$C_{rf.ir.n-k_{ir}}$ = Koefisien return flow dari pemakaian air irigasi pada titik $n-k_{ir}$.



Gambar 6.7

Posisi debit yang tersedia bruto di titik n yang ditinjau $Q_{avl.b.n}$ terhadap pengguna di udiknya (domestik dan irigasi).

Penambahan air dari air tanah dalam

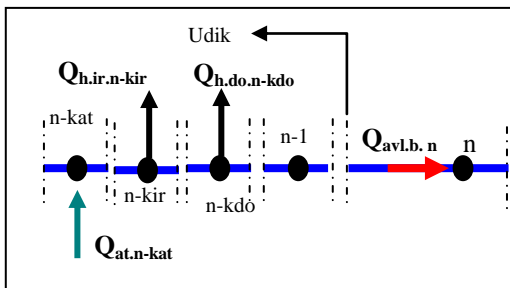
Air tanah dalam tidak masuk dalam perhitungan pengurangan air di node n tetapi malah menambah air yang masuk ke node n . Lokasi penggunaan air tanah tersebut berada pada atau dekat dengan node $n-k_{at}$. Penambahan tersebut bukan dari debit langsung dari air tanah tetapi dari return flow pemakaian air tanah tersebut dan masuk kedalam sungai pada node $n-k_{at}$. Penambahan debit dari air tanah tersebut adalah sebagai berikut:

$$Q_{h.at.n-k_{at}} = Q_{at.n-k_{at}} (1 - C_{rf.at.n-k_{at}})$$

$Q_{at.n-kat}$ = Penambahan Debit dari air tanah yang digunakan untuk kebutuhan apa saja di permukaan tanah.

$Q_{at.n-kat}$ = Debit yang keluar dari tanah pada node $n-k_{at}$ debit tersebut merupakan data set dari debit air tanah yang keluar ke permukaan.

$C_{rf.at.n-kat}$ = Koefisien return flow dari pemakaian air yang berasal dari air tanah pada titik $n-k_{at}$



Gambar 6.8

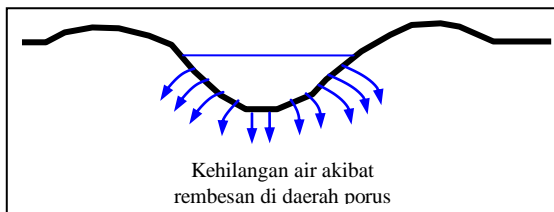
Posisi debit yang tersedia bruto di titik n yang ditinjau $Q_{avl.b.n}$ terhadap pengguna di udiknya (domestik dan irigasi dan penambahan air tanah

dalam).

c) Debit air yang hilang (rembes) di sebelah udik node yang ditinjau pada node (n-k).

Kehilangan air akibat rembesan di sungai.

Pada bagian ruas tertentu dalam model sungai mungkin ada daerah yang memberikan suplesi ke dalam tanah karena kondisinya porous. Ruas tersebut akan mengeluarkan debit tertentu dan debit tersebut dihitung pengeluarannya pada node dipaling hilir dari ruas yang porous tersebut. Debit tersebut merupakan kehilangan air dari sungai. Besarnya kehilangan tersebut agak susah di hitungnya, tetapi melalui penelitian debit di sebelah



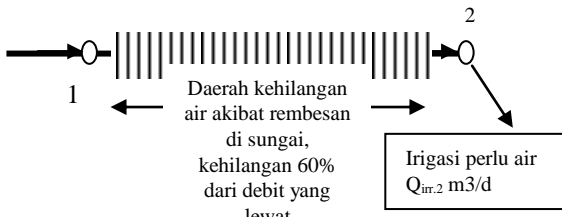
Gambar 6.9 Kehilangan air akibat rembesan

udik dan hilir daerah ruas yang porus.

Maka besaran debit tersebut merupakan data seris debit kehilangan air akibat rembesan, atau merupakan prosentase kehilangan air yang lewat sungai ruas tersebut. Dengan lokasi rembesan tersebut dihitung di titik node bagian hilir dari ruas yang porus yaitu di node $n-k_{rb}$ ($Q_{ds.rb.n-krb}$).

$$Q_{h.rb.n-krb} = Q_{ds.rb.n-krb}$$

Luas DAS pada node 1 adalah A ha dan pada node 2 tanpa luasan DAS node 1 adalah B ha. Limpasan yang diperlukan dari node 1 untuk melayani irigasi node 2, dengan menggunakan perbandingan luasan adalah sebesar:



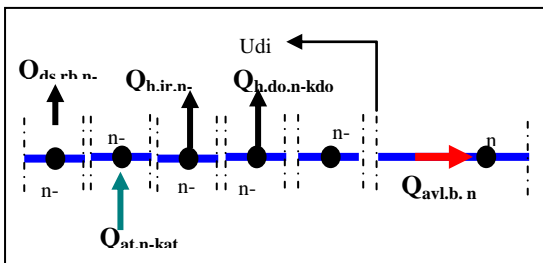
Kehilangan air adalah 60% berarti yang terpakai hanya 40% atau $(1-60\%)$ atau disebut juga efisiensi aliran sungai pada ruas 1-2

hanya 40%. Luasan DAS untuk ruas 1-2 adalah B , tetapi selalu kehilangan air sebesar 60% dari aliran untuk itu luasan efektif adalah $B/40\%$. Contoh perhitungan diatas hanya untuk kebutuhan irigasi saja, belum untuk kebutuhan pemakai air yang lainnya.

$$Q_{lim.1} = \left(\frac{Q_{ir.2}}{A + B/(1-60\%)} A \right) / (1-60\%)$$

Atau secara umum persamaan tersebut menjadi:

$$Q_{lim.1} = \left(\frac{Q_{pemakai\ di\ hilir}}{A + B/(1-Ci)} A \right) / (1-Ci)$$



Gambar 6.11 Posisi debit yang tersedia bruto di titik n yang ditinjau $Q_{avl.b.n}$ terhadap pengguna di udiknya (domestik, irigasi, penambahan air tanah dalam dan kehilangan air akibat rembesan disungai).

d) Debit yang dibutuhkan

oleh dihilir node yang ditinjau pada node-node Pemakai air di sebelah hilirnya ($n+j$)

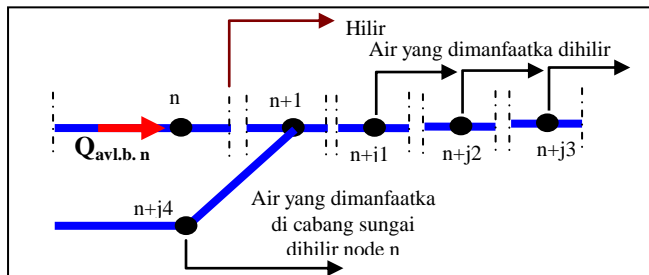
Debit yang dibutuhkan di hilir node n terdiri dari:

1. Kebutuhan air baku yang diperuntukan bagi kebutuhan:
 - Air bersih untuk kebutuhan air minum penduduk (domestic)
 - Kebutuhan air industri (industry)
 - Kebutuhan wisata,
 - Kebutuhan penggelontoran (municipal)
 - Kebutuhan air untuk PLTA.

Kebutuhan air baku tersebut selalu berdasarkan debit andalan, tentunya masing-masing kebutuhan mempunyai kriteria andalan yang berbeda. Andalan untuk kebutuhan air baku, karena menyangkut kebutuhan penduduk maka diambil andalan tingkat keberhasilannya 90%, kecuali untuk PLTA karena menyangkut kebutuhan manusia, kebutuhan bisnis maka diambil tingkat keberhasilan 95%.

2. Kebutuhan air baku untuk irigasi. Kebutuhan untuk Irigasi terbagi menjadi dua jenis, ialah irigasi pertanian dan irigasi tambak ikan. Debit andalan yang diharapkan untuk kebutuhan irigasi tersebut ialah dengan tingkat keberhasilan 80%.
3. Air yang ada di sungai tidak boleh diambil seluruhnya dari sungai bagi kebutuhan manusia, tetapi harus ada debit minimum yang tetap ada di sungai. Debit yang harus tetap ada di sungai tersebut bagi kebutuhan biota air sungai dan bagi mempertahankan pencapaian intrusi air asin pada jarak tertentu supaya tidak merubah lingkungan biota air. Besarnya kebutuhan

air yang selalu ada di sungai minimal 10 % dari debit yang tersedia di masing-masing node.



Gambar 6.12

Posisi debit yang tersedia bruto di titik n yang ditinjau $Q_{avl.b.n}$ terhadap pengguna di hilirnya pada node $n+j$ serta posisinya dengan cabang sungai.

Debit untuk kebutuhan air baku dihilir node n .

- Air baku yang diperhitungkan dalam group ini ialah bagi kebutuhan:
- Air bersih untuk kebutuhan air minum penduduk,
 - Air Bersih untuk fasilitas umum, termasuk pemadam kebakaran.
 - Kebutuhan air industri,
 - Kebutuhan air untuk wisata,
 - Kebutuhan pengelontoran kota.

Debit tersebut merupakan data set debit air ($Q_{ds.ab.n+jab}$) yang letaknya pada node disebelah hilir node yang ditinjau ($n+jab$). Debit kebutuhan air baku tersebut harus dikeluarkan dari node karena node air baku tersebut berada di hilir node n yang ditinjau. Pada perhitungan kebutuhan air untuk pemakai air dihilir node n , cukup dengan perbandingan debit yang berasal dari air hujan pada node n dan node $n+jab$ yaitu $Q_{avl.b.n}$ dan $Q_{avl.b.n+jab}$. Debit tersebut berdasarkan tinggi hujan yang sama dan luas DAS masing-masing A_n , A_{n+jab} serta koefisien pengaliran masing-masing DAS C_n , C_{n+jab} . Debit yang harus dialirkan/limpaskan ke hilir dari node n ialah:

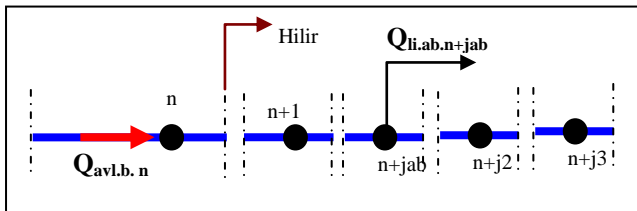
$$Q_{li.ab.n} = Q_{ds.ab.n+jab} \frac{Q_{avl.b.n}}{Q_{avl.b.n+jab}}$$

$Q_{li.ab.n+jab}$ = Debit minimum yang harus dilimpaskan dari node n yang ditinjau untuk keperluan air baku di hilir pada node $n+jab$.

$Q_{ds.ab.n+jab}$ = Data set debit yang diperlukan untuk air baku pada node $n+jab$.

$Q_{avl.b.n}$ = Debit yang tersedia bruto yang berasal dari air hujan pada node n .

$Q_{avl.b.n+jab}$ = Debit yang tersedia bruto yang berasal dari air hujan pada node $n+jab$.



Gambar 6.13
Posisi debit yang tersedia bruto di titik n yang ditinjau $Q_{avl.b.n}$ terhadap pengguna di hilirnya pada node $n+j$ (Debit limpasan untuk air baku bagi DMI).

Debit untuk kebutuhan air irigasi dihilir node n .

Air irigasi bisa diperuntukan untuk irigasi pertanian atau irigasi tambak ikan. Kebutuhan air irigasi tersebut bisa berbentuk data set debit air yang dibutuhkan untuk irigasi pertanian ataupun tambak, atau biasa berbentuk data hujan dan iklim serta pola tanam dan dihitung menjadi kebutuhan air irigasi.

Dalam rumus yang akan diberikan disini akan menggunakan data set debit untuk irigasi.

Data set tersebut bisa berbentuk data bulanan, ½ bulanan atau ¼ bulanan. Proses untuk mendapatkan data set debit kebutuhan irigasi tersebut bisa merupakan sub program.

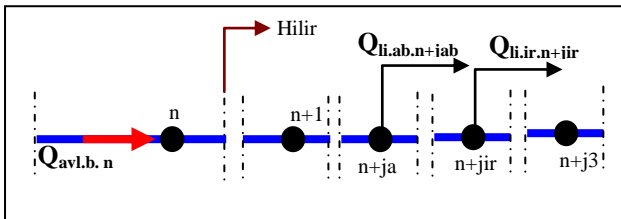
Pada perhitungan kebutuhan air untuk pemakai air dihilir node n, cukup dengan perbandingan debit yang berasal dari air hujan pada node n dan node n+j_{ir} yaitu Q_{avl.b.n} dan Q_{avl.b.n+j_{ir}}.

Debit tersebut berdasarkan tinggi hujan yang sama dengan luas DAS masing-masing A_n, A_{n+j_{ir}} serta koefisien pengaliran masing-masing C_n, C_{n+j_{ir}}.

Debit yang harus dialirkan/limpaskan ke hilir dari node n ialah:

$$Q_{li.ir.n} = Q_{ds.ir.n+j_{ir}} \frac{Q_{avl.b.n}}{Q_{avl.b.n+j_{ir}}}$$

- Q_{li.ir.n+j_{ir}} = Debit minimum yang harus dilimpaskan dari node n yang ditinjau untuk keperluan air baku di hilir pada node n+j_{ir}.
- Q_{ds.ir.n+j_{ir}} = Data set debit yang diperlukan untuk air baku pada node n+j_{ir}.
- Q_{avl.b.n} = Debit bruto yang tersedia yang berasal dari air hujan pada node n.
- Q_{avl.b.n+j_{ir}} = Debit yang tersedia bruto yang berasal dari air hujan pada node n+j_{ir}.



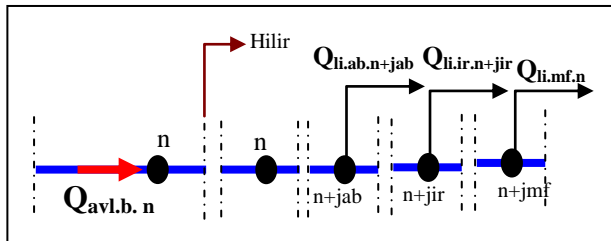
Gambar 6.14. Posisi debit yang tersedia bruto di titik n yang ditinjau Q_{avl.b.n} terhadap pengguna di hilirnya pada node n+j (Debit limpasan untuk air baku bagi DMI dan irigasi).

Debit Maintenান Flow ($Q_{li,mf}$) di Sungai yang melimpas dari node n ke n+1.

Debit tersebut untuk kebutuhan kehidupan biota air atau untuk mempertahankan lingkungan hidup supaya tidak berubah, seperti mempertahankan jangkauan intrusi air asin jangan sampai berubah jauh, supaya biota air tetap bisa hidup dan lingkungan tidak berubah.

Minimum debit atau maintenান flow Q_{mf} yang dilimpahkan untuk keperluan lingkungan tersebut bisa diambil dari prosentase (10%) dari debit ketersediaan air di node $Q_{avl,b,n}$.

Atau diambil dari debit minimum pada musim kering di node batasan intrusi air asin.



Gambar 6.15

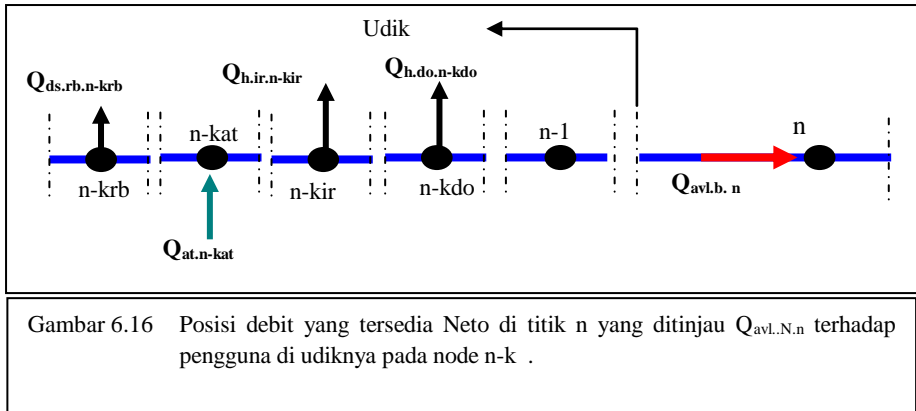
Posisi debit yang tersedia bruto di titik n yang ditinjau $Q_{avl,b,n}$ terhadap pengguna di hilirnya pada node n+j (Debit limpasan untuk air baku bagi

DMI, irigasi dan maintenান flow).

$$Q_{li,mf,n} = 10 \% * Q_{avl,b,n}$$

Debit Air Neto Yang Tersedia Di Sungai Pada Node n

Diatas sudah diterangkan besaran debit air bruto di node n dengan andalan tertentu, baik 80%, 90% ataupun 95%. Selain itu sudah pula diterangkan kehilangan-kehilangan serta tambahan air karena pemakaian serta pemanfaatan air tanah di sebelah udik node n atau yang berada didalam DAS dari node n.



Dari gambar skema sungai di sebelah udik node n tersebut diatas, jelas dan mudah dipahami bahwa debit andalan neto yang tersedia di node n yang ditinjau sangat tergantung dari beberapa faktor pengguna air yaitu:

- Debit yang masuk ke node dari aliran permukaan dan base flow air hujan dari DAS node n tersebut.
- Debit yang keluar dari node di sebelah udik node n oleh para pengguna air untuk domestik (air bersih untuk air minum, air untuk industri, air untuk rekreasi).
- Debit yang keluar dari node di sebelah udik node n oleh pengguna air untuk irigasi pertanian dan irigasi tambak.
- Debit yang masuk ke node disebelah udik node n oleh adanya return flow dari domestik.
- Debit yang masuk ke node disebelah udik node n oleh adanya return flow dari irigasi.
- Debit yang keluar di sepanjang sengkang yang mempunyai geologi bersifat porus yang berada di udik node n.
- Debit return flow dari air artesis atau air tanah dalam yang dipergunakan oleh pemakai air.

$$Q_{avl.b.n} = \frac{Q_{dsd.m}}{A_{dsd.m} * C_{dsd.m}} * A_n * C_n$$

$$Q_{h.do.n-kdo} = Q_{do.n-kdo} * (1 - C_{rf.do.n-kdo})$$

$$Q_{h.ir.n-kir} = Q_{ir.n-kir} * (1 - C_{rf.ir.n-kir})$$

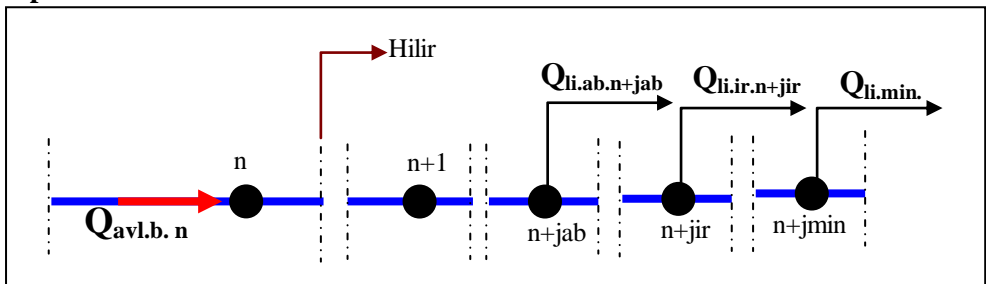
$$Q_{at.n-kat} = Q_{at.n-kat} * (1 - C_{rf.at.n-kat})$$

$$Q_{h.rb.n-krb} = Q_{ds.rb.n-krb}$$

Dari beberapa rumus diatas mempunyai hubungan erat sangat dengan debit neto yang tersedia di node n ialah sebagai berikut:

$$Q_{avl.N.n} = Q_{avl.b.n} - Q_{h.do.n-kdo} - Q_{h.ir.n-kir} + Q_{h.at.n-kat} - Q_{h.rb.n-krb}$$

Debit Air minimum Yang harus melimpas dari Node n untuk pemeliharaan alami.



Gambar 6.17 Posisi debit yang harus dilimpaskan bagi pengguna air di hilirnya.

Air yang harus dilimpaskan atau dilewatkan dari titik n bagi pemakai air dihilirnya dengan pembagian linier terhadap $Q_{avl.b}$ di masing masing titik tersebut.

Para pemakai air tersebut ialah sebagai berikut:

- Kebutuhan air bagi irigasi di sebelah hilir titik n.
- Kebutuhan air untuk air baku.
- Kebutuhan air untuk maintenance flow di hilir.

Seperti yang sudah dibahas maka kebutuhan air yang harus limpas dari node n karena adanya pemakai air dihilir node n ialah:

$$Q_{li.ir.n} = Q_{ds.ir.n+j_{ir}} \frac{Q_{avl.b.n}}{Q_{avl.b.n+j_{ir}}}$$

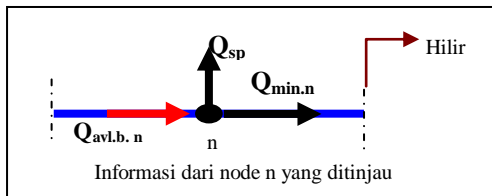
$$Q_{li.mf.n} = 10\% Q_{avl.b.n}$$

$$Q_{li.ab.n} = Q_{ds.ab.n+j_{ab}} \frac{Q_{avl.b.n}}{Q_{avl.b.n+j_{ab}}}$$

Dari beberapa rumus diatas mempunyai hubungan sangat erat dengan debit minimum yang harus melimpas dari node n ialah sebagai berikut:

$$Q_{li.min.n} = Q_{li.ir.n} + Q_{li.mf.n} + Q_{li.ab.n}$$

Debit siap pakai di lokasi node n



Gambar 6.18 Debit yang siap dipakai di titik n

Atas dasar perhitungan debit air neto yang tersedia di node n dan debit yang harus melimpas untuk kebutuhan para pemakai air di hilir node n, maka selisih dari kedua debit tersebut boleh dipakai di node n

Hubungan antara ketiga debit tersebut bisa dilihat pada gambar dibawah ini.

Hubungan ketiga debit tersebut ialah:

$$Q_{sp.n} = Q_{avl.N.n} - Q_{li.min.n}$$

Contoh.

Sebagai contoh yang paling sederhana yaitu, data debit bulanan pada node A seperti tercantum dibawah dengan satuan m^3/d dan kebutuhan air irigasi di bendung (Node B) yang tercantum pada tabel dengan satuan $l/d/ha$. Luas DAS debit ketersediaan air adalah 15.000 ha dan luas das lokasi bendung yang sudah ada adalah 25.000 ha. Debit untuk maintenance flow diambil 10% dari debit neto di titik tersebut.

Yang akan dicari ialah debit yang siap pakai di node A.

DAS A dan DAS B dianggap mempunyai karakteristik hidrologis yang sama sehingga perhitungan sumbangan (limpasan) dari Node A untuk irigasi

di titik hilirnya (B) ialah dengan menggunakan linier dengan luas DAS. Diudik node A tidak ada pemakaian air, maka debit hasil pengukuran tidak usah dikoreksi lagi dan menjadi $Q_{avl.N.A}$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8,68	8,91	9,10	8,49	5,63	3,70	2,15	1,38	0,86	0,67	3,78	5,74

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kebutuhan air Irr di sawah	0,195	0,032	0,0	0,0	0,492	0,587	0,602	0,388	0,0	0,0	0,0	0,285
Kebutuhan air Irigasi di bendung	0,30	0,05	0,0	0,0	0,77	0,92	0,94	0,61	0,0	0,0	0,0	0,44

Jawaban dengan menggunakan tabel perhitungan yaitu sebagai berikut:

Areal Irigasi yang ada		3.000	ha			
Luas Das node A		15.000	ha	Luas DAS node B		25.000
	1	2	3	4	5	6
Debit ketersediaan air di sungai	8,68	8,91	9,10	8,49	5,63	3,70
Kebutuhan air Irigasi	0,30	0,05	0,00	0,00	0,77	0,92
Kebutuhan air di sungai Node B	0,913	0,150	0,000	0,000	2,304	2,753
Limpasan dari A unt irigasi di B	0,548	0,090	0,000	0,000	1,382	1,652
Limpasan unt pemeliharaan sungai	0,87	0,89	0,91	0,85	0,56	0,37
Debit yang harus dilimpaskan	1,416	0,980	0,910	0,849	1,945	2,022
Debit siap pakai di node A	7,265	7,925	8,186	7,644	3,684	1,678

		Qmf	10%			
	7	8	9	10	11	12

Debit ketersediaan air di sungai	2,15	1,38	0,86	0,67	3,78	5,74
Kebutuhan air Irigasi	0,94	0,61	0,00	0,00	0,00	0,44
Kebutuhan air di sungai Node B	2,821	1,820	0,000	0,000	0,000	1,335
Limpasan dari A unt irigasi di B	1,693	1,092	0,000	0,000	0,000	0,801
Limpasan unt pemeliharaan sungai	0,21	0,14	0,09	0,07	0,38	0,57
Debit yang harus dilimpaskan	1,908	1,230	0,086	0,067	0,378	1,375
Debit siap pakai di node A	0,241	0,153	0,772	0,602	3,400	4,363

Kesimpulan.

Begitu kompleks-nya pembagian air bagi masing-masing pemakai yang berada didalam Daerah Aliran Sungai (DAS) apalagi dengan adanya otonomi daerah Kabupaten, dengan beragamnya kepentingan masing-masing. Air yang ada dihilir sangat tergantung dari air yang ada di udiknya, kualitas dan kuantitasnya juga tergantung pengaturan DAS dibagian hulunya. Pemakaian air di titik tertentu juga tergantung dari pemakaian air di hilir dan di udiknya, terikat semuanya satu sama lainnya termasuk kehidupan untuk biaota air.

Untuk menangani masalah ini tidaklah mungkin hanya dilakukan oleh masing-masing pengguna air didalam DAS tetapi harus ada manajemen tersendiri yang mengatur semuanya. Manajemen yang mengatur semuanya tersebut diusulkan satu Badan khusus yang menanganinya. Badan ini kumpulan dari wakil-wakil masing-masing Kabupaten baik yang berada 1 Propinsi ataupun 2 propinsi dengan masing-masing diwakili oleh 1 atau 2 orang pakar dibidang sumber daya air, baik dari Dinas ataupun dari luar dinas. Wakil dari Propinsi atau masing-masing propinsi sebagai penengah apabila ada pembicaraan yang tidak bisa tuntas. Untuk DAS lintas Propinsi perlu ada wakil dari pemerintahan Pusat dan bertugas sebagai penengah dan pemantau apabila ada hal-hal yang bertentangan dengan hukum atau kebijakan ekonomi pusat.

Dengan adanya paradigma baru maka perlu pula mengajak untuk berbicara dan didengar pendapatnya dari pihak masyarakat yang diwakili oleh LSM daerah yang menangani masalah keairan.

Tugas dari Badan tersebut adalah:

- ✦ Menentukan besaran hidrologis bagi masing-masing daerah DAS yang dikuasai oleh Kabupaten masing-masing.
- ✦ Inventarisasi para pemakai air yang sudah ada sekarang, termasuk yang biasa dipakai oleh masyarakat.
- ✦ Inventarisasi Rencana pemakaian air bagi masing-masing kabupaten yang sesuai dengan RUTRK masing-masing.
- ✦ Melakukan analisa perhitungan jumlah air yang bisa dimanfaatkan oleh masing-masing pemakai termasuk rencana pemakaian.
- ✦ Melakukan perhitungan awal untuk perkiraan penarikan dana dari para pemakai air, jangan lupa ada hal-hal yang harus bersifat sosial.
- ✦ Hasil dari perhitungan tersebut di laporkan ke masing-masing Kabupaten untuk disahkan.
- ✦ Melakukan sosialisasi kepada masyarakat, terutama kepada pengguna air yang ada dan yang akan datang, apabila mungkin diadakan rembuk pendapat dengan para pakar dan pemerhati SDA. Tujuannya supaya tidak ada kritikan-kritikan dari masyarakat dan para pakar yang cenderung tajam.
- ✦ Melakukan monitoring pada pelaksanaan pemakaian air di lapangan.
- ✦ Melakukan perubahan-perubahan apabila tidak sesuai dengan prediksi perhitungan dan disesuaikan dengan lapangan.
- ✦ Merencanakan perbaikan-perbaikan baik di dalam lahan DAS ataupun di sungainya sendiri dan tentunya pembagian tugas pada Kabupaten.
- ✦ Barangkali bisa sampai memberikan rekomendasi kepada Bupati bagi pemberian izin untuk pemanfaatan air diwilayahnya, termasuk penambangan di sungai.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, Dedi Tjahyadi. 2003. *Perhitungan Ketersediaan Air Di Sungai Dengan Teori Kesetimbangan Air*. Catatan kuliah PSDA Sipil ITB.

- Abdullah, Dedi Tjahyadi 2003. *Sistem Alokasi Pemanfaatan Air di Sungai*. Catatan kuliah PSDA Sipil ITB
- Abdullah, Dedi Tjahyadi *Konservasi air dan pengendalian sediman* Catatan kuliah PSDA Sipil ITB
- Introduction To Hydrology* 1996. (fourth edition) Warren viessman. Jr Applied hydrology K N Mutreja.
- The Price`System And Resource Allocation* (7th edition) Richard H. Leftwich
- Water Laws In Moslem Countries. Irigation And Drainage* paper 20/1 FAO