

## **KAJIAN KEANDALAN AIR SUNGAI CISADANE MEMENUHI LAJU PERMINTAAN AIR BAKU PDAM KOTA BOGOR**

**Arwin**

**Yuniria Mukmin**

*Kelompok Keahlian Teknologi Pengelolaan Lingkungan*

*Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan*

*Institut Teknologi Bandung*

*arwinsabar@yahoo.com*

### **Abstract**

*The river Cisadane is the only potential raw water source to fulfil the demand rate of the Local Water Supply Enterprise (PDAM) Bogor of 1225 L/sec (2005). Due to the impact of population growth and city expansion, the need for raw water increases up to 2375 L/sec (2010). The rate of additional demand for raw water source to a total of 1200 L/sec (2010), such that an increase of 3 x 600 L/sec is needed at the Ciherang-Pondoh Intake. The existing Ciherang-Pondoh Intake was approved (SIPA) by the authority to increase tapping from 600 L/sec up to 1200 L/sec, and the World Bank approved a fast track project to increase the mentioned capacity. The Cisadane river debit as well as the extreme water debit (1969-1999) during the dry seasons are random variables. The reliability of the Cisadane river debit during the dry seasons was determined statistically, proceeded by a theoretical distribution test against the measured dry seasons data (Chow, 1964). A data array was made, then the goodness of fit of the data was tested to find the conformity between samples and the theoretical distribution function, which represent the actual debit phenomena (Normal Distribution, log-normal, Gumbel and log-pearson III). Further on, the reliability curve of the Cisadane raw water source was constructed to assure supply to the PDAM, and fulfil the design criteria. In case that the river debit can not fulfil the demand for the multisector (domestic, irrigation, and down stream industry) raw water source, then a further study need to be conducted to develop the Cisadane water source using a dam.*

**Keywords:** *Rate of water demand, goodness-of-fit, reliability curve, Water-source Criteria*

## **I. PENDAHULUAN**

Kota Bogor terletak di Propinsi Jawa Barat dengan jumlah penduduk tahun 2003 adalah 850.551 jiwa dan pertumbuhan penduduk 5 tahun terakhir menunjukkan rata-rata 3 % pertahun. Laju pertumbuhan ekonomi kota Bogor yaitu 3,2 % memberikan peluang yang besar bagi Pemda Kota Bogor untuk

pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum sesuai UU No 7 tahun 2004 pasal 40 (ayat 2). Saat ini air baku PDAM Kota Bogor bersumber pada 2 (dua) macam air baku yaitu mata air dan air sungai Cisadane, dengan kapasitas air baku pada tahun 2004 sebesar 1225 l/d. Pengembangan sumber daya air yang mungkin untuk memenuhi kebutuhan air baku domestik (PDAM Kota Bogor) hanya dari Sungai Cisadane, sedangkan pengembangan sumber air baku dari Sungai Ciliwung kemungkinannya sangat kecil. Hal tersebut merupakan dampak meningkatnya konversi lahan di Bopuncur terutama DAS Hulu Ciliwung.

Berdasarkan foto satelit terjadi konversi lahan di DAS Ciliwung Hulu dan Tengah, dimana pemanfaatan lahan *tahun 1990*: tegalan (8,7 %), pemukiman (6,1 %), kebun (25,5 %), sawah (38,8 %) dan hutan (20,9%) terkonversikan pada Tahun 1999 menjadi tegalan (23,4 %), permukiman (26,30 %), kebun (20,9 %), sawah (10,6 %) dan hutan (18,8 %). Sebagai dampak perubahan fungsi hidrologis lahan tersebut penelitian menunjukkan adanya ekstrimitas debit air di pos debit air Katulampa dan Sugutamu serta terjadinya penurunan debit air minimum pada musim kemarau dan sebaliknya pada musim penghujan debit air maksimum terjadi peningkatan (Arwin 2003).

Fenomena penurunan debit air sungai Ciliwung diantisipasi oleh PDAM Kota Bogor dengan menghentikan Instalasi Air Minum semula air bakunya dari Sungai Ciliwung dipindahkan ke Sungai Cisadane. Air baku sungai Cisadane potensial dapat dikembangkan menjadi sumber air baku masa depan memenuhi laju permintaan air dari PDAM Kota Bogor sebagai konsekwensi perkembangan Kota Bogor ke utara dari yang semula seluas 2.156 Ha menjadi 11.850 Ha .

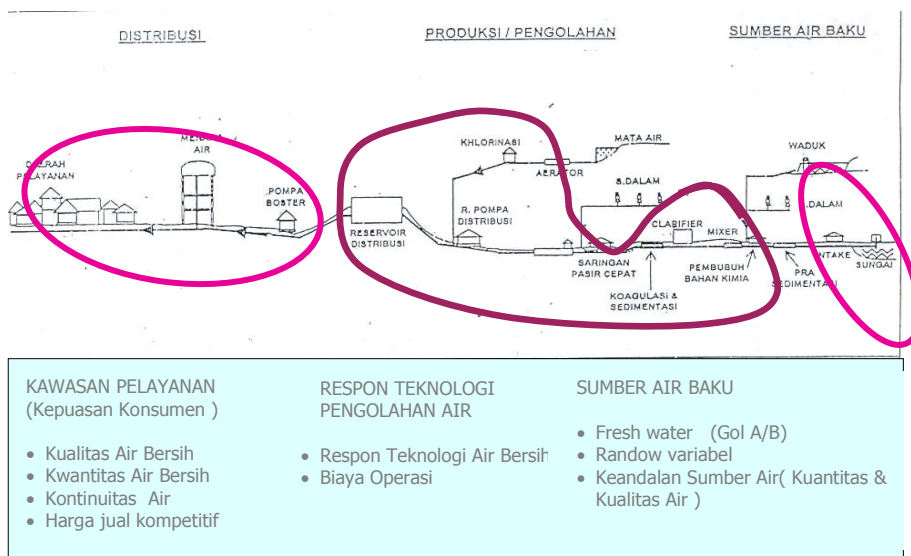
Sungai Cisadane terletak di up stream Kota Bogor, dimana terdapat intake air baku PDAM Kota Bogor (di Ciherang Pondoh) memasok water Treatment Dekeng. Sebagai wujud dari UU No. 7 pasal 40, ayat (2) dan ayat (5a), Pemda Kota Bogor mengambil inisiatif mengembangkan sistem penyediaan air minum, dengan meningkatkan pelayanan air minum dari 54 % (2004) menjadi 100 % (2010 ) dengan meningkatkan kapasitas intake Ciherang Pondoh dari 600 L/det (2004) menjadi 1800 L/det ( 2010). Proyek yang sudah mendapatkan persetujuan dengan Bank Dunia 2004 adalah peningkatan air baku sungai Cisadane di intake Ciherang Pondoh dengan kapasitas 2 x 600 L/det .

Tujuan artikel ini adalah meneliti prospek air Sungai Cisadane sebagai air baku PDAM Kota Bogor dalam rangka peningkatan pelayanan sepenuhnya (100%) air bersih pada tahun 2010, menggunakan analisis statistik dengan meneliti perilaku debit air kering yang tercatat di masa lampau untuk

dapat menentukan keandalan debit air masa depan sesuai dengan ketentuan teknis penyediaan air Minum perkotaan.

## II. KONSEP KEANDALAN SUMBER AIR BAKU

Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan terbagi dalam 3(tiga ) Komponen ,yaitu berturut-turut Komponen sumber Air, komponen Pengolahan Air dan Komponen Pelayanan Air (lihat Gambar. 1). Pada tingkat komponen pelayanan air ,kepuasaan konsumen harus memenuhi standart: kualitas air , kuantitas air, Kontinuitas air dan harga jual air yang kompetitif. Keberhasilan pelayanan air bersih sangat tergantung pada keandalan sumber air baku baik kualitas air maupun Kontinuitas sumber air .



**Gambar 1. Penyediaan Air Minum Perkotaan**

Sumber air adalah sumberdaya alam yang dapat diperbaharui melalui siklus Hidrologi dan variabel –variabel Siklus Hidrologi, antara lain hujan dan debit air berfenomena acak . Fenomena acak adalah suatu besaran dimana kejadiannya tidak menentu dalam proses ruang dan waktu, ketidakpastian besaran debit air masa lampau terukur melalui pengamatan (pos duga air) dan masa depan mengantar para ahli meneliti perilaku besaran debit air masa lampau melalui tes kecocokan distribusi teoritis, supaya dapat menentukan debit air baku rencana didasarkan pada keandalan besaran debit air masa depan sesuai ketentuan teknis ambang ketersediaan air pada

rentang waktu tertentu berpedoman pada Kriteria alokasi air baku domestik atau irigasi. (lihat Tabel 1).

Debit rencana air baku dengan periode ulang 20 tahun dengan durasi 1 (satu) hari artinya dalam 100 tahun rata-rata terjadi 5(lima) kali kejadian debit kering tidak dipenuhi atau dalam periode 20 tahun terjadi paling sedikit 1 (satu) kali debit sumber air tidak dipenuhi.

Keandalan debit air baku domestik disarankan (debit air rencana kering dengan periode ulang 20 tahun dengan durasi 1(satu) hari sedangkan Keandalan debit air kering maksimum diperkenankan dengan periode ulang 10 tahun dengan durasi suksesif 7(tujuh) hari berturut-turut.(average moving)

## **2.1. Kriteria Disain Air baku**

Bila rentang karakter acak sumber air, berurut-urutan disusun dari independen ke dependen dari hasil penelitian dan disusun berurut-urutan: Air hujan, air permukaan, air tanah dan mata air, didapatkan air permukaan lebih "dependend" dari air hujan, sedangkan Mata air lebih "depended" dari air tanah.

Pos pengamatan debit air dibagi 2(dua) yaitu pos debit air primair dan pos debit air sekundair. Pos pengamatan debit air primair, merupakan pos yang dijadikan referensi dalam pengembangan sumber air waktu pengamatan relatif panjang lebih 50 tahun, sedangkan pos pengamatan debit air sekundair di gunakan untuk kepetingan proyek (air baku domestik atau irigasi, waduk) pengamatan relatif singkat (5-10) tahun. Semakin panjang data pengamatan debit air, maka kualitas data semakin baik sehingga faktor penyebab keacakan variabel hidrologi terwakili, yaitu faktor kosmik, regional dan lokal.

Menurut UU No. 7 tahun 2004 pasal 34 ,ayat (1): pengembangan sumber daya air ditujukan untuk kemanfaatan sumber daya air memenuhi kebutuhan air baku untuk rumah tangga(domestik), pertanian(irigasi) ,industri dstnya dan untuk berbagai keperluan lainnya. Pengembangan sumber air baku dari sungai, perlu dibangun suatu kriteria disain air baku terutama untuk air baku domestik, irigasi dan Industri. Sebagai pedoman dapat digunakan kriteria disain air baku permukaan yang digunakan pada Metropolitan Bandung Urban Development Program (MBUDP), 2004 ( lihat Tabel 1).

Dari data pengamatan debit air sungai disusun debit minimum suksesif dengan durasi ( 1,2 ,7,15 dan 30 ) hari yang terjadi pada periode musim – musim kering , masing-masing rangkaian data dengan durasi (1,2,7,15 dan

30) hari dilakukan tes kecocokan distribusi teoritis dengan tes goodness-of-fit. Setelah mengetahui distribusi teoritis yang cocok, dilakukan perhitungan debit air rencana sesuai periode ulang 5, 10, 15 dan 20 tahun dan selanjutnya dibuat kurva debit keandalan debit air pada musim-musim kemarau, menggunakan kriteria air baku Bandung Metropolitan Area (1994). Kisaran debit rencana untuk sumber air baku domestik berkisar debit air rencana kering periode ulang 20 tahun dengan durasi 1 hari sampai debit air rencana kering periode ulang 10 tahun dengan durasi 7 hari.

**Tabel 1. Kriteria Desain Air Baku Permukaan**

| Sumber Air Sungai         | Desain Sumber Air Baku |             |            |         |          |          |
|---------------------------|------------------------|-------------|------------|---------|----------|----------|
|                           | Domestik               |             | Irigasi    |         | Industri |          |
| Debit Air Suksesif Kering | 1-7 hari               | 10-20 tahun | 15-30 hari | 5 tahun | 1-2 hari | 20 tahun |

Sumber: Modifikasi Kriteria Desain Air Baku MBA PU Cipta Karya (1994)

## 2.2. Analisis Statistik

Untuk meneliti nilai-nilai variabel acak dari debit air, dilakukan tes pencocokan distribusi teoritis tertentu pada nilai-nilai observasi acak hasil pengamatan debit air (Chow, 1964). Nilai observasi debit air di sini adalah data debit harian minimum. Jenis distribusi yang sering digunakan untuk menganalisa debit ekstrim kering (Lindsley, 1969 dan Soewarno, 1995), yaitu:

- Distribusi ekstrim tipe III (Weibull atau Gumbel tipe III).
- Distribusi Log-Pearson tipe III.
- Distribusi Log-Normal.

Sebagai pembanding distribusi normal turut diperhitungkan dalam pencocokkan distribusi teoritis. Jadi, ada empat distribusi teoritis yang diujikan kepada data debit harian minimum. Keempat distribusi dengan menggunakan uji *goodness-of-fit* yang berfungsi untuk memilih fungsi distribusi yang sesuai dengan sampel dengan cara menentukan kesesuaian antara sampel dengan distribusi teoritis tertentu. Uji *goodness-of-fit* bertujuan untuk menguji hipotesis  $H_0$  (sampel berasal dari distribusi teoritis yang diuji) melawan hipotesis  $H_1$  (sampel bukan berasal dari distribusi teoritis yang diuji). Untuk menguji kedua hipotesis tersebut, terdapat dua uji yang dapat digunakan, yaitu:

- Uji  $\chi^2$  (chi-kuadrat)
- Uji Kosmogorov-Smirnov (K-S)

Uji  $\chi^2$  lebih sesuai untuk menguji fungsi distribusi diskrit, sedangkan uji K-S lebih sesuai untuk menguji distribusi kontiniu dengan nilai parameter telah diketahui atau tidak perlu ditentukan dari sampel. Dua faktor yang menentukan dua jenis uji yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2. Faktor yang Menentukan Jenis Uji Statistik**

| Jenis Distribusi | Parameter Sampel | Uji yang Digunakan |
|------------------|------------------|--------------------|
| Diskrit          | Diketahui        | $\chi^2$           |
| Diskrit          | Diperkirakan     | $\chi^2$           |
| Kontiniu         | Diketahui        | K-S                |
| Kontiniu         | Diperkirakan     | $\chi^2$           |

*Sumber: Statistical procedures for Engineering, Management and Science*

Uji penentu lainnya adalah data. Untuk uji  $\chi^2$ , dibutuhkan minimal empat data yang berbeda untuk variabel kontiniu dengan frekuensi setiap data atau kelas data. Jika kondisi tidak memnuhi, maka digunakan uji K-S. Karena uji ini tidak bergantung pada jumlah data (Blank, 1980).

Uji  $\chi^2$  mengukur perbedaan relatif antara frekuensi hasil pengamatan dengan frekuensi yang diharapkan dari sebuah distribusi teoritis, jika sampel berasal dari distribusi teoritis yang diujikan.

Besarnya perbedaan antara frekuensi hasil pengamatan dengan frekuensi yang diharapkan dari distribusi teoritis dinyatakan sebagai  $\chi^2$  yang ditentukan dengan persamaan berikut (Blank, 1980):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (1)$$

$$E_i = n.P_i$$

Dimana: k : jumlah variabel yang berbeda atau jumlah kelas  
 $O_i$  : frekuensi hasil pengamatan  
 $E_i$  : frekuensi yang diharapkan dari distribusi teoritis  
n : jumlah data  
 $P_i$  : peluang dari distribusi teoritis

Uji K-S menetapkan suatu titik dimana terjadi penyimpangan terbesar antara distribusi teoritis dan sampel (Sampel, 1980). Sebelum data sampel uji, terlebih dahulu data diurutkan dari nilai terkecil sampai nilai terbesar. Untuk

menggambarkan serangkaian data debit sebagai suatu kurva frekuensi kumulatif, maka perlu diputuskan apakah probabilitas atau periode ulang yang digunakan dalam penggambarannya. Ada bermacam-macam persamaan untuk menetapkan nilai ini, yang dikenal sebagai posisi penggambaran (*position plotting*) (Benson, 1962). Dari metode-metode tersebut, metode Weibull merupakan metode yang paling sering digunakan untuk analisis peluang dan periode ulang data hidrologi (Soewarno, 1995). Nilai penyimpangan terbesar ditentukan melalui persamaan berikut:

$$D_n = \text{Maksimum } IF_0(X) - S_N(X)I \quad (2)$$

Jika distribusi teoritis telah terpilih baru dicari debit andalan dari sungai tersebut. Debit andalan adalah debit minimum yang terjadi atau terlampaui secara rata-rata pada periode ulang tertentu. Dengan ditetapkannya debit andalan yang tersedia pada sumber air, maka dapat diketahui peluang kegagalan dari suatu kriteria desain dalam usaha penyediaan air minum sehingga dapat dilakukan tindakan antisipasi. Antisipasi ini dapat dilakukan dengan pembangunan waduk.

### 2.3. Diagram Alir Penelitian

Flow diagram penelitian Keandalan Air Baku khususnya untuk air sungai (lihat Gambar 2) dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### 1. Data

Data debit harian yang digunakan dalam penelitian adalah data debit harian minimum dan memiliki panjang pengamatan minimal 10 tahun. Sedangkan untuk perhitungan volume waduk diperlukan 30 tahun, tetapi jika data debit tidak lengkap, maka dapat dilengkapi dengan korelasi spartial variabel debit air dan curah hujan.

#### 2. Pengolahan awal data debit harian

Sebelum data debit harian diuji dengan uji goodness-of-fit, terlebih dahulu dilakukan pengolahan data awal dengan langkah-langkah berikut:

- Pengolahan data debit harian minimum untuk setiap pos pengamatan debit yang dianalisis
- Pengurutan data debit harian minimum hasil pengelompokkan dari yang terkecil sampai yang terbesar untuk setiap durasi.
- Penentuan berbagai parameter data sample

#### 3. Penentuan distribusi terpilih

Untuk masing-masing uji statistik, dicari untuk distribusi normal, log-normal, gumbel dan log-pearson III.

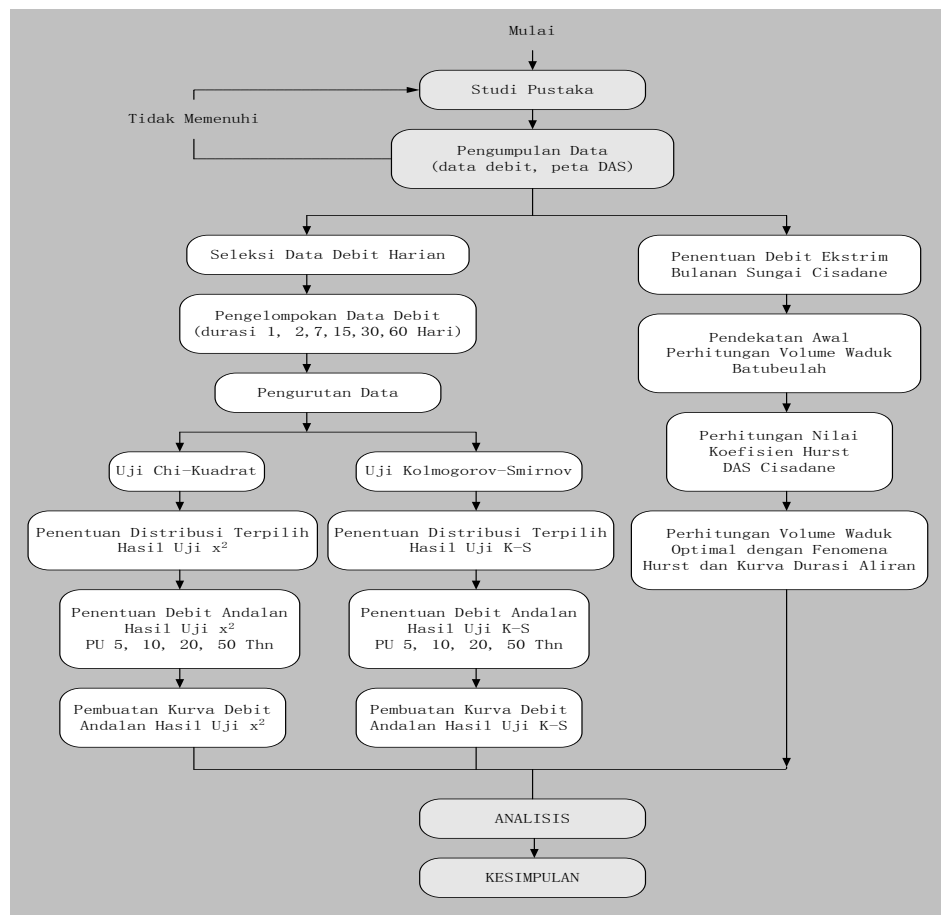
- Uji Kosmogorov Smirnov
- Uji  $\chi^2$

#### 4. Penentuan Debit Andalan

Debit andalan dihitung dengan durasi 1,2,7,15,30 dan 60 hari dan Periode Ulang 5, 10, 20, 50 tahun.

#### 5. Pembuatan Kurva Debit Andalan

Jika kurva debit andalan sudah dibuat, maka dibandingkan dengan kebutuhan air baku PDAM dan dilihat range debit andalan untuk durasi dan Periode Ulang tertentu.



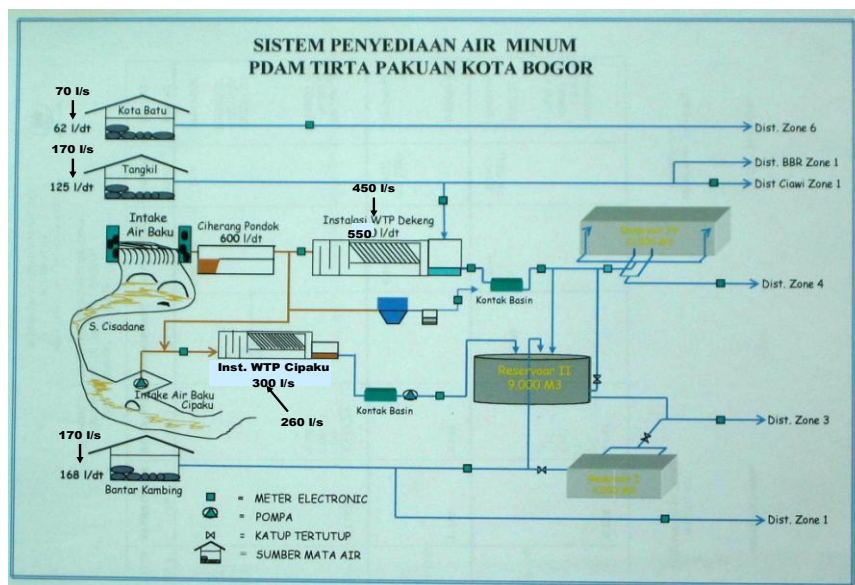
Gambar 2 Diagram alir penelitian

### III. DESKRIPSI PENGEMBANGAN PDAM KOTA BOGOR

Tingkat pelayanan air PDAM Bogor tahun 2004 hanya mencapai 54 % dari Penduduk Kota Bogor dengan debit air baku 1225 L/det , untuk memenuhi target pemerintah daerah pelayanan air mencapai 100 % pada Tahun 2010 dibutuhkan debit air baku 2375 L/det (lihat Tabel 3)

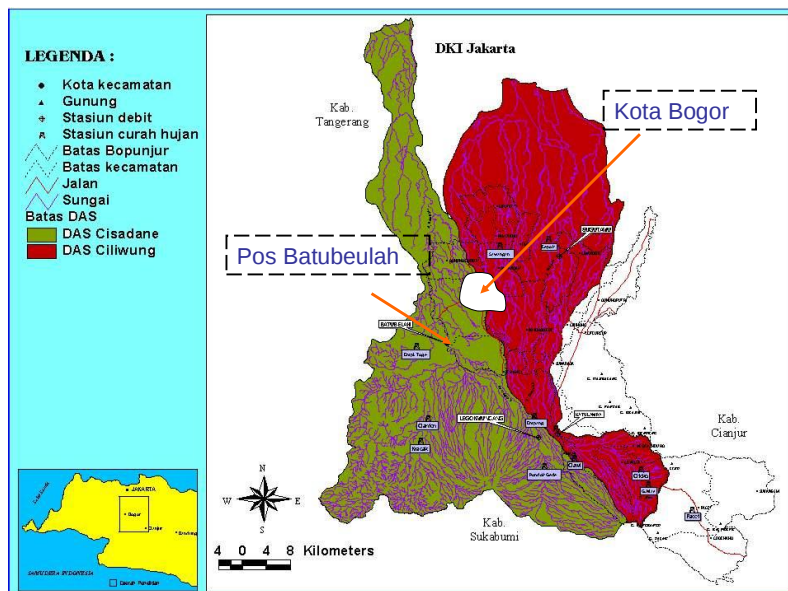
Sistem Penyediaan Air Minum PDAM Kota Bogor, sumber air baku eksisting terdiri dari mata air total 355 L/det terdiri dari Mata air Kota Baru 68 det, Mata air Tangkil 125 L/det dan Mata air Bantarkambing 168 L/det serta dari sumber air baku sungai Cisadane total 860 L/det yang terdiri dari Intake Ciherang Pondoh 600 L/det dan Intake Cipaku 260 L/det sedangkan untuk memenuhi permintaan air baku PDAM Kota Bogor Tahun 2010 sebesar 2375 L/det ,memerlukan peningkatan Kapasitas Intake Ciherang Pondoh 3 x 600 L/det (lihat Tabel 4).

Subsistim Penyediaan Air Minum dari WTP Dekeng (550 L/dt) suplai air baku berasal dari Intake Air Baku Cipondoh (600 L/dt) telah terseleksi mendapat pendanaan Bank Dunia 2004 ,peningkatan WTP Dekeng menjadi (2 x 550 )L/det sehingga Intake Air Baku Cipondoh ditingkatkan menjadi (2x600) L/det . Untuk meneliti keandalan sumber air baku Sungai Cisadane digunakan pos duga Batubeulah terletak di *up stream* intake air baku Cipondoh (lihat Gambar. 3 dan Gambar 4)



Gambar. 3 Sistem Penyediaan Air Minum PDAM Kota Bogor

Gamb. 4 : Peta DAS Cisadane



Seperti halnya variabel siklus Hidrologi, debit air sungai berkarakter acak demikian pula debit air minimum hasil penagamatan pada musim-musim kemarau sehingga digunakan instrumen statistik dengan melakukan uji statistik terhadap data debit air minimum harian sungai, untuk memperoleh kurva debit keandalan air baku sungai Cisadane dan disesuaikan dengan kaidah kriteria Disain sumber air baku untuk Perencanaan Instalasi Air Minum Perkotaan Bandung Metropolitan Area PU-Cipta karya (1994).

**Tabel 3. Rencana Peningkatan Kapasitas PDAM Kota Bogor (2010)**

| No. | Tahun                        | 2004 | 2010 |
|-----|------------------------------|------|------|
| 1   | Pelayanan PDAM Bogor (%)     | 54   | 100  |
| 2   | Debit produksi (L/det)       | 1065 | 1665 |
| 3   | Debit air Baku Total (l/det) | 1225 | 2375 |

Sumber: PDAM Bogor, 2004

**Tabel 4. Rencana Peningkatan Kapasitas Air Baku PDAM Kota Bogor**

| No. | Sumber Air Baku                 | Kapasitas (L/det) |             |
|-----|---------------------------------|-------------------|-------------|
|     |                                 | 2004              | 210         |
| 1   | Mata air Kota baru              | 62                | 62          |
| 2   | Mata Air Bantar Kambing         | 168               | 168         |
| 3   | Mata Air Tangkil                | 125               | 125         |
| 4   | Intake Cisadane Ciherang Pondoh | 600               | 3x600       |
| 5   | Intake Cisadane -Cipaku         | 260               | 220         |
|     | <b>Total</b>                    | <b>1225</b>       | <b>2375</b> |

Sesuai strategi peningkatan pelayanan air PDAM Kota Bogor adalah memperluas cakupan pelayanan air dengan cara memperkuat PDAM Kota Bogor sesuai UU No. 7 Tahun 2004 pasal 40, ayat (2) dan ayat (5a), sehingga menjadi efisien secara operasional dan juga secara finansial berkelanjutan. Kebijakan bantuan Bank Dunia mengusulkan proyek mengarah pada sektor “jalur cepat (*fast track*)” yang diarahkan pada PDAM yang telah siap dan komit untuk memperbaiki dan memperluas jangkauan pelayanan air, terpilih salah satunya PDAM Kota Bogor mendapatkan bantuan Bank Dunia.

Untuk rencana kegiatan pengembangan system Penyediaan Air minun Kota Bogor, yang dibiayai Loan Bank Dunia (lihat Tabel 5 ) PDAM Kota Bogor Investment Plan, meliputi:

1. *Engineering Consultants*

- Feasibility study and master plan upgrade
- Design and construction supervision of Dekeng WTP upgrade
- Contract administration and construction supervision consultant

2. *Source water and Transmission*

- Penambahan penyadapan air baku dari Intake Ciherang Pondoh sungai Cisadane dari 600 l/det. menjadi 1200 L/det
- Duplikasi transmisi pipa air baku dari Intake Ciherang pondoh ke IPA Dekeng

3. *Water Treatment Plat*

- Perluasan IPA Baru di Dekeng

4. *Distribution System*

- Pengembangan System Distribusi
- Perluasan sambungan rumah baru
- Perluasan sambungan baru didaerah pengembangan baru
- Program penurunan kehilangan air.

**Tabel 5. PDAM Kota Bogor Investment Plan**

| Assumptions and Criteria for Planning Purposes                                                            |                                  |                |                |                |                |                |                |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|
| Assumption                                                                                                | Projection                       |                |                |                |                |                |                |         |
|                                                                                                           | 2002                             | 2003           | 2004           | 2005           | 2006           | 2007           | 2008           | 2009    |
| <b>Service Criteria</b>                                                                                   |                                  |                |                |                |                |                |                |         |
| Total urban population                                                                                    |                                  | 850,551        | 876,068        | 902,350        | 929,421        | 957,304        | 986,023        |         |
| Growth rate (%)                                                                                           | 3.00                             |                |                |                |                | 3.00           |                |         |
| No. people per connection (per/conn)                                                                      | 5.6                              |                |                |                |                |                |                |         |
| Additional new connection during year (no.)                                                               |                                  | 2,997          | 4,000          |                | 7,000          | 10,000         | 10,000         | 10,000  |
| Total connections at end of year (no.)                                                                    | 63,103                           | 66,100         | 70,100         | 70,100         | 77,100         | 87,100         | 97,100         | 107,100 |
| Population served as at end of year                                                                       | 353,377                          | 370,160        | 392,560        | 392,560        | 431,760        | 487,760        | 543,760        | 599,760 |
| Population coverage (%)                                                                                   | 46                               | 44             | 45             | 44             | 46             | 51             | 55             | 59      |
| <b>Production Criteria</b>                                                                                |                                  |                |                |                |                |                |                |         |
| UFW at end of year (%)                                                                                    | 30                               | 30             | 30             | 28             | 28             | 27             | 26             | 25      |
| Average consumption (m3/conn/month)                                                                       | 30                               | 30             | 30             | 30             | 30             | 30             | 30             | 30      |
| Average demand (L/s)                                                                                      |                                  | 737            | 777            | 800            | 840            | 937            | 1,051          | 1,166   |
| Required production rate (L/s)                                                                            |                                  | 1,053          | 1,110          | 1,111          | 1,167          | 1,284          | 1,420          | 1,555   |
| Production capacity at start of year (L/s)                                                                | 1,045                            | 1,045          | 1,125          | 1,125          | 1,605          | 1,605          | 1,605          | 1,605   |
| Dekeng WTP*                                                                                               | 520                              | 520            | 520            | 520            | 1,000          | 1,000          | 1,000          | 1,000   |
| Other WTP (total)                                                                                         | 525                              | 525            | 605            | 605            | 605            | 605            | 605            | 605     |
| WTP upgrades (L/s)                                                                                        |                                  | 80             |                | 240            |                |                |                | 250     |
| Expected start up date for upgrade                                                                        |                                  | Oct            |                | Dec            |                |                |                | Dec     |
| Excess production capacity (L/s)                                                                          |                                  | -8             | 15             | 14             | 438            | 321            | 185            | 50      |
| Excess production capacity (%)                                                                            |                                  | -1             | 1              | 1              | 27             | 20             | 12             | 3       |
| * Dekeng WTP upgrade from 550 L/s to 1,000 L/s is staged including rehabilitation of existing facilities. |                                  |                |                |                |                |                |                |         |
| <b>Implementation Schedule</b>                                                                            |                                  |                |                |                |                |                |                |         |
| Activity                                                                                                  | Cashflow Projection (Rp million) |                |                |                |                |                |                |         |
|                                                                                                           | Total                            | Year 1<br>2004 | Year 2<br>2005 | Year 3<br>2006 | Year 4<br>2007 | Year 5<br>2008 | Year 6<br>2009 |         |
| <b>Engineering Consultants</b>                                                                            |                                  |                |                |                |                |                |                |         |
| ? Feasibility study and master plan upgrade                                                               | 150                              |                | 150            |                |                |                |                |         |
| ? Design and construction supervision of Dekeng                                                           |                                  |                |                |                |                |                |                |         |
| WTP upgrade                                                                                               | 2,179                            |                | 330            | 1,849          |                |                |                |         |
| ? Contract administration and construction supervision consultant                                         | 1,089                            |                |                |                | 564            | 525            |                |         |
| <b>Headworks</b>                                                                                          |                                  |                |                |                |                |                |                |         |
| ? Duplicate raw water transmission to Dekeng                                                              | 11,000                           |                | 2,200          | 5,500          | 3,300          |                |                |         |
| ? Extend and rehabilitate Dekeng WTP                                                                      | 35,000                           |                |                | 7,000          | 17,500         | 10,500         |                |         |
| <b>Distribution System</b>                                                                                |                                  |                |                |                |                |                |                |         |
| ? Distribution system expansion                                                                           | 26,625                           |                |                |                | 7,500          | 7,500          | 4,125          |         |
| ? New house connections - infill                                                                          | 2,750                            |                |                |                | 688            | 687            | 688            | 687     |
| ? New house connections - new expanded areas                                                              | 15,000                           |                |                |                | 3,750          | 3,750          | 3,750          | 3,750   |
| ? UFW reduction program                                                                                   | 11,550                           |                | 4,125          | 2,475          | 1,650          | 1,650          | 1,650          |         |
| <b>ANNUAL TOTALS</b>                                                                                      | <b>105,343</b>                   | <b>6,805</b>   | <b>16,824</b>  | <b>34,952</b>  | <b>24,612</b>  | <b>13,588</b>  | <b>8,562</b>   |         |

Sumber: Urban water Sanitation Improvement and Expansion Project , 20 Maret 2004.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

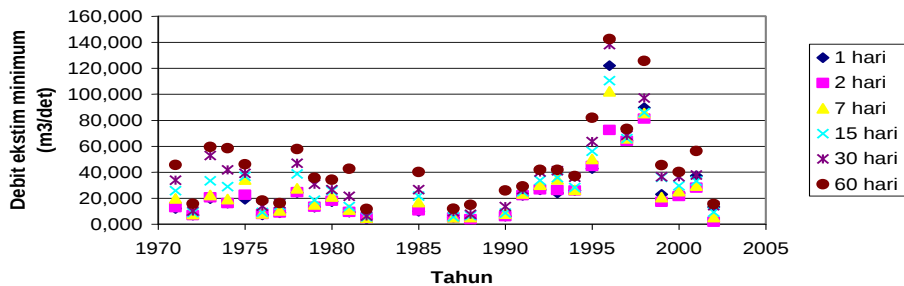
Langkah pertama yang dilakukan untuk memulai uji statistik ini adalah dengan mengumpulkan data yang tersedia (lihat Gambar 2 ) sedangkan data debit air Sungai Cisadane yang digunakan untuk keandalan debit air (lihat Tabel 6).

**Tabel 6. Pos Debit Air yang Digunakan dalam Penelitian**

| No. | Nama Sungai | Nama Pos   | Data Debit Tersedia | Data Debit Lengkap |
|-----|-------------|------------|---------------------|--------------------|
| 1.  | Cisadane    | Batubeulah | 1971-2003           | 32 tahun           |

Sumber: Puslitbang dan Dinas SDA Prop Jabar, 2004

Data debit air harian minimum pos Batubeelah sungai Cisadane disajikan pada Gamb.4.1, memperlihatkan bahwa debit air minimum pada tahun-tahun pengamatan pada musim-musim kemarau menunjukkan bahwa kejadian debit air minimum adalah berperilaku acak seperti pada umumnya variabel siklus Hidrologi sedangkan hasil tes statistik terpilih distribusi teoritis didominasi oleh distribusi Log-Pearson III(lihat tabel 4.2. ). Distribusi ini akan digunakan menetapkan debit air rencana kering untuk kurva Keandalan debit sumber air Sungai Cisadane.



**Gambar 5. Data Debit harian Minimum Sungai Cisadane  
Pos Batubeulah**

**Tabel 7. Distribusi Teoritis Terpilih Hasil Uji K-S dan Uji  $\chi^2$**

| Nama Sungai | Pos Debit Air | Durasi (hari) | Distribusi Teoritis Terpilih |                 |
|-------------|---------------|---------------|------------------------------|-----------------|
|             |               |               | Uji K-S                      | Uji $\chi^2$    |
| Cisadane    | Batubeulah    | 1             | Log-pearson III              | Log-pearson III |
|             |               | 2             | Log-pearson III              | Log-pearson III |
|             |               | 7             | Log-pearson III              | Log-Normal      |
|             |               | 15            | Log-pearson III              | Log-pearson III |
|             |               | 30            | Gumbel                       | Gumbel          |
|             |               | 60            | Gumbel                       | Gumbel          |

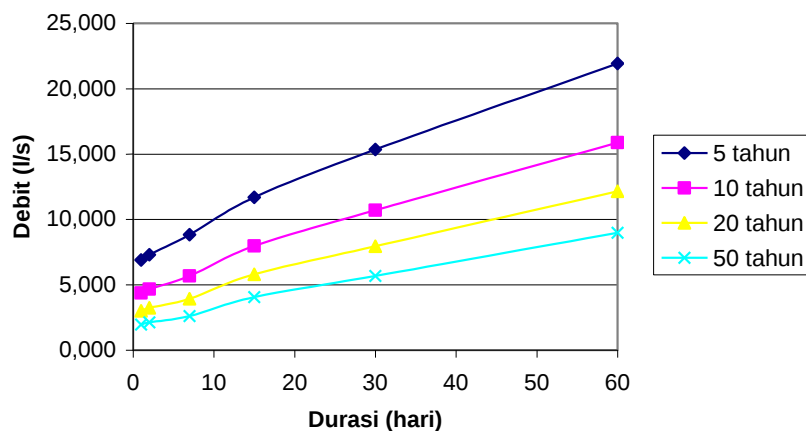
Langkah selanjutnya adalah mencari debit andalan untuk durasi tertentu (1,2,7,15, 30) hari dan pada periode ulang tertentu (5,10,20,30 atau 50) tahun, lalu dibuat kurva keandalan debit air. Hasil perhitungan keandalan debit air Sungai Cisadane dapat dilihat pada Gambar 4.

Debit sumber air baku yang harus dipenuhi untuk memenuhi target pemerintah Kota Bogor (2010) membutuhkan debit sumber air baku 1150

L/det, dimana *eksisting* sumber air baku tahun 2004 adalah 1225 L/det dan pada tahun 2010 diperlukan sumber air baku 2375 l/det .

Keandalan debit sumber air kering disarankan (debit air rencana kering dengan periode ulang 20 tahun dengan durasi 1(satu) hari, sedangkan Keandalan debit air kering maksimum diperkenankan dengan periode ulang 10 tahun dengan durasi 7 (tujuh) hari .

Debit rencana sumber air kering dengan periode ulang 20 tahun dengan durasi 1 (satu) hari artinya dalam 100 tahun rata-rata terjadi 5 (lima) kali kejadian debit kering tidak dipenuhi atau dalam periode 20 tahun terjadi paling sedikit 1 (satu) kali debit sumber air tidak dipenuhi.



**Gambar 6. Kurva Debit Andalan Sungai Cisadane Pos Batubelulah**

**Skenario peningkatan debit air Intake Ciherang Pondoh 1 ( 2 x 600 L/det) :**

Laju permintaan sumber air PDAM Bogor Tahun 2010 memerlukan tambahan sebesar 1200 L/det sedangkan debit sumber air yang diberikan Izin (SIPA) di Intake Ciherang Pondoh dari eksisting 600 L/det (2004) menjadi 1200 L/det ,tingkat pelayanan menaik dari 54 % menjadi 60 %. Jadi jumlah sumber air yang diberi SIPA dapat disadap dari sungai cisadane adalah 1460 L/det terdiri dari Intake Ciherang Pondoh 600 L/det dan Intake Cipaku 260 L/det.

**Skenario peningkatan debit air Intake Ciherang Pondoh 2 ( 3 x 600 L/det):**

Laju permintaan sumber air PDAM Bogor 2010 memerlukan tambahan 1200 L/det sehingga tingkat pelayanan 100 % sedangkan eksisting sumber air sudah disadap dari sungai cisadane 820 L/det. jadi total rencana penyadapan dari cisadane ( 2010) sebesar 2020 L/det .

## **V. KESIMPULAN .**

Peningkatan pelayanan air Minum perkotaan berpengaruh langsung pada kesehatan masyarakat berupa uapay penyengahan waterborne diseases yakni penyakit ditularkan melalui media air dan mendukung pengembangan tata ruang kota, merangsang pertumbuhan perekonomian dan parawisata dan aktivitas lainnya akan bermuara pada peningkatan pengembangan pemanfaatan ruang di urban, suburban dan skala regional sehingga Kota Bogor sebagai sub pengembangan Megapolitan DKI Jakarta semakin penting peranannya.

Dari analisis statistik data aliran minimum sungai Cisadene pada periode musim-musim kemarau (debit air ekstrem kering) dari penelurusan debit air kering di pos Batubelaah (1971-2003) bahwa besaran debit air fungsi waktu tidak menentu (variabel acak) sepertinya halnya komponen-komponen lainnya dari siklus Hidrologi sehingga ketidak pastian debit air kering masa depan dapat diantisipasi dengan menggunakan instrumen statistik dan tidak ditemukan suatu distribusi teoritis yang mutlak seragam untuk semua tes kesesuaian distribusi teoritis tetapi ada kecenderungan didominasi oleh distribusi Log-Pearson III.

Kisaran Sumber air baku domestik dari Intake Cipondoh – Cisadane diperoleh dari analisa keandalan debit rencana kering disarankan (Konservatif) s/d debit rencana kering maksimum diperkenankan (Moderat) disajikan berturut-turut :  $Q_{R20-1} = 2998$  L/det dan  $Q_{R10-7} = 5660$  L/dt .

Laju permintaan tambahan air baku Kota Bogor pada tahun 2004 eksisting 1225 L/det dan pada tahun 2010 menjadi 2375 L/detik sedangkan potensi sumber air baku dengan mengembangkan kapasitas sadap Sungai Cisadane pasokon air baku sungai Cisadane eksisting total 860 L/det (Intake Ciherang Podoh, intake Cipaku). Bila pengembanagan Penyediaan Air Minum PDAM Kota Bogor, berpedomam kriteria air baku menggunakan Keandalan debit air musim kering disarankan  $Q_{R20-1}$  (konservatif)= 2998 L/det( T= 20 tahun durasi 1 hari), maka terdapat 2 (dua ) skenario.

Skenario 1, rencana pengembangan Instalasi Dekeng dengan peningkatan kapasitas sadap di Intake Ciherang-pondoh dari 600 L/det (2005) menjadi 1200 L/det (2010) jadi total penyadapan air dari Sungai Cisadane menjadi

1460 L/det ( 48,7 % dari  $Q_{R20-1}$  ) tingkat pelayanan air PDAM kota Bogor menaik menjadi 60 % populasi , sehingga debit *over flow* air untuk di down Stream  $Q = 1538$  l/det (51,3 % dari  $Q_{R20-1}$  ) . Over flow di down stream relatif aman dan telah mendapatkan SIPA dari Instalasi berwewenang.

Skenario 2, Bila Laju Kebutuhan air Kota Bogor pada Tahun 2010 penduduk dilayani 100 % diperlukan peningkatan kapasitas Intake Ciherang Pondoh 3 x600 L/det sehingga total penyadapan air dari Sungai Cisadane  $Q = 2020$  L/det ( 67,4 % dari  $Q_{R20-1}$  ) tingkat pelayanan air minum PDAM Kota Bogor meningkat menjadi 100 % sedangkan Keandalan sumber air domestik konservatif,  $Q_{R20-1} = 2998$  L/det dan terdapat Over flow 978 L/det (33,6 % dari  $Q_{R20-1}$ ), untuk dapat memperoleh SIPA dari Instalasi berwewenang, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pengaruh terhadap pemanfaatan air multiguna di *down stream*.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- Arwin , 2003. Kajian Ekstrimitas debit air dan pelestarian air di Kawasan Konservasi kasus Keppres 114/99 Bopuncur ) . Seminar Nasional Perkembangan dan Aplikasi Teknologi Lingkungan dalam menghadapi Era Global Institut teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 1-2 Oktober
- , 2001. Penerapan Analisa Statistik terhadap Ketidakpastian Debit Air Sungai dalam Rangka Peningkatan Pelayanan Air Bersih Perkotaan, Bandung. Departemen Teknik Lingkungan -ITB
- Babel, M.S., Gupta, A.D., Nayak, D.K., A Model for Optimal Allocation of Water to Competing Demands, Water Resource Management Journal, Springer Netherlands, 2005.
- Benson, M.A. 1962. Evolution of Methods for Evaluating The Occurance of flood, U.S Geol. Surv. Water Supply.
- Blank, Leland . 1980. Statiscal Procedures for Engineering ,Managemant and Sciences . McGraw-Hill,Kogakusha Japan.
- Chow, Van Te, 1980. Handbook of Applied Hydrology, McGraw Hill, Kogakusha, Jepang.
- , 1964. Applied Hydrology, McGraw-Hill,New York.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1994. Bandung Metropolitan Area
- Dep. Permukiman dan Prasarana wilayah Direktorat Jenderal Tata Perkotaan dan Tata Pedesaan, 2004. Environmental Management Plan UWSIEP For PDAM Indonesia (Bogor,Lebak,Cirebon , Pontianak , Banjarmasin ,Makassar , Kendari) Urban water Sanitation Improvement and Expansion Project, 20 Maret .
- Griffin, R.C., Mjelde, J.W., 2000 Valuing Water Supply Reliability, American Journal of Agricultural Economic.
- Linsley, Ray K. Jr., 1969. Hydrology for Engineers, McGraw Hill.
- Mendoza, M.E., Bocco, G., Bravo,M., Granados,E.L., Osterkamp, W.R., 2006 Predicting Water-Surface Fluctuation of Continental lakes: A RS and GIS Based Approach in Central Mexico, 2006.

- Pang, Yong, Li, Ling, Cui, Guangbo, Yao, Qi, 2006 Identification of River Sections for Domestic Water Supply along the Yangtze River in Jiangsu Province, China Water Resource Management Journal, Springer Netherlands.
- Robert W. Abbett. 1956 American Civil Engineering Practice , Vol II . John Wiley & Sons, Inc New York
- Suyono Sosrodarsono & Kensaku Takeda , 1980. Hidrologi untuk Pengairan . PT Pradnya Paramita Jakarta.
- Soewarno, 1995. Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data, Jilid 1 dan 2, Nova, Bandung.
- UU No 7/2004, UU Sumber Daya Air