

Study Up Rating Instalasi Penjernih Air dan Catu Daya Air Bersih Kota Pacitan

Edy Sumirman

Staf Pengajar Program Studi Diploma Teknik Sipil FTSP ITS

Email: locong@ce.its.ac.id

ABSTRAK

Pembangunan Sarana Fisik Penyediaan Air Bersih pada dasarnya merupakan salah satu upaya pemerintah untuk memenuhi kebutuhan pokok masyarakat akan ketersediaan air bersih yang memenuhi persyaratan kesehatan, baik ditinjau dari aspek kualitas maupun kuantitas secara berkesinambungan. Untuk meningkatkan pelayanan dan kualitas air bersih salah satu usaha yang akan dilaksanakan adalah Uprating Instalasi Penjernih Air dan Catu Daya Air Bersih Kota Pacitan yang memenuhi syarat serta berkualitas diperlukan perencanaan. Dalam rangka untuk memberikan pelayanan kepada masyarakat secara luas, tentunya dibutuhkan sarana dan prasarana yang sesuai dengan tingkatan hirarkinya (lokal atau regional). Salah satu prasarana yang dibutuhkan masyarakat, khususnya dibidang sanitasi adalah ketersediaan air bersih yang mencukupi dan layak konsumsi. Dengan adanya kecenderungan peningkatan tuntutan kualitas pelayanan air bersih yang ideal dan layak konsumsi sesuai dengan perkembangan pembangunan dan kebutuhan serta tuntutan kehidupan masyarakat terhadap pelayanan air bersih merupakan hal utama yang perlu dikaji dan direncanakan sesuai dengan keinginan masyarakat pengguna air bersih yang tertib, ideal dan layak konsumsi.

Kata Kunci: *Up Rating Instalasi Air Bersih, Catu Daya Air*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan Sarana Fisik Penyediaan Air Bersih pada dasarnya merupakan salah satu upaya pemerintah untuk memenuhi kebutuhan pokok masyarakat akan ketersediaan air bersih yang memenuhi persyaratan kesehatan, baik ditinjau dari aspek kualitas maupun kuantitas secara berkesinambungan.

Untuk meningkatkan pelayanan dan kualitas air bersih salah satu usaha yang akan dilaksanakan adalah Uprating Instalasi Penjernih Air dan Catu Daya Air Bersih Kota Pacitan yang memenuhi syarat serta berkualitas diperlukan perencanaan .

Dalam rangka untuk memberikan pelayanan kepada masyarakat secara luas, tentunya dibutuhkan sarana dan prasarana yang sesuai dengan tingkatan hirarkinya (lokal atau regional). Salah satu prasarana yang dibutuhkan masyarakat, khususnya dibidang sanitasi adalah ketersediaan air bersih yang mencukupi dan layak konsumsi.

Dengan adanya kecenderungan peningkatan tuntutan kualitas pelayanan air bersih yang ideal dan layak konsumsi sesuai dengan

perkembangan pembangunan dan kebutuhan serta tuntutan kehidupan masyarakat terhadap pelayanan air bersih merupakan hal utama yang perlu dikaji dan direncanakan sesuai dengan keinginan masyarakat pengguna air bersih yang tertib, ideal dan layak konsumsi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 SUMBER PENYEDIAAN AIR

Sumber air dalam sistem penyediaan air merupakan suatu komponen yang mutlak harus ada, karena tanpa sumber air sistem penyediaan air tidak akan berfungsi.

2.2 STANDAR KUALITAS AIR BERSIH DAN AIR MINUM

Air minum yang ideal seharusnya jernih, tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau. Air minum juga harus tidak mengandung kuman patogen. Tidak mengandung zat kimia yang dapat mengubah fungsi tubuh, tidak dapat diterima secara estetis, dan dapat merugikan secara ekonomis. Air juga

seharusnya tidak korosif, tidak meninggalkan endapan pada seluruh jaringan distribusi yang ada. Atas dasar pemikiran tersebut, maka dibuat standar air minum yaitu suatu peraturan yang memberikan petunjuk tentang konsentrasi berbagai parameter yang sebaiknya diperbolehkan ada didalam air minum agar tujuan pengolahan air bersih dapat tercapai. Standar tersebut akan berbeda untuk tiap negara, tergantung pada keadaan sosio-kultural termasuk kemajuan teknologi suatu negara.

Di Indonesia standar air minum yang berlaku pertama kali dibuat pada tahun 1975, kemudian terakhir kali diperbaiki lagi melalui Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 907/MENKES/SK/VII/2002[1].

2.3 PENGGUNAAN AIR SEBAGAI SUMBER AIR BAKU

sumber air yang digunakan sebagai sumber air baku untuk air bersih / minum yang dipertimbangkan dari tiga faktor “K” (kuantitas, kualitas dan kontinuitas).

2.4 PROYEKSI JUMLAH PENDUDUK DAN FASILITAS

2.4.1 Proyeksi Jumlah Penduduk

Data kependudukan merupakan salah satu faktor terpenting dalam proses penyusunan suatu rencana, mengingat bahwa setiap perencanaan dilakukan serta ditujukan untuk kepentingan penduduk itu sendiri. Peningkatan jumlah penduduk akan mempengaruhi peningkatan kebutuhan fasilitas termasuk peningkatan pelayanan air bersih.

Semua sistem penyediaan air bersih harus direncanakan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat di waktu sekarang hingga beberapa tahun ke depan sesuai dengan jumlah tahun proyeksi. Maka diperlukan proses perhitungan proyeksi penduduk sebagai awal dari kegiatan perencanaan, dimana tingkat perkembangan penduduk suatu daerah dipengaruhi oleh tingkat kelahiran (natalitas), kematian (mortalitas) serta perpindahan penduduk (migrasi).

Untuk memperoleh nilai proyeksi yang relatif akurat, maka perlu dicari terlebih dahulu nilai koefisien korelasi (r) dari rumus-rumus proyeksi yang akan digunakan.

Rumus koefisien korelasi :

$$r = \frac{(nx(\sum xy)) - (\sum x \sum y)}{(((nx\sum y^2) - (\sum y)^2)((nx\sum x^2) - (\sum x)^2))^{1/2}} \dots\dots\dots (1)$$

Nilai koefisien korelasi yang dipakai adalah yang mendekati nilai 1, yang menggambarkan bahwa rumus yang dipakai adalah yang lebih mewakili nilai pendekatan pertumbuhan penduduk secara optimum terhadap pola pertumbuhan yang terjadi sebenarnya untuk masa yang akan datang. Ada beberapa macam persamaan yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan proyeksi penduduk, antara lain :

a. Metode Perbandingan

Digunakan untuk wilayah perencanaan dengan data penduduk tidak lengkap, dimana proyeksinya menggunakan daerah lain yang dianggap memiliki kondisi sosial ekonomi serta kebijakan pembangunan yang relatif sama.

b. Metode Ekstrapolasi

Meliputi :

- Metode Ekstrapolasi Grafis, dan
- Metode Ekstrapolasi Matematis, yang terdiri dari :

1. Metode Aritmatik

Metode ini umumnya dipakai apabila pertumbuhan penduduknya relatif konstan setiap tahunnya. Sehingga jika diplotkan pada grafik akan membentuk suatu garis pertumbuhan linier. Metode ini baik digunakan jika data penduduk yang dimiliki relatif pendek, dimana data waktu proyeksi yang diambil disesuaikan dengan jumlah data yang dimiliki.

Persamaan yang digunakan adalah :

$$P_n = P_0 + r .n \dots\dots\dots (2)$$

Dimana

P_n=Jumlah pro penduduk pada tahun ke-n

P₀=Jumlah penduduk mula-mula

r=Jumlahpertambahanpenduduktiap tahun

n=Banyaknya tahun proyeksi

2. Metode Geometrik

Metode ini umumnya digunakan bila tingkat pertumbuhan penduduk naik secara berganda atau tingkat pertumbuhan populasinya berubah secara ekuivalen dengan jumlah penduduk tahun sebelumnya.

Persamaan yang digunakan adalah :

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke- n

- Pendidikan
- Sarana Kesehatan
- Komersial
- Industri
- Fasilitas umum yang lain

3. Metode Least Square (Kuadrat Minimum)

Digunakan apabila garis regresi data perkembangan penduduk masa lalu menggambarkan kecenderungan garis linier, meskipun pertumbuhan penduduk tidak selalu bertambah.

Persamaan yang digunakan adalah :

$$Y = a + bx \dots\dots\dots(4)$$

x = Jumlah tambahan dari tahun dasar
 a, b = Konstanta

$$a = \frac{\sum y \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum xy}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots(5)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots(6)$$

n = Jumlah data

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi ketelitian proyeksi penduduk, antara lain:

- Jumlah populasi penduduk dalam suatu area.
- Kecepatan pertumbuhan penduduk, dimana kecepatan pertumbuhan penduduk tinggi akan mengurangi ketelitian proyeksi.
- Kurun waktu proyeksi.

2.4.2 Proyeksi Fasilitas

Dalam menentukan kebutuhan air bersih yang berpengaruh terhadap perencanaan instalasi juga harus memperhitungkan keberadaan fasilitas umum yang ada sekarang serta perkembangannya pada daerah perencanaan[2].

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan fasilitas adalah :

- Pertambahan penduduk
- Jenis fasilitas
- Perluasan fasilitas yang ada
- Perkembangan sosial ekonomi.

Yang termasuk fasilitas umum dalam kaitannya dengan perencanaan unit pengolahan air bersih adalah :

- Tempat ibadah
- Perkantoran

2.5 PROYEKSI KEBUTUHAN AIR BERSIH

2.5.1 Kebutuhan Air Domestik

Pemenuhan kebutuhan air untuk domestik memiliki bagian terbesar dalam kebutuhan dasar perencanaan unit pengolahan. Faktor kebiasaan, pola dan tingkat kehidupan yang didukung oleh adanya perkembangan sosial ekonomi memberikan pengaruh terhadap peningkatan kebutuhan dasar air.

Dikenal dua kategori fasilitas penyediaan air minum, yaitu :

- a. Fasilitas Perpipaan, terdiri dari :
 - Sambungan Rumah (SR)
 - Sambungan Halaman
 - Sambungan Umum
- b. Fasilitas Non perpipaan, terdiri dari :
Sumur umum, kendaraan tangki air (*water tank*), mata air.

Yang perlu diketahui juga adalah jumlah kebutuhan rata-rata air bersih per orang per hari, dimana dibedakan atas kategori kota. Berikut ini standar yang dikeluarkan oleh Dirjen Cipta Karya Departemen PU :

Tabel 1. Kebutuhan Air Bersih Berdasarkan Kategori Kota Dan Jumlah Penduduknya.

Kategori kota	Jumlah Penduduk	Penyediaan air (liter/org/hari)		Kehilangan Air (%)
		SR	HU	
Metropolitan	> 1.000.000	190	30	20
Besar	500.000-1.000.000	170	30	20
Sedang	100.000-500.000	150	30	20
Kecil	20.000-100.000	130	30	20
IKK	< 20.000	100	30	20

Sumber: *Juknis Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan, (vol.11), 1998.*

2.5.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air non domestik merupakan tahap selanjutnya dalam perhitungan kebutuhan air bersih. Besaran pemakaiannya ditentukan oleh jumlah konsumen non domestik yang terdiri dari fasilitas-fasilitas sebagaimana dijelaskan pada halaman sebelumnya.

Sebagaimana penjelasan sebelumnya bahwa ada beberapa faktor yang dapat menentukan perkembangan jumlah fasilitas tersebut, yaitu penambahan penduduk, jenis dan perluasan fasilitas serta perkembangan sosial ekonomi.

Perhitungan proyeksi fasilitas dapat dilakukan dengan pendekatan perbandingan jumlah penduduk, yaitu :

$$\frac{\text{Penduduk tahun ke-n}}{\text{Penduduk tahun awal}} = \frac{\text{Fasilitas tahun ke-n}}{\text{Fasilitas tahun awal}} \quad (7)$$

Sumber: *Juknis Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan, (vol. 1), 1998.*

2.6 KAPASITAS PRODUKSI

Penentuan besaran kebutuhan air menurut Al-layla, dkk (1980) mengacu pada kebutuhan air harian maksimum ($Q_{\text{max.day}}$) serta kebutuhan air jam maksimum ($Q_{\text{hour.max}}$) dengan referensi kebutuhan air rata-rata.

- Kebutuhan air rata-rata harian ($Q_{\text{av.day}}$)
Adalah jumlah air yang diperlukan untuk pemenuhan kebutuhan domestik, non domestik dan kehilangan air.
- Kebutuhan air harian maksimum ($Q_{\text{max.day}}$)
Merupakan jumlah air terbanyak yang diperlukan pada satu hari dalam kurun satu tahun berdasarkan nilai Q rata-rata harian. Diperlukan faktor fluktuasi kebutuhan harian maksimum dalam perhitungannya.

$$Q_{\text{max.day}} = f \times Q_{\text{av.day}} \quad (8)$$

Dimana :

f = Faktor harian maksimum ($1 < f_{\text{max.hour}} < 1,5$)

$Q_{\text{av.day}}$ = Kebutuhan air harian maksimum (ltr/dtk)

- Kebutuhan air jam maksimum ($Q_{\text{max.hour}}$)
Adalah jumlah air terbesar yang diperlukan pada jam-jam tertentu. Faktor fluktuasi kebutuhan jam

maksimum ($F_{\text{max.hour}}$) diperlukan dalam perhitungannya.

$$Q_{\text{max.hour}} = f \times Q_{\text{max.day}} \quad (9)$$

Dimana :

f = Faktor fluktuasi jam maksimum (1,5 -2,5)

$Q_{\text{max.day}}$ = Kebutuhan air harian maksimum

$Q_{\text{max.hour}}$ = Kebutuhan air jam maksimum (ltr/jam).

Banyak faktor yang mempengaruhi fluktuasi pemakaian air jam per jam, dan untuk mendapatkan data fluktuasi ini diperlukan survey (penelitian) terhadap aktivitas atau kebutuhan air konsumen.

Selain penentuan kapasitas produksi pada unit pengolahan, maka perlu diperhitungkan lagi faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap perencanaan unit pengolahan.

d. Kehilangan Air

Yaitu selisih antara jumlah air yang diproduksi di unit pengolahan dengan jumlah air yang di konsumsi (jaringan distribusi). Berdasarkan kenyataan dilapangan, kejadian akan kehilangan air ini selalu terjadi. Adapun bentuk kehilangan dapat bersifat teknis dan non teknis.

Terdapat 3 macam pengertian menyangkut istilah kehilangan air, yaitu :

1) Kehilangan air rencana

Kehilangan yang disebabkan oleh pengaruh operasional dan pemeliharaan unit pengolahan.

2) Kehilangan air percuma

Meliputi segala aspek penggunaan fasilitas penyediaan air bersih dan pengelolaannya. Kehilangan ini dapat dibagi dua, yaitu :

- Leakage; merupakan kehilangan air percuma pada komponen fasilitas yang disebabkan oleh kurangnya pengendalian pengelola.

- Wastage; adalah kehilangan air yang terjadi pada tingkatan konsumen.

3) Kehilangan air insidental

Jika kehilangan air yang terjadi akibat hal-hal yang berada diluar kemampuan manusia dan bersifat spontan seperti bencana dan sebagainya.

Namun secara umum dalam melakukan perencanaan unit

pengolahan air bersih, nilai kehilangan yang terjadi baik kehilangan air percuma dan insidental sudah masuk dalam perhitungan. Besarnya nilai kehilangan air tersebut berkisar antara 15 - 25 % dari total kebutuhan air bersih baik domestik maupun non domestik.

e. Kebutuhan air untuk pemadam kebakaran

Untuk penentuan besar pemakaian untuk pemadam kebakaran di Indonesia belum ada standarisasinya, sehingga cenderung bersifat subyektif tergantung dari kondisi dan kebijakan setempat. Menurut Al-layla, dkk (1980) dapat diambil antara 10 -25 % dari kebutuhan harian maksimum[4].

2.7 INSTALASI PENGOLAHAN AIR BERSIH (IPAB)

Instalasi Pengolahan Air Bersih adalah suatu gabungan beberapa tahapan unit bangunan pengolahan air baku yang diambil dari sumbernya. Pada bangunan ini terjadi proses teknis untuk mengubah kualitas air yang diperoleh menjadi lebih baik sesuai dengan standar yang ditentukan.

Dalam proses pengolahan air bersih umumnya dikenal dengan dua cara yaitu pengolahan lengkap (*complete treatment proses*) dan pengolahan sebagian (*partial treatment proses*)

Dalam perencanaan bangunan pengolahan air bersih, penentuan lokasi bangunan adalah termasuk hal yang penting diperhatikan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelum memilih lokasi bangunan adalah [3]:

- Tanah / lahan yang tersedia harus cukup luas sehingga masih memungkinkan untuk diperluas dikemudian hari.
- Kondisi tanah harus cukup stabil sebagai tempat dimana bangunan akan dibuat. Jika dukungan kondisi tanah kurang memenuhi, harus direncanakan model Keberadaannya tidak sampai mengganggu lingkungan sekitar.
- Aspek keamanan juga menjadi hal penting yang harus dipertimbangkan, mengingat jenis bangunan adalah vital.
- Transportasi sebagai akses untuk mobilisasi bahan kimia dan operator.

- Sedapat mungkin relatif dekat dengan sumber air baku dan konsumen.
- Jika sistim distribusinya secara gravitasi, maka pemilihan level permukaan tanah harus cukup tinggi.
- konstruksi yang aman.

3.HASIL STUDY

3.1 CURAH HUJAN RENCANA

3.1.1 Curah Hujan Rencana Berbagai Periode Ulang

Perhitungan curah hujan rencana pada Daerah Aliran Sungai Sungai Grindulu dibagi menjadi beberapa sub DAS dengan titik tinjauan pada beberapa anak sungai Sungai Grindulu dibagian hilirnya. Data curah hujan yang digunakan berasal dari beberapa stasiun curah hujan yang berpengaruh seperti tersebut diatas, dengan perbandingan luas das menggunakan metode *Poligon Thiessen*.

Analisis sebaran yang digunakan pada perhitungan ini menggunakan metode Log Pearson Tipe III dan Gumbel. Namun setelah dilaksanakan uji Chi Square dan Smirnov Kolmogorov, hasil yang relevan dan akan digunakan untuk perencanaan debit banjir adalah metode *Gumbel* seperti yang disajikan pada tabel berikut ini.

3.1.2 Distribusi Hujan Jam-Jaman

Untuk menentukan lama durasi hujan tidak ada pencatatan hidrograf jam-jaman dari banjir yang pernah terjadi di DAS Sungai Grindulu untuk dapat digunakan sebagai parameter perencanaan. Oleh karena itu durasi optimum hujan rencana ditentukan berdasarkan studi terdahulu "Feasibility Study Rencana Pengendalian Banjir Sungai Grindulu, 1985"

Durasi optimum selama 6 jam, dengan distribusi jam-jaman 55%, 14,3%, 10%, 8%, 6,7% dan 5,9%. Intensitas hujan tertinggi terjadi pada jam pertama.

3.2 HIDROGRAF BANJIR

Dalam studi ini perhitungan hidrograf banjir dilakukan dengan menggunakan metode hidrograf satuan sintetik Nakayasu dengan pembanding metode lainnya yang setara.

Untuk menentukan hidrograf satuan di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS), dipergunakan metode Nakayasu dan Snyder modifikasi[6].

3.2.1. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu
Untuk menentukan hidrograf di suatu daerah aliran pengaliran sungai akan dipakai metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Dalam perhitungan banjir rencana dengan hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, maka perlu diketahui karakteristik atau parameter daerah alirannya. Karakteristik Daerah Aliran Sungai yang perlu diketahui adalah :

- ❖ Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (*time to peak magnitude*).
- ❖ Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf.
- ❖ Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*)
- ❖ Panjang alur sungai utama yang terpanjang (*length of the longest channel*).
- ❖ Koefisien Pengaliran.

Persamaan dari Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu adalah sebagai berikut :

$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R_o}{3,6 \cdot (0,3 T_p + T_{0,3})}$$

Dimana :

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

R_o = Hujan Satuan (mm)

T_p = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak.

Untuk menentukan T_p dan $T_{0,3}$ digunakan persamaan :

$$T_p = T_g + 0,8 t_r$$

$$T_{0,3} = \infty \cdot T_g$$

T_g adalah *time lag*, yaitu waktu antara hujan sampai dengan debit puncak banjir (jam).

T_g dihitung berdasarkan atas :

1) Sungai dengan panjang lebih dari 15 km

$$T_g = 0,40 + 0,058 L$$

2) Sungai dengan panjang kurang dari 15 km

$$T_g = 0,21 + 0,70 L$$

∞ = parameter hidrograf

t_r = satuan waktu (1 jam)

Persamaan hidrograf satuan adalah :

1). Pada Kurva Naik :

$$0 \leq t \leq T_p$$

$$Q_t = Q_{max} \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$$

2). Pada Kurva Turun :

$$T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$$

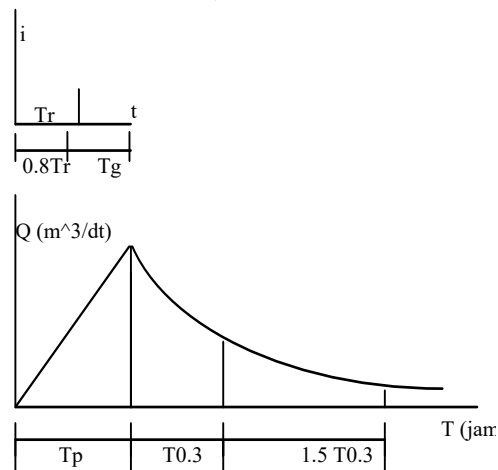
$$Q_t = Q_{max} \cdot 0,3 \left[\frac{(t-T_p)/T_{0,3}}{1} \right]$$

$$(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + T_{0,3}^2)$$

$$Q_t = Q_{max} \cdot 0,3 \left[\frac{(t-T_p + 0,5 \cdot T_{0,3})}{(1,5 \cdot T_{0,3})} \right]$$

$$t \geq (T_p + T_{0,3} + 1,5 \cdot T_{0,3})$$

$$Q_t = Q_{max} \cdot 0,3 \left[\frac{(t-T_p + 1,5 \cdot T_{0,3})}{(2 \cdot T_{0,3})} \right]$$



Gambar 1. Hidrograf Satuan Nakayasu

3.2.2. Hidrograf Banjir Rancangan

Dari hasil perhitungan hidrograf satuan akan didapat suatu bentuk satuan hidrograf yang mendekati dengan sifat aliran banjir sungai yang ada, yang selanjutnya hidrograf banjir untuk berbagai kala ulang dapat dihitung dengan mempergunakan persamaan-persamaan yang ada pada salah satu metode yang sesuai tersebut di atas.

Hidrograf banjir untuk berbagai kala ulang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_k = U_1 R_i + U_2 R_{i-1} + U_3 R_{i-2} + \dots + U_n R_{i-n+1} + B_f$$

Dimana :

Q_k = Ordinat hidrograf banjir pada jam ke k.

U_n = Ordinat hidrograf satuan.

R_i = Hujan netto (efektif) pada jam ke I.

B_f = Aliran dasar (base flow).

Rumus di atas dalam bentuk tabel dapat disajikan sebagai berikut :

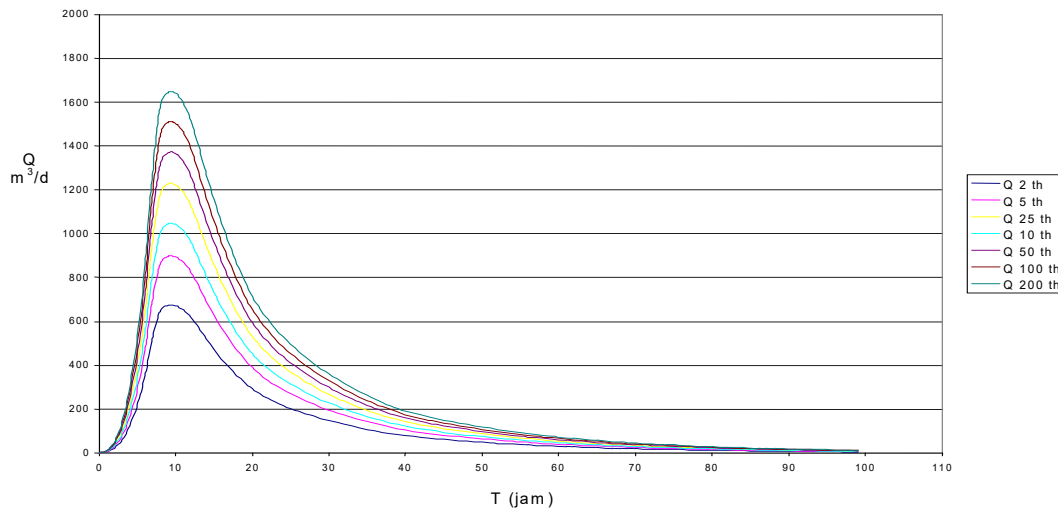
Hidrograf Satuan (m ³ /dt/mm)	R1 (mm)	R2 (mm)	Rn	Rm (mm)	Aliran Dasar (m ³ /dt)	Debit (m ³ /dt)
Q1	q1.R1	-	-	-	B	Q1
Q1	q2.R1	Q1.R2	-	-	B	Q2
Q3	q3.R1	Q2.R2	...	-	B	Q3
Q4	q4.R1	Q3.R2	...	q1.Rm	B	Q4
Q5	q5.R1	Q4.R2	...	q2.Rm	B	Q5
....	....	Q5.R2	...	q3.Rm	B	Qn
Qn	qn.R1	...	...	q4.Rm	B	Qn + 1
		qn.R2	...	q5.Rm	B	Qn + 2
			...	...	B	Qn + 3
			...	qn.Rm	B	Qn + m - 1

3.2.3. Hidrograf Banjir Sub DAS Grindulu

Hasil perhitungan hidrograf banjir untuk DAS Grindulu disajikan dalam bentuk tabel 2 dan gambar 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Hidrograf Banjir Sungai DAS Grindulu[5]

T (Jam)	Q ₂ (m ³ /det)	Q ₅ (m ³ /det)	Q ₁₀ (m ³ /det)	Q ₂₅ (m ³ /det)	Q ₅₀ (m ³ /det)	Q ₁₀₀ (m ³ /det)	Q ₂₀₀ (m ³ /det)
0	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700
1	4.454	5.702	6.529	7.573	8.347	9.116	9.882
2	21.490	28.402	32.978	38.760	43.049	47.307	51.549
3	58.968	78.338	91.163	107.367	119.389	131.321	143.210
4	123.069	163.748	190.682	224.652	249.958	275.018	299.986
5	219.446	292.165	340.311	400.826	446.274	491.070	535.703
6	353.393	470.641	548.269	645.512	719.117	791.344	863.307
7	529.574	705.391	821.797	967.199	1077.988	1186.294	1294.205
8	649.610	865.331	1008.157	1185.752	1322.495	1455.383	1587.786
9	672.587	895.947	1043.831	1226.243	1369.299	1506.892	1643.984
10	671.242	894.154	1041.741	1221.791	1366.557	1503.875	1640.692
11	652.713	869.466	1012.975	1187.082	1328.816	1462.339	1595.376
12	619.372	825.041	961.211	1126.709	1260.901	1387.597	1513.830
13	571.766	761.609	887.302	1040.162	1163.931	1280.878	1397.397
14	519.307	691.710	805.857	944.675	1057.074	1163.278	1269.094
15	471.667	628.233	731.894	857.960	960.034	1056.481	1152.577
16	428.403	570.587	664.725	779.210	871.908	959.495	1046.764
17	389.113	518.236	603.726	707.695	791.877	871.419	950.670
18	353.433	470.694	548.331	642.749	719.198	791.433	863.404
19	321.030	427.519	498.025	583.769	653.195	718.795	784.155
20	291.643	388.363	452.400	530.278	593.335	652.916	712.280



Gambar 2. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu DAS Grindulu [7]

3.3 DEBIT BANJIR RENCANA

3.3.1 Koefisien Pengaliran

Pada saat hujan turun sebagian air akan meresap ke dalam tanah dan sebagian lagi akan menjadi limpasan permukaan. Koefisien limpasan / pengaliran adalah variabel untuk menentukan besarnya limpasan permukaan tersebut dimana penentuannya didasarkan pada kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan yang jatuh di daerah tersebut. Karakteristik DAS Sungai Grindulu dibagian hulu dapat dikategorikan daerah pegunungan, tetapi sebaliknya pada bagian tengah dan hilir kondisi lahan sebagian besar tidak dilindungi oleh hutan / tanaman yang dapat menahan limpasan air permukaan dan sungai berada di daerah dataran rendah.

Dalam menentukan besarnya koefisien aliran daerah studi menggunakan perumusan dari Dr. Kawakami sebagai berikut :

3.3.2 Debit Banjir Rencana Berbagai Periode Ulang

Hasil perhitungan debit banjir rencana dengan metode hidrograf Nakayasu yang selanjutnya akan digunakan untuk perencanaan adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Debit Banjir Rencana Berbagai Periode Ulang [8]

Kala Ulang (Th)	Q Banjir Rencana (m ³ /dt)
	Sungai Grindulu
2	673
5	896
10	1044
25	1226
50	1369
100	1507
200	1644

Sumber : Hasil Analisa, 2009

3.4 DEBIT ANDALAN

Debit andalan merupakan debit sungai yang dapat diandalkan selalu tersedia di sungai sepanjang tahun yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Untuk menghitung besarnya debit andalan dapat digunakan data debit sungai Grindulu yang tercatat dalam waktu cukup lama. Apabila tidak tersedia data pencatatan debit sungai dalam jangka lama maka dapat dilakukan pengukuran sesaat terutama pada musim kemarau kondisi paling kritis.

Untuk analisis debit andalan di DAS Grindulu ini menggunakan data 16 tahun yaitu dari tahun 1990 sampai dengan tahun 2006. Berikut adalah hasil perhitungan

debit andalan bulanan per tahun di DAS Grindulu.

Tabel 4. Debit Andalan Bulanan Per Tahun DAS Grindulu Kota Pacitan

Tahun	Debit Andalan (m ³ /det)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1990	16.50	15.40	14.90	6.30	3.40	3.00	2.20	1.20	0.50	0.30	0.30	3.00
1991	26.10	25.50	9.40	19.20	2.18	1.07	0.72	0.76	0.98	1.34	2.06	6.28
1992	18.50	37.40	12.90	15.90	6.93	0.80	0.44	0.32	1.82	5.30	8.88	10.40
1993	20.70	4.84	8.80	5.32	2.06	2.18	2.30	1.82	0.64	0.48	1.07	15.00
1994	13.00	13.00	22.20	5.80	2.51	1.61	1.16	0.56	0.36	0.28	0.40	0.76
1995	10.60	39.90	35.50	13.30	6.98	6.58	3.05	1.18	0.27	1.93	2.16	6.61
1996	44.10	33.00	17.70	8.93	3.32	1.87	1.08	0.72	0.31	1.72	19.40	22.70
1997	11.50	11.40	5.04	5.34	14.10	2.03	0.78	0.48	0.25	0.36	0.49	3.16
1998	3.88	49.30	87.10	58.20	20.60	20.90	45.70	18.70	16.30	26.90	56.40	43.50
1999	41.50	24.20	22.10	18.30	10.20	5.70	3.92	2.27	1.30	2.62	5.96	17.30
2000	17.70	32.50	23.90	25.20	11.10	5.28	3.10	1.47	0.49	29.20	30.50	7.08
2001	26.60	2.68	9.38	12.00	7.86	10.70	7.51	4.10	2.90	3.52	7.51	1.23
2002	0.57	32.83	31.85	37.50	15.20	9.40	7.13	4.86	3.62	0.74	2.33	12.42
2003	8.28	37.44	24.96	9.19	5.02	2.51	1.45	1.08	0.80	0.80	1.19	17.35
2004	74.26	108.74	110.60	25.06	12.04	17.23	9.23	7.90	7.07	5.73	8.43	140.58
2005	64.78	61.42	57.60	42.76	27.93	26.53	24.18	6.72	1.05	2.95	4.27	10.22
2006	63.12	62.59	52.46	60.01	45.14	12.82	7.66	5.15	4.10	1.71	1.71	1.90
Jumlah	461.69	592.14	546.39	368.31	196.57	130.21	121.61	59.29	42.76	85.88	153.06	319.49
Rerata	27.16	34.83	32.14	21.67	11.56	7.66	7.15	3.49	2.52	5.05	9.00	18.79

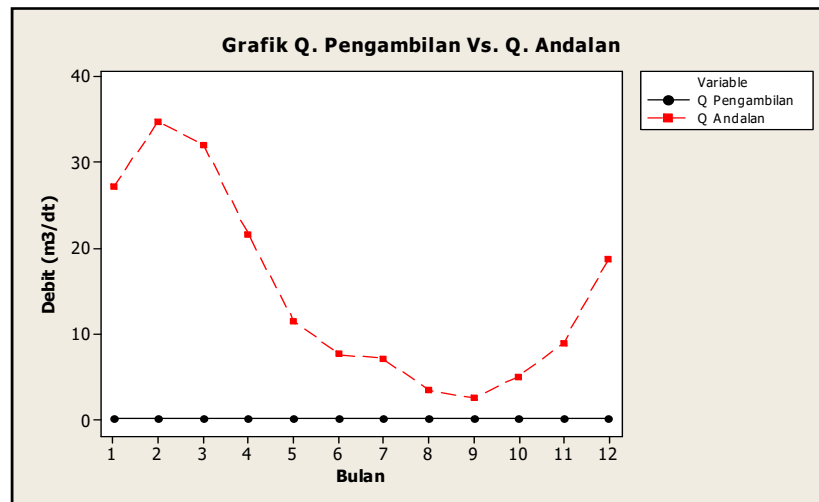
Sumber : Hasil Analisa, 2009

Berikut adalah tabel hubungan antara debit andalan rata-rata dengan debit pengambilan.

Tabel 5. Hubungan Q. Andalan dengan Q. Pengambilan

Bulan	Debit Andalan Rata-Rata m ³ /det	Kebutuhan Pengambilan m ³ /det
Jan	27.16	0.12
Feb	34.83	0.12
Mar	32.14	0.12
Apr	21.67	0.12
Mei	11.56	0.12
Jun	7.66	0.12
Jul	7.15	0.12
Agt	3.49	0.12
Sep	2.52	0.12
Okt	5.05	0.12
Nop	9.00	0.12
Des	18.79	0.12

Sumber : Hasil Analisa, 2009



Dari hasil perhitungan dan grafik dapat diketahui bahwa debit andalan yang tersedia melebihi debit kebutuhan pengambilan sebesar 120 lt/dt atau 0,12 m³/dt, sehingga dapat disimpulkan bahwa kebutuhan air untuk memenuhi kebutuhan air bersih dalam sistem IPAM di Kota Pacitan sangat layak dan memenuhi serta tidak perlu dibuatkannya reservoir sebagai tampungan sementara sehingga air dapat diambil dari sungai secara kontinyu[8].

3.5 PROYEKSI KAPASITAS PRODUKSI

Tabel 6. Jumlah Pelanggan PDAM Kota Pacitan Tahun 1997 - 2007

No.	Tahun	Jumlah Pelanggan (Unit)	Pertumbuhan Jumlah Pelanggan	% Pertumbuhan Jumlah Pelanggan
1	1997	5,737	54	0.94
2	1998	5,791	133	2.30
3	1999	5,924	493	8.32
4	2000	6,417	238	3.71
5	2001	6,655	64	0.96
6	2002	6,719	60	0.89
7	2003	6,779	(579)	-8.54
8	2004	6,200	688	11.10
9	2005	6,888	232	3.37
10	2006	7,120	1,219	17.12
11	2007	8,339	-	-
<i>Jumlah</i>		72,569	2,602	40.17
<i>Rerata</i>		6,597	260	4.02

Sumber : BPS Pacitan Diolah, 2009

Dari tabel jumlah pelanggan PDAM dapat dijelaskan bahwa jumlah pelanggan PDAM Kota Pacitan memiliki nilai rata-rata laju pertumbuhannya sebesar 260 unit per tahunnya, dengan persentase sebesar 4,02 % per tahunnya. Sedangkan untuk hasil model persamaan analisis regresi antara jumlah pelanggan dengan data penduduk dapat dilihat sebagai berikut.

3.6 PROYEKSI JUMLAH PRODUKSI AIR PDAM

Data jumlah produksi air PDAM ini diambil dari tahun 1997 sampai dengan 2007 dengan nilai rata-rata pertumbuhan jumlah produksi sebesar 122.489 m³ per tahunnya, dengan persentase laju pertumbuhan sebesar 16,74% per tahunnya. Data ini akan diproyeksikan terhadap jumlah penduduk kota Pacitan tapi terlebih dahulu diregresikan untuk mendapatkan model persamaan dengan bantuan MINITAB 14.

Tabel 7. Jumlah Produksi Air PDAM Kota Pacitan Tahun 1997 - 2007

No.	Tahun	Jumlah Produksi (M ³)	Pertumbuhan Jumlah Produksi	% Pertumbuhan Jumlah Produksi
1	1997	619,936	(90,173)	-14.55
2	1998	529,763	152,997	28.88
3	1999	682,760	125,187	18.34
4	2000	807,947	41,945	5.19
5	2001	849,892	(202,604)	-23.84
6	2002	647,288	683,143	105.54
7	2003	1,330,431	(55,160)	-4.15
8	2004	1,275,271	(232,664)	-18.24
9	2005	1,042,607	118,875	11.40
10	2006	1,161,482	683,340	58.83
11	2007	1,844,822	-	-
<i>Jumlah</i>		10,792,199	1,224,886	167.41
<i>Rerata</i>		981,109	122,489	16.74

Sumber : BPS Pacitan Diolah, 2009

Berikut adalah hasil model persamaan analisis regresi antara jumlah produksi air PDAM dengan data penduduk Kota Pacitan.

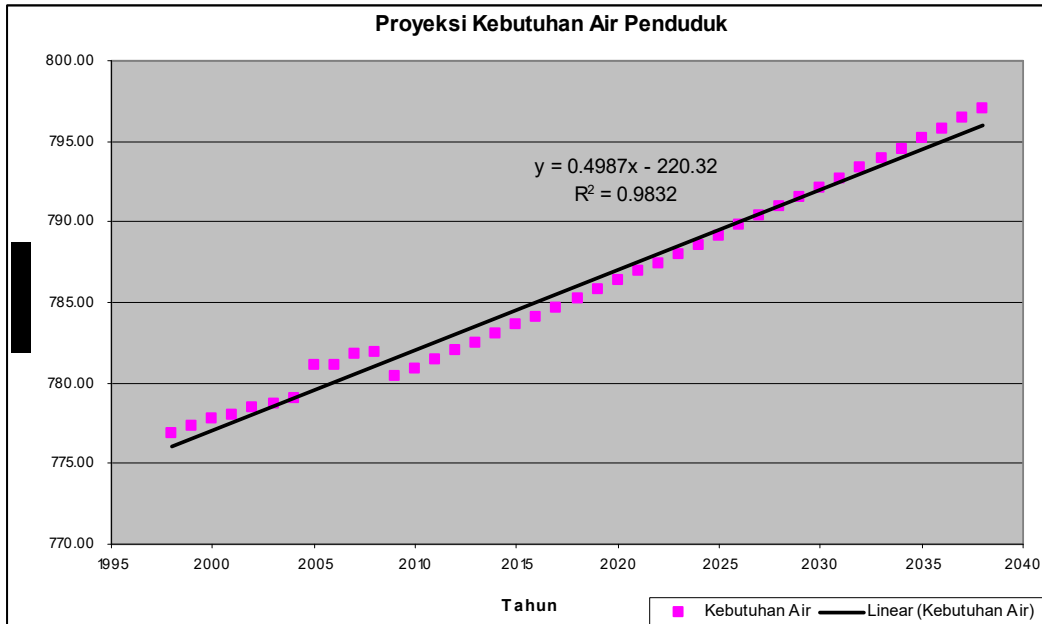
Dimana :

Pn = Jumlah Penduduk

Tabel 8. Estimasi Proyeksi Kebutuhan Air, Pelanggan, Produksi Air, Dan Nilai Produksi PDAM Terhadap Jumlah Penduduk Kota Pacitan

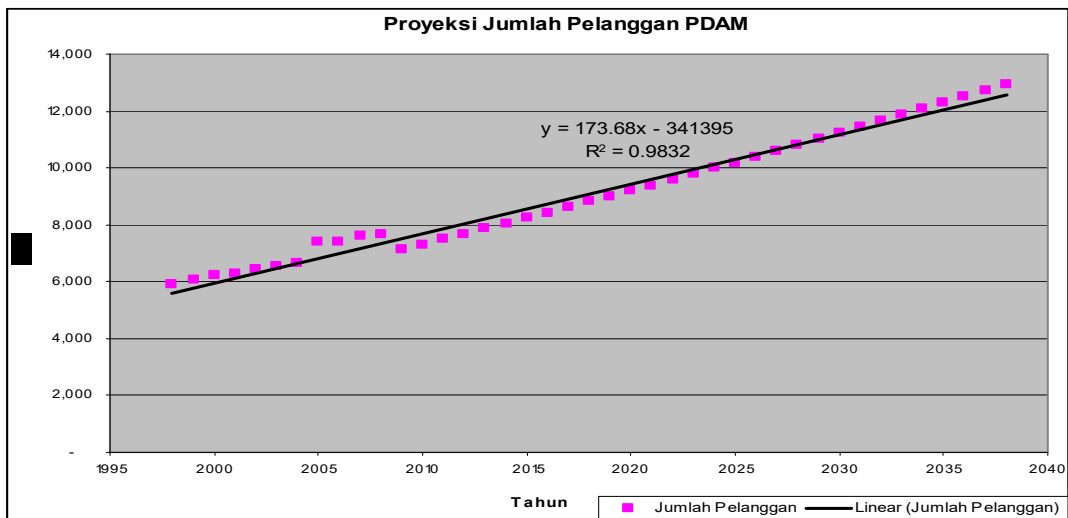
Tahun	Proyeksi Σ Penduduk (jiwa) $P_n = P_o (1 + r)^n . \alpha$	Keb. Air Total (lt/dt) Yair = 706 + 0.00116 Pn	Σ Pelanggan PDAM (Unit) Y Plgn = - 18780 + 0.404 Pn	Σ Produksi PDAM (m ³) Y Prod = - 11977907 + 206 Pn	Nilai Produksi PDAM (Rp.) Y Cost = - 3.42E+10 + 563248 Pn
1998	61,075	776.85	5,894	603,543	200,371,600
1999	61,495	777.33	6,064	690,063	436,935,760
2000	61,899	777.80	6,227	773,287	664,487,952
2001	62,098	778.03	6,308	814,281	776,574,304
2002	62,480	778.48	6,462	892,973	991,735,040
2003	62,663	778.69	6,536	930,671	1,094,809,424
2004	63,013	779.10	6,677	1,002,771	1,291,946,224
2005	64,766	781.13	7,385	1,363,889	2,279,319,968
2006	64,774	781.14	7,389	1,365,537	2,283,825,952
2007	65,344	781.80	7,619	1,482,957	2,604,877,312
2008	65,464	781.94	7,667	1,507,677	2,672,467,072
2009	64,142	780.40	7,133	1,235,294	1,927,714,183
2010	64,590	780.92	7,314	1,327,663	2,180,271,192
2011	65,042	781.45	7,497	1,420,678	2,434,593,744
2012	65,496	781.98	7,681	1,514,343	2,690,694,181
2013	65,954	782.51	7,866	1,608,663	2,948,584,933
2014	66,415	783.04	8,052	1,703,642	3,208,278,514
2015	66,880	783.58	8,239	1,799,286	3,469,787,529
2016	67,347	784.12	8,428	1,895,598	3,733,124,667
2017	67,818	784.67	8,618	1,992,583	3,998,302,708
2018	68,292	785.22	8,810	2,090,246	4,265,334,523
2019	68,769	785.77	9,003	2,188,592	4,534,233,069
2020	69,250	786.33	9,197	2,287,625	4,805,011,397
2021	69,734	786.89	9,393	2,387,351	5,077,682,647
2022	70,222	787.46	9,590	2,487,773	5,352,260,053
2023	70,713	788.03	9,788	2,588,898	5,628,756,939
2024	71,207	788.60	9,988	2,690,730	5,907,186,725
2025	71,705	789.18	10,189	2,793,274	6,187,562,922
2026	72,206	789.76	10,391	2,896,534	6,469,899,137
2027	72,711	790.34	10,595	3,000,516	6,754,209,072
2028	73,219	790.93	10,801	3,105,226	7,040,506,524
2029	73,731	791.53	11,007	3,210,667	7,328,805,388
2030	74,246	792.13	11,216	3,316,845	7,619,119,655
2031	74,765	792.73	11,425	3,423,766	7,911,463,414
2032	75,288	793.33	11,636	3,531,434	8,205,850,853
2033	75,814	793.94	11,849	3,639,855	8,502,296,257
2034	76,344	794.56	12,063	3,749,033	8,800,814,014
2035	76,878	795.18	12,279	3,858,975	9,101,418,611
2036	77,415	795.80	12,496	3,969,686	9,404,124,636
2037	77,957	796.43	12,715	4,081,170	9,708,946,780
2038	78,502	797.06	12,935	4,193,434	10,015,899,835

Sumber : Hasil Analisis Data, 2009



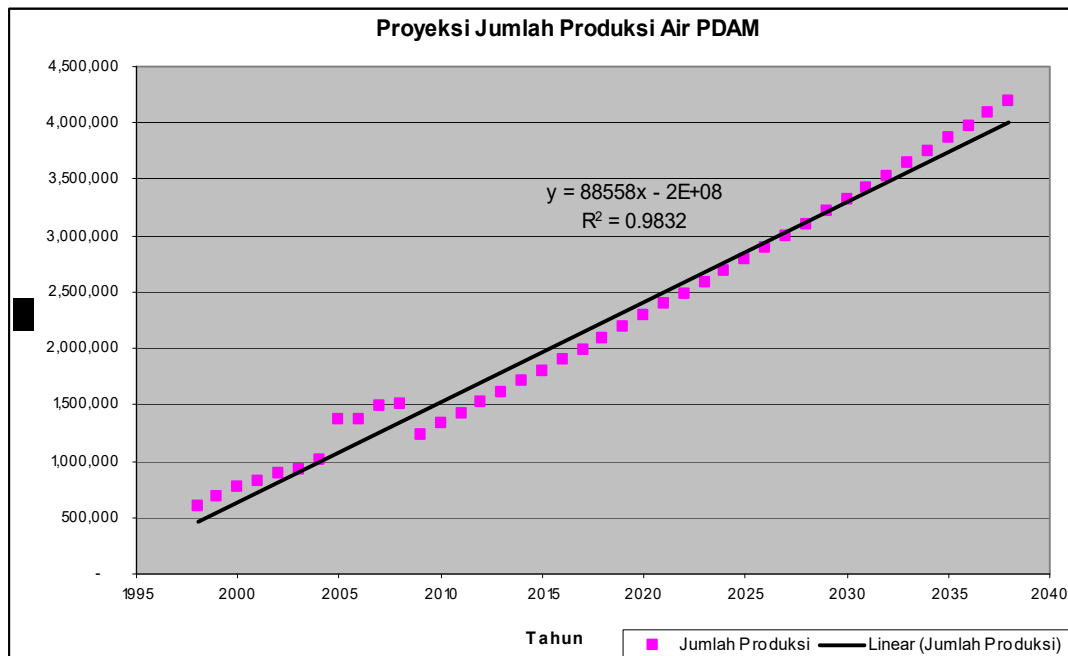
Sumber : Hasil Analisa, 2009

Gambar 3. Grafik Proyeksi Kebutuhan Air Penduduk Terhadap Jumlah Penduduk Dari Hasil Model Persamaan Regresi



Sumber : Hasil Analisa, 2009

Gambar 4. Grafik Proyeksi Jumlah Pelanggan Terhadap Jumlah Penduduk Dari Hasil Model Persamaan Regresi



Sumber : Hasil Analisa, 2009

Gambar 5. Grafik Proyeksi Jumlah Produksi Air PDAM Terhadap Jumlah

3.7 DEBIT UPGRATING

Untuk mencari debit kebutuhan air upgrading Kota Pacitan untuk 30 tahun mendatang yaitu pada tahun 2038 dipakai beberapa alternatif metode yaitu sebagai berikut :

a. Berdasarkan Pendekatan Proyeksi Jumlah Penduduk :

- Jumlah penduduk = 78.502 jiwa
- Kebutuhan air total = 797,06 lt/det
- Debit upgrading = 797,06 - 60 lt/det = 737,06 lt/det

b. Berdasarkan Pendekatan Proyeksi Jumlah Pelanggan :

- Jumlah pelanggan
- Dengan asumsi 1 unit melayani 4 penduduk
- Jumlah penduduk yang dilayani
- Kebutuhan air total sesuai dengan persamaan fungsi yaitu :
 $= 706 + 0,00116 \cdot P_n$
 $= 706 + 0,00116 \times 51.740$
 $= 706 + 60,018$
 $= 766,018$ lt/det
- Debit upgrading = 766,018 - 60 lt/det = 706,018 lt/det

c. Berdasarkan Pendekatan Jumlah Pelanggan Baru / Pelanggan Tunggu :

- Jumlah pelanggan tunggu = 1.778 jiwa
- Kebutuhan air total sesuai dengan persamaan fungsi yaitu :
 $= 706 + 0,00116 \cdot P_n$
 $= 706 + 0,00116 \times 1.778$
 $= 706 + 2,062$
 $= 708,062$ lt/det
- Debit upgrading = 708,062 - 60 lt/det = 648,062 lt/det
- Dari hasil proyeksi persentase sambungan rumah pada 30 tahun mendatang didapatkan :
- Jumlah sambungan 30 tahun = 12.935 Sambungan unit
- Proyeksi jumlah penduduk 30 tahun = 78.502 jiwa
- Dari tabel 12.235 dibagi 740 jiwa = 17,84 %
- Sambungan Pelanggan Eksisting = 17,84% x 78.502 = 14.005 Sambungan
- Jumlah Pelanggan Sambungan Baru = 1.778 Sambungan
- Sambungan Total = Sambungan Eksisting + Calon Sambungan Baru = 14.005 + 1.778 = 15.783 Sambungan
- Debit Produksi Real = 60 lt/det
- Distribusi Real = 40 lt/det

- Jumlah Pelanggan Real (Th. 2007)=8.339 Sambungan
- Distribusi Real Per Sambungan=40 / 8.339 =0,004797 lt/det/samb
- Debit Distribusi Untuk 30 Tahun=0,004797 x 15.783 =75,707 lt/det
- Debit Uprating Distribusi 30 Tahun=75,707 - 40 lt/det =35,707 lt/det
- Debit Uprating Terpasang=35,707 x (60/40) =53,56 lt/det =60 lt/det

Dari hasil keempat alternatif metode pendekatan diatas, maka hasil debit uprating yang diambil untuk perencanaan adalah dari analisa metode pendekatan persentase sambungan rumah yaitu sebesar 60 lt/dt.

4. KESIMPULAN

1. Pertumbuhan jumlah penduduk Kota Pacitan adalah sebesar 0,70%, dengan metode Geometrik didapatkan pearson correlation (α) sebesar 0,973.
2. Kebutuhan air penduduk pada proyeksi 30 tahun mendatang adalah sebesar :
 - Kebutuhan air penduduk 100% terlayani sebesar 797,63 lt/dt
 - Kebutuhan air penduduk 75% terlayani sebesar 774,81 lt/dt
 - Kebutuhan air penduduk 60% terlayani sebesar 761,12 lt/dt
3. Kebutuhan debit pengambilan di intake adalah sebesar 120 lt/dt.
4. Persamaan model regresi pada proyeksi kapasitas produksi untuk 30 tahun mendatang adalah sebagai berikut :
 - a. $Y_{air} = 706 + 0,00116 P_n$
 - b. $Y_{pelanggan} = -18780 + 0,404 P_n$
 - c. $Y_{produksi} = -11977907 + 206 P_n$
 - d. $Y_{cost} = -3,42E+10 + 563248 P_n$
5. Analisis debit uprating didekati dengan cara proyeksi presentase sambungan rumah real yaitu sebesar 60 lt/dt, dengan persamaan model regresi sebagai berikut :
 - a. $Y_{pelanggan} = -18780 + 0,404 P_n$
 - b. $Y_{SR} = -18,9 + 0,000468 P_n$

6. Permasalahan penting pada bangunan intake antara lain :
 - a. Bangunan pengambilan tidak berfungsi karena jauh dari aliran sungai, sehingga sumuran tidak terisi air.
 - b. Pada musim penghujan debit aliran Grindulu besar tetapi sangat keruh, sehingga tidak dilakukan pengambilan air selama 5 bulan dan selanjutnya suplay air bersih di kota Pacitan sepenuhnya diambil dari sumber air Jaten dan sumber air Slare.
 - c. Pipa distribusi dari IPAM pada saat ini muncul diatas dasar Sungai Grindulu sehingga rawan putus dihantam banjir, batuan maupun pohon yang hanyut di sungai.
 - d. Dasar sungai disekitar bangunan pengambilan merupakan tanah sedimen sehingga aliran mudah berpindah-pindah.
7. Debit andalan rata-rata terbesar adalah 34,83 m³/det terjadi pada bulan Februari saat musim hujan, sedangkan debit andalan rata-rata yang paling kecil sebesar 2,52 m³/det terjadi pada bulan September saat musim kemarau, sedangkan pengambilan direncanakan secara konstan sebesar 0,12 m³/det. Mengingat debit andalan terkecil dimusim kemarau masih jauh lebih besar dibandingkan debit pengambilan maka sistim pengambilan dapat dilakukan secara langsung dan tidak memerlukan waduk / reservoir.
8. Diketahui debit andalan sumber air Sungai Grindulu masih mampu untuk memenuhi kebutuhan air penduduk sampai 30 tahun kedepan yaitu rata-rata sebesar 0,79 m³/dt.

5. DAFTAR PUSTAKA

Acuan yang dipakai untuk penulisan artikel ini antara lain:

- [1]. 2005, "Basin Water Resources Management Plan (BWRMP) WS Grindulu", Tim Perencana SDA Kabupaten Pacitan & Good Governance in Water Resources Management (GGWRM), Pacitan.

- [2]. 2005, "*Pola Pengelolaan Sumber Daya Air WS Grindulu Kabupaten Pacitan*", Tim Perencana SDA Kabupaten Pacitan & Good Governance in Water Resources Management 2005, "*Progres River Infrastructure Management Grindulu River*", Satuan Tugas Pengelolaan Sumber Daya Air Koordinator Pemeliharaan Prasarana, Dinas Permukiman dan Prasarana Wilayah, Pacitan (GGWRM), Pacitan.
- [3]. 2002, "*Tutorials to Watershed Modeling System*", Environmental Modelling Research Laboratory, Brigham Young University.
- [4]. 1996, "*User's Manual to DUFLOW ver. 2.04*", International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering, IHE Delft, The Netherlands.
- [5]. 1985, "*Feasibility Study Rencana Pengendalian Banjir Kali Grindulu*", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Fakultas Teknik Sipil, Surabaya.
- [6]. 1985, "*Hidrologi Untuk Pengairan*", Sosrodarsono, Suyono dan Kensaku Takeda Erlangga, Bandung
- [7]. 1984, "*Master Plan Kali Grindulu*", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Fakultas Teknik Sipil, Surabaya.
- [8]. 1979, "*Studi Kali Grindulu Kabupetan Pacitan*", Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.