

**KAJIAN TENTANG PENGEMBANGAN  
SUMBER DAYA AIR SUNGAI BAWAH TANAH BRIBIN  
DI KECAMATAN SEMANU KABUPATEN GUNUNG KIDUL DIY**

**TESIS**

**Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Magister  
Program Studi Ilmu Lingkungan  
Minat Utama : PSDA**



**Oleh :  
AMF. Subratayati  
A. 130 905 002**

**PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2008**

**KAJIAN TENTANG PENGEMBANGAN  
SUMBER DAYA AIR SUNGAI BAWAH TANAH BRIBIN  
DI KECAMATAN SEMANU KABUPATEN GUNUNG KIDUL DIY**

Disusun oleh :  
AMF. Subratayati  
NIM. A 130 905 002

Telah disetujui oleh Tim Pembimbing  
Dewan Pembimbing

Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Pembimbing I :	Prof. Dr.Ir.Sobriyah , MS NIP. 131 476 674	.....	.....
Pembimbing II :	Ir.Solichin, MT NIP. 131 179 748	.....	.....

Mengetahui  
Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan

Dr. Prabang Setiyono, M.Si  
NIP. 132 240 171

**KAJIAN TENTANG PENGEMBANGAN  
SUMBER DAYA AIR SUNGAI BAWAH TANAH BRIBIN  
DI KECAMATAN SEMANU KABUPATEN GUNUNG KIDUL DIY**

Disusun oleh :  
AMF. Subratayati  
NIM. A 130 905 002

Telah disetujui oleh Tim Penguji  
Dewan Penguji

Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: Dr. Prabang Setiyono, M.Si	.....	.....
Sekretaris	: Dr. rer.nat. Sajidan, M.Si	.....	.....
Anggota Penguji	: 1. Prof. Dr.Ir.Sobriyah, MS	.....	.....
	2. Ir. Solichin, MT	.....	.....

Mengetahui

Direktur Program Pascasarjana  
Universitas Sebelas Maret  
Surakarta

Ketua Program Studi  
Ilmu Lingkungan

Prof. Drs. Suranto, MSc.,Ph.D  
NIP 131 472 192

Dr. Prabang Setiyono, M.Si  
NIP. 132 240 171

## PERNYATAAN

Nama : AMF Subratayati

NIM : A. 130905002

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis berjudul : ***Kajian Tentang Pengembangan Sumber Daya Air Sungai Bawah Tanah Bribin di Kecamatan Semanu Kabupaten Gunung Kidul DIY*** adalah betul-betul karya sendiri. Hal-hal yang bukan karya saya, dalam tesis tersebut diberi tanda *citasi* dan ditunjukkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan tesis dan gelar yang saya peroleh dari tesis tersebut.

Surakarta, Januari 2008

Yang membuat pernyataan

AMF. Subratayati

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat, karunia dan petunjuk-Nya, akhirnya penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul : *Kajian Tentang Pengembangan Sumber Daya Air Sungai Bawah Tanah Bribin di Kecamatan Semanu Kabupaten Gunung Kidul DIY.*

Pada kesempatan ini penulis sampaikan ucapan banyak terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Sobriyah, MS. selaku Pembimbing I dan Ir. Solichin, MT. selaku Pembimbing II, yang telah membimbing sejak awal sampai selesainya tesis ini.

Selain itu Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. dr. M. Syamsulhadi, SpKj, selaku rektor Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Prof. Drs. Suranto, MSc., Ph.D, selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Dr. Prabang Setiyono, M.Si, sebagai ketua Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
4. Dr.IG Ayu Ketut R.H.SH.MM, sebagai sekretaris Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
5. Dr.rer.nat.Sajidan, M.Si, sebagai Tim Penguji.
6. Pimpinan dan Staf pengajar Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
7. Staf Pengajar Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
8. Bp. Bambang Srie H beserta staf PPAB Kalasan
9. Pimpinan dan staf PDAM Gunung Kidul.
10. Drs. Wihatmo PM., SU (Alm) dan AMV. Dyah S. Pradnya P.ST, MT. yang memberi motivasi dan dukungan serta semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian dan penyusunan tesis ini.

Akhir kata semoga tesis ini bermanfaat untuk pengembangan ilmu dan bagi pihak yang memerlukan. Kritik dan saran penulis harapkan demi penyempurnaan tesis ini.

Surakarta, Januari 2008

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
PENGESAHAN PEMBIMBING .....	ii
PENGESAHAN PENGUJI TESIS .....	iii
PERNYATAAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
ABSTRAK .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	5
C. Batasan Masalah .....	6
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian .....	7
F. Kerangka Pikir .....	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	10
A. Landasan Teori .....	10
1. Sumber Daya air .....	10
2. Daerah Tanah Karst.....	11
3. Kualitas Air .....	12
4. Beberapa Parameter yang menentukan kriteria kualitas air bersih .....	14
5. Perpipaan .....	19
6. Garis Energi (EGL) dan Garis Tekanan (HGL).....	20
7. Kekasaran ( <i>Roughness</i> ).....	20
8. Tangki /Reservoir.....	20

9. Kehilangan Tenaga selama pengaliran (hf).....	21
10. Persamaan Hazen-William.....	22
11. Persamaan Darcy-Weisbach.....	25
12. Pengaliran Air melalui sistem pemipaan .....	27
13. <i>Routing Reservoir</i> .....	29
14. Proyeksi Jumlah Penduduk .....	30
15. Sistem Jaringan Pipa .....	31
16. Ketentuan-ketentuan dalam pengadaan air bersih perdesaan .....	31
B. Penelitian yang relevan .....	34
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b> .....	39
A. Jenis Penelitian .....	39
B. Lokasi Penelitian .....	39
C. Data dan Sumber Data .....	39
D. Teknik Pengumpulan Data .....	40
E. Analisis Data .....	41
<b>BAB IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b> .....	43
A. Deskripsi Wilayah Penelitian.....	43
B. Analisis .....	50
1. Kebutuhan air .....	50
2. Proyeksi Penduduk .....	50
3. Volume minimum reservoir .....	51
4. Uji Parameter kualitas air bersih .....	52
5. Perhitungan Jumlah Konsumen, kebutuhan air total dan Volume minimum reservoir .....	53
6. <i>Routing Reservoir</i> , alternatif -1 .....	55
7. <i>Routing Reservoir</i> , alternatif -2 .....	62
8. Perhitungan variabel pada sistem perpipaan .....	76
9. Perhitungan Out-Flow RB-2 .....	83
C. Pembahasan .....	87

BAB V. PENUTUP .....	93
A. Kesimpulan .....	93
B. Implikasi .....	94
C. Saran .....	94
DAFTAR PUSTAKA .....	96
LAMPIRAN	



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. : Penggunaan Air .....	33
Tabel 4.1. : Rekapitulasi (sebelum <i>routing</i> ) .....	57
Tabel 4.2. : Perhitungan Inflow R-9 .....	58
Tabel 4.3. : Perhitungan Inflow R-6 .....	59
Tabel 4.4. : Perhitungan Inflow R-7 .....	59
Tabel 4.5. : Perhitungan Inflow R-2 .....	60
Tabel 4.6. : Perhitungan Inflow R-4 .....	60
Tabel 4.7. : Perhitungan Inflow R-5 .....	61
Tabel 4.8. : Perhitungan Inflow R-8 .....	61
Tabel 4.9. : Perhitungan Inflow RB-2 .....	62
Tabel 4.10. : Perhitungan Inflow R-6 .....	63
Tabel 4.11. : Perhitungan Inflow R-4 .....	64
Tabel 4.12 : Perhitungan Inflow RB-2 .....	65
Tabel 4.13 : Perhitungan Inflow-Outflow RB-2 .....	68
Tabel 4.14 : Perhitungan Inflow-Outflow R-4 .....	69
Tabel 4.15 : Perhitungan Inflow – Outflow R-5 .....	70
Tabel 4.16 : Perhitungan Inflow – Outflow R-8 .....	71
Tabel 4.17 : Perhitungan I minimum RB-2 .....	73
Tabel 4.18 : Perhitungan outflow RB-2, dengan debit inflow 60 l/dt ..	85
Tabel 4.19 : Perhitungan outflow RB-2, dengan debit inflow 80 l/dt ...	86

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. <i>Flow Chart</i> kerangka pikir.....	9
Gambar 2.1. Tekanan statis sebelum dan sesudah ada Bak Pemecah Tekanan (BPT).....	22
Gambar 2.2. Garis tenaga dan tekanan pada zat cair riil .....	25
Gambar 2.3. Pipa dengan pompa .....	27
Gambar 2.4. Pipa tunggal .....	28
Gambar 2.5. Pipa seri .....	28
Gambar 2.6. Reservoir hubungan seri .....	37
Gambar 2.7. Reservoir hubungan paralel .....	38
Gambar 4.1. Peta rupa bumi cakupan layanan air bersih Bribin II.....	44
Gambar 4.2. Citra Satelit Bribin II.....	44
Gambar 4.3. Goa Bribin.....	46
Gambar 4.4. Bendung ( <i>weir</i> ) Bribin I.....	46
Gambar 4.5. Lokasi Proyek Bribin II.....	47
Gambar 4.6. Bukit Kaligoro.....	47
Gambar 4.7. Perancah perletakan <i>barrage</i> dan turbin pompa.....	47
Gambar 4.8. Konstruksi <i>barrage</i> dan turbin pompa.....	47
Gambar 4.9. <i>Shaft</i> .....	48
Gambar 4.10. <i>Blower</i> dan Pipa transmisi didalam <i>shaft</i> .....	48
Gambar 4.11. Konstruksi lift dengan pintu masuk ke lift.....	48
Gambar 4.12. Pipa transmisi dari turbin pompa ke RB-2.....	49
Gambar 4.13. Jaringan pipa lama Bribin I.....	49
Gambar 4.14. Proses pengambilan sampel air SBT Bribin II.....	52
Gambar 4.15.a. Skematik <i>Routing Reservoir</i> Alt-1 .....	67
Gambar 4.15.b. Skematik <i>Routing Reservoir</i> Alt-2 .....	67
Gambar 4.16. Grafik Inflow-Outflow RB-2 .....	68
Gambar 4.17. Grafik Inflow-Outflow R-4 .....	69
Gambar 4.18. Grafik Inflow-Outflow R-5 .....	70
Gambar 4.19. Grafik Inflow-Outflow R-8.....	71
Gambar 4.20. Skematik Diagram Sub Sistem Bribin II A .....	74
Gambar 4.21. Skematik Diagram Sub Sistem Bribin II B .....	75

## DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

$e$	= kekasaran pipa
$\gamma$	= berat jenis ( $T/m^3$ )
$g$	= percepatan gravitasi ( $m/dt^2$ )
$\rho$	= rapat massa ( $kg/m^3$ )
$\nu$	= kekentalan kinematik ( $m^2/dt$ )
$C = C_H$	= koefisien kekasaran pipa (Hazen-William)
$Re$	= bilangan Reynold
$k$	= koefisien Weishbach
$hf$	= kehilangan tenaga primer (m)
$he$	= kehilangan tenaga sekunder (m)
$z$	= tinggi tempat (m)
$p$	= tekanan ( $kg/m^2$ )
$v$	= kecepatan aliran ( $m^3/dt$ )
$Q$	= debit aliran ( $m^3/dt$ )
$L$	= panjang pipa (m)
$R$	= jari-jari hidrolis (m)
$P_n$	= Jumlah penduduk pada n tahun j.a.d (orang/jiwa)
$P_o$	= Jumlah penduduk saat ini (orang/jiwa)
$r$	= prosentase pertambahan penduduk per tahun (%)
$n$	= jumlah tahun proyeksi (tahun)
$f$	= koefisien gesekan / friction
$\eta_T$	= efisiensi turbin
$\eta_p$	= efisiensi pompa
$H_{ef}$	= tinggi tekanan efektif (m)
$H_s$	= tinggi statis (m)
$H_p$	= (horse power) = satuan daya turbin / daya pompa
$I$	= Inflow ( $m^3/dt$ )
$O$	= Outflow = debit kebutuhan ( $m^3/dt$ )
$dt$	= selang waktu
$dv$	= selang volume

- Nl = normalisasi larutan FAS ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ )
- P = pengenceran
- Apo = Do blanko 0 hari
- Ap<sub>5</sub> = Do blanko 5 hari
- N = Jumlah konsumen
- K<sub>1</sub> = jumlah SR
- K<sub>2</sub> = jumlah HU
- S = standar pemakaian air

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. : Data teknis generator, diesel dan pompa (September 2006)
- Lampiran 2. : Skematik kawasan air baku Sistem Bribin
- Lampiran 3. : Skematik diagram PAB-Sub Sistem Bribin
- Lampiran 4. : Peta areal pelayanan sumber air Kab. Gunung Kidul
- Lampiran 5. : Data posisi sambungan langganan
- Lampiran 6. : Data posisi sambungan langganan lanjutan
- Lampiran 7. : Uji kualitas air
- Lampiran 8. : Uji kualitas air
- Lampiran 9. : Debit air SBT Bribin musim kering & *longitudinal profile*
- Lampiran 10. : Profil aliran utama SBT Bribin dan *shaft*
- Lampiran 11. : *Water resources management & Hydro Power System*
- Lampiran 12. : Jumlah SR dan HU yang aktif untuk Januari dan September 2003
- Lampiran 13. : Jumlah SR dan HU yang aktif untuk Januari dan September 2003  
lanjutan
- Lampiran 14. : Kaidah konseptual untuk reservoir seri dan paralel
- Lampiran 15. : a. Peta Rupabumi jaringan distribusi air Bribin II  
(LabKom.FT.UNS)
- Lampiran 15 : b. Peta Rupabumi jaringan distribusi air Bribin II  
(PPAB 2007 & Bakosurtanal 1999)
- Lampiran 16. : Lokasi 5 Sub Sistem wilayah layanan PDAM Gunung Kidul
- Lampiran 17. : Citra Satelit Bribin II

## ABSTRAK

AMF. Subratayati, A.130 905 002, 2008. *Kajian Tentang Pengembangan Sumber Daya Air Sungai Bawah Tanah Bribin di Kecamatan Semanu Kabupaten Gunung Kidul DIY*. Tesis : Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Kabupaten Gunung Kidul merupakan daerah karst dan berbukit-bukit. Sifat tanahnya yang porus menyebabkan air permukaan sulit didapat sehingga masyarakat Bribin di Kabupaten Gunung Kidul mengalami kekurangan air terutama dimusim kemarau. Kekurangan air tersebut di tangani oleh PDAM Gunung Kidul Sub Sistem Bribin yang menggunakan air Sungai Bawah Tanah (SBT) Bribin dengan debit 60 l/d. Ternyata debit tersebut belum cukup untuk melayani konsumen  $\pm$  75.000 orang. Usaha Pemerintah bekerja sama dengan Universitas Karlsruhe, meningkatkan debit menjadi 80 l/dt dengan menggunakan bendungan (*barrage*) baru yang berada di sungai Bribin bagian hilir. Pengambilan air dengan teknologi mikro-hidro turbin pompa dan akan ditampung oleh reservoir baru di Kaligoro (RB-2) pada el. + 406.225 m. Air dari RB-2 didistribusikan dengan cara gravitasi agar lebih lancar dan biaya relatif ringan. Untuk mengetahui kemampuan debit 80 l/dt dalam melayani konsumen yang ada maka diperlukan suatu penelitian. Tingginya tingkat kelarutan batu gamping dan kemungkinan adanya pencemaran di hulu aliran sungai maka dilakukan uji kualitas air.

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif-kualitatif, yang memberikan gambaran tentang sistem jaringan distribusi air dengan cara gravitasi. Analisis penentuan besarnya inflow RB-2 di Kaligoro dilakukan dengan *Routing Reservoir*.

Hasil dari uji kualitas air menunjukkan bahwa air Sungai Bawah Tanah Bribin II, termasuk kelas II. Berarti air tersebut cukup aman dan layak untuk di minum. Pendistribusian air dari RB-2 ke R-4, R-5 dan R-8 dengan cara gravitasi dan jaringan yang lama masih digunakan. Debit sebesar 80 l/dt pada RB-2 yang menggunakan sistem lama hanya mampu melayani 91% konsumen. Oleh karena itu agar pelayanan ke konsumen menjadi 100%, maka debit di tingkatkan menjadi 84 l/dt. Selanjutnya Volume R-6 dan R-4 diperbesar menjadi 300 m<sup>3</sup> dan 350m<sup>3</sup>.

Kata Kunci : Distribusi air, air SBT.Bribin, kualitas air, sistem gravitasi, debit minimum reservoir.

## ABSTRACT

Subratayati, AMF. A.130 905 002, 2008. *A Study on Water Resources Development of Bribin Underground River, Sub district Semanu, Regency Gunung Kidul, DIY*. Thesis : Environmental-Studies Program, Postgraduate Program of Surakarta Sebelas Maret University.

Regency Gunung Kidul is karst and hill area. The porosity of soil caused the difficulty of obtaining surface water, thereby water shortage/ drought always happens in dry season. In order to manage the water supply Sub System Bribin, PDAM Gunung Kidul uses water from Underground River with 60 l/s. In fact , the discharge of pumping is not sufficient to serve approximately 75.000 consumers. The government's plan in cooperation with Karlsruhe University to use 80 l/s water from a new barrage in downstream Bribin river. The water would be pumped by micro-hydro pump turbine and received by the new reservoir on Kaligoro (RB-2) et + 406.225 m. Water from RB-2 would be distributed by gravitation in order to make the cost cheaper. In order to find out the discharge capacity of 80 l/s in serving the consumers, a study is needed. Due to the high solvability of limestone and the potential contamination in the upstream of river, the test of water quality has been conducted.

This study is a descriptive-qualitative research, giving a systematical description about the water distribution network system with gravitation. To determine inflow to RB-2 of Kaligoro reservoir, the routing reservoir has been applied.

Result of water quality test shows that the quality of water in Bribin is class II ,that means enough and available to drink. Water is distributed from RB-2 to R-4, R-5 and R-8 by gravitation method, the old network is still used. With 80 l/s discharge RB-2, the old system serves only 91% from consumers. Therefore, to serve up 100% consumers, the discharge capacity should be increased 84 l/s. Furthermore the volume of R-6 and R-4 should be enlarged 300m<sup>3</sup> and 350m<sup>3</sup> respectively.

Keywords: Water distribution, SBT. Bribin water, water quality, gravitation system, minimum discharge of reservoir .

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Air merupakan unsur yang sangat penting dan begitu besar peranannya bagi kehidupan semua makhluk di bumi. Oleh sebab itu makhluk hidup tersebut berhak mendapatkan air untuk kelangsungan hidupnya. Manusia sebagai masyarakat pengguna air, pada umumnya berpendapat bahwa keberadaan ini secara alami, tersedia dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Kenyataannya ketersediaan / keberadaan air saat ini menurut ruang dan waktu tidak sesuai dengan yang dikehendaki. Hal ini disebabkan antara lain karena kerusakan Daerah Aliran Sungai (DAS) nya, kebutuhan air bersih meningkat dan jenis tanah. Ada jenis tanah yang kurang mendukung keberadaan air tersebut, antara lain tanah karst.

Pasokan air di alam dalam jumlah yang besar, berasal dari air hujan. Air yang jatuh ke bumi akan terdistribusi dalam bentuk air permukaan (sungai, danau, dll), air limpasan permukaan (*run off*) dan air bawah permukaan tanah. Air bawah permukaan tanah terjadi karena proses rembesan yang melalui tanah yang porous. Besar kecilnya rembesan dipengaruhi oleh koefisien rembesan ( $k$ ). Air tanah di daerah karst umumnya mempunyai sifat khusus. Keberadaan air tanah tersebut banyak dijumpai pada rongga-rongga, celah-celah batuan dan pada luweng.

Tanah karst merupakan tanah yang didominasi oleh batu gamping. Klasifikasi batu gamping termasuk batuan sedimentasi kimiawi. Batuan



tersebut terdiri dari kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ), yang mempunyai sifat cepat bereaksi dengan cairan asam (hidroclorida). Kabupaten Gunung Kidul merupakan kawasan karst. Tanah karst termasuk kategori tanah yang tidak mendukung keberadaan air permukaan, karena tanah tersebut tersusun dari batuan karbonat terutama  $\text{CaCO}_3$  dan dolomit  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ . Sifat batu gamping ( $\text{CaCO}_3$ ) yang mendominasi tanah karst, mempunyai daya / tingkat kelarutan tinggi, sehingga tanah menjadi porus. Hal ini mengakibatkan terjadinya banyak rekahan (*cavities*), lubang-lubang pada batuan (*dolina-dolina*), luweng (*shinkhole*), gua, bukit dan Sungai Bawah Tanah (SBT). Air permukaan yang mengalir ke bawah tanah melalui media tersebut akan bergabung dalam bentuk Sungai Bawah Tanah (SBT). Sungai Bawah Tanah dengan sistemnya, berperan sebagai media pengumpul dan pematuan (*drainage*).

Proses rembesan air yang sangat tinggi di tanah karst, berakibat air permukaan tidak dapat tertampung dengan baik. Hal ini menimbulkan ketidakseimbangan antara kebutuhan air yang meningkat dengan ketersediaan air yang relatif sedikit. Oleh karena itu ketidakseimbangan ini menyebabkan terjadinya kekurangan air atau krisis air di kawasan Kabupaten Gunung Kidul, terutama di musim kemarau. Kekurangan air bersih di daerah karst Gunung Sewu Kabupaten Gunung Kidul ditangani oleh PDAM Gunung Kidul yang terdiri dari 5 Sub Sistem distribusi air. Kelima Sub Sistem tersebut adalah : Sub sistem Ngobaran, Sub sistem Baron, Sub sistem Bribin, Sub sistem Seropan dan Sub sistem Wonosari. Denah kelima daerah layanan dapat ditunjukkan pada Lampiran 4.

Masyarakat Gunung Kidul yang tidak mengalami kekurangan air bersih adalah penduduk yang berada di Kecamatan Wonosari, sehingga distribusi air dari PDAM Gunung Kidul ke konsumen adalah berfungsi sebagai pensuplai air. Penelitian ini dilakukan di wilayah cakupan layanan PDAM Gunung Kidul Sub Sistem Bribin, yang meliputi daerah layanan pada 5 Kecamatan, yakni : Kecamatan Semanu, Kecamatan Rongkop, Kecamatan Tepus, Kecamatan Tanjungsari dan Kecamatan Giri Subo. Kelima Kecamatan tersebut, keseluruhannya terdiri dari 27 Desa. Data terinci dapat ditunjukkan pada Lampiran 5 dan 6.

Pengembangan Sumber Daya Air didalam Hukum Tata Lingkungan (HTL) tercakup pada azas ke 13 yaitu azas penyelenggaraan kepentingan umum (*Principle of public service*), menurut Koesnadi.H, 2005 : 49. Adapun Pengembangan Sumber Daya Air didalam Ilmu Lingkungan tercakup pada azas ke tiga atau Hukum Termodinamika ke tiga ialah menyangkut sumber alam, meliputi materi, ruang, waktu, dan keanekaragaman (Tresna.S, 2000 : 24).

Dari hasil penelitian sebelumnya, diperoleh data bahwa debit air Sungai Bawah Tanah (SBT) Bribin berkisar antara 800 l/dt – 1500 l/dt. Besar debit sungai tersebut, merupakan acuan atau dasar bagi pemerintah dalam hal ini PDAM Gunung Kidul untuk menyatakan bahwa air Sungai Bawah Tanah Bribin, merupakan sumber air yang signifikan untuk mengatasi kekeringan yang terjadi di wilayah Bribin. Hal ini yang menjadi acuan PDAM Gunung Kidul untuk memanfaatkan air sungai Bribin. Untuk menangani kekurangan air, PDAM Gunung Kidul Sub Sistem Bribin I menggunakan air SBT Bribin

dengan membuat bendung (*weir*) di SBT Bribin. Debit yang diambil sebesar 60 l/dt menggunakan pompa. Didalam sistem pendistribusian air ke konsumen menggunakan pompa dan booster-pump, karena sebagian besar letak permukiman lebih tinggi dari elevasi reservoir yang tersedia. Debit pengambilan 60l/dt diharapkan dapat melayani masyarakat di kawasan Sub Sistem Bribin yang berpenduduk  $\pm 97.372$  orang, dengan jumlah pelanggan  $\pm 75.000$  orang. Didalam pelaksanaannya belum cukup melayani konsumen yang ada. Oleh sebab itu perlu memperbesar debit pengambilan agar semua konsumen dapat terlayani.

Usaha untuk memperoleh debit yang lebih besar, dilakukan oleh Pemerintah bekerjasama dengan Universitas Karlsruhe. Pengambilan debit sebesar 80 l /dt didapat dengan menggunakan bendungan ( *barrage* ) baru yang berada di Sungai Bawah Tanah Bribin bagian hilir (BR II). Untuk menaikkan air dengan debit 80 l/dt ke reservoir baru di Kaligoro ( RB-2 ) pada elevasi + 406.225 m, digunakan teknologi mikro hidro Turbin - Pompa. Reservoir di Kaligoro (RB-2) yang terletak dengan beda tinggi  $\pm 441$  m dari muka air sungai, diperkirakan merupakan tempat tampungan yang cukup tinggi terhadap jaringan air bersih sub sistem Bribin. Sistem pendistribusian air direncanakan dalam bentuk sistem jaringan dengan cara gravitasi. Sistem gravitasi bertujuan akan memperlancar pendistribusian air ke konsumen dan dampaknya biaya operasional relatif ringan. Untuk mengetahui seberapa besar kemampuan debit 80 l/dt, dalam melayani konsumen yang ada, maka dilakukan suatu penelitian. Metode perhitungan

yang digunakan dengan cara *routing reservoir*. Penelitian ini tidak meninjau dari aspek kelayakan ekonomi tetapi difokuskan pada segi teknis.

Pada awal musim hujan air Sungai Bawah Tanah Bribin kelihatan sangat keruh. Hal ini di mungkinkan adanya pencemaran pada air sungai yang berasal dari aliran dan lahan di bagian hulu. Tingginya tingkat kelarutan batu gamping yang melalui rekahan dan celah-celah batuan juga membuat air sungai tercemar. Oleh sebab itu mengetahui kelayakan air SBT Bribin perlu di lakukan uji kualitasnya. Hal ini sangat penting bagi masyarakat pengguna air, agar aman untuk di konsumsi sebagai air bersih.

## **B. Rumusan Masalah**

1. Bagaimanakah pendistribusian air bersih dengan debit 80 l/dt, untuk konsumen sebanyak  $\pm$  75.000 orang.
2. Sejauh mana peranan debit 80 l/dt dalam melayani kebutuhan air bersih pada konsumen yang ada.
3. Bagaimanakah kondisi air SBT. Bribin bagian hilir weir (BR-II), terhadap tingkat kelarutan batu gamping dan kemungkinan adanya pencemaran lingkungan.

## **C. Batasan Masalah**

1. Wilayah layanan jaringan distribusi air bersih, meliputi cakupan Sub Sistem Bribin.
2. Sumber air utama, berasal dari Sungai Bawah Tanah (SBT) Bribin.

3. Sampel air untuk diuji, diambil dari air SBT Bribin bagian hilir bendungan baru (*barrage*).
4. Perhitungan kebutuhan air total berdasarkan jumlah pelanggan / konsumen yang sudah terdaftar.
5. Analisis untuk memenuhi kebutuhan air dengan *routing reservoir* dan berdasarkan pada inflow minimum dari masing-masing reservoir.
6. Penelitian tentang pengembangan sumber daya air SBT Bribin ditinjau dari segi teknis.

#### **D. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui sistem jaringan distribusi air bersih sub sistem Bribin Baru (BR-II), yang menggunakan reservoir di Kaligoro (RB-2) sebagai reservoir utama pen-suplai air.
2. Mengetahui kenaikan kemampuan pelayanan air bersih pada sub sistem Bribin baru (BR- II), dengan debit sebesar 80 l/dt.
3. Mengetahui kualitas air sungai bawah tanah Bribin bagian hilir *weir* (BR-II), ditinjau dari uji kualitas air secara fisik, kimia dan biologisnya.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Menjadi masukan bagi PDAM Gunung Kidul Sub Sistem Bribin untuk mendistribusikan air bersih dengan menggunakan sistem jaringan baru dimana reservoir di Kaligoro (RB-2) sebagai reservoir utama.

## F. Kerangka pikir

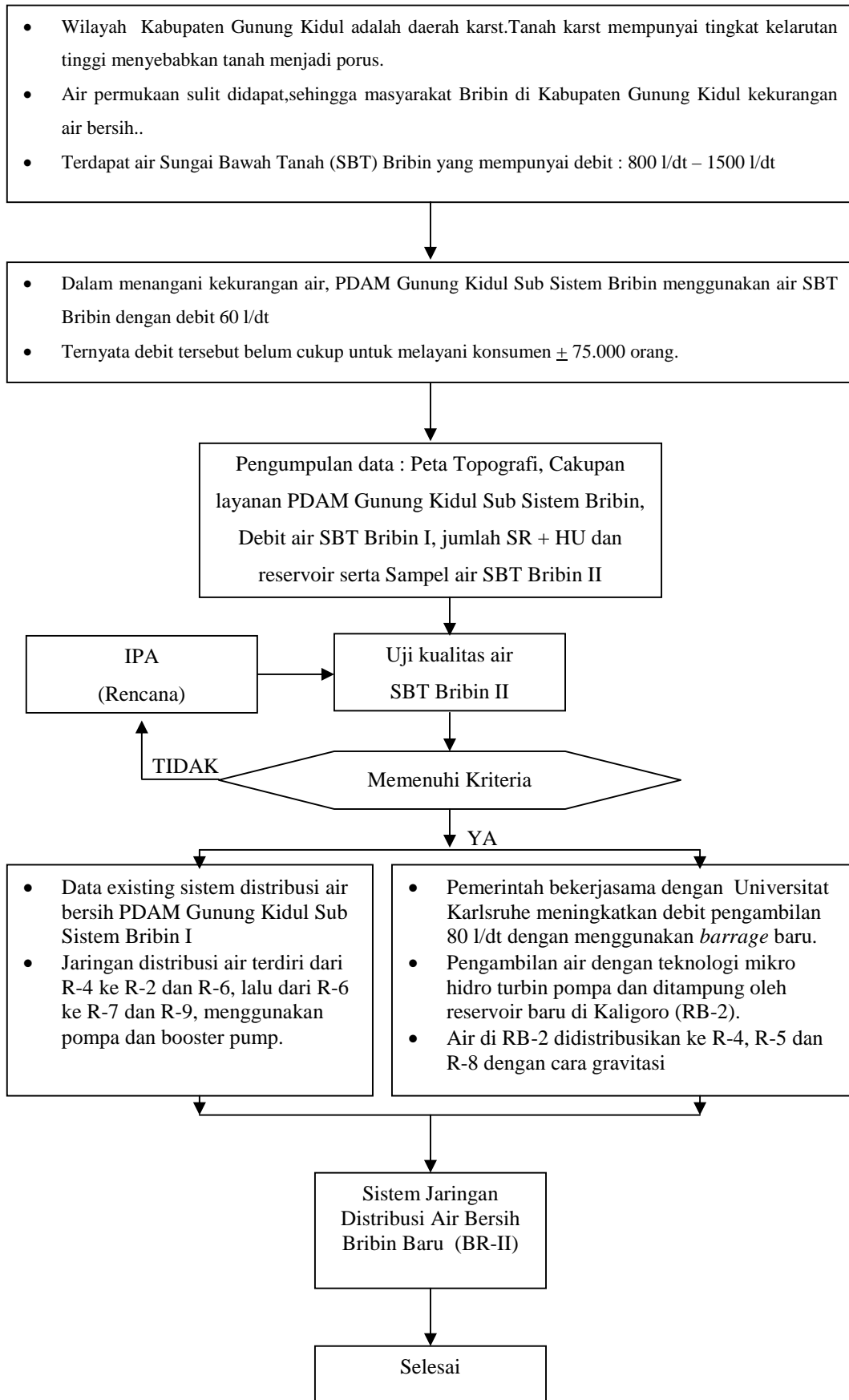
Kabupaten Gunung Kidul merupakan daerah karst dan berbukit-bukit. Tanah karst di dominasi batu gamping yang tingkat kelarutannya tinggi sehingga tanah menjadi porus. Kondisi yang demikian menyebabkan air permukaan sulit didapat sehingga masyarakat di wilayah Bribin Kabupaten Gunung Kidul kekurangan air bersih terutama di musim kemarau.

Air Sungai Bawah Tanah (SBT) Bribin yang mempunyai debit 800 l/dt-1500 l/dt, digunakan oleh PDAM Gunung Kidul Sub Sistem Bribin untuk menangani kekurangan air yang terjadi. Debit air sungai yang diambil sebesar 60 l/dt. Penelitian ini dilakukan sehubungan debit 60l/dt tersebut belum cukup untuk melayani konsumen  $\pm$  75.000 orang. Oleh sebab itu debit pengambilan perlu ditingkatkan atau diperbesar. Data-data yang dikumpulkan digunakan untuk mendukung penyelesaian masalah..

Tingkat kelarutan yang tinggi dari batu gamping dan kemungkinan adanya pencemaran air di hulu aliran akan mempengaruhi kualitas air. Oleh sebab itu kelayakan air SBT Bribin akan diteliti. Bila kualitas airnya tidak memenuhi kriteria sebagai air bersih , maka dilakukan *treatment* lebih dahulu dengan menggunakan Instalasi Pengolahan Air (IPA).

Pemerintah bekerjasama dengan Universitas Karlsruhe meningkatkan debit pengambilan menjadi 80 l/dt, dengan menggunakan bendungan (*barrage*) baru yang berada di sungai Bribin bagian hilir. Pengambilan dengan teknologi mikro-hidro, Turbin-pompa. Sistem tersebut berfungsi menaikkan air ke reservoir baru di Kaligoro (RB-2).

Sistem distribusi air bersih yang lama dan masih digunakan yaitu dari R-4 ke R-2 dan R-6, kemudian dari R-6 ke R-7 dan R-9. Pendistribusian airnya menggunakan pompa dan booster-pump. Sistem distribusi air dari RB-2 ke R-4, R-5 dan R-8 dengan cara gravitasi. Jadi sistem distribusi air bersih yang baru (BR-II) adalah penggabungan (*connect*) antara sistem distribusi air bersih yang menggunakan cara gravitasi dan sistem distribusi air bersih lama yang masih digunakan.



Gambar 2.8. *Flow Chart* Kerangka pikir



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Landasan Teori**

##### **1. Sumber Daya Air**

Pengembangan Sumber Daya Air, meliputi penataan, penyediaan, penggunaan, pengembangan dan pengusahaan sumber daya air. Tujuan untuk memanfaatkan sumber daya air secara berkelanjutan dengan mengutamakan pemenuhan kebutuhan pokok kehidupan masyarakat secara adil. Mengutamakan fungsi sosial dengan memperhatikan prinsip pemanfaatan air. Biaya jasa pengelolaan sumber daya air melibatkan peran masyarakat (UU RI No. 7, 2004 : 23-24).

Permasalahan sumber daya air dapat ditinjau dari sisi pasokan / ketersediaan, sisi penggunaan dan sisi manajemen. Adapun Visi pengelolaan sumber daya air ialah terwujudnya kemanfaatan sumber daya air bagi kesejahteraan seluruh rakyat. Adapun misi pengelolaan sumber daya air ialah :

- a. konservasi Sumber daya air.
- b. Pendayagunaan Sumber daya air.
- c. Pengendalian dan penanggulangan daya rusak air.
- d. Pemberdayaan dan peningkatan peran masyarakat, swasta dan pemerintah
- e. Peningkatan ketersediaan data dan informasi Sumber Daya Air, termasuk sistem prasarana dan sarananya (Soenarno, 2003:13).

Penentuan sumber air prioritas pertama adalah sumber air yang terletak lebih tinggi dari permukiman. Agar air dapat dan dialirkan ke konsumen

dengan sistem gravitasi (gaya berat). Dengan sistem gravitasi, akan diperoleh biaya operasi atau biaya pengelolaan murah. Disamping itu air akan dapat mengalir secara terus menerus. Untuk dapat mengalirkan secara gravitasi, diperlukan adanya :

- a. Beda tinggi antara sumber air dengan permukiman.
- b. Jarak antara sumber dengan permukiman.

Mengetahui perbedaan tinggi dan jarak antara sumber air dan permukiman maka diameter pipa, kehilangan tenaga dalam pipa dan panjang pipa yang diperlukan dapat dihitung (Tatiana, 1991:40).

## **2. Daerah Tanah Karst**

Keadaan sumber daya air di daerah karst berbeda dengan sumber daya air di daerah nonkarst. Di daerah karst sumber daya air baik air permukaan maupun air tanah terdapat secara setempat-setempat, umumnya dalam jumlah terbatas. Daerah karst dicirikan dengan terdapatnya banyak lubang pada batuan (*dolina*), luweng (*shinkhole*), gua, bukit dan sungai bawah tanah (Kappler, 2003 : 1-4).

Air hujan yang jatuh di daerah karst sebagian besar akan mengalami proses perkolasi ke dalam tanah melalui rongga-rongga atau celah-celah batuan yang banyak terdapat di daerah karst tersebut. Sistem sungai yang berkembang adalah sistem sungai bawah tanah. Air permukaan hanya dijumpai pada telaga (*embung*) yang ada pada di daerah ekosistem karst yang semula adalah lembah *dolina*. Lembah tersebut bagian dasarnya tertutup

lapisan tanah lempung yang kedap air, sehingga mampu menampung air hujan dalam jumlah tertentu (White , White, 1989 : 18-26).

Keadaan air tanah di daerah karst umumnya mempunyai sifat yang khas, karena dijumpai pada rongga/ retakan / celah batuan, goa atau sungai bawah tanah. Penyebarannya tidak menentu tergantung pada proses kelarutan yang berkembang pada batu gamping yang ada di daerah karst tersebut (Sulastoro, 2003 : 1-2).

Batu gamping termasuk batuan sedimentasi kimiawi. Komposisi batuan tersebut terutama terdiri dari kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) yang mempunyai sifat cepat bereaksi dengan cairan asam (hidroclorida). Ada yang terdiri dari Dolomit  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  yaitu batu gamping yang sebagian kalsitnya diganti oleh magnesium (Bowles, 1989 : 73).

### **3. Kualitas Air**

Didalam pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air yang perlu diketahui adalah tentang kriteria baku mutu air, status mutu air serta kelas air. Ketiga hal tersebut sebagai peringkat kualitas air yang dinilai masih layak untuk dimanfaatkan bagi peruntukan tertentu. Menurut Kepmenkes No.907, Tahun 2002 : 3, syarat-syarat dalam pengawasan kualitas air minum meliputi :

- a. Air yang didistribusikan melalui pipa untuk keperluan rumah tangga
- b. Air yang didistribusikan melalui tangki air
- c. Air kemasan
- d. Air yang digunakan untuk produksi bahan makanan dan minuman

yang disajikan kepada masyarakat (memenuhi kualitas air minum).

Klasifikasi Air dibagi menjadi 4 kelas, menurut PP.No.82, Tahun 2001:6-7, ialah :

- a. Kelas satu : Air untuk air baku air minum, dan peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan air tersebut.
- b. Kelas dua : Air untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air mengairi pertanaman yang mempersyaratkan mutu air sama dengan kegunaan tersebut.
- c. Kelas tiga : Air untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, mengairi pertanaman, yang mempersyaratkan mutu air sama dengan kegunaan tersebut.
- d. Kelas empat : Air untuk mengairi pertanaman dan atau yang mempersyaratkan mutu air sama dengan kegunaan air tersebut.

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum setelah dimasak. Kualitas air bersih apabila ditinjau berdasarkan kandungan bakterinya dapat dibedakan ke dalam 5 kategori sebagai berikut.

- a. Air bersih kelas A kategori baik mengandung total coliform kurang dari 50.
- b. Air bersih kelas B kategori kurang baik mengandung coliform 51-100.
- c. Air bersih kelas C kategori jelek mengandung coliform 101-1000.
- d. Air bersih kelas D kategori amat jelek mengandung coliform 1001-2400.
- e. Air bersih kelas E kategori sangat amat jelek mengandung coliform lebih 2400 (Setijo, Eling, 2003 : 22).

Semua air alami akan terkontaminasi dan kualitas air alami dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain yakni pengaruh klimatologi, Geokimia, Fisiografi, Edafik dan pengaruh hutan (Lee, 1990 : 281).

Menurut APHA (*American Public Health Association*) bahwa air yang layak untuk kehidupan adalah ditentukan berdasarkan kualitas (Unus, 2005:80) secara :

- a. Fisik : tentang kekeruhan, temperatur, warna, bau dan rasa
- b. Kimia : tentang nilai PH (derajat keasaman)
- c. Biologis : tentang parameter mikroba pencemar, mikroba patogen dan mikroba penghasil toksin terutama bakteri coli.

#### **4. Beberapa Parameter yang menentukan kriteria kualitas air bersih antara lain :**

##### **a. *Dissolved Oksigen (DO)***

Konsentrasi oksigen terlarut (DO) adalah jumlah gas oksigen ( $O_2$ ) yang terlarut dalam suatu cairan dan merupakan parameter untuk mengukur pencemaran air. DO dapat diukur dengan Winkler DO test dan menggunakan DO meter (Totok, 2004 :74; Daryanto, 1995 : 152). Kenaikan temperatur dalam badan air menyebabkan penurunan DO dan menimbulkan bau yang tidak sedap. Hal ini menyebabkan degradasi atau penguraian bahan-bahan organik / anorganik secara anaerobik (Unus, 2005 : 84).

##### **b. *Biological Oxygen Demand (BOD)* :**

*Biological Oxygen Demand* (BOD) adalah jumlah oksigen ( mg O<sub>2</sub>) yang dibutuhkan untuk menguraikan/mengoksidasi zat-zat organik secara biokimia dalam 1 liter sampel air selama pengeraman 5 x 24 jam pada suhu 20°C (Daryanto, 1995 : 74; Totok, 2004 : 76) Angka BOD diperoleh dari selisih oksigen terlarut lima hari dan oksigen terlarut nol hari. BOD sebesar 200 ppm berarti 200 mg oksigen akan dihabiskan oleh contoh limbah sebanyak satu liter dalam waktu lima hari pada suhu 20<sup>0</sup>C. Nilai BOD secara biokimia untuk air bersih berkisar antara : 20-30 (Chay Asdak, 1995 : 503).

Banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk proses pembusukan (dekomposisi) bahan organik di perairan, dipengaruhi oleh temperatur, waktu dan sinar matahari (Totok, 2004 : 76).

Rumus :

$$1. \text{ DO awal : Oksigen terlarut} = \frac{V \times N \times 8000 \times F}{50} \text{ mg/l.....(2.1)}$$

dengan V = ml Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (pengenceran 5 x rata-rata)

N = normalitas Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

F = Faktor (volume botol dibagi volume botol dikurangi pereaksi MnSO<sub>4</sub> dan alkali iodika azida)

$$2. \text{ DO}_5 = \text{BOD} = \{(\text{DO}_0 - \text{DO}_5) - (\text{K} \times (\text{AP}_0 - \text{AP}_5))\} \text{P .....(2.2)}$$

dengan = DO<sub>0</sub> = DO, (0 hari)

DO<sub>5</sub> = DO, 5 hari

AP<sub>0</sub> = DO blanko 0 hari

AP<sub>5</sub> = DO blanko 5 hari

$$\text{K} = \text{P} - \frac{1}{\text{P}}$$

P = pengenceran (Panduan Praktikum, 2006 : 8).

d. **Chemical Oxygen Demand (COD)**

*Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah jumlah oksigen ( mg O<sub>2</sub>) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air (Daryanto, 1995 : 150). Pengoksidasi K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis. Hal ini mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Chay Asdak, 1995 : 504; Daryanto, 1995:73).

$$\text{Rumus : COD} = \frac{(\text{V blanko} - \text{Vsampel}) \times \text{N} \times 8000}{\text{V sampel mula - mula}} \text{ (mg.O}_2\text{/l) .....(2.3)}$$

dengan : V blanko = V blanko rata-rata hitungan

V sampel = V sampel rata-rata hitungan

N = normalitas larutan FAS (panduan praktikum, 2006: 1)

e. **Nitrit (NO<sub>2</sub>)**

Nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) : mempunyai efek terhadap kesehatan manusia antara lain dapat menghambat perjalanan oksigen dalam tubuh. Batas konsentrasi Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) atau Nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) yang diizinkan ≤ 45 mg/l (Totok, 2004: 44,45).

f. **Logam Besi (Fe)**

Logam besi adalah logam yang bervalensi 2 dan 3. Konsentrasi besi (Fe) > 2 mg / l, akan memberikan noda warna putih pada peralatan dan bahan-bahan. Konsentrasi besi (Fe) > 1 mg /l, menyebabkan air

berwarna kemerah-merahan. Konsentrasi maksimum yang diizinkan antara 0,1-1,0 mg/l (Surbakty, 1986 : 23).

g. **Persyaratan air minum** dan indikasi pengotoran air yang terkait dengan syarat fisik antara lain : warna, kekeruhan, bau, rasa dan suhu yang dapat diamati langsung.

1) Warna : pada air terdiri dari warna asli (*time colour*) dan warna tampak (*apprent colour*). Syarat warna air minum menurut skala platina cobalt  $< 5$ .

2) Kekeruhan : mempengaruhi organisme aquatis dalam melakukan proses fotosintesis. Syarat derajat kekeruhan air  $< 5$ .

3) Bau dan rasa : khusus untuk air minum disyaratkan tawar / netral.

4) Suhu : syarat suhu air segar berkisar antara  $20^0$ - $26^0$  suhu udara (Surbakty, 1986:12).

h. **PH** adalah indikator untuk menentukan indeks pencemaran dengan melihat tingginya keasaman dan kebasaan air.

Syarat derajat keasaman (PH) adalah  $6,5 < PH < 9,2$

Apabila :  $PH < 1,5$ , maka air terasa asam (sifat asam)

$PH < 6,5$ , maka air dapat mcrusak pipa-pipa baja

$PH = 7,0$ , adalah air normal, baik untuk air minum

$PH > 9,0$ , maka air terasa pahit atau getar (sifat basa) (Surbakty, 1986 : 20).

i. **Derajat -kesadahan**

Air sadah terjadi karena mengandung banyak garam terutama garam kapur atau magnesium atau kesadahan berasal dari kontak air dengan



tanah atau dengan pembentukan batu, Calcium (Ca), merupakan salah satu komponen penyebab kesadahan. Derajat kesadahan di Indonesia menggunakan ukuran derajat – kesadahan Jerman (J) dimana :  $1^0$ : J= 10 mg CaO/l (Suripin, 2001 : 150).

Syarat Ca dalam air minum, menurut DEPKES RI diantara = 75 - 200 mg /l dan menurut WHO diantara = 75 – 150 mg/l . Bila Ca < 75 mg/l maka menyebabkan tulang rapuh. Bila Ca > 200 mg/l, maka menyebabkan korosi pada pipa-pipa (Totok, 2004 : 26).

**j. Bakteri golongan coli**

Bakteri golongan coli adalah bakteri yang berasal dari tinja (feses) dan hidupnya terutama dalam usus besar atau colon. Didalam air bakteri-coli tidak berkembang biak dari ciri-cirinya. Bakteri tersebut dapat dipergunakan sebagai pengenal (indikator) dan sebagai nilai penentu kualitas sesuatu bahan, khususnya air minum ( Surbakty, 1986 : 26).

Bila dalam 100 ml contoh air minum tak terdapat bakteri coli, maka air minum tersebut baik dari sudut mikrobiologik (syarat bakteriologis). Bakteri coli form terbagi menjadi 2 yakni : coli fekal dan coli non fekal. Oleh karena itu kualitas air bersih dapat ditentukan dengan keberadaan atau ketidakberadaan bakteri tersebut melalui E-Coli test (Suripin, 2001: 151; Totok, 2004 : 79).

Angka konsentrasi faecal coliform dianggap berbahaya bila > 2000 MPN/100 ml. Syarat kandungan coli :

- a. untuk air minum : bakteri coli < 1 atau = 0 / 100 ml
- b. untuk air bersih : < dari 100 coli / 100 ml

- c. untuk kolam renang : bakteri coli < 200 / 100 ml
- d. untuk rekreasi : bakteri < 1000 / 100 ml (Unus, 2005 : 85).

## 5. Perpipaan

Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya mempunyai penampang lingkaran yang digunakan untuk mengalirkan fluida, dengan tampang aliran penuh. Pada zat cair yang mengalir didalam pipa akan terjadi tegangan geser dan gradien kecepatan pada seluruh medan aliran karena adanya kekentalan (*viscosity*) Pada jaringan pipa, ada dua persamaan yang diharus dipenuhi yaitu:

- a. persamaan kontinuitas massa
- b. persamaan energi

Dua persamaan tersebut berlaku untuk setiap pipa dalam jaringan. Dengan demikian persamaan untuk semua pipa harus diselesaikan bersama-sama. Hal ini membutuhkan cara coba-coba (Bambang Triatmodjo, 1994:20,24).

## 6. Garis energi (EGL) dan garis tekanan (HGL)

Garis energi atau *Energy Grade Line* (EGL) menghubungkan tinggi energi absolut antar node sepanjang jalur-jalur pipa. Garis energi absolut selalu turun, Garis tekanan atau *Hydraulic grade line* (HGL) bisa turun maupun naik, tergantung pada energi kecepatan (energi kinetik). Pada saat kecepatan tinggi, garis tekanan akan turun sehingga jarak antara EGL dan

HGL akan besar. Sebaliknya saat kecepatan rendah, energi kinetik turun, sehingga HGL naik mendekati EGL (Radianto, 2000:4-45).

#### **7. Kekasaran (*Roughness*)**

*Roughness* atau kekasaran pipa diukur dalam satuan milimeter. Harga kekasaran sangat bervariasi untuk tiap jenis pipa dan kondisi pipa (lama atau baru). Harga Kekasaran, diameter pipa, viskositas fluida, serta kecepatan aliran akan menentukan koefisien gesekan atau koefisien friksi (friction coefficient) menurut Radianto, 2000:4-74.

#### **8. Tangki / Reservoir**

Di lingkungan PDAM, tangki sering disebut sebagai reservoir (*ground reservoir* atau *elevated reservoir*). Tangki berfungsi untuk tampungan air guna kebutuhan pemenuhan jaringan air bersih. Lokasi reservoir tergantung dari sumber dan topografi. Penempatan reservoir mempengaruhi sistem pengaliran distribusi yaitu gravitasi, pemompaan atau kombinasi keduanya (Radianto, 2000:4-83).

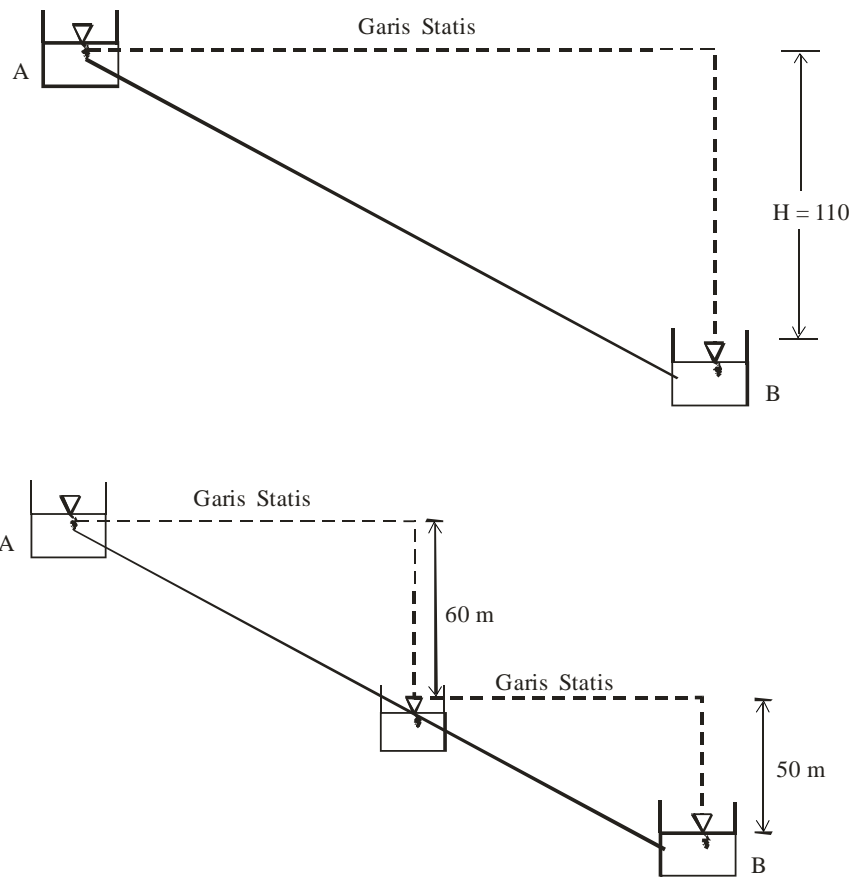
Untuk mengatasi kekurangan air pada jam-jam puncak. Diperlukan cadangan air yang diambil dengan kelebihan air pada malam hari. Dengan demikian, kelebihan air pada malam hari disimpan pada bak penampungan atau reservoir (bak tandon) dimana air tersebut akan digunakan pada pemakaian puncak. Pemakaian puncak dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1 (Tatiana, 1991:56).

## 9. Kehilangan tenaga selama pengaliran ( $h_f$ )

Yang perlu diperhatikan tentang kehilangan tenaga ( $h_f$ ) yang terjadi dalam pipa ialah besarnya tekanan di dalam pipa apakah lebih kecil atau melampaui kekuatan pipa yang tersedia. Bila dari perhitungan diperoleh hasil bahwa besarnya tekanan lebih besar dari kekuatan pipa, maka untuk mengatasi agar pipa aman, dilakukan usaha sebagai berikut :

- a. Mengecilkan / membesarkan diameter pipa dengan merubah diameter pipa, maka  $h_f$  akan berubah sesuai ketentuan.
- b. Penggabungan 2 pipa secara seri dengan beda diameter, dimana diameter pipa 1 < dari diameter pipa 2.
- c. Penggunaan bak pemecah tekanan (BPT).

Bila perbedaan tinggi  $> 80$  m, menyebabkan tekanan statis dalam pipa besar, dan melampaui kekuatan pipa. Untuk memperkecil tekanan dapat menggunakan BPT (Bak Pemecah Tekanan). Sebagai contoh dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar . 2.1 Tekanan statis sebelum dan sesudah ada  
Bak Pelepas Tekanan (BPT)

## 10. Persamaan Hazen William

Persamaan Hazen William sangat populer digunakan dalam jaringan air. Hal ini karena persamaan Hazen William memberikan beberapa kemudahan dibanding persamaan lain.

Kegunaan persamaan Hazen William akan mempercepat hitungan, karena tidak perlu mencari koefisien friksi berdasarkan *Reynold Number*.

Kehilangan tenaga ( $h_f$ ), dirumuskan (dalam Radianto, 2000:5-13).

Sebagai berikut :

$$hf = \left( \frac{\pi}{4(0,2785)} \right)^{1,85} \cdot \frac{L}{D^{1,17}} \cdot \left( \frac{V}{C_{HW}} \right)^{1,85} \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan : hf = kehilangan tenaga (m)

L = panjang pipa (m)

D = Diameter pipa (m)

V = kecepatan aliran (m/dt)

C<sub>HW</sub> = koefisien kekasaran Hazen-William

Menurut Garg dan Santosh. Kumar, 1982 : 461, maka kehilangan tenaga dan kecepatan aliran dirumuskan sebagai berikut :

$$hf = \frac{1}{0,094} \left( \frac{Q}{C_H} \right) \cdot \frac{L}{D^{4,87}} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$V = 0,85 \cdot C_H \cdot R^{0,63} \cdot S^{0,34} \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan : C<sub>H</sub> = koefisien kekasaran Hazen-William

Q = debit aliran (m<sup>3</sup>/dt)

R = jari-jari hidrolik (=1/4 D)

S = gradien kemiringan

Menurut Eli Dahi, 1990 : 206; dalam menghitung besarnya diameter pipa, kehilangan tenaga, kecepatan aliran dan debit aliran dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$D = 0,18 \cdot (Q/C)^{0,38} \cdot (\Delta/L)^{-0,205} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\Delta H = 2,96 \cdot 10^{-5} \cdot L \cdot D^{-4,87} \cdot (Q/C)^{1,85} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$V = 0,355 \cdot C \cdot D^{0,63} \cdot (\Delta H/L)^{0,54} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$Q = 279 \cdot C \cdot D^{2,63} \cdot (\Delta H/L)^{0,54} \dots\dots\dots(2.10)$$

dengan :  $\Delta H = hf =$  kehilangan tenaga (m)

C = koefisien kekasaran Hazen-William

Bentuk persamaan Euler untuk aliran mantap satu dimensi dari zat cair ideal, adalah :

$$g dz + \frac{dp}{\rho} + V.dV = 0 \dots\dots\dots(2.11)$$

Apabila kedua ruas dari persamaan tersebut dibagi g dan kemudian diintegrir, maka didapat hasil berikut ini :

$$Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} = c \dots\dots\dots (2.12)$$

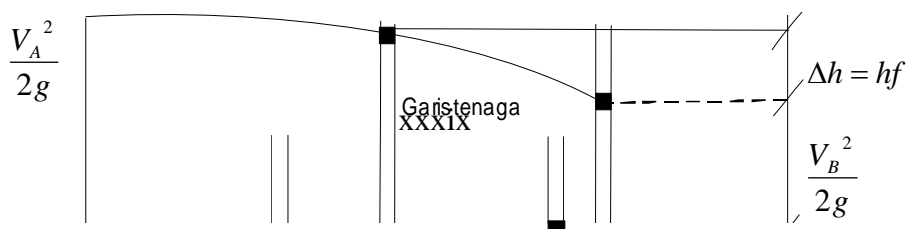
Persamaan (2.2) dikenal dengan persamaan Bernoulli

dengan : z = tinggi tempat / elevasi (m)

$$\frac{P}{\gamma} = \text{tinggi tekanan (m)}$$

$$\frac{V^2}{2g} = \text{tinggi kecepatan (m)}$$

Prinsip Bernoulli, menyatakan bahwa tinggi tenaga total disetiap titik pada aliran dalam pipa adalah jumlah tinggi tempat (elevasi), tinggi tekanan dan tinggi kecepatan pada setiap titik dari suatu aliran zat cair, selalu mempunyai harga konstan. Aliran pada zat cair riil, akan terjadi kehilangan tenaga karena geseran (hf), ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar.2.2. Garis tenaga dan tekanan pada zat cair riil

(Bambang Triatmojo, 1993:144; Nur Yuwono, 1984:50)

## 11. Persamaan Darcy-Weisbach

Persamaan Darcy Weisbach sangat umum digunakan dalam jaringan pipa. Koefisien friksi  $f$  merupakan fungsi dari *Reynold number* dan diameter kekasaran relatif ( $e/D$ ) (Radianto, 2000 : 4-23).

Sistem pemipaan berfungsi mengalirkan zat cair dari satu tempat ke tempat lain, karena adanya perbedaan tinggi tekanan. Sistem tersebut meliputi hubungan pipa seri, pipa paralel, pipa cabang antara reservoir satu atau lebih dan jaring-jaring pipa.

Selama pengaliran, terjadi kehilangan tenaga (*Head lost*) primer, yang disebabkan oleh gesekan dan kehilangan tenaga (*Head lost*) sekunder, disebabkan adanya belokan, katub-katub (*valve*) dan perubahan penampang pipa.



Kriteria tipe aliran dalam pipa (*pipe flow*) didasarkan oleh bilangan Reynold (Re) dengan rumus sebagai berikut :

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \text{ atau } Re = \frac{V(4R)}{\nu} \dots\dots\dots(2.13)$$

dengan Re : bilangan Reynold

V : kecepatan aliran (m/dt)

D : diameter pipa (m)

R : Jari-jari hidrolis (m)

$\nu$  : Kekentalan kinematik (m<sup>2</sup>/dt)

**Kehilangan tenaga (*Head Lost*) primer,**

a. Menurut Hagen – Poiseuille :  $hf = \frac{32 \nu \cdot V \cdot L}{g \cdot D^2} \dots\dots\dots(2.14)$

b. Menurut Darcy dan Weisbach :  $hf = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (2.15)$

c. atau  $hf = \frac{8fl}{g\pi^2 D^5} Q^2 \dots\dots\dots(2.16)$

dengan : hf = kehilangan tenaga primer (m)

L = panjang pipa (m)

g = percepatan gravitasi (m/dt<sup>2</sup>)

Q = Debit aliran (T/m<sup>3</sup>)

f = koefisien gesekan (0,019-0,023)

(Bambang Triatmojo, 1993:10,22;Chadwich & Morfect, 1993:94,96)

**12. Pengaliran Air melalui Sistem pemipaan**

**a. Sistem pipa dengan pompa (*pump*)**

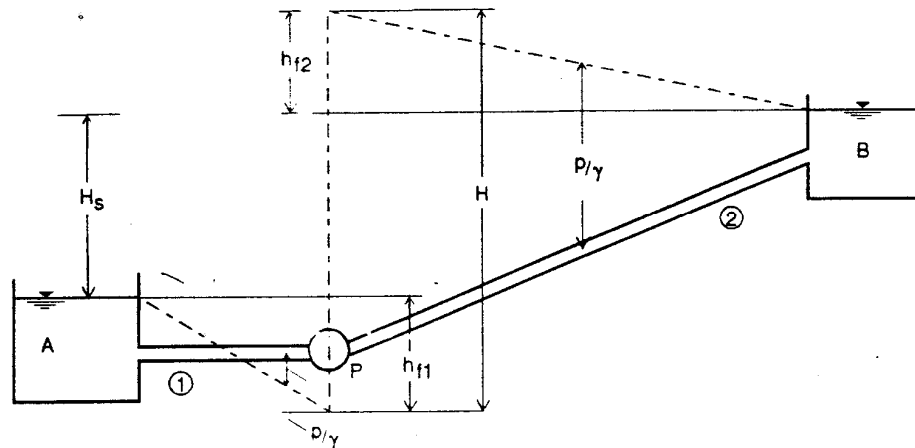
Pompa adalah alat untuk menaikkan tinggi tekanan atau menambah energi pada fluida dalam bentuk tekanan maupun kecepatan.

$$H_{eff} = H_s + \Sigma hf \dots\dots\dots(2.17)$$

Rumus Daya Pompa Air

$$DP = \frac{Q.H_{eff}.\gamma}{75\eta_p} .HP \dots\dots\dots(2.18)$$

dengan  $\eta_p$  = efisiensi pompa



Gambar. 2.3. Pipa dengan pompa

**b. Persamaan kontinuitas**

$$Q = A.V \dots\dots\dots(2.19)$$

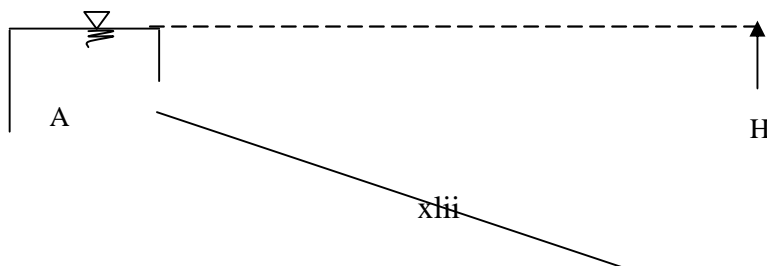
dengan : Q = debit aliran (m<sup>3</sup>/dt)

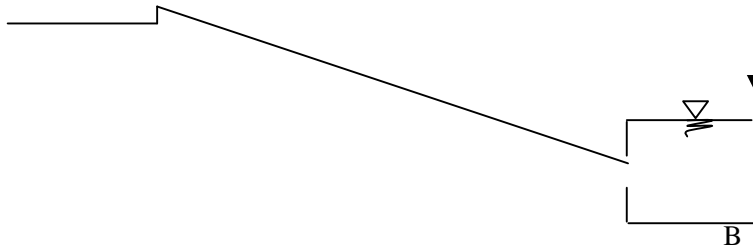
A = luas penampang aliran (m<sup>2</sup>)

V = kecepatan aliran (m/dt)

(Bambang Triatmojo, 1993:58 ; Nur Yuwono, 1984 : 80).

**c. Pipa tunggal**





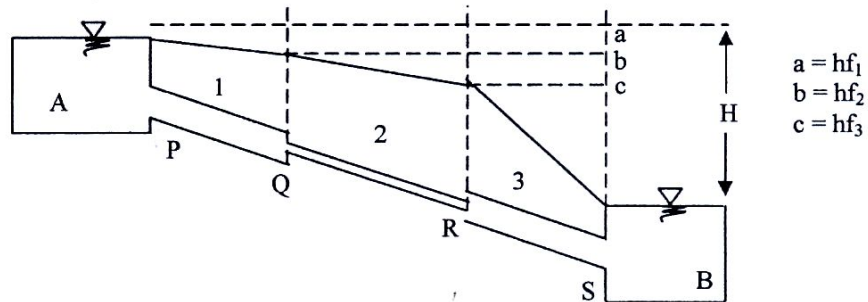
Gambar. 2.4. Pipa tunggal

Persamaan kontinuitas :  $Q_A = Q_{AB}=Q_B$  ..... (2.20)

Persamaan kehilangan tinggi tenaga (hf)

$H = \sum hf$  ..... (2.21)

**d. Pipa hubungan seri**



Gambar 2.5. Pipa Seri

Persamaan kontinuitas :  $Q_1 = Q_2=Q_3$  ..... (2.22)

Persamaan kehilangan tinggi tenaga (hf)

$H = \sum hf = h_{ep} + hf_1 + h_{eQ} + hf_2 + h_{eR} + hf_3 + h_{eS}$  ..... (2.23)

(Bambang Triatmojo, 1993 : 61 ; Gilles, 1984:120).

**13. Routing-Reservoir**

Turunnya muka air dalam tangki tergantung pada luasan tangki (Reservoir), selisih antara pengambilan dan suplai serta lamanya waktu

puncak. Waktu puncak yaitu saat pengambilan lebih besar dari suplai. Perencanaan reservoir didasarkan atas daya tampung air, sebesar kekurangan kebutuhan air antara suplai dan saat jam puncak. Kekurangan air tidak boleh kurang dari elevasi minimum dalam reservoir.

Hubungan antara penambahan atau pengurangan volume reservoir oleh pengambilan dan suplai dapat ditulis dalam bentuk rumus (dalam Radianto, 2000 : 5-83) sebagai berikut :

$$(I-O) = \Delta \dots\dots\dots(2.24)$$

dengan : I = input

O = output

$\Delta$  = penambahan atau pengurangan volume reservoir

Lebih rinci, dengan memasukkan faktor waktu t, sehingga menjadi :

$$(I-O) dt = dv \dots\dots\dots(2.25)$$

dengan : I = debit suplai

O = debit kebutuhan

dt = selang waktu

dv = selang volume (perubahan volume air dalam reservoir)

Menurut pedoman / petunjuk teknik dan manual pada sistem penyediaan air di pedesaan, maka didapat hal sebagai berikut : Penampungan dan pengukuran volume air dengan mengukur lamanya air yang mengisi reservoir (t), dengan volume tertentu adalah :

$$\text{Debit air (Q)} = \frac{\text{volume penampungan}}{t} (l / dt) \dots\dots\dots (2.26)$$

Besarnya debit, karena penambahan muka air (H) dalam reservoir yang mempunyai luas (A) dalam jangka waktu tertentu (t) adalah :

$$Q = \frac{H \times A}{t} \text{ l/dt} \dots\dots\dots(2.27)$$

Kapasitas reservoir adalah kapasitas seluruh ruang dalam reservoir tanpa ruang lumpur. Adapun tinggi bebasnya  $\pm 2$  cm dan tinggi muka air minimum  $\pm 30$  cm (Kimpraswil, 2002:117).

dengan : Q = debit aliran (m<sup>3</sup>/dt)

H = perubahan tinggi air (m)

V = volume reservoir (m<sup>3</sup>)

t = waktu (dt)

A = luas penampang (m<sup>2</sup>)

**14. . Proyeksi jumlah penduduk**

Perkembangan jumlah penduduk, menggunakan metode geometri sbb :

$P_n = P_o ( 1 + r )^n$	.....(2.28)
-------------------------	-------------

$$r = \frac{\text{jumlah \% penambahan}}{\text{tahun } n - \text{tahun } (n - 1)} \dots\dots\dots(2.29)$$

dengan : P<sub>n</sub> = jumlah penduduk pada "n" tahun mendatang

P<sub>o</sub> = jumlah penduduk pada saat ini

r = prosentase kenaikan jumlah penduduk rata-rata / tahun

n = jumlah tahun proyeksi yang direncanakan

(Tatiana, 1991:45).

## 15. Sistem jaringan Pipa

### a. Sistem Loop (tertutup).

Pada Sistem Loop ini jaringan pipa distribusi primair saling berhubungan antara yang satu dengan yang lainnya membentuk seperti lingkaran, sehingga pada jaringan perpipaan sistem ini tidak ada titik mati (*dead end*).

### b. Sistem terbuka / cabang (*Branch*).

Sistem ini merupakan sistem jaringan distribusi yang mengalirkan air pada satu arah, biasanya diterapkan pada perkembangan kota yang arahnya memanjang dengan kemiringan topografi menuju satu arah untuk daerah pedesaan yaitu pada daerah berbukit atau daerah yang mempunyai beda tinggi besar. (Eli Dahi, 1990:204; Tatiana 1991:100).

## 16. Ketentuan-ketentuan dalam pengadaan air bersih pedesaan

- a. Hidran Umum (HU), dipakai untuk 100 orang atau 20 SR dengan standar pemakaian sebesar 30 l / orang / hari.
- b. Satu Sambungan Rumah (SR) diasumsikan rata-rata untuk 5 orang, dengan standar pemakaian berkisar antara 30-90 l/or/hari.
- c. Kehilangan air diperhitungkan 20% dari kebutuhan total.
- d. Faktor harian maksimum adalah faktor pemakaian air tertinggi pada hari tertentu dalam kurun waktu seminggu.
- e. Jam puncak pemakaian air adalah jumlah pemakaian tertinggi pada jam tertentu dalam kurun waktu satu hari.
- f. Periode desain = 10 tahun.

- g. Koefisien kekasaran PVC baru = 120.
- h. Beda tinggi maksimum antara reservoir dengan konsumen sebaiknya  $60 \text{ m} < 80 \text{ m}$ .
- i. Debit harian maksimum adalah debit tertinggi yang dapat memenuhi kebutuhan air bagi masyarakat pedesaan.
- j. Volume reservoir = 15-30% dari kebutuhan air harian maksimum / kebutuhan air total.
- k. Debit minimum adalah debit terkecil yang dapat memenuhi kebutuhan air bagi masyarakat pedesaan (Kimpraswill 2002:65).

Kebutuhan air untuk konsumen dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = N \times S \text{ (l/dt) .....(2.30)}$$

dengan :  $Q$  = kebutuhan air (l/dt)

$N$  = Jumlah konsumen (orang)

$S$  = Standar pemakaian air (l/orang/hari)

Prediksi banyaknya konsumen pada suatu cakupan layanan berdasarkan

SR dan HU dapat dirumuskan :

a. Untuk SR :  $N = K_1 \times 5 \text{ (orang) .....(2.31)}$

b. Untuk HU :  $N = K_2 \times 100 \text{ (orang) .....(2.32)}$

dengan :  $K_1$  = Jumlah SR (unit)

$K_2$  = Jumlah HU (unit)

Tabel 2.1. Penggunaan Air

Dari jam s/d jam	Jumlah jam	Pemakaian tiap jam (%)	Jumlah
20-21	1	3	3
21-22	1	1,75	1,75
22-05	7	0,75	5,25
05-06	1	4	4
06-07	1	6	6
07-09	2	8	16
09-10	1	6	6
10-13	3	5	15
13-17	4	6	24
17-13	1	10	10
13-20	2	4,50	9
Total	24		100%

(Tatiana, 1991 : 154)

### G. Penelitian yang relevan

Sebagai suatu akuifer yang sangat berpotensi, bukit-bukit karst (*conical hills*) dengan porositas sekundernya yang mencapai lebih dari 30% pada zone epikarst berperan sangat penting sebagai reservoir utama kawasan ini. Sedangkan dibawahnya, sungai bawah tanah dengan sistemnya hanya berperan sebagai media pengumpul dan pengatur (*drainage*) yang menerima tetesan dan rembesan air dari simpanan air zone epikarst melalui rekahan (*cavities*).



Goa Bribin dengan debit sungai bawah tanahnya yang mencapai 1500 l/dt merupakan sumber air utama untuk kebutuhan domestik yang sudah dikembangkan. Saat ini, penelitian sedang dilakukan oleh Universitas Karshlure-Batan untuk mengembangkan teknologi mikrohidro untuk penurapan lebih lanjut. Sementara ini debit penurapan baru berkisar 150-200 lt/detik dan diharapkan dengan teknologi baru tersebut, debit diturap dapat lebih ditingkatkan. Merujuk pada hal ini, dapat disimpulkan bahwa air tanah dari Goa Bribin adalah sumber air yang signifikan untuk mengatasi masalah kekeringan di daerah karst Gunung Sewu. Daerah tangkapan (DAS) Goa Bribin yang sudah terdeteksi diperkirakan mempunyai luas lebih dari 50 km<sup>2</sup> (Adji dan Nurjani, 1999). Batas DAS adalah batas topografi yang diasumsikan sebagai batas tangkapan hujan Sungai Bribin (Cahyo, 2001:1).

Haryono (2001) mengungkapkan bahwa bukit karst yang mendominasi topografi DAS Bribin merupakan tandon air utama. Air yang tertampung di bukit karst pada zone epikarst akan teratus perlahan-lahan melalui celah-celah (*vadose*) rekahan, dan selanjutnya mengisi aliran bawah tanah yang terus berkembang menjadi sungai bawah tanah. Oleh karena itu, mata air ataupun sungai bawah tanah di DAS Bribin akan mempunyai waktu tunda setelah kejadian hujan selama beberapa saat dengan kualitas kimia air yang relatif baik.

Hasil analisis laboratorium yang diambil dari 26 sampel air tetesan dan aliran sungai bawah tanah, tingkat solusional dan tipologi karst pada penelitian ini, menunjukkan secara umum, bahwa:

1. Kualitas airnya tidak melampaui baku mutu air minum.

2. Kualitas fisik (DHL, suhu dan PH), tidak melampaui baku mutu air minum.
3. Konsentrasi Ca dan b kesadahan, semakin tinggi pada daerah dengan tingkat solusional tinggi.
4. Perbedaan kandungan Ca dan kesadahan yang terjadi antara air tetesan goa dan aliran sungai, bawah tanah karena pengaruh sungai permukaan  
(Cahyo, Sudarmadji, 2005 : 1)

Keadaan sumberdaya air didaerah karst berbeda dengan sumber daya air didaerah nonkarst. Di daerah karst, sumber daya air baik air permukaan maupun air tanah terdapat secara setempat-setempat, umumnya dalam jumlah terbatas. Air hujan yang jatuh di daerah karst sebagian besar akan mengalami proses perkulasi dalam tanah melalui rongga-rongga atau celah-celah batuan. Sistem sungai yang berkembang adalah sistem sungai bawah tanah. Air permukaan hanya dijumpai pada telaga (embung), yang semula adalah lembah dolina yang dasarnya tertutup oleh lapisan tanah lempung yang kedap air.

Keadaan air tanah di daerah karst umumnya mempunyai sifat yang khas karena dijumpai pada rongga / retakan / celah batuan / goa atau sungai bawah tanah. Penyebarannya tidak menentu tergantung pada proses pelarutan yang berkembang pada batu gamping (Dam, JC, 1987). Kawasan karst yang terkenal adalah pegunungan seribu, kabupaten Gunung Kidul. Penelitian ini dilakukan di daerah Wonogiri Selatan pada tahun 1999-2000 yang menyatakan bahwa wilayah Kabupaten Gunung Kidul, terdapat sungai bawah tanah yang sangat potensial. Debitnya yang sangat besar yaitu terdapat di sungai bawah tanah /goa Bribin dan sungai bawah tanah / sumber Baron. Hasil pengukuran

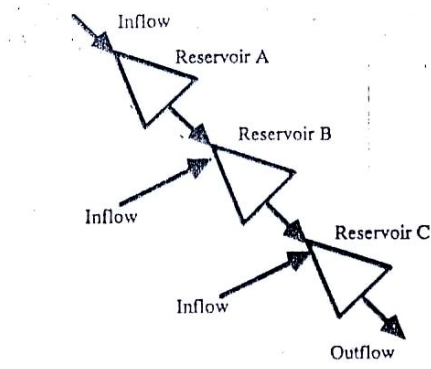
yang pernah dilakukan oleh Sir M Mac Donald & Partners & Associates (1984) menunjukkan bahwa Sungai Bawah Tanah Bribin mempunyai debit antara 956-1500 liter / detik sedang Sumber Air Baron mempunyai debit antara 5800-8200 liter / detik (Sulastoro,2003:6).

Daerah Tuban sebagai daerah batu gamping karstik, mempunyai banyak mata air yang letaknya tersebar. Bila dijumlahkan maka air itu mempunyai potensi dan andalan yang sifatnya berkelanjutan. Jadi air tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik bagi masyarakat sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan arti penting daerah karst berdasarkan besarnya pengeluaran atau debit airnya. Oleh sebab itu keberadaan air yang dihasilkan dari daerah karst dalam tingkat yang signifikan perlu dilindungi. Langkah yang dilakukan dengan pengeboran ke beberapa akuifer yang sudah ditentukan dan dianggap mewakili.

Terjadinya perbedaan atau besar kecilnya keluaran air dari mata air atau sungai bawah tanah pada daerah karst, sangat dipengaruhi oleh ukuran retakan / rekahan pada lapisan tanah tersebut. Untuk mendukung pemanfaatan air bagi kesejahteraan manusia maka dilakukan suatu penelitian.

Penelitian yang dilakukan meliputi perbandingan kuantitas air dari bukti dan perolehan dari lapangan dengan membuat perhitungan neraca hidrologi tahunan jangka panjang. Salah satu data yang diperlukan adalah data geologi. Berdasarkan data geologi, pembuatan  $\pm$  50 sumur bor yang dilakukan, bertujuan untuk mengetahui nilai T, Q, S, Q/S, B dan C (Bambang Sunarto, 2002:23-24).

Penelitian tentang peraturan pengoperasian untuk reservoir seri, yang diilustrasikan pada Gambar 2.6, yakni antara lain untuk penyimpanan pasokan air, penyimpanan energi dan produksi *hydropower*. Sebagian besar peraturan yang disajikan disusun dari penelitian-penelitian yang dikutip terdahulu dan penelitian ini diperluas dalam beberapa kasus.



Gambar. 2.6 Reservoir hubungan seri

Peraturan *hydropower* untuk reservoir seri bermacam-macam antara periode pengisian dan pengosongan. Pada periode pengisian masalah yang muncul adalah untuk memaksimalkan penyimpanan energi pada akhir periode. Pada periode pengosongan untuk memaksimalkan produksi *hydropower* untuk jumlah penyimpanan tertentu. Sebuah masalah yang sulit adalah transisi antara kedua periode tersebut.

Pengoperasian reservoir paralel (Gambar 2.7) berbeda dengan reservoir seri. Reservoir paralel bagian aliran bawah tidak dapat digunakan untuk menangkap air tambahan dari aliran air yang disimpan di hulu, jika aliran tersebut dianggap terlalu tinggi. Peraturan yang ditinjau dari penelitian ini meliputi peraturan keseimbangan untuk pasokan air, penyimpanan energi dan kualitas air yang ditunjukkan pada Lampiran 14. Peraturan tersebut biasanya diterapkan pada periode pengisian reservoir. Penelitian penghitungan

mengungkapkan bahwa peraturan tersebut bekerja baik dalam berbagai macam kondisi, mungkin karena respon kinerja merata untuk penetapan alokasi penyimpanan (Sand 1984). Didalam Lund, Guzman (1999 : 143-146).

Gambar. 2.7. Reservoir hubungan paralel

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah deskriptif kualitatif, yang bertujuan memberikan gambaran secara sistematis terhadap obyek yang diteliti. Penelitian ini merupakan penelitian yang memanfaatkan data-data yang sudah ada. Dari data yang di peroleh kemudian di analisis, dimana analisis tersebut untuk menentukan fenomena yang diteliti dan mencari pemecahannya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian terapan (aplikatif).

#### **B. Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian dilakukan di daerah cakupan pelayanan air bersih PDAM Gunung Kidul Sub sistem Bribin di kawasan Bribin termasuk lokasi air sungai bawah tanah Bribin. Kawasan tersebut mencakup 5 Kecamatan yang terdiri dari 27 Desa.

#### **C. Data dan Sumber Data**

Data yang diperlukan meliputi data sekunder dan data primer.

1. Data Primer adalah :

Sampel air dari air sungai bawah tanah Bribin II

2. Data Sekunder adalah :

- a. Peta Topografi Bakosurtanal dengan skala 1 : 25.000, yang meliputi kontur dan lokasi daerah cakupan air bersih di Kecamatan Semanu.
- b. Skematik kawasan air baku PDAM Gunung Kidul Sub Sistem Bribin 1 (Lampiran 2).
- c. Skematik diagram sub sistem Bribin II dari kantor PPAB Kalasan (Lampiran 3).

#### **D. Teknik Pengumpulan Data .**

##### **1. Studi Pustaka**

Data sekunder diperoleh dari buku-buku referensi, jurnal, karya tulis yang relevan serta hasil laporan / presentasi pekerjaan dari PPAB Sub Sistem Bribin.

##### **2. Observasi**

Data primer diperoleh dari hasil observasi yang dilakukan dengan pengamatan langsung mengenai kondisi dan situasi di 2 lokasi penelitian. Lokasi pertama di wilayah layanan PDAM Gunung Kidul Sub Sistem Bribin I dan lokasi kedua di lingkup *shaft*, rencana konstruksi *barrage* dan turbin pompa. Kemudian melakukan pengambilan beberapa sampel air Sungai Bawah Tanah Bribin yang diperlukan untuk uji kelayakan.

##### **3. Pengumpulan Data**

Data-data yang dikumpulkan, perlu disesuaikan dengan rumusan masalah yang menjadi obyek penelitian, antara lain yakni :

- a. Data teknis untuk rencana distribusi air bersih Sub Sistem Bribin II (BR-II), meliputi :

- 1) Letak sumber air, debit air yang tersedia dan debit air yang diperlukan.
  - 2) Letak dan elevasi reservoir terhadap daerah layanan / permukiman
  - 3) Volume reservoir yang terpasang / tersedia.
  - 4) Dimensi pipa transmisi dan pipa distribusi, head dan kehilangan tenaga selama pengaliran.
- b. Banyaknya Sambungan Rumah (SR) dan Hidran Umum (HU) yang telah dipasang.
  - c. Data beberapa parameter yang diperlukan dari hasil uji kualitas air di laboratorium.
  - d. Data pengamatan peta lokasi dan kontur dengan skala 1 : 25.000

#### **E. Analisis Data**

1. Pengolahan data distribusi air bersih PDAM Gunung Kidul sub sistem Bribin I, guna melengkapi dasar perhitungan yang diperlukan untuk sistem jaringan yang baru.
2. Melakukan uji kualitas air dari sampel air sungai bawah tanah Bribin II di laboratorium sentral UNS.
3. Menganalisis sistem jaringan air bersih sub sistem Bribin II, yang meliputi:
  - a. Kebutuhan air total yang diperlukan.
  - b. Volume reservoir yang diperlukan.



- c. Sistem jaringan baru yang berdasarkan reservoir di Kaligoro (RB-2) sebagai reservoir utama pensuplai air.

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Deskripsi Wilayah Penelitian.**

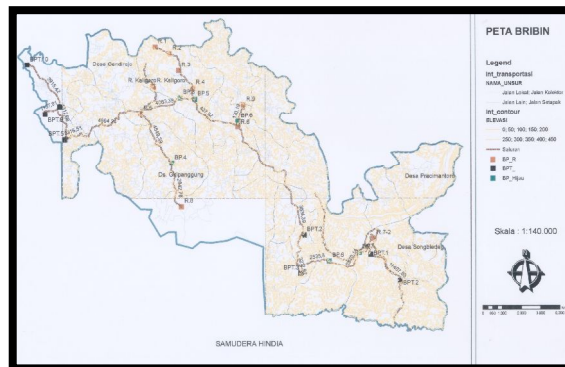
Pemanfaatan dan pengelolaan air Sungai Bawah Tanah (SBT) Bribin, merupakan pengembangan sumber daya air, untuk mengatasi kekurangan air bersih bagi masyarakat Bribin di Kabupaten Gunung Kidul. Perkiraan dan pengukuran kebutuhan air adalah salah satu metode perencanaan teknis dalam menentukan perkiraan total pemakaian air rata-rata.

Penelitian ini dilakukan didaerah tangkapan Bribin yang terdapat di daerah karst Pegunungan Seribu (Gunung Sewu) bagian barat wilayah Kabupaten Gunung Kidul. Gunung Sewu terhampar memanjang di P.Jawa bagian selatan dan sebagian menempati bagian selatan Kabupaten Gunung Kidul. Tepatnya penelitian ini dilakukan didaerah cakupan layanan PDAM Gunung Kidul Sub Sistem Bribin. Wilayah yang dilayani mencakup sebanyak 5 Kecamatan yang terdiri dari 27 Desa dengan perincian sebagai berikut :

1. Kec. Semanu / Bribin, terdiri dari : Desa Candirejo, Desa Dadap Ayu, Desa Pacarejo.
2. Kec. Rongkop, terdiri dari : Desa Bohol, Desa Botodayakan, Desa Karangwuni, Desa Melikan, Desa Petir, Desa Pring Ombo, Desa Pucang Anom, Desa Semugih.
3. Kec. Tepus, terdiri dari : Desa Giri Panggung, Desa Purwodadi, Desa Sidohardjo, Desa Sumber Wungu, Desa Tepus.

4. Kec. Tanjung Sari, terdiri dari : Desa Banjarejo, Desa Hargosari, Desa Kemiri, Desa Ngestirejo.
5. Kec. Giri Subo, terdiri dari : Desa Balong, Desa Jepitu, Desa Jeruk wudel, Desa Karangawen, Desa Nglindur, Desa Pucung, Desa Tileng.

Lokasi 5 Sub Sistem wilayah layanan PDAM Gunung Kidul dapat ditunjukkan pada Lampiran 4 dan 16. Peta rupabumi jaringan distribusi air cakupan layanan Sub Sistem Bribin II, ditunjukkan Gambar 4.1 atau Lampiran 15.a dan 15.b. Tampilan Citra Satelit Bribin II, ditunjukkan Gambar 4.2 atau Lampiran 17.



Gambar 4.1. Peta Rupa Bumi cakupan layanan air bersih Bribin II  
Sumber : Peta Bakosurtanal, 2003



Gambar 4.2 Citra Satelit Bribin II  
Sumber : Dokumen Google Earth, 2008

Daerah tangkapan Bribin dari hasil penelitian terdahulu mencakup luasan lebih kurang 55 km<sup>2</sup> dan mempunyai bentuk seperti tapal kuda. Selain itu di wilayah Bribin terdapat goa-goa sebanyak ± 39 goa vertikal maupun horizontal yang sebagian besar mempunyai air dengan debit yang bervariasi. Secara umum goa tersebut dapat dibagi menjadi 3 kategori :

1. Goa pada aliran primer, yaitu mempunyai hubungan langsung dengan aliran utama sungai Bribin.
2. Goa pada aliran sekunder, yaitu mempunyai sub aliran yang kemudian bergabung dengan aliran utama (primer) sungai Bribin.
3. Goa yang tidak memiliki sistem (belum terdeteksi).

Masyarakat di Kabupaten Gunung Kidul yang berada di wilayah Gunung Sewu selalu mengalami kekurangan air bersih terutama di musim kemarau. Masyarakat di Kabupaten Gunung Kidul ada yang tidak mengalami kekurangan air yaitu yang berada di Kecamatan Wonosari. Jadi distribusi air bersih dari PDAM Gunung Kidul Sub Sistem Wonosari untuk konsumen, mempunyai fungsi sebagai pensuplai air.

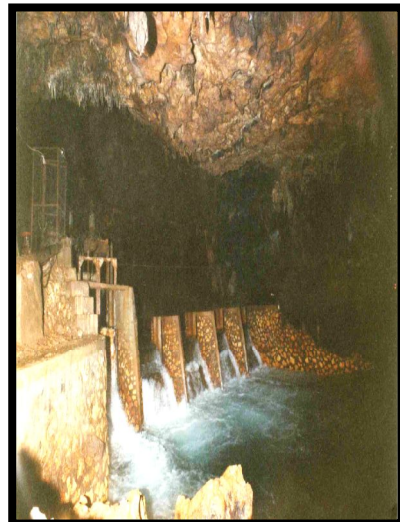
Salah satu sumber daya air yang mempunyai potensi untuk dikembangkan dan cukup signifikan untuk menangani kekurangan air bersih adalah Sungai Bawah Tanah di goa Bribin Kabupaten Gunung Kidul (Gambar 4.3). Lokasi sungai tersebut terletak pada 110<sup>0</sup> 35' hingga 110<sup>0</sup> 45' garis Bujur Timur dan pada 7<sup>0</sup> 55' hingga 8<sup>0</sup> 15' garis Lintang Selatan dan wilayahnya mempunyai ketinggian 150 m hingga 500 m dari muka air laut. Secara umum arah aliran sungai Bribin adalah utara-selatan. Goa diluar aliran primer atau

non sistem yang memiliki debit air cukup besar ( $\pm 200$  l/dt) adalah luweng Sindon.

Pada musim hujan (*rain season*) debit air SBT Bribin mencapai  $\pm 1500$  l/dt. Musim kering (*dry season*) besarnya debit  $\pm 800$  l/dt. Pada musim kering yang terjadi cukup panjang, SBT Bribin masih mempunyai debit  $\pm 350$  l/dt. Hal ini sebagai acuan bagi PDAM Gunung Kidul Sub Sistem Bribin I memanfaatkan air sungai tersebut untuk menangani kekurangan air yang terjadi. Debit yang digunakan sebesar 60 l/dt dengan membuat bendung (*weir*) pada sungai Bribin (Gambar 4.4). Pada pelaksanaannya belum cukup untuk melayani konsumen sebanyak  $\pm 75.000$  orang. Oleh sebab itu debit pengambilan perlu ditingkatkan. Pemerintah bekerjasama dengan Universitas Karlsruhe, meningkatkan debit pengambilan sebesar 80 l/dt. Lokasi Bribin II dapat ditunjukkan pada Gambar 4.5



Gambar 4.3. Gua Bribin  
Sumber : Dokumen KKL, Angkatan, 2006



Gambar 4.4. Bendung (*weir*) Bribin I  
Sumber : Dokumen Universitas Karlsruhe, 2003



Gambar 4.5. Lokasi Proyek Bribin II  
Sumber : Dokumen Pribadi, 2008

Pengambilan debit air dengan menggunakan bendungan (*barrage*) baru yang berada di sungai Bribin bagian hilir (BR-II). Selanjutnya untuk menaikkan air ke reservoir baru di Kaligoro yang mempunyai elevasi + 406.225 m (RB-2), digunakan teknologi mikro-hidro, turbin-pompa (Gambar 4.6, 4.7 dan 4.8). Adapun skematik turbin pompa dapat dilihat pada Lampiran 11.



Gambar 4.5. Bukit Kaligoro  
Sumber : Dokumen KKI, 2006



Gambar 4.6. Perancah Perletakan Barrage dan Turbin Pompa  
Sumber : Dokumen KKL, 2006



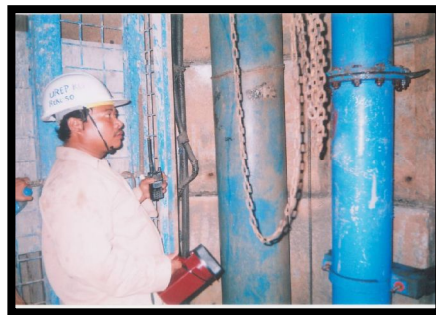
Gambar 4.7. Barrage dan Turbin Pompa  
Sumber : Dokumen Pribadi, 2008

kaan tanah dengan lokasi Sungai Bawah Tanah Bribin dengan cara pengeboran (*shaft*)

sedalam  $\pm 102$  m dari muka tanah. Hasil pengeboran berbentuk lubang dalam/luweng (*shinkhole*) dengan diameter  $\pm 4,5$  m. Fungsi dari *shinkhole* buatan (*shaft*) sebagai jalur operasional (*starecase*), tempat pipa transmisi, pipa udara (*blower*) dan *lift* (Gambar 4.9 dan 4.10). Sarana untuk operasional menggunakan lift yang digerakkan oleh kabel dengan tenaga diesel dan konstruksinya dapat ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.9. Shaft  
Sumber : Dokumen Pribadi, 2006



Gambar 4.10. Pipa Blower dan Pipa Transmisi di dalam Shaft  
Sumber : Dokumen Pribadi, 2008



Gambar 4.11. Pintu masuk lift dan bangunan pelengkap nya  
Sumber : Dokumen Pribadi, 2006 dan 2008

untuk mengalirkan air dari turbin pompa ke RB-2 (Gambar 4.12). Dalam hal ini RB-2 yang mempunyai volume  $1000 \text{ m}^3$  adalah sebagai reservoir utama dari sistem jaringan pipa distribusi air bersih yang baru. Pendistribusian air dari RB-2 dialirkan ke R-4, R-5, dan R-8 dengan cara gravitasi. Reservoir-

reservoir tersebut di anggap sebagai reservoir yang paling efektif. Untuk sampai ke konsumen, diperlukan jaringan pipa lama. Dari R-4 ke R-2, dialirkan melalui R-3 dahulu dengan cara gravitasi dan kemudian dari R-3 ke R-2 dialirkan dengan dipompa dan dibantu booster-pump. Berhubung R-6, R-7 dan R-9 mempunyai elevasi yang lebih tinggi dari R-4, maka pendistribusiannya perlu dibantu pompa dan booster pump. (Lampiran 2 dan 3). Jadi sistem jaringan pipa distribusi air bersih yang baru adalah gabungan antara jaringan pipa distribusi air dari RB-2 ke R-4, R-5 dan R-8 cara gravitasi dengan jaringan pipa distribusi air lama yang masih diperlukan. Jaringan pipa lama dapat ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.12. Pipa Transmisi dari Turbin Pompa ke RB-2 Di Kaligoro  
Sumber : Dokumen Pribadi, 2008



Gambar 4.13. Jaringan Pipa Lama Bribin I  
Sumber : Dokumen Pribadi, 2008



## **B.Analisis**

### **1. Kebutuhan Air**

Pada wilayah pedesaan, untuk Sambungan Rumah (SR). Standar kebutuhan air, ditentukan antara : 60 l – 90 l/orang / hari. Satu hari dihitung untuk 24 jam. Dalam penelitian ini SR menggunakan standar kebutuhan air sebesar 90 l/or/hari. Ketentuan yang diambil dengan maksud memaksimalkan suplai air dan untuk mengantisipasi perkembangan kebutuhan mendatang. Mengenai Hidran Umum (HU), ditentukan bahwa 1 HU dapat digunakan untuk melayani 100 orang dengan standar kebutuhan air sebesar 30 l/ orang/ hari. Di dalam perhitungan ini, standar kebutuhan air yang berkaitan dengan HU mengikuti ketentuan yang berlaku.

### **2. Proyeksi Penduduk**

Perkembangan penduduk rata-rata dalam satu tahun, sebesar 1-2 %. Pada perhitungan ini, proyeksi penduduk ditentukan untuk beberapa tahun mendatang, menggunakan metode geometrik sesuai Rumus (2.28).

Prediksi jumlah konsumen yang akan dilayani oleh sistem distribusi air yang baru (BR-II), sebanyak 75.000 orang (=Po) jadi untuk 10 tahun mendatang (2003-2013) dengan  $r=1,5\%$  / tahun dan  $n = 10$  tahun maka :

$$\begin{aligned} P_n &= P_o (1 + 0,5)^{10} \\ &= (75.000 \times 1,161) \text{ orang} \\ &\rightarrow P_n = 87.075 \text{ orang.} \end{aligned}$$

### 3. Volume minimum reservoir

Jam puncak diartikan pada jam-jam tertentu atau pada jam-jam pemakaian terbanyak, terutama pada jam 05.00 sampai dengan jam 09.00. Pemakaian minimal terjadi pada saat jam istirahat atau tidur. Berarti volume kelebihan air terjadi antara jam 20.00-jam 06.00 – jam 20.00. Secara sederhana volume reservoir minimum dapat dihitung berdasarkan selisih antara kelebihan air dan kekurangan air dalam 1 hari (=24 jam).

Menurut ketentuan yang berlaku, bahwa volume reservoir minimum berkisar antara : 10%-30% dari kebutuhan air total. Dari perhitungan menurut salah satu pola sebagai berikut :

$$\text{Pemakaian air rata-rata per jam} = \frac{100\%}{24} = 4,167\% \text{ (Tabel 2.1)}$$

$$\text{Pada jam : 20.00 – 06.00 kelebihan air} = 100\% - (10 \times 4,167)\% = 58,33\%$$

$$\begin{aligned} \text{Pada jam : 06.00 – 20.00 kekurangan air} &= (6+16+6+15+24+10+19)\% \\ &= 86\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka volume minimum reservoir} &= (86\% - 58,33\%) \times \text{kebutuhan air total} \\ &= 26,67\% \times \text{kebutuhan air total} \end{aligned}$$

Nilai tersebut masih memenuhi kriteria antara 20%-30%

Pada perhitungan didalam penelitian ini ditentukan volume minimum reservoir sebesar 20% dari kebutuhan air total, agar hasil perhitungan lebih ekonomis.

### 4. Uji Parameter kualitas air bersih

Pemanfaatan air Sungai Bawah Tanah selain memperhitungkan kuantitasnya juga harus memperhatikan kualitas airnya baik secara fisik, kimia maupun biologis. Pengambilan beberapa sampel air dari Sungai Bawah Tanah Bribin diperlukan untuk uji kelayakan air agar aman dan layak untuk dikonsumsi oleh masyarakat sebagai air bersih. Beberapa parameter yang diuji, dengan tujuan untuk menentukan kualitas air SBT Bribin, meliputi : uji DO, BOD, COD, E-Coli, Total Coliform, Nitrit ( $\text{NO}_2$ ), Besi (Fe), Calsium ( $\text{CaCO}_3$ ) dan Magnesium (Mg). Hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium membutuhkan 4 liter sampel air sungai bawah tanah (SBT) Bribin II. Data selengkapnya dapat ditunjukkan pada Lampiran 7 dan 8 . Proses pengambilan sampel air dapat ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Proses pengambilan sampel air SBT Bribin II yang kemudian ditutup aluminium foil  
Sumber : Dokumen Pribadi, 2006 dan 2008

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa konsentrasi Ca dan kekesadahan semakin tinggi pada daerah dengan tingkat kelarutan (solusional) tinggi terutama di daerah outlet.

### **5.Perhitungan jumlah konsumen, kebutuhan air total dan volume minimum reservoir.**

Jumlah konsumen yang dilayani oleh PDAM Gunung Kidul Sub Sistem Bribin, secara konkrit dapat diprediksi melalui jumlah rekening yang masuk atau terdaftar. Berdasarkan jumlah seluruh pelanggan, maka dapat diprediksi banyaknya Sambungan Rumah (SR) dan Hidran Umum (HU) yang akan dipasang. Hal ini dimaksudkan agar hasil analisis kebutuhan air total, dapat dijadikan dasar untuk memprediksi kebutuhan air semua konsumen. Diasumsikan bahwa 1 SR dapat digunakan untuk melayani 5 orang. Untuk 1 HU dapat digunakan untuk melayani 100 orang. Perhitungannya dapat diuraikan sebagai berikut :

**a. R-9 : Jumlah konsumen yang dilayani meliputi :**

1. DS. Dadapayu (1) = 60 SR + 3 HU = 60 x 5 + 3 x 100 = 600 orang
2. DS. Petir (1) = 60 SR + 10 HU = 60 x 5 + 10 x 100 = 1.300 orang
3. DS. Melikan = 85 SR + 7 HU = 85 x 5 + 7 x 100 = 1.125 orang
4. DS. Semugih = 397 SR + 21 HU = 397 x 5 + 21 x 100 = 4.085 orang
5. DS. Karangwuni = 248 SR + 11 HU = 248 x 5 + 11 x 100 = 2.340 orang
6. DS. Pucang anom = 111 SR + 16 HU = 111 x 5 + 16 x 100 = 2.155 orang

$$\text{Jumlah} = 961 \text{ SR} + 68 \text{ HU} = 11.605 \text{ orang (Po)}$$

Dengan cara yang sama maka :

**b. R-6** : Jumlah konsumen yang dilayani meliputi :

$$\begin{aligned} & \text{Ds.Dadapayu (2)+Ds.Petir (2) + Ds.Botodayaan , sebanyak :} \\ & = 432 \text{ SR} + 24 \text{ HU} = 432 \times 5 + 24 \times 100 = 4.560 \text{ orang (Po)} \end{aligned}$$

**c. R-4** Jumlah konsumen yang dilayani meliputi :

$$\text{Ds. Dadapayu (3)} = 60 \text{ SR} + 3 \text{ HU} = 60 \times 5 + 3 \times 10 = 600 \text{ orang (Po)}$$

**d. R-7** : Jumlah konsumen yang dilayani meliputi :

$$\begin{aligned} & \text{Ds. Petir (3) + Ds.Pringombo + Ds.Bohol + Ds.Jeruk Wudel + Ds.Nglindur +} \\ & \text{Ds.Pucung + Ds. Dagangmati. Bohol ,sebanyak :} \\ & = 778 \text{ SR} + 31 \text{ HU} = 778 \times 5 + 31 \times 100 = 6.990 \text{ orang (Po)} \end{aligned}$$

**e. R-2:** Jumlah konsumen yang dilayani meliputi :

$$\begin{aligned} & \text{DS. Dadapayu (4) + Ds.Ngeposari + Ds.Gombang , sebanyak :} \\ & = 116 \text{ SR} + 3 \text{ HU} = 116 \times 5 + 3 \times 100 = 880 \text{ orang (Po)} \end{aligned}$$

Pendistribusian air dari R-4 ke R-2, R-6, R-7, R-9, dan ke konsumen yang dilayani langsung, didasarkan pada rekapitulasi sebagai berikut :

$$\text{Po} = (11.605 + 4.560 + 600 + 6990 + 880) \text{ orang} = \mathbf{24.635} \text{ orang}$$

$$\text{SR} = (961 + 432 + 60 + 778 + 116) \quad \text{unit} = 2.347 \quad \text{unit}$$

$$\text{HU} = (68 + 24 + 3 + 31 + 3) \quad \text{unit} = 129 \quad \text{unit}$$

**f. R-5** : Jumlah konsumen yang dilayani meliputi :

Ds. Dadapayu (5) + Ds.Candirejo + Ds.Sumber wungu + Ds.Ngestirejo +  
Ds. Tepus + Ds.Sidoharjo + Ds.Pacarejo + Ds.Hargosari + Ds.Banjarejo +  
Ds. Kemiri , sebanyak :

$$= 2.536 \text{ SR} + 167 \text{ HU} = 2.536 \times 5 + 167 \times 100 = \mathbf{29.380} \text{ orang (Po)}$$

**g. R-8** : Jumlah konsumen yang dilayani meliputi :

Ds. Giri Panggung + Ds.Purwodadi + Ds.Balong + Ds.Jepitu + Ds.Karang-  
awen ,sebanyak:

$$= 1.603 \text{ SR} + 123 \text{ HU} = 1.603 \times 5 + 123 \times 100 = \mathbf{20.315} \text{ orang (Po)}$$

Jumlah seluruh konsumen dalam cakupan layanan PDAM Gunung Kidul Sub  
Sistem Bribin adalah sebagai berikut :

1. R-4, meliputi R-9, R-6, R-2, R-7 dan R-4 sendiri = 24.635 orang

2. R-5, meliputi 10 desa = 29.380 orang

3. R-8, meliputi 6 desa = 20.315 orang

Jumlah = 74.330 orang ~ **75.000** orang

## **6. Routing Reservoir, Alternatif I**

Penelusuran (*routing*) pada reservoir dilakukan untuk menganalisis kebutuhan air yang masuk ke reservoir. Ketersediaan reservoir dengan volume tertentu diprediksi agar dapat menampung air sesuai dengan kebutuhan. Kebutuhan air didasarkan oleh volume minimum, yang terkait dengan akan digunakannya sistem jaringan distribusi air yang baru (BR-II). Alternatif-I berupa perhitungan debit inflow minimum yang diperlukan oleh R-4 bila distribusi air dari R-4 langsung ke R-7.

### **a. Perhitungan kebutuhan air total dan volume minimum reservoir.**

Kebutuhan air total, didasarkan pada beberapa ketentuan yang berlaku, tergantung dari wilayahnya. Dalam analisis ini ketentuan yang digunakan berdasarkan wilayah perdesaan. Adapun ketentuan yang terkait dengan analisis dapat dituliskan sebagai berikut :

Ketentuan : 1). 1 SR, standar pemakaian air = 90 l / orang / hari

- 2). 1 HU, standar pemakaian air = 30 l / orang / hari
- 3). 1 hari = 24 jam
- 4). Kehilangan air (Lo) = 20% x Total kebutuhan air
- 5). Volume minimum reservoir = 20% x Total kebutuhan air

**R-9 :**

- 1) Kebutuhan air untuk : a) SR =  $(961 \times 5 \times 90) / 86400 \text{ l/dt} = 5,006 \text{ l/dt}$   
 b) HU =  $(68 \times 100 \times 30) / 86400 \text{ l/dt} = 2,361 \text{ l/dt}$   
 $= 7,367 \text{ l/dt}$
- 2) Lo = 20% x 7,367 l/dt = 0,2 x 7,367 l/dt  $= 1,474 \text{ l/dt}$   
 Jumlah = 8,41~9 l/dt
- 3) Volume minimum reservoir = 20 % x ( 961 x 5 x 90 + 68 x100 x 30)  
 $= 128 \text{ m}^3$

**R-6 :**

- 1) Kebutuhan air untuk : a) SR =  $(432 \times 5 \times 90) / 86400 \text{ l/dt} = 2,250 \text{ l/dt}$   
 b) HU =  $(24 \times 100 \times 30) / 86400 \text{ l/dt} = 0,833 \text{ l/dt}$   
 $= 3,083 \text{ l/dt}$
- 2) Lo = 20% x 3,083 l/dt  $= 0,617 \text{ l/dt}$   
 Jumlah = 3,7 ~ 4 l/dt
- 3) Volume minimum reservoir = 20 % x (1393 x 5 x 90 + 92 x 100 x 30)  
 $= 181 \text{ m}^3$

Dengan cara yang sama maka hasil perhitungan volume minimum reservoir yang dilakukan sebelum *routing*, dapat ditabulasikan sebagai berikut :

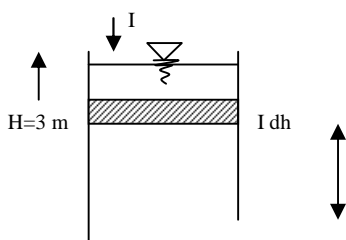
Tabel 4.1. Rekapitulasi (sebelum *routing*)

No	Reservoir	Kebutuhan air total (l/dt)	Vol.minimum reservoir (m <sup>3</sup> )	Vol. Reservoir yang tersedia (m <sup>3</sup> )
1	2	3	4	5
a.	R-9	Q <sub>9</sub> = 9,0	V <sub>9</sub> = 128	200
b.	R-6	Q <sub>6</sub> = 4,0	V <sub>6</sub> = 181	200
c.	R-7	Q <sub>7</sub> = 6,2	V <sub>7</sub> = 90	300
d.	R-2	Q <sub>2</sub> = 1,0	V <sub>2</sub> = 13	180
e.	R-4	Q <sub>4</sub> = 0,5	V <sub>4</sub> = 290	150
f.	R-5	Q <sub>5</sub> = 23,0	V <sub>5</sub> = 330	1000
g.	R-8	Q <sub>8</sub> = 16,0	V <sub>8</sub> = 218	300
h.	RB-2	Q <sub>B-2</sub> = 58,0	V <sub>B-2</sub> = 658	1000

## b. Routing

Untuk memprediksi debit inflow yang masuk ke masing-masing reservoir, diperlukan analisis dengan cara penelusuran (*routing*) pada reservoir tersebut. Routing dimulai dari reservoir yang langsung untuk melayani konsumen. Selanjutnya dilakukan routing ke reservoir yang mensuplai reservoir awal, dan seterusnya sampai pada reservoir utama (RB-2).

### R-9



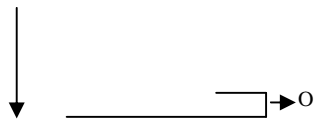
Menurut Rumus (2.25)

$$(I-0) dt = dv$$

$$t = 24 \text{ jam}$$

$$(I-0) dt = A \cdot dh$$





$$\rightarrow (I-O) \int_0^{24} dt = A \int_0^h h$$

$\rightarrow$  persamaannya :

$$(I-O) (24 \times 3600) = A.h$$

**Out flow (O) = 9 l / dt = 0,009 m<sup>3</sup> / dt**

$$\text{Volume} = 200 \text{ m}^3 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} A = 66,67 \text{ m}^2$$

$$H = 3 \text{ m}$$

$$\rightarrow (I-0,009)(24 \times 3600) = 66,67 h$$

$$\rightarrow \text{Persamaan ; } (I-0,009) = 0,0007716 h$$

Tabel 4.2. Perhitungan Inflow R-9

I (m <sup>3</sup> /dt)	O (m <sup>3</sup> /dt)	H (m)
0,009	0,009	-
0,011	0,009	2,592
0,0112	0,009	2,851
0,0113	0,009	2,981
0,0114	0,009	3,111

Maks  $\rightarrow$  Meluap

a) **I maksimum = 11,3 l / dt**

$\rightarrow$  volume maksimum

$$= 2,981 \times 66,67 \text{ m}^3$$

$$= 199 \text{ m}^3 < 200 \text{ m}^3$$

b) Volume minimum = 128 m<sup>3</sup>

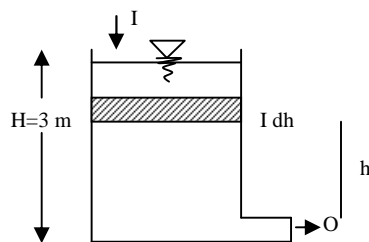
$$A = 66,67 \text{ m}^2$$

$$\rightarrow h = \frac{128}{66,67} \text{ m} = 1,92 \text{ m}$$

Masuk persamaan :  $(I-0,009) = 0,0007716 \times 1,92$

$\rightarrow$  **I minimum = 10,5 l/dt**

**R-6 :**



$$\text{volume} = 200 \text{ m}^3 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} A = 66,67 \text{ m}^2$$

$$H = 3 \text{ m}$$

$$O = (10,5 + 4) \text{ l/dt} = 14,5 \text{ l/dt} = 0,0145 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\rightarrow \text{Pers : } (I-0,0145) = 0,0007716 h$$

Tabel 4.3. Perhitungan Inflow R-6

I (m <sup>3</sup> /dt)	O (m <sup>3</sup> /dt)	H (m)
0,0145	0,0145	-
0,0160	0,0145	1,944
0,0165	0,0145	2,592

a) **I maksimum = 16,8 l / dt**

$\rightarrow$  volume maksimum

$$= 2,981 \times 66,67 \text{ m}^3$$

$$= 199 \text{ m}^3 < 200 \text{ m}^3$$

b) Volume minimum = 181 m<sup>3</sup>  $h=2,72 \text{ m}$

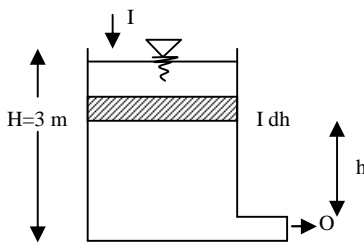
lxxiii

$$A = 66,67 \text{ m}^2$$

Masuk pers :

Maks	0,0168	0,0145	2,981	Meluap
	0,01685	0,0145	3,046	
	0,0169	0,0145	3,111	

**R-7**



$V = 300 \text{ m}^3$  }  $A = 100 \text{ m}^2$   
 $H = 3 \text{ m}$   
 $O = 0,0062 \text{ m}^3/\text{dt}$   
 → Persamaan :  
 $(I - 0,0062) = 0,0011574 \cdot h$

Tabel 4.4 Perhitungan Inflow (R-7)

I (m <sup>3</sup> /dt)	O=(m <sup>3</sup> /dt)	H (m)
0,0062	0,0062	-
0,0096	0,0062	2,938
0,00961	0,0062	2,946
0,00965	0,0062	2,981
0,00966	0,0062	2,990
0,0097	0,0062	3,024

a) **I maksimum = 9,66 l/dt**

volume maksimum  
 $= 2,99 \times 10 = 299 \text{ m}^3 < 300 \text{ m}^3$

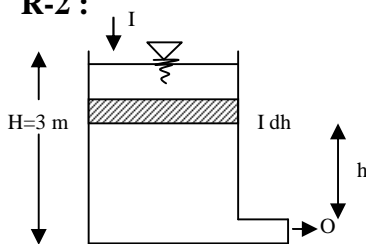
b) Volume minimum

$= 90 \text{ m}^3$  }  $h = 0,9 \text{ m}$   
 $A = 100 \text{ m}^2$

→ persamaan =  $(I - 0,0062) = 0,0011574 \cdot 0,9$

→ **I minimum = 7,25 l/dt**

**R-2 :**



Volume =  $180 \text{ m}^3$  }  $A = 60 \text{ m}^2$   
 $H = 3 \text{ m}$

$O = 1 \text{ l/dt} = 0,001 \text{ m}^3/\text{dt}$

→ persamaannya :  $(I - 0,001) = 0,0006944 \cdot h$

Tabel 4.5. perhitungan Inflow R-2

I (m <sup>3</sup> /dt)	O (m <sup>3</sup> /dt)	H (m)
0,001	0,001	-
0,002	0,001	1,440
0,0025	0,001	2,160
0,0030	0,001	2,880

a) **I maksimum = 3 l/dt**

→ volume maksimum  
 $= 2,88 \times 6 \text{ m}^3$   
 $= 173 \text{ m}^3 < 180 \text{ m}^3$

b) Volume minimum =  $13 \text{ m}^3$  }  $h = 0,217 \text{ m}$   
 $A = 60 \text{ m}^2$

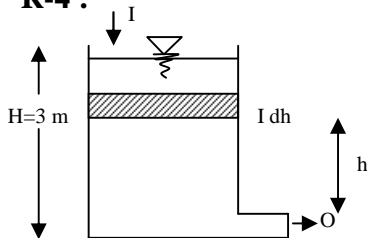
Meluap

lxxiv Masuk persamaan :

$(I - 0,001) = 0,0006944 \times 0,217$

0,0031	0,001	3,024	→
--------	-------	-------	---

**R-4 :**



$$\left. \begin{array}{l} \text{Volume} = 350 \text{ m}^3 \\ H = 3 \text{ m} \end{array} \right\} A = 116,667 \text{ m}^2$$

$$O = (0,5+16,6+7,25+1,2) \text{ l/dt} = 25,55 \text{ l/dt}$$

$$\rightarrow \text{persamaannya : } (I-0,02555) = 0,0013503 \text{ h}$$

Tabel 4.6. perhitungan Inflow R-4

	I (m <sup>3</sup> /dt)	O (m <sup>3</sup> /dt)	H (m)
	0,02555	0,02555	-
	0,0280	0,02555	1,814
	0,0290	0,02555	2,555
→ Maks	0,0295	0,02555	2,925
	0,0297	0,02555	3,073

a) **I maksimum = 29,50 l/dt**

→ volume maksimum

$$= 2,925 \times 116,667 \text{ m}^3$$

$$= 342 \text{ m}^3 < 350 \text{ m}^3$$

b) Volume minimum = 290 m<sup>3</sup> } h=2,486 m

$$A = 116,667 \text{ m}^2$$

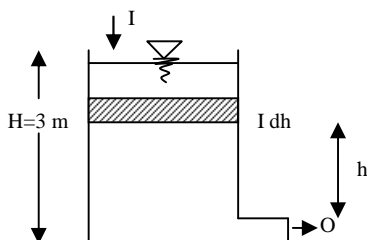
Meluap

Masuk persamaan :

$$(I-0,02555) = 0,0013503 \times 2,486$$

$$\rightarrow \text{I minimum} = 28,9 \text{ l/dt} \sim 29 \text{ l/dt}$$

**R-5 :**



$$\left. \begin{array}{l} \text{Volume} = 1000 \text{ m}^3 \\ H = 3 \text{ m} \end{array} \right\} A = 333,33 \text{ m}^2$$

$$O = 23 \text{ l/dt} = 0,023 \text{ m}^3 / \text{dt}$$

→ persamaannya :

$$(I-0,023) (24 \times 3600) = 333,33 \text{ h}$$

→ (I-0,023) = 0,003858 h

Tabel 4.7. Perhitungan Inflow R-5

I (m <sup>3</sup> /dt)	O (m <sup>3</sup> /dt)	H (m)
0,023	0,023	-
0,030	0,023	1,815
0,034	0,023	2,851
→ Maks 0,0345	0,023	2,981
0,0350	0,023	3,111

a) **I maksimum = 34,5 l / dt**

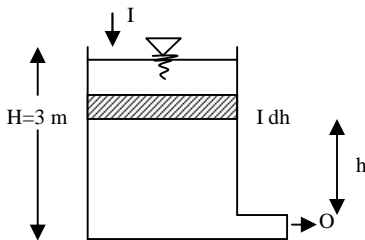
volume = 2,981 x 333,33 m<sup>3</sup>  
= 994 m<sup>3</sup> < 1000 m<sup>3</sup>

b) Volume min. = 330 m<sup>3</sup> } h= 0,99 m  
A = 333,33 m<sup>2</sup> }

(I-0,023) = 0,003858 . 0,99

→ **I minimum = 26,8 ~ 27 l/dt**

**R-8 :**



Volume = 300 m<sup>3</sup> } A= 100 m<sup>2</sup>  
H = 3 m }

**O = 16 l/dt = 0,016 m<sup>3</sup> / dt**

→ persamaannya : (I-0,016) = 0,0011574 h

Tabel 4.8. perhitungan Inflow R-8

I (m <sup>3</sup> /dt)	O (m <sup>3</sup> /dt)	H (m)
0,0160	0,016	-
0,0190	0,016	2,592
0,0192	0,016	2,765
→ Maks 0,0194	0,016	2,938
0,0195	0,016	3,024

a) **I maksimum = 19,4 l / dt**

→ volume maksimum  
= 2,938 x 100 m<sup>3</sup>  
= 294 m<sup>3</sup> < 300 m<sup>3</sup>

b) Volume minimum = 218 m<sup>3</sup> } h=2,18 m  
A = 100 m<sup>2</sup> }

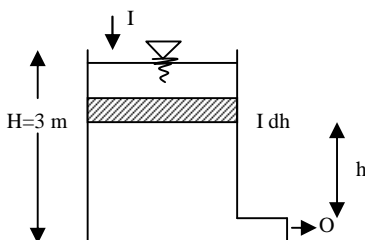
**RB-2 :**

Masuk persamaan :

Volume = 1000 m<sup>3</sup> } (A-333,33) = 0,0011574 x 2,18  
H = 3 m → **I minimum = 18,5 l/dt**

**O = (29 + 27 + 18,5) l/dt = 74,5 l/dt**

→ persamaannya : (I-0,0745) = 0,003858 h



Tabel 4.9. perhitungan Inflow RB-2

a) **I maksimum = 86 l/dt**

→ volume maksimum  
= 2,981 x 333,33 m<sup>3</sup>  
= 994 m<sup>3</sup> < 1000 m<sup>3</sup>

b) Volume minimum = 658 m<sup>3</sup> } h=1.974 m

	I (m <sup>3</sup> /dt)	O (m <sup>3</sup> /dt)	H (m)
	0,0745	0,0745	-
	0,080	0,0745	1,426
	0,085	0,0745	2,722
→ Maks	0,0860	0,0745	2,981
	0,0865	0,0745	3,11

} Meluap

### 7. Routing Reservoir, alternatif -2

Sistem jaringan dengan alternatif 1, menunjukkan bahwa 9 desa layanan (R-7), disuplai langsung dari (R-4), sedangkan pada sistem jaringan dengan alternatif -2, menunjukkan bahwa 9 desa layanan (R-7), disuplai dari (R-4) → (R-6) → (R-7) → Konsumen. Sehingga terjadi perubahan jumlah SR + HU sbb:

Jumlah SR-HU pada (R-7) = 778 SR + 31 HU

SR+HU pada (R-4) = 60 SR + 3 HU

**R-9** : a. Kebutuhan air total = 9 l/dt

b. Volume minimum reservoir = 128 m<sup>3</sup>

c. I minimum = 10,5 l/dt

**R-7** : a. Kebutuhan air total = 6,2 l/dt

b. Volume minimum reservoir = 90 m<sup>3</sup>

c. I minimum = 7,25 l/dt

**R-6** : a. Kebutuhan air total (0) = (4+10,5+7,25)l/dt = 21,75 l/dt

b. Volume minimum reservoir = 20% {(432+961+778) x 5x90+  
(24+68+31)x100x30}

$$= 20\% (976950+369.000)$$

$$= 270 \text{ m}^3 > 200\text{m}^3$$

Volume R-6 yang tersedia lebih kecil dari volume minimum yang dibutuhkan untuk melayani konsumen. Oleh sebab itu perlu diperbesar menjadi  $300 \text{ m}^3$ .

$$\left. \begin{array}{l} \text{Volume} = 300 \text{ m}^3 \\ \text{H} = 3 \text{ m} \end{array} \right\} A = 100 \text{ m}^2$$

$$O = 21,75 \text{ l/dt} \rightarrow \text{pers. : } (I-0,02175) = 0,0011574 \text{ h}$$

Tabel 4.10. perhitungan Inflow R-6

	I (m <sup>3</sup> /dt)	O (m <sup>3</sup> /dt)	H (m)
	0,02175	0,02175	-
	0,02400	0,02175	1,944
	0,02500	0,02175	2,808
	0,02510	0,02175	2,895
→ Maks	0,02520	0,02175	2,981
	0,02530	0,02175	3,067

→ Meluap

1) **I maksimum = 25,20 l/dt**

→ volume maksimum

$$= 2,981 \times 100 \text{ m}^3$$

$$= 298 \text{ m}^3 < 300 \text{ m}^3$$

2) Volume minimum =  $270 \text{ m}^3$  } h=2,7 m  
 $A = 100 \text{ m}^2$  }

persamaan :  $(I-0,02175) = 0,0011574 \cdot 2,7$

c. → **I minimum = 24,87 ~ 25 l/dt**

**R-2** : a. Kebutuhan air total = 1 l/dt

b. Volume minimum reservoir =  $13 \text{ m}^3$

c. I minimum = 1,2 l/dt

**R-4** : a. Kebutuhan air total (0) =  $(0,5+25+1,2)\text{l/dt} = 26,7 \text{ l/dt}$

b. Volume minimum reservoir =  $290 \text{ m}^3 > 150 \text{ m}^2$

Volume R-4 yang tersedia lebih kecil dari volume minimum yang dibutuhkan untuk melayani konsumen. Oleh sebab itu perlu diperbesar menjadi  $350 \text{ m}^3$ .

$$\left. \begin{array}{l} \text{Volume} = 350 \text{ m}^3 \\ H = 3 \text{ m} \end{array} \right\} A = 116,667 \text{ m}^3$$

$$O = 26,7 \text{ l/dt} \rightarrow \text{pers. : } (I - 0,0267) = 0,0013503 \text{ h}$$

Tabel 4.11. perhitungan Inflow R-4

	I (m <sup>3</sup> /dt)	O (m <sup>3</sup> /dt)	H (m)
	0,0267	0,0267	-
	0,0290	0,0267	1,703
	0,0295	0,0267	2,074
	0,0300	0,0267	2,444
→ Maks	0,0307	0,0267	2,962
	0,0309	0,0267	3,110 → Meluap

1) **I maksimum = 30,7 l/dt**

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{volume maksimum} \\ &= 2,962 \times 116,667 \text{ m}^3 \\ &= 346 \text{ m}^3 < 350 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2) Volume minimum = 290 m<sup>3</sup> } h=2,486 m  
 A = 116,667 m<sup>2</sup> }

persamaan : (I - 0,0267) = 0,00113503 · 2,486

c. → **I minimum = 30 l/dt**

**RB-2** : a. Kebutuhan air total (O) = (30+27+18,5)l/dt = 75,5 l/dt

b. Volume minimum reservoir = 658 m<sup>3</sup>

$$\left. \begin{array}{l} \text{Volume} = 1000 \text{ m}^3 \\ H = 3 \text{ m} \end{array} \right\} A = 333,33 \text{ m}^3$$

$$O = 75,5 \text{ l/dt} \rightarrow \text{pers. : } (I - 0,0755) = 0,003858 \text{ h}$$

Tabel 4.12. perhitungan Inflow RB-2

	I (m <sup>3</sup> /dt)	O (m <sup>3</sup> /dt)	H (m)
	0,0755	0,0755	-
	0,0850	0,0755	2,462
→ Maks	0,0870	0,0755	2,981

1) **I maksimum = 87 l/dt**

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{volume maksimum} \\ &= 2,981 \times 333,33 = 994 \text{ m}^3 < 1000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2) Volume minimum = 658 m<sup>3</sup> } h=1,974 m  
 A = 333,33 m<sup>2</sup> }

persamaan : (I - 0,0755) = 0,003858 · 1,974

c. → **I minimum = 84 l/dt**

0,0871	0,0755	3,007	→ Meluap
0,0872	0,0755	3,033	

Hasil perhitungan yang diperoleh dengan cara penelusuran (routing) dapat diperjelas dalam bentuk sketsa. Skematik urutan routing ditunjukkan oleh Gambar 4.15.a dan Gambar 4.15.b. Skematik diagram Sub Sistem Bribin II ditunjukkan oleh Gambar 4.20 dan 4.21.

Besarnya debit minimum atau I minimum pada masing-masing reservoir dari hasil perhitungan perlu dicek lagi. Hal ini dilakukan dengan maksud untuk mengetahui apabila debit minimum yang ada memenuhi kriteria atau tidak. Caranya dengan perhitungan inflow-outflow, yang disajikan dalam bentuk tabulasi dan grafik hubungan inflow-outflow dari masing-masing reservoir. Perhitungan yang ditampilkan hanya untuk reservoir RB-2, R-4, R-5 dan R-8, yang dianggap cukup mewakili.

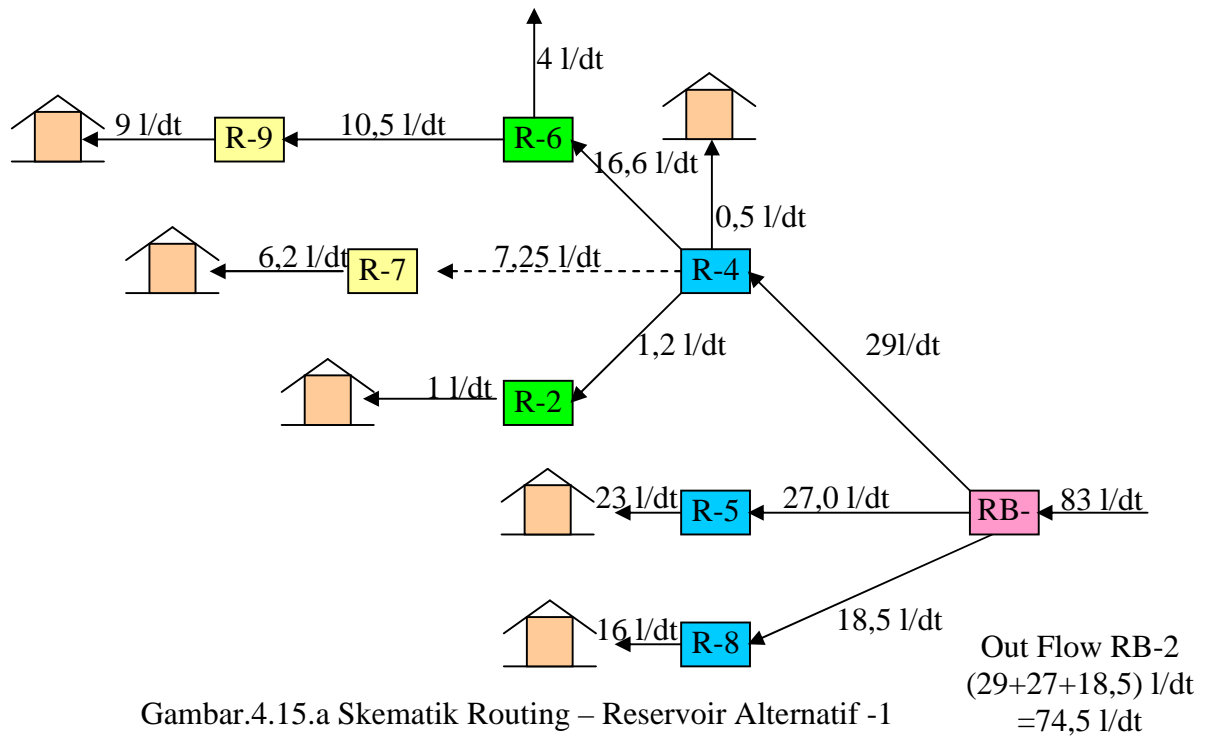
Dari hasil perhitungan terdapat kelebihan air. Kelebihan air yang terjadi, merupakan cadangan bila terjadi kekurangan air pada pemakaian saat jam puncak. Perhitungan inflow-outflow dari reservoir RB-2, R-4, R-5 dan R-8, dapat ditunjukkan pada Gambar 4.16, Gambar 4.17, Gambar 4.18 dan Gambar 4.19. Besarnya inflow dan outflow ditetapkan dalam satuan liter / hari dengan jam pemakaian selama 24 jam.

Didalam perhitungan kebutuhan total air pada RB-2, 1 Sambungan Rumah (SR) dengan asumsi untuk melayani 5 orang dan standar pemakaian air maksimum dipakai 90 l/orang/hari. Kemudian 1 Hidran Umum (HU) dengan asumsi untuk melayani 100 orang dan standar pemakaian air sebesar 30

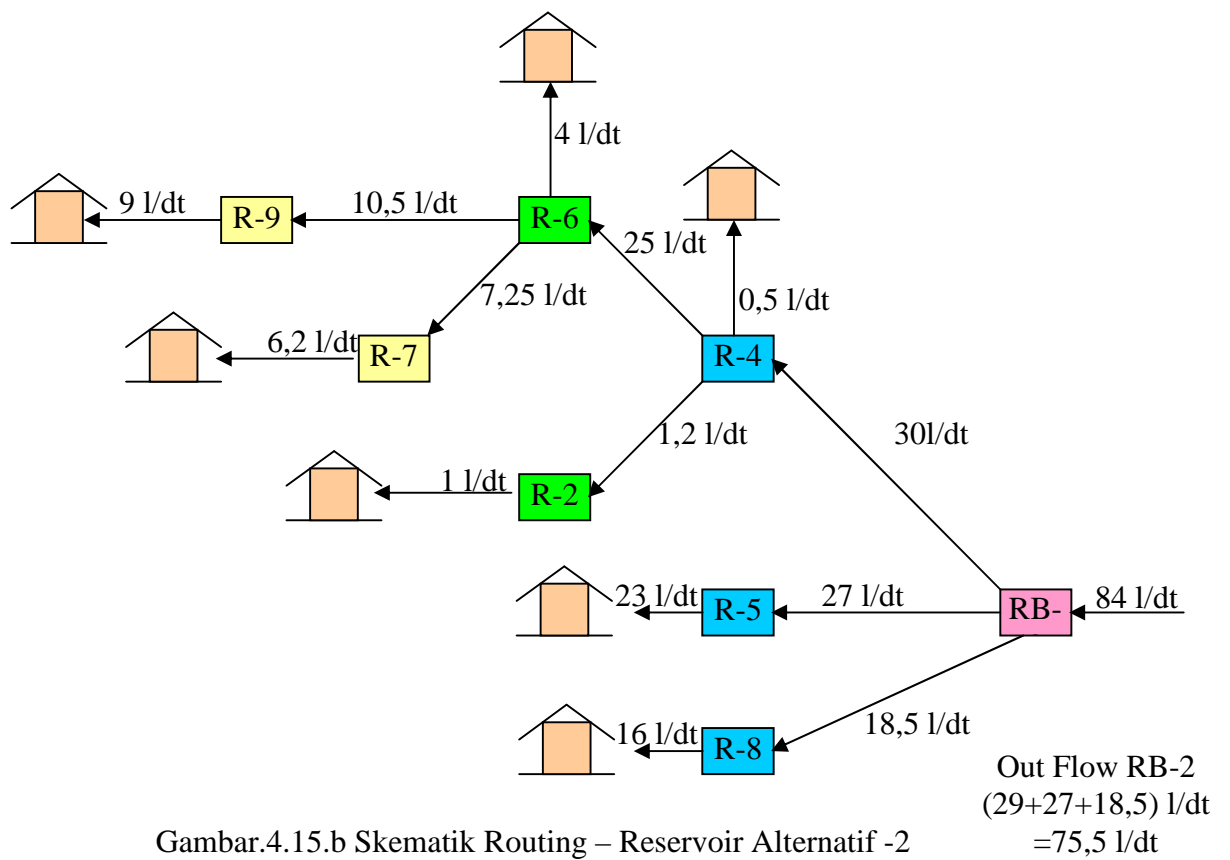


l/orang/hari. Pada R-4, R-5 dan R-6 standar pemakaian air diambil masing-masing sebesar 60 l/orang/hari.

Perincian besarnya prosentase untuk perhitungan outflow (O) berdasarkan pola pemakaian jam puncak seperti yang dicantumkan pada Tabel 2.1. Perhitungan outflow adalah prosentase dikalikan kebutuhan total air. Adapun perhitungan besarnya inflow adalah jumlah pemakaian (dalam jam) dikalikan dengan besarnya inflow minimum. Perhitungan tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 4.13, 4.14, 4.15 dan 4.16.



Gambar.4.15.a Skematik Routing – Reservoir Alternatif -1



Gambar.4.15.b Skematik Routing – Reservoir Alternatif -2

RB-2 : Mensuplai ke R-4, R-5, dan R-8

Terdiri dari : a. SR = 6486 unit  
b. HU = 419 unit

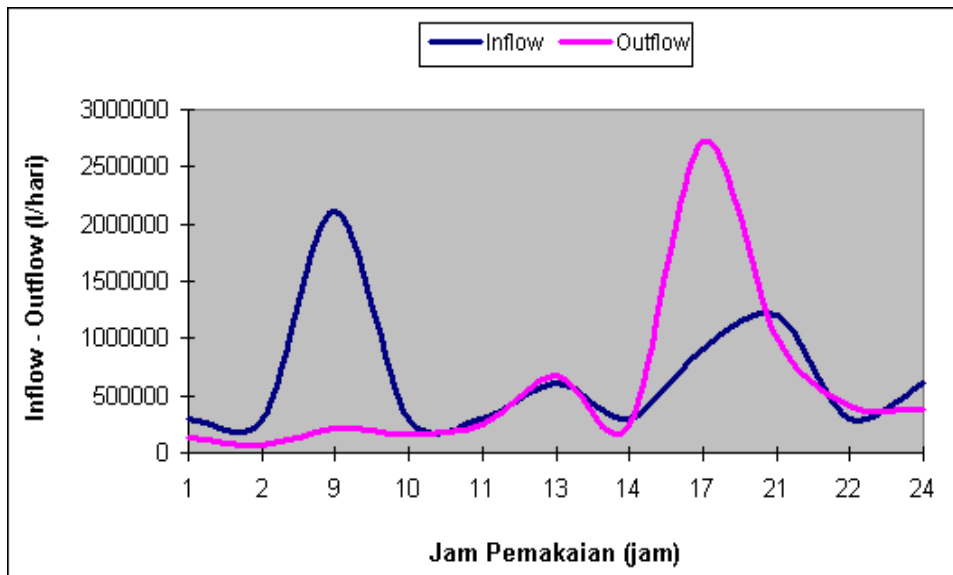
Perhitungan Inflow - Outflow :

1. Kebutuhan air total : a. SR=6486 x 5 x 90 l/hari = 2918700 l/hari  
b. HU=419 x 100 x 30 l/hari = 1257000 l/hari  
Jumlah = 4175700 l/hari (A)

2. Besarnya Inflow (I) minimum = 84 l/dt = 302400 l/jam (B)

Tabel 4.13. Perhitungan Inflow - Outflow RB-2 :

Waktu	Jam	Outflow (O)		Inflow (I)	Jumlah (l/hari)	
	Pemakaian	(l/hari)		(l/hari)	Kelebihan	Kekurangan
1	2	3		4	5	6
20-21	1	3 % A =	125271	302400	177129	0
21-22	1	1,75 % A =	73075	302400	229325	0
22-05	7	5,25 % A =	219224	2116800	1897576	0
05-06	1	4 % A =	167028	302400	135372	0
06-07	1	6 % A =	250542	302400	51858	0
07-09	2	16 % A =	668112	604800	0	-63312
09-10	1	6 % A =	250542	302400	51858	0
10-13	3	65 % A =	2714205	907200	0	-1807005
13-17	4	24 % A =	1002168	1209600	207432	0
17-18	1	10 % A =	417570	302400	0	-115170
18-20	2	9 % A =	375813	604800	228987	0
					2979537	-1985487



Gambar. 4.16. Grafik Inflow-Outflow RB-2 Kaligoro

R-4 : Mensuplai ke R-6, dan R-2

Terdiri dari : a. SR = 2347 unit

b. HU = 129 unit

Perhitungan Inflow - Outflow :

1. Kebutuhan air total : a. SR =  $2437 \times 5 \times 60$  l/hari = 704100 l/hari

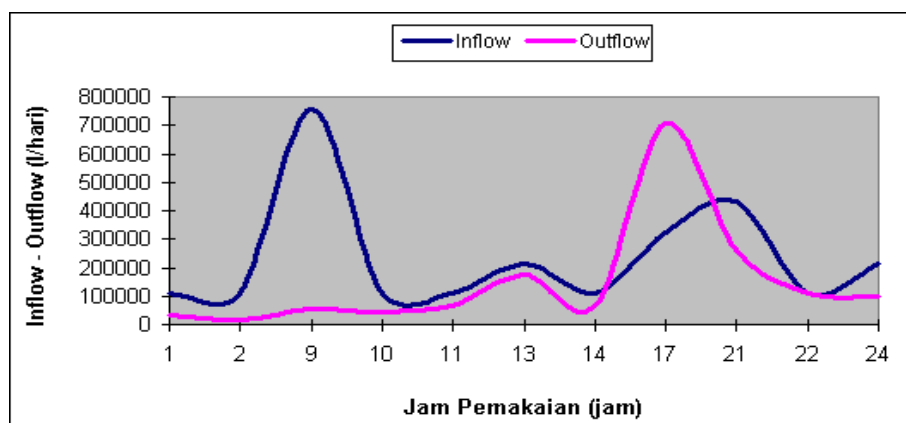
b. HU =  $129 \times 100 \times 30$  l/hari = 387000 l/hari

Jumlah = 1091100 l/hari (A)

2. Besarnya Inflow (I) minimum =  $30$  l/dt = 108000 l/jam (B)

Tabel 4.14. Perhitungan Inflow - Outflow R-4 :

Waktu	Jam	Outflow (O)		Inflow (I)	Jumlah (l /hari)	
	Pemakaian	(l / hari)		(l / hari )	Kelebihan	Kekurangan
1	2	3		4	5	6
20-21	1	3 % A =	32733	108000	75267	0
21-22	1	1,75 % A =	19094	108000	88906	0
22-05	7	5,25 % A =	57283	756000	698717	0
05-06	1	4 % A =	43644	108000	64356	0
06-07	1	6 % A =	65466	108000	42534	0
07-09	2	16 % A =	174576	216000	41424	0
09-10	1	6 % A =	65466	108000	42534	0
10-13	3	65 % A =	709215	324000	0	-385215
13-17	4	24 % A =	261864	432000	170136	0
17-18	1	10 % A =	109110	108000	0	-1110
18-20	2	9 % A =	98199	216000	117801	0
					1341675	-386325



Gambar. 4.17. Grafik Inflow - Outflow R-4

R-5 : Meliputi 10 desa, terdiri dari :  
 a. SR = 2536 unit  
 b. HU = 167 unit

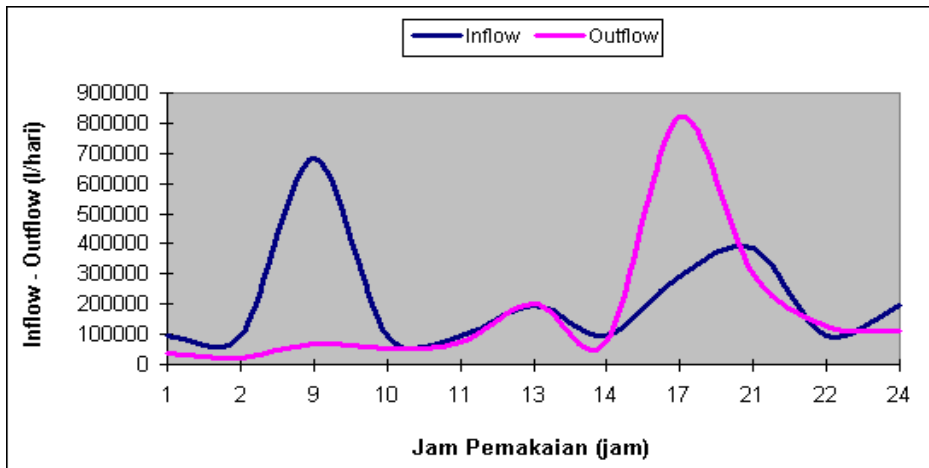
Perhitungan Inflow - Outflow R-5 :

1. Kebutuhan air total : a. SR =  $2536 \times 5 \times 60$  l/hari = 760800 l/hari  
 b. HU =  $167 \times 100 \times 30$  l/hari = 501000 l/hari  
 Jumlah = 1261800 l/hari (A)

2. Besarnya Inflow (I) minimum =  $27 \text{ l/dt} = 97200 \text{ l/jam}$  (B)

Tabel 4.15. Perhitungan Inflow - Outflow R-5 :

Waktu	Jam	Outflow (O)		Inflow (I)	Jumlah (l/hari)	
	Pemakaian	(l / hari)		(l / hari)	Kelebihan	Kekurangan
1	2	3		4	5	6
20-21	1	3 % A =	37854	97200	59346	0
21-22	1	1,75 % A =	22082	97200	75119	0
22-05	7	5,25 % A =	66245	680400	614156	0
05-06	1	4 % A =	50472	97200	46728	0
06-07	1	6 % A =	75708	97200	21492	0
07-09	2	16 % A =	201888	194400	0	-7488
09-10	1	6 % A =	75708	97200	21492	0
10-13	3	65 % A =	820170	291600	0	-528570
13-17	4	24 % A =	302832	388800	85968	0
17-18	1	10 % A =	126180	97200	0	-28980
18-20	2	9 % A =	113562	194400	80838	0
					1005138	-565038



Gambar. 4.18. Grafik Inflow-Outflow R-5

R-8 : Mensuplai ke 6 Desa  
 Terdiri dari : a. SR = 1603 unit  
 b. HU = 123 unit

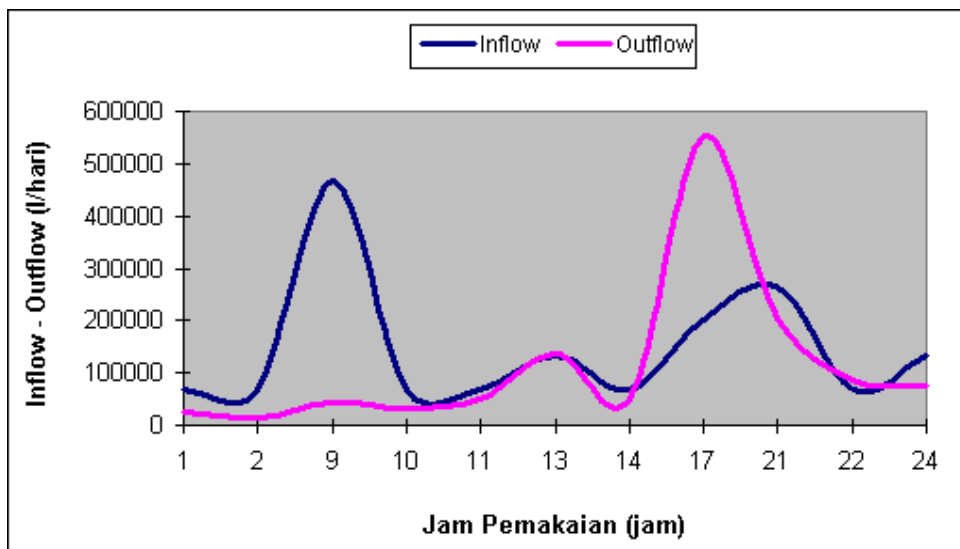
Perhitungan Inflow - Outflow :

1. Kebutuhan air total : a. SR = 1603 x 5 x 60 l/hari = 480900 l/hari  
 b. HU = 123 x 100 x 30 l/hari = 369000 l/hari  
 Jumlah = 849900 l/hari (A)

2. Besarnya Inflow (I) minimum = 18,5 l/dt = 66600 l/jam (B)

Tabel 4.16. Perhitungan Inflow - Outflow R-8 :

Waktu	Jam	Outflow (O)		Inflow (I)	Jumlah (I /hari)	
	Pemakaian	(l /hari)		(l /hari)	Kelebihan	Kekurangan
1	2	3		4	5	6
20-21	1	3 % A =	25497	66600	41103	0
21-22	1	1,75 % A =	14873	66600	51727	0
22-05	7	5,25 % A =	44620	466200	421580	0
05-06	1	4 % A =	33996	66600	32604	0
06-07	1	6 % A =	50994	66600	15606	0
07-09	2	16 % A =	135984	133200	0	-2784
09-10	1	6 % A =	50994	66600	15606	0
10-13	3	65 % A =	552435	199800	0	-352635
13-17	4	24 % A =	203976	266400	62424	0
17-18	1	10 % A =	84990	66600	0	-18390
18-20	2	9 % A =	76491	133200	56709	0
					697359	-373809



Gambar. 4.19. Grafik Inflow - Outflow R-8

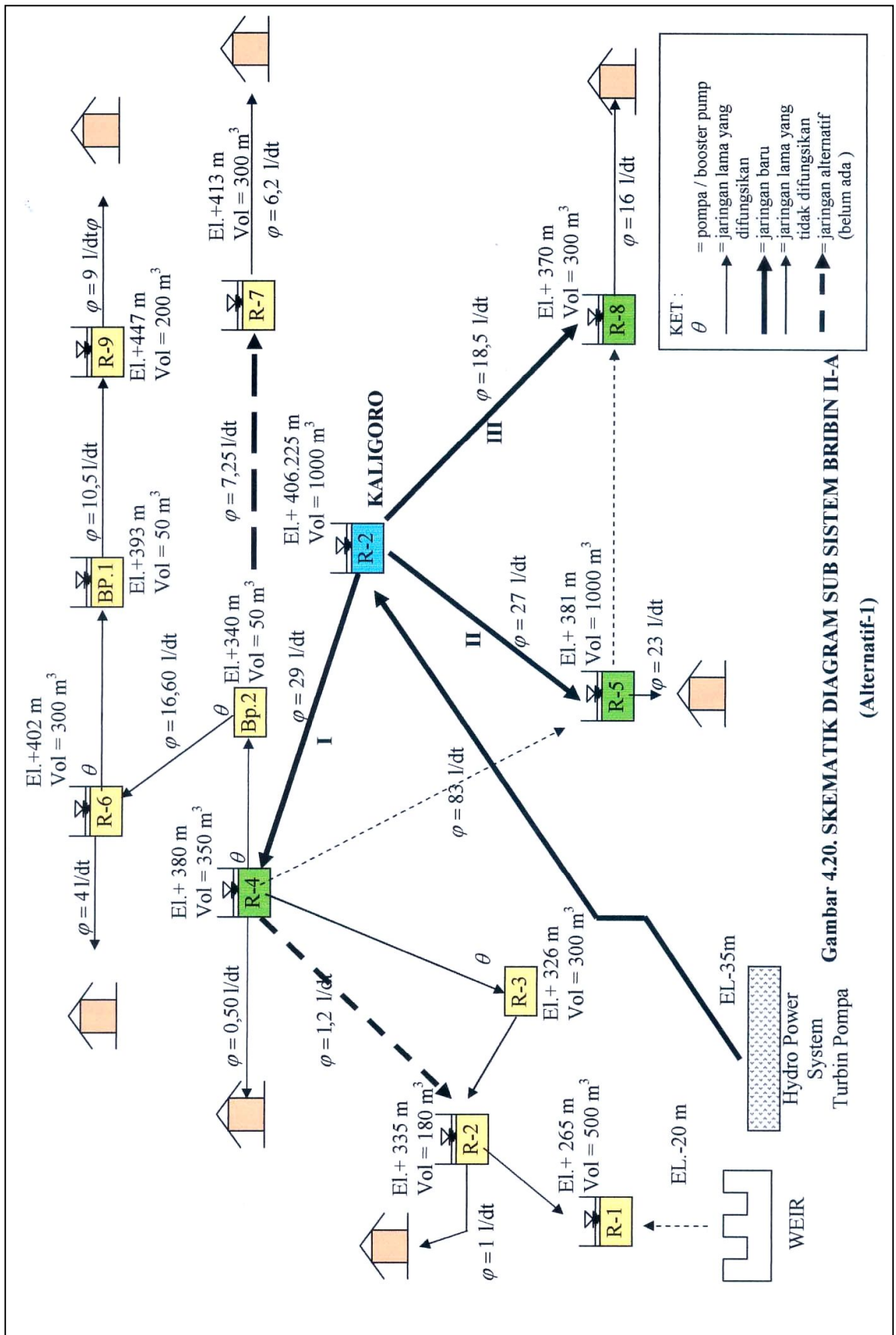
Besarnya debit minimum atau inflow minimum pada RB-2, menjadi dasar analisis pada sistem jaringan distribusi air bersih yang baru (BR-II). Dalam arti sistem tersebut memerlukan perhitungan besarnya debit minimum yang masuk ke RB-2. Perhitungan diawali dengan menghitung besarnya inflow minimum dan volume pada reservoir awal, yaitu reservoir yang langsung mensuplai konsumen.

Tinjauan pada volume reservoir yang terkait dengan I minimum, akan dapat mengetahui kapasitas pada masing-masing reservoir yang ada. Bila debit minimum yang masuk tidak mampu ditampung, maka dimensi reservoir diperbesar. Dari perhitungan didapat hasil bahwa dimensi reservoir pada R-4 dan R-6 perlu diperbesar karena tidak mampu menampung debit inflow minimum. Dari hasil analisis debit minimum yang masuk (I minimum) dan besar volume yang seharusnya pada masing-masing reservoir, maka I minimum RB-2 dapat dihitung. Hasil analisis yang diperoleh, bahwa besarnya inflow minimum pada RB-2, adalah 84 l/dt. Untuk lebih jelas dan lebih terinci, maka besarnya variabel-variabel yang mendukung perhitungan I minimum RB-2, dapat disusun dalam bentuk tabulasi yakni pada Tabel 4.17.

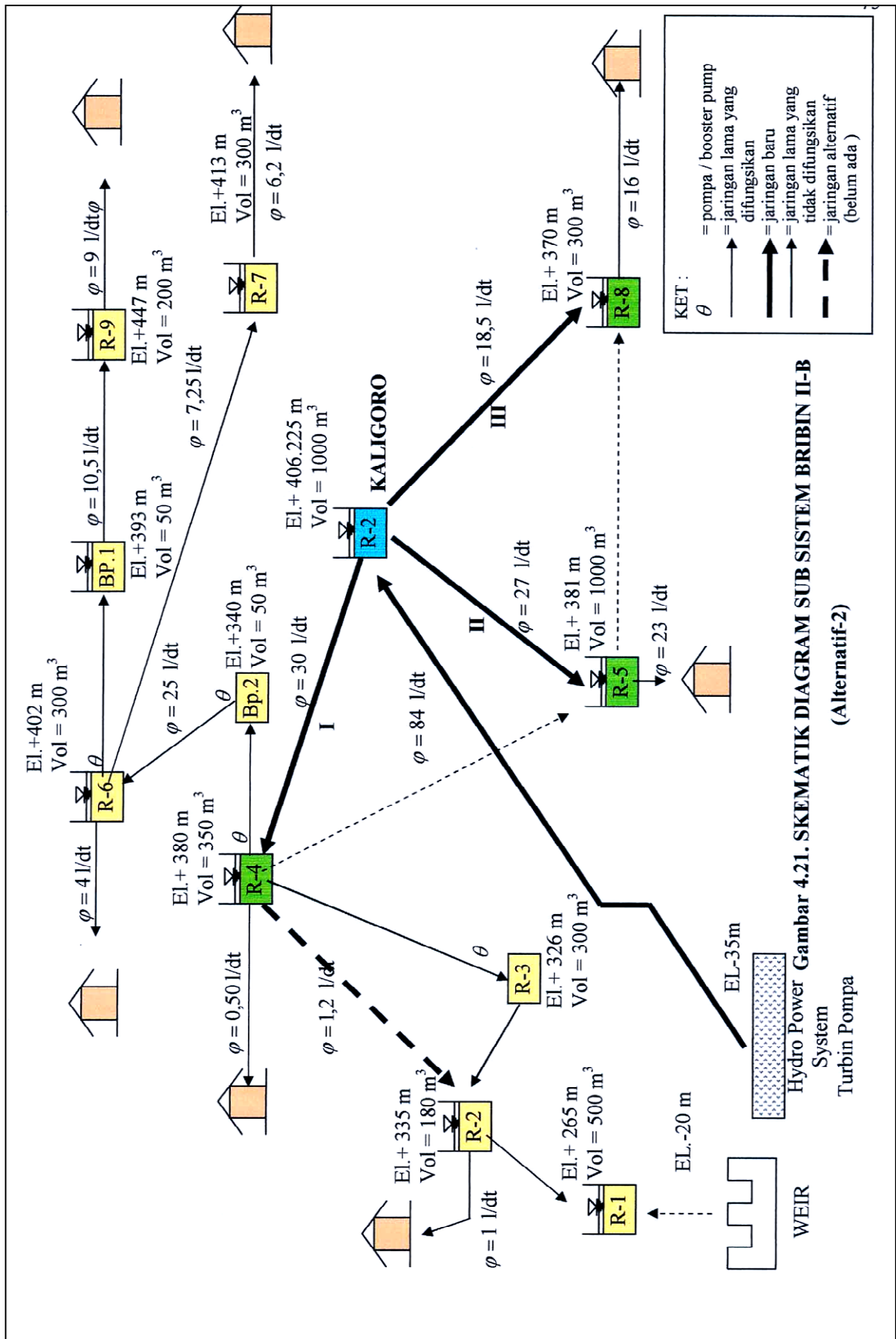
Tabel 4.17 Perhitungan I minimum RB-2

No	Reser- voir	Kebutuhan Air total (l/dt) Sebelum Routing	Kebutuhan air total (l/dt)		Volume Reservoir Alt-2 (tersedia) (m <sup>3</sup> )	Volume Reservoir (tersedia) (m <sup>3</sup> )	Out Flow Kumulatif Alt-2 (l/dt)	h (maksimum) (m)	Inflow (maksimum) (l/dt)	h (minimum) (m)	Inflow (minimum) (l/dt)	Volume reservoir baru (m <sup>3</sup> )	Keterangan
			Alt-1	Alt-2									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.	R-9	9,00	9,00	9,00	128	200	9,00	2,981	11,30	1,920	10,50	200	Volume reservoir tetap
2.	R-6	4,00	14,50	21,75	270*	200	21,75	2,981	25,20	2,700	25,00	300	Volume reservoir diperbesar
3.	R-7	6,20	6,20	6,20	90	300	6,20	2,990	9,66	0,900	7,25	300	Volume reservoir tetap
4.	R-2	1,00	1,00	1,00	13	180	1,00	2,880	3,00	0,217	1,20	180	Volume reservoir tetap
5.	R-4	0,50	25,55	26,70	290*	150	26,70	2,952	30,80	2,417	30,00	350	Volume reservoir diperbesar
6.	R-5	23,00	23,00	23,00	330	1000	23,00	2,981	34,50	0,990	27,00	1000	Volume reservoir tetap
7.	RB-8	16,00	16,00	16,00	218	300	16,00	2,938	19,40	2,180	18,50	300	Volume reservoir tetap
8	RB-2	58,00	74,50	75,50	658	1000	75,50	2,981	87,00	1,974	84,00	1000	Volume reservoir tetap





**Gambar 4.20. SKEMATIK DIAGRAM SUB SISTEM BRIBIN II-A (Alternatif-1)**



**Gambar 4.21. SKEMATIK DIAGRAM SUB SISTEM BRIBIN II-B (Alternatif-2)**

• **Perhitungan variabel pada sistem perpipaan**

Distribusi air yang menggunakan jaringan pipa, perlu perhitungan yang cermat mengenai variabel-variabel yang diperlukan.

Beda tinggi antara RB-2 dengan R-4, adalah

$$= 406,225 \text{ m} - 380,00 \text{ m}$$

$$= 26,225 \text{ m} < 80 \text{ m}$$

Oleh sebab itu tidak perlu menggunakan Bak Pelepas Tekanan (BPT).

a. Distribusi air, dari RB-2 ke R-4, dengan cara gravitasi sebagai berikut :

1) Debit inflow minimum =  $30 \text{ l/dt} = 0,03 \text{ m}^3/\text{dt}$

2) hf dianggap =  $406,225 \text{ m} - 380 \text{ m} = 26,225 \text{ m}$

3) panjang pipa (L) = 4869,8 m

4) Bahkan pipa PVC baru ( $C_H$ ) = 120

Rumus Hazen –William (Rumus 2.5) :

$$hf = \frac{1}{(0,094)} \left( \frac{Q}{C_H} \right)^{1,85} \cdot \frac{L}{D^{4,87}}$$

$$26,225 = \frac{1}{(0,094)} \left( \frac{0,03}{120} \right)^{1,85} \cdot \left( \frac{4869,8}{D^{4,87}} \right)$$

$$D^{4,87} = \frac{0,0112352}{24,225} = 0,0004284$$

$$D = (0,0004276)^{1/4,87} = (0,0004284)^{0,2053}$$

$$\rightarrow D = 0,2034 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

Checking : Dengan rumus Darcy – Weisback (Rumus 2.16)

Koefisien gesekan (f) = 0,02

$$hf = \frac{8 \cdot f \cdot L}{g \cdot \pi^2 \cdot D^5} \cdot Q^2$$

$$= \frac{8.0,02.4869,8}{9,81.\pi^2.(0,2)^5} \cdot (0,03)^2$$

$$1) hf = 22,66 \text{ m} < 26,225 \text{ m}$$

$$2) V = \frac{Q}{A} = \frac{0,03}{1/4.\pi.(0,2)^2} = 0,96 \text{ m/dt} \sim 1 \text{ m/dt}$$

b. Distribusi air, dari RB-2 ke R-5, dengan cara gravitasi sebagai berikut :

$$1) \text{ Debit Inflow Minimum} = 27 \text{ l/dt} = 0,027 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$2) hf = 406,225 \text{ m} - 381 \text{ m} = 25,225 \text{ m}$$

$$3) \text{ Panjang pipa (L)} = 3254 \text{ m}$$

$$4) C_H = 120$$

Rumus Hazen-William (Rumus 2.5) :

$$hf = \frac{1}{0,094} \left( \frac{Q}{C_H} \right)^{1,85} \cdot \frac{L}{D^{4,87}}$$

$$25,225 = \frac{1}{0,094} \left( \frac{0,027}{120} \right)^{1,85} \cdot \frac{3254}{D^{4,87}}$$

$$D^{4,87} = \frac{0,0073489}{25,225} = 0,0003033$$

$$D = (0,0003033)^{1/4,87} = (0,0003033)^{0,2503}$$

$$\rightarrow D = 0,1896 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

Checking : rumus Darcy Weisbach

Koefisien gesekan (f) = 0,02

$$hf = \frac{8.f.L}{g.\pi^2.D^5} \cdot Q^2$$

$$= \frac{8.0,02.3454}{9,81.\pi^2.(0,2)^5} (0,027)^2$$

$$\rightarrow 1) hf = 13,2 \text{ m} < 25,225 \text{ m}$$

$$2) V = \frac{0,027}{1/4 \pi (0,2)^2} = \frac{0,027}{0,0314} = 0,88 \text{ m/dt.}$$

c. Distribusi air, dari RB-2 ke R-8, dengan cara gravitasi sebagai berikut :

1) Alternatif 1 : menggunakan pipa tunggal (Rumus 2.21).

a) Debit inflow minimum = 18,5 l/dt = 0,0185 m<sup>3</sup>/dt

b) hf = 406,225 m - 370 m = 36,225 m

c) panjang pipa (l) = 11.604,6 m

d) C<sub>H</sub> = 120

Rumus Hazen-William :

$$hf = \frac{1}{0,094} \left( \frac{Q}{C_H} \right)^{1,85} \cdot \frac{L}{D^{4,87}}$$

$$36,225 = \frac{1}{0,094} \left( \frac{0,0185}{120} \right)^{1,85} \cdot \frac{11604,6}{D^{4,87}}$$

$$D^{4,87} = \frac{0,0109502}{36,225} = 0,0003022$$

$$D = (0,0003022)^{1/4,87} = (0,0003022)^{0,2053}$$

$$\rightarrow D = 0,1894 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

Checking : Rumus Darcy Weisbach

Koefisien gesekan (f) = 0,02

$$hf = \frac{8 \cdot f \cdot L}{g \cdot \pi^2 \cdot D^5} \cdot Q^2$$

$$= \frac{8 \cdot 0,02 \cdot 11604,6}{9,81 \cdot \pi^2 \cdot (0,2)^5} (0,0185)^2$$

$$\rightarrow 1) hf = 20,53 \text{ m} < 36,225 \text{ m}$$

$$2) V = \frac{0,0185}{1/4 \pi (0,2)^2} = 0,59 \text{ m/dt} \sim 0,60 \text{ m/dt}$$

2). Alternatif 2 : menggunakan sistem pipa seri (Rumus 2.23).

panjang pipa total = 11.604,6 m. Dengan coba-coba (*trial*), panjang pipa dibagi menjadi 2 yaitu :

a)  $L_1=9000$  m dengan diameter ( $D_1$ )=30cm

$$D_1=30 \text{ cm} = 0,30 \text{ m}$$

Rumus : Hazen – William (Rumus 2.10)

$$Q = 279.C.D^{2,63} (hf/L)^{0,54}$$

$$18,5 = 279.120.(0,20)^{2,63} \cdot \frac{hf^{0,54}}{9000^{0,54}}$$

$$hf^{0,54} = \frac{18,5.9000^{0,54}}{33480.0,014511}$$

$$\rightarrow hf_1 = 5,20 \text{ m}$$

$$V_1 = \frac{0,0185}{1/4.\pi.(0,2)^2} = \frac{0,0185}{0,0314} = 0,6 \text{ m/dt} .$$

b)  $L_2=2604,6$  m dengan diameter ( $D_2$ ) = 15 cm.

$$D_2=15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

Rumus Hazen William (Rumus 2.10).

$$18,5 = 279.120.(0,15)^{2,63} \cdot \frac{hf^{0,54}}{2604,6^{0,54}}$$

$$hf^{0,54} = \frac{18,5.2604,6^{0,54}}{33480.0,0681}$$

$$\rightarrow hf_2 = 24,79 \text{ m}$$

$$V_2 = \frac{0,0185}{1/4.\pi.(0,15)^2} = \frac{0,0185}{0,0176625} = 1,05 \text{ m/dt}$$

$$hf_1 + hf_2 = 5,20 \text{ m} + 24,79 \text{ m} = 29,99 \text{ m} < 36,225 \text{ m}.$$

d. Distribusi air, dari R-4 ke R-2.

1) Melalui BP-3 (el + 326 m), cara gravitasi.

a) Debit inflow minimum = 1,20 l/dt

b) Beda elevasi = (382-326) m = 56 m

c) Panjang pipa (L) = 1500 m

d) Diameter pipa = 25 cm = 0,25 m

e)  $C_H = 120$

Rumus Hazen-William (Rumus 2.10) :

$$Q = 279.C.D^{2,63}.(hf/l)^{0,54}$$

$$1,2 = 279.120.(0,25)^{2,63} \cdot \frac{hf^{0,54}}{(1500)^{0,54}}$$

$$1,2 = 33.480.0,026096 \cdot \frac{hf^{0,54}}{51,89063}$$

$$hf = (14,031018)^{1/0,54} = (14,031018)^{1,85} = 132,5 \text{ m} > 56 \text{ (xx)}$$

diameter pipa diperkecil  $\rightarrow D = 20 \text{ cm} = 0,20 \text{ m}$

$$1,2 = 33480.0,014511 \cdot \frac{hf^{0,54}}{51,98063}$$

$$hf = (7,8021195)^{1/0,54} = (7,8021195)^{1,85} = 44,73 \text{ m} < 56 \text{ m}$$

2) Dari BP.3 (el.+326) ke R-2 (el.335), dengan pompa dan booster pump :

a). Debit inflow minimum = 0,0012 m<sup>3</sup>/dt

b). beda elevasi = 335 m – 326 m = 9 m

c). panjang pipa (L) = 1780 m

d). diameter pipa (D) = 25 cm = 0,25 m

e). koefisien gesekan ( $f$ ) = 0,02

f). Efisiensi pompa ( $\eta_p$ ) = 90% = 0,9

g).  $\gamma$  air = 1 T/m<sup>3</sup> = 1000 kg/m<sup>3</sup>

$$hf = \frac{8.f.L}{g.\pi^2.D^5}.Q^2$$

$$hf = \frac{8.0,02.1780}{9,81.\pi^2.(0,25)^5} \cdot (0,0012)^2 = 0 \text{ m}$$

$$\rightarrow H_{eff} = H_s + \sum hf \text{ (Rumus 2.17)}$$

$$= (9+0) \text{ m} = 9 \text{ m}$$

$$\text{Daya pompa} = \frac{Q.H_{eff}.\gamma}{75 \times \eta_p} \text{ (Rumus 2.18)}$$

$$= \frac{0,0012.9.1000}{75 \times 0,9} = 0,16 \text{ Hp}$$

e. Distribusi air, dari R-4 ke R-6, dengan pompa dan booster-pump :

1) Debit inflow minimum = 25 l/dt = 0,025 m<sup>3</sup> / dt

2) Beda elevasi = 402 m – 382 m = 20 m

3) Panjang pipa (L) = 85 m + 4100 m = 4950 m

4) Diameter pipa (L) = 20 cm = 0,20 m

5) Koefisien gesekan ( $f$ ) = 0,02

6) Efisiensi pompa ( $\eta_p$ ) = 90% = 0,9

$$hf = \frac{8.f.L}{g.\pi^2.D^5}.Q^2$$

$$hf = \frac{8.0,02.4950}{9,81.\pi^2.(0,20)^5} \cdot (0,025)^2 = 15,99 \text{ m} \sim 16 \text{ m}$$

$$H_{eff} = H_s + \sum hf = (20+16) \text{ m} = 36 \text{ m}$$



$$\rightarrow \text{Daya pompa} = \frac{Q.H.\gamma}{75.\eta_p} = \frac{0,025.36.1000}{75.0,9} = 13,33 \text{ HP}$$

f. Distribusi air dari R-6 ke R-7, dengan pompa dan booster-pump.

- 1) Debit Inflow minimum = 7,25 l/dt = 0,00725 m<sup>3</sup>/dt
- 2) Beda elevasi = 413 – 402 m = 11 m
- 3) Panjang pipa (L) = 5400 m
- 4) Diameter pipa (D) = 15 cm = 0,15 m
- 5) Koefisien gesekan (f) = 0,02
- 6) Efisiensi pompa ( $\eta_p$ ) = 90% = 0,9

$$hf = \frac{8.f.L}{g.\pi^2.D^5} Q^2$$

$$hf = \frac{8.0,02.5400}{9,81.\pi^2.(0,15)^5} .(0,00725)^2 = 6,19 \text{ m} \sim 6,2 \text{ m}$$

$$H_{eff} = H_s + \sum hf = (11 + 6,2) \text{ m} = 17,2 \text{ m}$$

$$\rightarrow \text{Daya pompa} = \frac{0,00725.17,2.1000}{75.0,9} = 1,85 \text{ HP}$$

g. Distribusi air dari R-6 ke R-9, dengan pompa dan booster-pump :

- 1) Debit inflow minimum = 10,5 l/dt = 0,0105 m<sup>3</sup>/dt.
- 2) Beda elevasi = 447 m-402 m = 45 m
- 3) Panjang pipa (L) = 2000 m
- 4) Diameter pipa (D) = 15 cm = 0,15 m
- 5) Koefisien gesekan (f) = 0,02
- 6) Efisiensi pompa ( $\eta_p$ ) = 90% = 0,9

$$H_f = \frac{8.f.L}{g.\pi^2.D^5} Q^2$$

$$h_f = \frac{8.0,02.2000}{9,81.\pi^2.(0,15)^5} (0,0105)^2 = 4,80 \text{ m}$$

$$H_{eff} = (45 + 4,8) \text{ m} = 49,8 \text{ m}$$

$$\rightarrow \text{Daya pompa} = \frac{0,0105.49,8.1000}{75.0,9} = 7,75 \text{ Hp.}$$

## 9. Perhitungan outflow RB-2

- a. Debit sebesar 60 l/dt direncanakan untuk melayani konsumen  $\pm$  75.000 jiwa. Sistem pelayanan sampai ke konsumen melalui jaringan pipa distribusi air bersih yang terdiri dari 6486 unit SR dan 419 unit HU. Di dalam pelaksanaan, debit tersebut belum cukup untuk melayani semua konsumen. Banyaknya SR dan HU yang aktif melayani konsumen pada 27 desa cakupan dapat ditunjukkan pada Lampiran 12 dan 13. Perhitungan selanjutnya dapat diuraikan sebagai berikut :

1) Berdasarkan SR dan HU yang aktif yaitu pada :

a) Bulan basah : SR aktif sebanyak 3419 unit,  $= \frac{3419}{6486} \times 100\% = 53\%$

HU aktif sebanyak 20 unit,  $= \frac{20}{419} \times 100\% = 5\%$

b) Bulan kering : SR aktif sebanyak 3596 unit,  $= \frac{3596}{6486} \times 100\% = 56\%$

HU aktif sebanyak 30 unit,  $= \frac{30}{419} \times 100\% = 7\%$

2) Berdasarkan jumlah pelanggan sebagai berikut :

1) Bulan basah :  $(3419 \times 5 + 20 \times 100) / 75.000 \times 100\% = 26\%$

2) Bulan kering :  $(3596 \times 5 + 30 \times 100) / 75.000 \times 100\% = 28\%$

Diambil rata-rata sebesar 27%.

b. Kebutuhan air :

1) SR + HU aktif (Januari), memerlukan debit :

a) SR =  $(3419 \times 5 \times 90) / 86400 \text{ l/dt} = 17,807 \text{ l/dt}$

b) HU =  $(20 \times 100 \times 30) / 8600 \text{ l/dt} = \underline{0,694 \text{ l/dt}}$   
 $= 18,501 \text{ l/dt}$

c) Lo =  $20\% \times 18,501 \text{ l/dt} = \underline{3,700 \text{ l/dt}}$

Jumlah = 22,200 l/dt

2) SR + HU aktif (September), memerlukan debit :

a) SR =  $(3596 \times 5 \times 90) / 86400 \text{ l/dt} = 19,729 \text{ l/dt}$

b) HU =  $(30 \times 100 \times 30) / 8600 \text{ l/dt} = \underline{1,642 \text{ l/dt}}$   
 $= 19,771 \text{ l/dt}$

c) Lo =  $20\% \times 19,771 \text{ l/dt} = \underline{3,954 \text{ l/dt}}$

Jumlah = 23,73 l/dt

c. Debit inflow (I) yang diambil dari air SBT dengan bendung (*weir*) sebesar 60 l/dt, kemampuan pelayanan ke konsumen dapat diprediksi dengan routing sebagai berikut :

$Q = 60 \text{ l/dt} = 0,060 \text{ l/dt}$

Volume RB-2 =  $1000 \text{ m}^3$   
H = 3 m } A =  $333,33 \text{ m}^2$

Maka persamaan =  $(0,060 - 0) = 0,003858.h$

Tabel 4.18. Perhitungan Out flow dengan Inflow 60 l/dt

I (m <sup>3</sup> /dt)	O(m <sup>3</sup> /dt)	H (m)
0,60	0,060	-
0,60	0,055	1,296
0,60	0,050	2,592
0,60	0,0495	2,722
0,60	0,049	2,851
→ Maks 0,60	0,0485	2,981
0,60	0,048	3,111 → meluap

→ O maksimum = 48,50 l/dt

Volume maksimum  
= 2,981 x 333,33  
= 994 m<sup>3</sup> < 1000 m<sup>3</sup>

Dari hasil hitungan di atas maka outflow (O) RB-2 sebesar 48,50 l/dt dapat

melayani konsumen sebesar =  $\frac{48,50 \text{ l/dt}}{75,5 \text{ l/dt}} \times 100\% = 65\%$

Ditinjau dari SR + HU yang aktif, maka :

- 1) Pada bulan basah, pelayanan =  $(48,50 - 22,2) / 48,50 \times 100\% = 55\%$
- 2) Pada bulan kering, pelayanan =  $(48,50 - 23,73) / 48,50 \times 100\% = 52\%$

d. Bila debit suplai (inflow minimum) dari air SBT ke RB-2 tetap 80 l/dt, maka debit layanan (outflow) dapat diperkirakan dengan routing sebagai berikut :

$O = 80 \text{ l/dt} = 0,080 \text{ m}^3/\text{dt}$

Volume RB-2 = 1000 m<sup>3</sup> }  
H = 3 m } A = 333,33 m<sup>2</sup>

→ persamaannya =  $(0,080 - 0) = 0,003858 \cdot h$

Tabel 4.19. Perhitungan OutFlow RB-2

Alternatif -2

→ O maksimum = 68,50 l/dt

Volume maksimum  
= 2,981 x 333,33  
= 994 m<sup>3</sup> < 1000 m<sup>3</sup>

	I (m <sup>3</sup> /dt)	O(m <sup>3</sup> /dt)	H(m)
	0,080	0,080	-
	0,080	0,075	1,296
	0,080	0,070	2,592
	0,080	0,069	2,851
→	0,080	0,0685	2,981
Maks	0,080	0,068	3,111

→ meluap

Dari hitungan di atas maka outflow (O) RB-2 sebesar 68,50 l/dt dapat

$$\text{melayani konsumen sebesar} = \frac{68,5 \text{ l/dt}}{75,5 \text{ l/dt}} \times 100\% = 91\%$$

Ditinjau dari SR + HU yang aktif, maka pelayanan :

- 1) Pada bulan basah, pelayanan sebesar  $= (68,5 - 22,2) / 68,5 \times 100\% = 68\%$
- 2) Pada bulan kering, pelayanan sebesar  $= (68,5 - 23,73) / 68,5 \times 100\% = 66\%$

### C. Pembahasan

Reservoir baru di Kaligoro (RB-2) dengan el. + 406.225 m dijadikan sebagai reservoir utama. Air yang ditampung berasal dari SBT Bribin dengan teknologi mikro-hidro turbin pompa. Pemompaan air ke RB-2 melalui pipa transmisi yang terdapat pada *shaft*. Kedalaman *shaft* dari muka tanah sampai ke SBT Bribin  $\pm 102$  m. Pendistribusian air dari RB-2 ke konsumen dengan sistem jaringan distribusi air bersih baru (BR-II). Outflow dari RB-2 ke R-4, R-5 dan R-8 dengan pertimbangan yaitu bila ditinjau dari elevasi antara RB-2 dengan elevasi R-4, R-5 dan R-8, maka dapat dilakukan cara gravitasi. Jarak

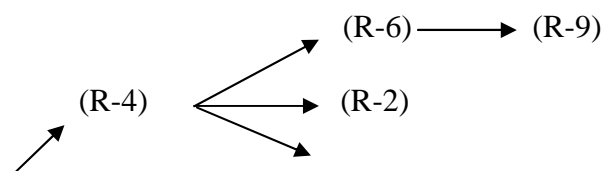
RB-2 ke 3 reservoir tersebut relatif dekat dan kondisi lahan tempat rencana jaringan pipa, tidak begitu sulit.

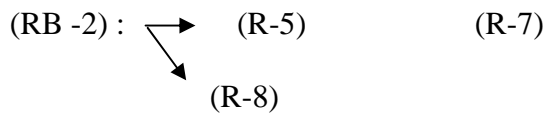
Dari R-4, yang didistribusikan ke R-2, R-6, menggunakan jaringan pipa lama. Dari R-4 ke R-2 melalui R-3 dengan cara gravitasi. Dari R-3 ke R-2 dengan dibantu pompa. Untuk ke R-6, karena elevasi R-6 lebih tinggi dari R-4, maka perlu dibantu pompa dan booster –pump yang sudah ada. Dari R-6 ke R-9, dan ke R-7 karena ada kenaikan elevasi, maka dibantu dengan booster-pump. Dari R-5, didistribusikan ke 10 desa, menggunakan jaringan pipa lama dengan cara gravitasi yang dibantu oleh beberapa BPT. Dari R-8 didistribusikan ke 6 desa, dengan menggunakan jaringan pipa lama. Karena sebagian besar elevasi permukiman lebih tinggi dari elevasi R-8, maka perlu dibantu dengan booster-pump dan sebagian kecil dengan cara gravitasi.

Sistem jaringan pipa distribusi air bersih lama yang masih digunakan yaitu dari R-4 ke R-2 dan R-6 kemudian dari R-6 ke R-7 dan R-9. Pendistribusian air menggunakan pompa dan booster pump. Jadi sistem jaringan pipa distribusi air bersih yang baru (BR II) adalah penggabungan (*connect*) antara sistem jaringan pipa distribusi air bersih yang menggunakan cara gravitasi dengan sistem jaringan pipa distribusi air lama yang masih digunakan. Bentuk skematik sistem distribusi air bersih BR-II dapat ditunjukkan seperti di bawah ini :

#### Skematik Diagram Sub Sistem Bribin II – A

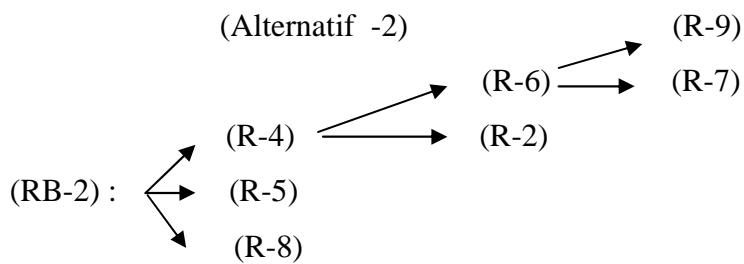
(Alternatif -1)





9 desa layanan (R-7), disuplai langsung dari (R-4)

**Skematik Diagram Sub Sistem Bribin II – B**



9 desa layanan (R-7), disuplai dari (R-4) → (R-6) → (R-7). Dari hasil routing maka alternatif 1 : I minimum (R-4) sebesar 29 l/dt dan alternatif 2 : I minimum (R-4) sebesar 30 l/dt. Analisis selanjutnya menggunakan alternatif 2, karena pada alternatif 1 jaringan distribusi air dari R-4 yang langsung ke R-7 belum ada. Selain itu debit inflow minimum R-4 sebesar 30 l/dt mempunyai faktor keamanan cukup besar terhadap peningkatan kebutuhan air mendatang.

Dari hasil analisis dengan routing bahwa untuk dapat melayani semua konsumen ± 75.000 orang maka RB-2 memerlukan debit inflow minimum 84 l/dt. Bila debit minimum ke RB-2 60 l/dt baru dapat melayani 65% dari kebutuhan air total. Sedangkan untuk debit inflow minimum 80 l/dt baru dapat melayani 91 % kebutuhan air total. Hasil perhitungan debit inflow minimum maupun debit outflow pada RB-2 yang digunakan untuk menganalisis, didasarkan pada sistem jaringan distribusi BR-II alternatif -2. Debit outflow

(O) RB-2 yang terdistribusi ke R-4, R-5 dan R-8, adalah sebesar 30 l/dt, 27 l/dt dan 18,50 l/dt.

Volume R-6 yang tersedia sebesar 200 m<sup>3</sup> tidak mampu untuk melayani konsumen dari R-6 sendiri dari R-7 dan R-9. Maka volume R-6 diperbesar menjadi 300 m<sup>3</sup>. Demikian juga dengan volume R-4 yang tersedia sebesar 150 m<sup>3</sup> tidak mampu untuk melayani konsumen dari R-4 sendiri dan dari R-6. Maka volume R-4 diperbesar menjadi 350 m<sup>3</sup>.

Perhitungan variabel sistem perpipaan yang berkaitan dengan sistem jaringan distribusi air baru (BR-2) meliputi : diameter pipa, kehilangan tenaga (hf), kecepatan aliran dan daya pompa. Hasil perhitungan dapat diuraikan sebagai berikut:

1. **Pipa distribusi air yang digunakan dari RB-2 ke R-4**, berdiameter(d) 20 cm dan kehilangan tinggi tenaga (hf) yang terjadi 22,66 m < 26,225 m.
2. **Pipa distribusi air yang digunakan dari RB-2 ke R-5**, berdiameter (d) 20 cm dan kehilangan tinggi tenaga (hf) yang terjadi 13,00 m < 25,225 m.
3. **Pipa distribusi air yang digunakan dari RB-2 ke R-8**, karena panjang pipa dibandingkan dengan beda tinggi cukup besar maka dibuat alternatif yakni :
  - a. **Alternatif 1 : menggunakan pipa tunggal**, dengan panjang total (L)=11.604,60 m, berdiameter(d) = 20 cm dan kehilangan tinggi tenaga (hf) yang terjadi sebesar 20,53 m < 36,225 m. Adapun kecepatan aliran (v) dalam pipa = 0,60 m/dt (< 1 m/dt).
  - b. **Alternatif 2 : menggunakan pipa seri**, dengan panjang pipa 1 (L<sub>1</sub>) = 9000 m, berdiameter 1 (D<sub>1</sub>) = 20 cm dan kehilangan tinggi



tenaga 1( $hf$ ) yang terjadi sebesar = 5,20 m. Kemudian disambung pipa 2 ( $L_2$ ) dengan panjang = 2604,60 m, berdiameter 2 ( $D_2$ ) = 15 cm dan kehilangan tinggi tenaga ( $hf$ ) yang terjadi sebesar = 24,79 m. Sehingga  $hf_1 + hf_2 = 5,20 + 24,79 \text{ m} = 29,99 \text{ m} < 36,225 \text{ m}$ .

Yang dipakai adalah alternatif 2, sebab kecepatan aliran rerata ( $V$ ) mendekati 1 m/dt .

4. **Pipa distribusi air yang digunakan dari R-4 ke R-2**, berdiameter ( $d$ ) = 25 cm dan kehilangan tinggi tenaga ( $hf$ ) yang terjadi = 132 m > 56 m (xxx). Kemudian diameter diperkecil = 20 cm  $\rightarrow hf = 44,73 \text{ m} < 56 \text{ m}$  .

Pendistribusian menggunakan pompa dengan daya = 0,16 HP dibantu booster pump.

5. **Distribusi air dari R-4 ke R-6, dari R-6 ke R-7, dan R-9** dapat diuraikan sebagai berikut :

Distribusi air dari R-4 ke R-6 menggunakan pompa dengan daya sebesar 13,33 HP dan dibantu booster pump. Distribusi air dari R-6 ke R-7 menggunakan pompa dengan daya sebesar 1,85 HP dan dibantu booster pump. Distribusi air dari R-6 ke R-9, menggunakan pompa dengan daya 7,75 HP dan dibantu booster pump. Pada Lampiran 1 menunjukkan bahwa pompa lama dan yang telah digunakan, mempunyai daya sebesar 15 HP, maka pompa tersebut dapat digunakan.

Perhitungan proyeksi penduduk untuk 10 tahun mendatang, (Th. 2003- Th.2013), belum digunakan untuk menganalisis. Hal ini disebabkan debit inflow

minimum 84 l/dt, lebih ditekankan untuk melayani seluruh unit SR dan HU yang sudah terpasang lebih dahulu.

Pengambilan sampel air SBT Bribin diperlukan untuk uji kelayakan air. Hasil uji kualitas air secara fisik, kimia dan biologis beberapa parameter dari air SBT Bribin didapat nilai sebagai berikut :

1. BOD =  $6 > 3,744 > 3 \rightarrow$  termasuk klas III
2. COD =  $11,54 < 25 \rightarrow$  termasuk klas II
3. E. Coli =  $930 < 1000 \rightarrow$  termasuk klas II
4. Total coliform =  $4600 < 5000 \rightarrow$  termasuk klas II
5. Nitrit ( $\text{NO}_2$ ) =  $0,12 < 10 \rightarrow$  termasuk klas II
6. Besi (Fe)  $\rightarrow$  tidak terdeteksi
7. Calsium ( $\text{CaCO}_3$ ) =  $187,2 < 500 \rightarrow$  termasuk klas II
8. Magnesium (Mg) = 2,236

Hasil secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 7 dan 8 .

## BAB V

### PENUTUP

#### KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

1. Sistem jaringan distribusi air bersih yang baru (BR-II) berupa penggabungan antara jaringan distribusi air bersih dari reservoir baru di Kaligoro (RB-2) ke R-4, R-5 dan R-8 yang menggunakan cara gravitasi dengan jaringan distribusi air bersih lama yang masih digunakan. Distribusi air yang lama masih menggunakan pompa dan booster pump.
2.
  - a. Debit inflow rencana sebesar 80 l/dt dari air SBT. Bribin, belum cukup untuk melayani kebutuhan air untuk konsumen  $\pm 75.000$  orang, sebab debit inflow minimum RB-2 seharusnya, sebesar 84 l/dt.
  - b. Kemampuan pelayanan debit 80 l/dt sebesar 91% dari kebutuhan air total.
  - c. Kemampuan pelayanan debit 84 l/dt sebesar 100% dari kebutuhan air total.
  - d. Inflow maksimum agar dapat tertampung pada masing-masing reservoir maka :
    - 1) volume reservoir R-6 diperbesar menjadi  $300 \text{ m}^3$ .
    - 2) volume reservoir R-4 diperbesar menjadi  $350 \text{ m}^3$ .
    - 3) volume reservoir lainnya tetap.
3. Beberapa parameter hasil uji kualitas air SBT. Bribin, secara fisik, kimia dan biologis, meliputi nilai antara lain : BOD, COD, E.Coli, Total

Coliform, Nitrit, Besi (Fe), Cadium ( $\text{CaCO}_3$ ) dan Mg menunjukkan bahwa kualitas rata-rata air SBT. Bribin termasuk kelas II atau kelas B, sehingga dianggap aman dan layak untuk dikonsumsi sebagai air bersih.

## **B. Implikasi**

Hasil penelitian ini bila dilaksanakan akan memberikan implikasi sebagai berikut :

1. Meningkatkan pelayanan akan kebutuhan air bersih para konsumen.
2. Meningkatkan kebersihan, kesehatan dan kesejahteraan masyarakat.
3. Hasil penelitian akan memberikan informasi yang dapat menjadi pedoman, sehingga konsumen merasa aman untuk mengkonsumsi air tersebut.

## **C. Saran**

1. Agar penelitian selanjutnya lebih lengkap, perlu adanya analisis tentang debit kebutuhan air sampai ke konsumen dalam satuan l/dt, bila debit yang tersedia sebesar 80 l/dt.
2. Agar memperoleh hasil uji sampel yang lebih teliti, maka pengambilan sampel air, selain dari air SBT. Bribin, juga diperlukan sampel air dari air tetesan yang berasal dari dolina-dolina atau rekahan-rekahan yang berada didalam gua Bribin.
3. Perhitungan proyeksi perkembangan penduduk 10 tahun mendatang, dapat menjadi pertimbangan dalam menentukan kemampuan kapasitas RB-2 di Kaligoro.

4. Distribusi air dari R-4 dapat langsung ke R-2 melalui jaringan pipa by-pass dengan cara gravitasi.
5. Penelitian selanjutnya agar menfokuskan pada aspek kelayakan ekonomi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2004. *Undang-Undang No.7 Tahun 2004. Tentang Sumber Daya Air*, Bandung : Citra Ambara.
- A. Tresna Sastrawijaya. 2000. *Pencemaran lingkungan*, Jakarta : Rineka Cipta.
- Bambang Soenarto. 2002. *Hidrologi Karst Keluaran Air Sungai Bawah Tanah, Mata Air dan Air Tanah di Daerah Karst Tuban*. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Volume 16 No. 49, Desember 2002.
- Bambang Triatmojo. 1993. *Hidrolika II*, Yogyakarta : Beta Offset.
- BM. Surbakty. 1986. *Teknologi Terapan Air Minum Sehat*, Surakarta : Mutiara Solo.
- Bowles, J.E. 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Jakarta : Erlangga.
- Cay Asdak. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan DAS*, Yogyakarta : Gajah Mada University.
- Chadwich, A. & Morfect, J. 1993. *Hydraulics in civil and Environmental Engineering*, Published by E & FN. Spon, an imprint of Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE 1, 8 HN, UK.
- C, Totok Sutrisno,dkk. 2004. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, Jakarta : Rineka Cipta.
- Cahyo, Na. dan Sudarmadji. 2005. *Kualitas Air Goa-Goa Karst di sekitar cekungan Wonosari (studi kasus)*.
- Daryanto. 1995. *Masalah Pencemaran*, Bandung : Tarsito.
- Eli Dahi. 1990. *Enviromental Engineering in Developing Countries*, Polyteknisk Forlag.
- Giles, R.V. 1984. *Mekanika Fluida dan Hidrolika*, Jakarta : Erlangga.
- Kappler, J. 2003. *Water Resources Management of an Underground River in a karst area in Gunung Kidul, Seminar and Lecture*, Surakarta, UNS.
- KepMen Kes. No. 907. 2002. *Tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum*.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2002. *PP.No. 82 Tahun 2001, Tentang Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air*.

- Koesnadi Hardjasoemantri. 2005. *Hukum Tata Lingkungan*, Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Lund, J.R & Guzman, Joel. 1999. *Journal of water resources planning and management*, May/June, vol.125, No.23.
- NSPM, Kimpraswil. 2002. *Pedoman / petunjuk Teknik dan Manual (Sistem Penyediaan Air Minum Pedesaan)*, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta.
- Nur Yuwono. 1984. *Hidrolika I*, Yogyakarta : PT. Hanindita (80-83)
- Radianto Triatmojo. 2000. *Manual Program Water Net Versi 2.1.* , Yogyakarta, UGM.
- Richard Lee. 1990. *Forest Hydrology*, Yogyakarta : University Press, UGM,
- RJ, Kodoatie. 2005. *Pengantar Manajemen Infra struktur*, Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Setijo Pitoyo & Eling Purwantoyo. 2003. *Deteksi Pencemaran Air Minum*, Semarang : Aneka Ilmu.
- Soenarno. 2003. *Implementasi Kebijakan KIMPRASWIL dalam pengelolaan dan Pelestarian Sumber Daya Air*, Surakarta, UNS.
- Sulastoro. 2003. *Pengelolaan Sumber Daya Air daerah karst*, Seminar Nasional, Surakarta, UNS.
- Suripin. 2001. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*, Yogyakarta : Audi.
- Tatiana, K. 1991. *Pengantar Dasar-dasar Perencanaan Pengadaan Air Bersih pedesaan*, WALHI, YPMD, IRJA, Jakarta : Yayasan Mandiri.
- Unus Suriawiria. 2005. *Air Dalam Kehidupan dan Lingkungan Sehat*, Bandung : PT. Alumni.
- White, W.B. & White, E.L. 1989. *Karst Hydrology*, Van Nostrand Reinhold, 115 Fifth Avenue New York 2003.

