

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Rumusan Masalah.....	3
1.5. Tujuan dan Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Umum	4
2.2. Analisis Ketersediaan Air.....	4
2.2.1. Curah Hujan Rerata.....	4
2.2.2. Evapotranspirasi Potensial (ET _o).....	8
2.2.3. Evapotranspirasi Aktual (ET _a).....	10
2.2.4. Infiltrasi.....	10
2.2.5. Analisis Simulasi Debit Andalan (Metode F.J. Mock)...	12
2.2.5.1. Konsep Dasar.....	12
2.2.5.2. Parameter Karakteristik DAS.....	16
2.3. Kebutuhan Air Bersih.....	17
2.3.1. Proyeksi Jumlah Penduduk.....	17
2.3.2. Kebutuhan Air.....	18
BAB III METODOLOGI	
3.1. Lokasi Studi.....	20
3.2. Analisis Ketersediaan Air.....	20
3.3. Analisis Kebutuhan Air.....	21
3.3.1. Kebutuhan Air Domestik, Municipal (DM).....	21
3.3.2. Kebutuhan Air Irigasi.....	21

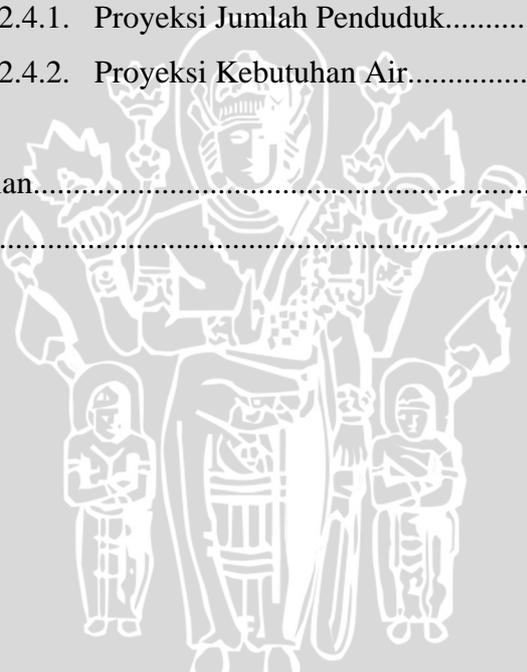
BAB IV DATA DAN ANALISA DATA

4.1. Lokasi Daerah Studi.....	26
4.1.1. Kondisi Geologi.....	26
4.1.2. Luas Sub DAS.....	26
4.2. Analisis Ketersediaan Air.....	26
4.2.1. Perhitungan Curah Hujan Rerata.....	26
4.2.2. Evapotranspirasi Potensial.....	31
4.2.3. Perhitungan Ketersediaan Air.....	34
4.2.3.1. Perhitungan Debit Air Sungai.....	34
4.2.3.2. Debit Andalan	61
4.2.3.3. Perhitungan Volume Airtanah	80
4.2.4. Perhitungan Kebutuhan Air.....	83
4.2.4.1. Proyeksi Jumlah Penduduk.....	83
4.2.4.2. Proyeksi Kebutuhan Air.....	86

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan.....	98
5.2. Saran.....	98

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR TABEL

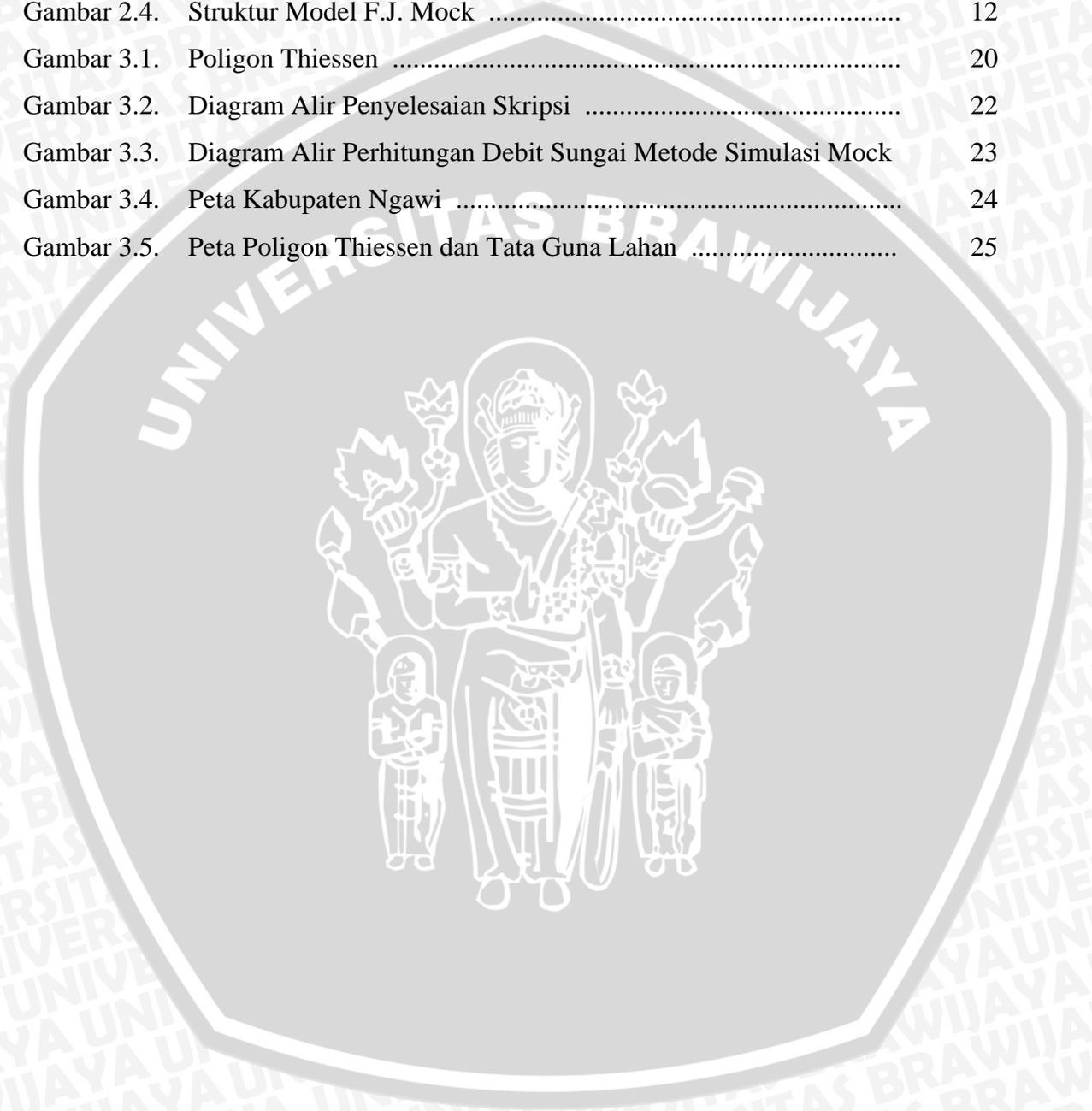
Tabel 2.1.	Pemilihan Metode Penentuan Curah Hujan Berdasarkan Jumlah Pos Penakar Hujan	7
Tabel 2.2.	Pemilihan Metode Penentuan Curah Hujan Berdasarkan Luas DAS	7
Tabel 2.3.	Pemilihan Metode Penentuan Curah Hujan Berdasarkan Topografi	7
Tabel 2.4.	Nilai (R_a Radiasi) Ekstraterestrial (Angot) Setara Penguapan (mm/hari)	9
Tabel 2.5.	Koefisien Infiltrasi Berdasarkan Jenis Batuan (C_i)	11
Tabel 2.6.	Singkapan Lahan Sesuai Tata Guna Lahan	16
Tabel 4.1.	Perhitungan Curah Hujan Rerata Metode Poligon Thiessen Tahun 1997-2006	27
Tabel 4.2.	Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Metode Penmann Modifikasi Standar FAO Menurut Smith (1991)	33
Tabel 4.3.	Perhitungan Singkapan Lahan	34
Tabel 4.4.	Perhitungan Debit Tersedia Metode Mock Tahun 1997-2006	37
Tabel 4.5.	Perhitungan Debit Bulanan dengan Menggunakan Metode Model Tank Tahun 1997-2006	51
Tabel 4.6.	Perhitungan Debit Bulanan dengan Metode F.J. Mock Sub DAS Sawahan (1997-2006)	61
Tabel 4.7.	Perhitungan Debit Andalan 80% (Q_{80}) (Basic Year) dengan Metode F.J. Mock	63
Tabel 4.8.	Debit Andalan 80% (Q_{80}) dengan Metode F.J. Mock Tahun Dasar Perencanaan 2005	63
Tabel 4.9.	Perhitungan Debit Bulanan dengan Tank Model Sub DAS Sawahan (1997-2006)	65
Tabel 4.10.	Perhitungan Debit Andalan 80% (Q_{80}) (Basic Year) dengan Tank Model	67
Tabel 4.11.	Debit Andalan 80% (Q_{80}) dengan Metode F.J. Mock Tahun Dasar Perencanaan 2005	67
Tabel 4.12.	Uji Statika Debit Tahun 1997 – 2006	70
Tabel 4.13.	Perhitungan Volume Airtanah Bulanan Metode F.J Mock Sub DAS Sawahan Tahun 1997-2006	81

Tabel 4.14. Jumlah Penduduk	83
Tabel 4.15. Perhitungan Pertumbuhan Jumlah Penduduk	83
Tabel 4.16. Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk	85
Tabel 4.17. Analisa Hubungan (Korelasi)	85
Tabel 4.18. Perhitungan Kebutuhan Air Domestik	86
Tabel 4.19. Perhitungan Kebutuhan Air Domestik Bulanan	87
Tabel 4.20. Perhitungan Kebutuhan Air Municipal	88
Tabel 4.21. Perhitungan Kebutuhan Air Municipal Bulanan	88
Tabel 4.22. Pertumbuhan Areal Irigasi	89
Tabel 4.23. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi Bulanan	90
Tabel 4.24. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi	90
Tabel 4.25. Perhitungan Volume Kebutuhan Air	91
Tabel 4.26. Perhitungan Volume Ketersediaan Air	92
Tabel 4.27. Perhitungan Neraca Air	93



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Konsep Dasar Neraca Air	4
Gambar 2.2.	Poligon Thiessen	6
Gambar 2.3.	Isohyet	7
Gambar 2.4.	Struktur Model F.J. Mock	12
Gambar 3.1.	Poligon Thiessen	20
Gambar 3.2.	Diagram Alir Penyelesaian Skripsi	22
Gambar 3.3.	Diagram Alir Perhitungan Debit Sungai Metode Simulasi Mock	23
Gambar 3.4.	Peta Kabupaten Ngawi	24
Gambar 3.5.	Peta Poligon Thiessen dan Tata Guna Lahan	25



**ANALISA KETERSEDIAAN AIR DI SUB DAS SAWAHAN
DENGAN METODE SIMULASI MOCK
UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN DOMESTIK MUNICIPAL DAN
PERTANIAN HINGGA TAHUN 2015.**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar sarjana Teknik**



Disusun oleh :

YULIA INDRIANI

NIM. 0210640078

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN PENGAIRAN
MALANG
2007**

**ANALISA KETERSEDIAAN AIR DI SUB DAS SAWAHAN
DENGAN METODE SIMULASI MOCK
UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN
DOMESTIK MUNICIPAL DAN PERTANIAN HINGGA TAHUN 2015.**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar sarjana Teknik**



**Disusun oleh :
YULIA INDRIANI
NIM. 0210640078**

Dosen Pembimbing,

Dr. Ir. Widandi Soetopo, M. Eng
NIP. 131 475 835

Sumiadi, ST, MT.
NIP. 132 258 192

ANALISA KETERSEDIAAN AIR DI SUB DAS SAWAHAN
DENGAN METODE SIMULASI MOCK
UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN
DOMESTIK MUNICIPAL DAN PERTANIAN HINGGA TAHUN 2015

Disusun oleh :

YULIA INDRIANI

NIM. 0210640078

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 18 Juli 2007

DOSEN PENGUJI :

Dr. Ir. Widandi Soetopo, M. Eng
NIP. 131 475 835

Sumiadi, ST, MT.
NIP. 132 258 192

Runi Asmaranto, ST, MT.
NIP. 132 281 765

Ir. Ussy Andawayanti, MS.
NIP. 131 645 151

Mengetahui,
Ketua Jurusan Pengairan

Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS
NIP. 131 629 862

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan lancar.

Dalam penyusunan skripsi ini penyusun mengalami kesulitan, berkat bimbingan dan bantuan semua pihak, segala kesulitan dapat diatasi. Atas bimbingan, dukungan, bantuan dan pengarahan yang diberikan, penyusun tidak lupa menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Widandi Soetopo, M. Eng, selaku pembimbing ,
2. Bapak Sumiadi, ST, MT, selaku pembimbing, atas nasehat dan bimbingannya dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Runi Asmaranto, ST.MT, selaku Penguji, atas masukan dan kritikan untuk kebaikan skripsi ini.
4. Ir. Ussy Andawayanti, MS, selaku penguji, atas masukan-masukannya.
5. Ibu' dan Bapak yang telah menyayangi, mendidikku, membimbingku, menasehatiku, memberikan motivasi-motivasi untukku.
6. Bayu Wicaksono, calon pendamping hidupku, untuk semua kasih sayangnya, canda-candanya, motifasinya, kesetiiaannya. (I Love You).

Dengan segenap kesadaran dan keterbatasan yang ada, maka penyusun mengharapkan masukan, kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini. Demikian yang dapat penyusun persembahkan, semoga bermanfaat bagi semua.

Malang, Juli 2007

Penyusun

Yulia Indriani
NIM 0210640078

ABSTRAK

YULIA INDRIANI, 0210640078-64. ANALISA KETERSEDIAAN AIR DI SUB DAS SAWAHAN DENGAN METODE SIMULASI MOCK UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN DOMESTIK, MUNICIPAL DAN PERTANIAN HINGGA TAHUN 2015. SKRIPSI JURUSAN PENGAIRAN, FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG. Pembimbing Dr. Ir. Widandi Soetopo, M.Eng dan Sumiadi, ST.MT.

Sub DAS Sawahan berada di Kabupaten Ngawi. Secara geografis sub DAS sawahan terletak antara $7^{\circ}21'$ – $7^{\circ}31'$ Lintang Selatan dan $111^{\circ}10'$ – $111^{\circ}40'$ Bujur Timur. Luas sub DAS Sawahan adalah $88,329 \text{ km}^2$. Di daerah studi bahan batuan merupakan jenis vulkanik muda.

Pada saat ini pembangunan di wilayah studi semakin berkembang. Sehingga mengakibatkan perubahan fungsi tata guna lahan, dengan berubahnya fungsi dari lahan tersebut akan mengakibatkan kemampuan tanah menginfiltrasi akan semakin berkurang dan ini merupakan salah satu penyebab menurunnya persediaan air baku itu sendiri. Untuk itulah perlu diketahui jumlah ketersediaan, kebutuhan juga neraca air di Sub DAS Sawahan.

Perhitungan curah hujan rerata menggunakan metode poligon thiesen. Perhitungan evapotranspirasi potensial menggunakan Metode Penmann Modifikasi Standar FAO, sedangkan perhitungan ketersediaan air sungai dan ketersediaan airtanah menggunakan metode simulasi F.J. Mock. Perhitungan kebutuhan air domestik dihitung lima tahunan dengan standart kebutuhan air domestik tahun 2005 -2009 sebesar 60 lt/dt/jiwa , tahun 2010 – 2014 sebesar 90 lt/dt/jiwa dan tahun 2015 sebesar 120 lt/dt/jiwa . Untuk kebutuhan air municipal sebesar 10% dari kebutuhan air domestik. Perhitungan air irigasi dengan standart air irigasi sebesar $1,2 \text{ lt/dt/ha}$ dan pertumbuhan luas lahan irigasi sebesar -15,1%.

Dari hasil perhitungan ternyata ketersediaan air yang ada masih dapat memenuhi kebutuhan air hingga tahun 2015. Meskipun untuk bulan-bulan kering yang tidak terjadi hujan atau bulan-bulan yang intensitas hujannya kecil, ketersediaan air masih dapat mencukupi. Komulatif volume air yang tersedia sebesar $48.978.357 \text{ m}^3$. Sedangkan kebutuhan total yang meliputi kebutuhan domestik, municipal dan irigasi pada tahun 2005 sebesar $41.059.736 \text{ m}^3$, tahun 2010 $19.879.256 \text{ m}^3$ dan tahun 2015 sebesar $16.007.931 \text{ m}^3$.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Air merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui (*renewable resource*), namun kenyataannya air merupakan sumber daya yang mempunyai keterbatasan-keterbatasan dalam segi jumlah, ruang, dan waktu. Misalkan keterbatasan dalam segi jumlah dapat dilihat dari besarnya jumlah air yang ada di bumi. Misalnya jumlah air di bumi (di atmosfer, di atas permukaan tanah di bawah permukaan tanah) adalah sebanyak $1,400 \times 10^{15} \text{ m}^3$. Dalam jumlah tersebut sebagian besar merupakan air laut dengan prosentase 97% berupa air laut, 2% merupakan timbunan salju dan lapisan es, dan 1% berada di darat berupa air dan di atmosfer berupa uap air (C.D Soemarto, 1987 : 16). Air darat mencakup air tawar, payau dan asin.

Air di bumi hanyalah mengulangi siklus hidrologi terdapat proses evaporasi, presipitasi, infiltrasi, dan pelimpahan tanpa mengubah jumlah air itu sendiri. Ini berarti jumlah air di bumi adalah tetap namun hanya wujudnya saja yang berubah. Penyebaran siklus hidrologi tidak merata. Akibat tidak meratanya siklus hidrologi dan penurunan kualitas air menyebabkan adanya perbedaan ketersediaan air dari tahun ke tahun dan juga dari musim ke musim. Di musim hujan air tercurah membanjir, sedangkan di musim kemarau kering kerontang. Dalam waktu yang bersamaan suatu wilayah mengalami kekeringan. Sehingga ketersediaan air itu bersifat lokal dan sesaat. Sifat yang demikian dapat menimbulkan masalah yang serius jika antara kebutuhan air dan ketersediaan air tidak berimbang.

Pada tingkat perkembangannya di Indonesia pada dekade terakhir ini terus mengalami pertumbuhan ekonomi, dan dalam hal ini tidak hanya pada kota-kota besar saja tetapi diikuti semua wilayah yang ada. Pembangunan di bidang ekonomi dilakukan melalui sentra-sentra produksi dan pusat-pusat perekonomian. Seiring dengan upaya peningkatan perekonomian maka laju pertumbuhan penduduk juga mengalami peningkatan dengan cepat. Pertumbuhan penduduk yang sangat pesat tentunya mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan air untuk keperluan sehari-hari, irigasi, pariwisata dan keperluan yang lain.

Selain itu konsekuensi logis dari pembangunan adalah terjadinya perubahan fungsi tata guna lahan, misalnya yang dahulunya sawah atau tanah kosong berubah fungsi menjadi perumahan, perkantoran, pariwisata dan lain sebagainya. Dengan

berubahnya fungsi dari lahan tersebut akan mengakibatkan kemampuan tanah menginfiltrasi akan semakin berkurang dan ini merupakan salah satu penyebab menurunnya persediaan air baku itu sendiri.

Dalam hal ini kondisi sumber daya air yang menjadi pemasok kebutuhan air tersebut secara kuantitatif tidak mengalami peningkatan, bahkan dapat menurun secara kuantitas dan kualitas. Penurunan kualitas dan kuantitas ini akibat pesatnya pertumbuhan kota sehingga akan diikuti oleh pencemaran lingkungan, sedangkan pencemaran lingkungan ini dapat menimbulkan rusaknya ekosistem sumber daya air. Pengrusakan ekosistem tersebut mengakibatkan fluktuasi distribusi air menjadi sangat tajam antara musim kemarau yang kuantitasnya sangat kecil dengan musim hujan yang alirannya melimpah.

Kondisi fluktuasi aliran yang sangat tajam, pada suatu saat akan mengakibatkan terjadinya ketidakseimbangan antara pasokan air dengan kebutuhan maka diperlukan adanya perhitungan proyeksi ketersediaan air dalam jangka waktu tertentu yang berwawasan lingkungan.

Neraca air (*water balance*) merupakan hubungan keseimbangan antara aliran masuk (*inflow*) dan aliran keluar (*outflow*). Aliran masukan dalam kejadian ini diartikan sebagai sejumlah volume air yang masuk ke dalam sistem yang berupa air hujan, sedangkan aliran keluaran adalah air yang diperlukan untuk pemenuhan kebutuhan-kebutuhan dengan tujuan tertentu ditambah dengan kehilangan-kehilangan. Faktor kehilangan yang dimaksudkan disini adalah kehilangan karena evapotranspirasi, infiltrasi dan perkolasi.

Sehubungan dengan ketersediaan air, maka yang akan dihasilkan dari proses neraca air adalah potensi air yang masih tersedia dan dapat dikembangkan untuk pemanfaatan-pemanfaatan yang lainnya. Terutama untuk kebutuhan air industri dan air minum yang akan terus meningkat. Sedangkan untuk kebutuhan air irigasi pemanfaatannya cenderung tetap, tetapi tahun-tahun mendatang diperkirakan akan semakin menurun karena semakin berkurangnya lahan pertanian.

1.2. Identifikasi Masalah

Salah satu dampak dari tidak meratanya siklus hidrologi dan penurunan kualitas air adalah adanya perbedaan ketersediaan air dari tahun ke tahun dan juga dari musim ke musim. Sifat yang demikian dapat menimbulkan masalah yang serius jika antara inflow dan outflow tidak berimbang.

1.3. Batasan Masalah

Karena banyaknya permasalahan yang terjadi, maka dalam kajian ini tidak semua masalah akan di kaji tetapi akan dibatasi dalam beberapa hal. Batasan yang dimaksud antara lain:

1. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan selama sepuluh tahun yaitu dari tahun 1997 sampai tahun 2006.
2. Data curah hujan diambil dari 4 stasiun hujan yaitu stasiun hujan Walikukun, Jogorogo, Begal dan stasiun hujan Ngrambe.
3. Untuk mengetahui besarnya ketersediaan air digunakan Metode Hidrometeorologi (pendekatan *water balance*, F.J Mock).
4. Kebutuhan air yang dihitung adalah kebutuhan air untuk keperluan Domestik, Municipal dan Pertanian.
5. Dalam studi ini menitikberatkan pada kuantitas air sehingga tidak membahas kualitas air.

1.4. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada studi ini antara lain:

1. Berapa ketersediaan air di sub DAS Sawahan?
2. Berapa kebutuhan air di sub DAS Sawahan?
3. Bagaimana neraca air di sub DAS Sawahan?

1.5. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari studi ini adalah:

1. Mengetahui ketersediaan air di sub DAS Sawahan.
2. Mengetahui kebutuhan air di sub DAS Sawahan.
3. Mengetahui neraca air di sub DAS Sawahan.

Manfaat dari studi ini adalah untuk memberikan bahan masukan dan pertimbangan bagi pemerintah setempat agar potensi air yang ada dimanfaatkan dengan optimal dan pada akhirnya dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Secara kuantitatif, neraca air menggambarkan sebuah prinsip bahwa selama periode waktu tertentu masukan air total sama dengan keluaran air total ditambah dengan perubahan air cadangan (*change in storage*). Nilai perubahan air cadangan dapat bertanda positif atau negatif.



Gambar 2.1. Konsep Dasar Neraca Air.

Secara umum persamaan neraca air dirumuskan dengan (Sri Harto Br., 2000):

$$I = O \pm \Delta S \tag{2 - 1}$$

dengan :

I = masukan (*inflow*)

O = keluaran (*outflow*)

ΔS = perubahan cadangan air (*change in storage*)

2.2. Analisis Ketersediaan Air

2.2.1. Curah Hujan Rerata

Untuk mendapatkan nilai curah hujan rata-rata dapat dilakukan dengan tiga metoda, yaitu :

1. Metoda Aritmetik

Metoda ini merupakan merupakan metode yang paling sederhana dalam perhitungan hujan kawasan karena di dasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Cara ini cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar, alat penakar tersebar merata/ hampir merata, dan harga individual curah hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya. Curah hujan rerata daerah diperoleh dari persamaan (Suripin,2004:27):

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \tag{2-2}$$

dimana P_1, P_2, \dots, P_n merupakan curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1, 2, 3, ..., n dan n adalah banyaknya pos penakar hujan.

2. Metoda Polygon Thiessen

Metode ini dikenal sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak sehingga hasil Metode Poligon Thiessen ini lebih akurat dibandingkan dengan Metode Rata-rata Hitung. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antar dua pos penakar hujan terdekat. Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan yang lainnya adalah linier dan bahwa sebaran pos dianggap mewakili kawasan terdekat.

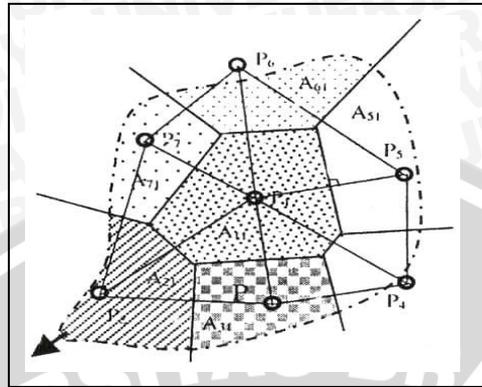
Garis-garis bagi tegak lurus dari garis penghubung ini membentuk poligon-poligon di sekitar masing-masing stasiun. Sisi-sisi setiap poligon merupakan batas luar aktif yang diasumsikan untuk stasiun yang bersangkutan. Luas masing-masing poligon dinyatakan sebagai persentase dari luas total. Curah hujan rata-rata untuk seluruh luas dihitung dengan mengalikan hujan pada masing-masing stasiun dengan persentase luasnya dan menjumlahkannya. Metoda ini menganggap variasi hujan linear atau mengabaikan pengaruh pengaruh orografis.

Prosedur penerapan metode sebagai berikut :

- Lokasi pos penakar hujan diplot pada peta DAS dan antar pos penakar dibuat garis lurus penghubung.
- Tarik garis tegak lurus ditengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa hingga membentuk Poligon Thiessen. Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan pos penakar yang ada di dalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap pos lainnya. Selanjutnya, curah hujan pada pos tersebut dianggap representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan
- Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS (A) dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasan poligon.
- Curah hujan rerata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut (Suripin,2004:28):

$$P = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + \dots + P_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2-3)$$

dimana P_1, P_2, \dots, P_n merupakan curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1, 2, ..., A_1, A_2, \dots, A_n adalah luas areal poligon 1, 2, ..., n. Dan n adalah banyaknya pos penakar hujan.



Gambar 2.2. Poligon *Thiessen* (Sumber : Suripin, 2004 : 28)

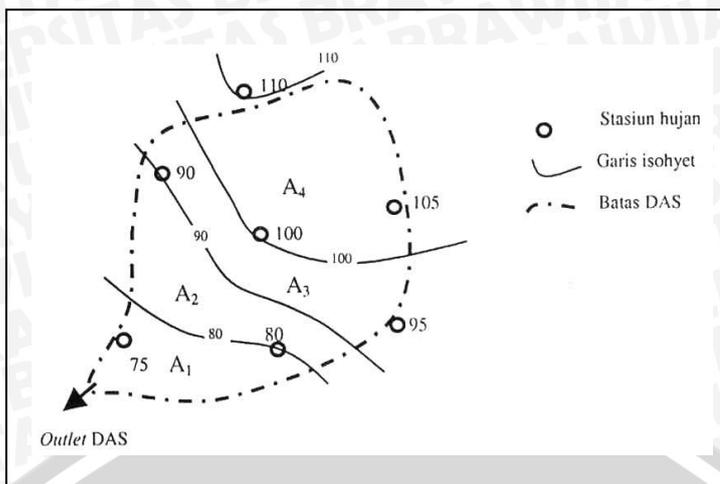
3. Metoda Isohyet

Isohyet adalah kontur yang menghubungkan titik-titik dengan ketebalan hujan yang sama dimana dua garis isohyet tidak pernah saling berpotongan. Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan curah hujan rerata daerah, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Pada metode ini dapat mengoreksi asumsi Metode Poligon Thiessen dimana tiap-tiap pos penakar mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya. Hal itu disebabkan pada metode ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan.

Langkah-langkah dengan menggunakan metode ini sebagai berikut :

- Plot data kedalaman air hujan untuk tiap-tiap pos penakar hujan.
- Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. Interval isohyet yang umum dipakai adalah 10 mm.
- Hitung luas area antar dua garis isohyet dengan menggunakan planimeter. Kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua isohyet yang berdekatan.
- Hitung curah hujan rerata DAS dengan persamaan sebagai berikut (Suripin,2004:30):

$$P = \frac{A_1 \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) + A_2 \left(\frac{P_2 + P_3}{2} \right) + \dots + A_{n-1} \left(\frac{P_{n-1} + P_n}{2} \right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}} \quad (2-4)$$



Gambar 2.3. Isohyet (Sumber : Suripin, 2004 : 28)

Terlepas dari kelebihan dan kekurangan ketiga metode tersebut, pemilihan metode yang cocok dipakai dalam perhitungan curah hujan rerata daerah dapat dilihat pada tabel berikut dengan mempertimbangkan beberapa faktor sebagai berikut :

a. Jaring-jaring pos penakar hujan

Tabel 2.1. Pemilihan Metode Penentuan Curah Hujan Berdasarkan Jumlah Pos Penakar Hujan.

Jumlah Pos Penakar Hujan	Metode
Cukup	Isohyet, poligon Thiessen, atau Rata-rata Hitung
Terbatas	Rata-rata Hitung atau poligon Thiessen
Tunggal	Hujan Titik

Sumber : Suripin, 2004 :31

b. Luas DAS

Tabel 2.2. Pemilihan Metode Penentuan Curah Hujan Berdasarkan Luas DAS

Luas DAS	Metode
DAS besar (> 5000 km ²)	Isohyet
DAS sedang (500 s/d 5000 km ²)	Poligon Thiessen
DAS kecil (< 500 km ²)	Rata-rata hitung

Sumber : Suripin, 2004 :31

c. Topografi DAS

Tabel 2.3. Pemilihan Metode Penentuan Curah Hujan Berdasarkan Topografi

Topografi	Metode
Pegunungan	Rata-rata hitung
Dataran	Poligon Thiessen
Berbukit dan tidak beraturan	Isohyet

Sumber : Suripin, 2004 :32

2.2.2. Evapotranspirasi Potensial (ET_o)

Peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah bebas ke udara disebut evaporasi. Sedangkan peristiwa penguapan air melalui permukaan daun-daun tanaman disebut transpirasi. Bila kedua proses tersebut terjadi pada saat yang sama disebut evapotranspirasi.

Besarnya evaporasi berhubungan erat dengan faktor iklim yang meliputi suhu udara, kecepatan angin, kelembaban udara dan kecerahan matahari. Oleh karena perkiraan besarnya evaporasi yang didapat merupakan evaporasi potensial. Berbagai rumus telah dikembangkan untuk menghitung harga evaporasi potensial, diantaranya:

1. Blaney-Criddle
2. Radiasi
3. Penmann

Dalam kajian ini yang digunakan adalah rumus Standar FAO. Menurut Smith (1991) persamaan standar FAO dikembangkan untuk menghitung evapotranspirasi potensial berdasarkan Persamaan Penman-Montieth (1965), persamaannya dapat ditulis sebagai berikut (Soewarno,2000:163):

$$ET_o = K_v \cdot \frac{\delta * R_n/L + \tau [(900/T_k)*U_2*(e_s - e_a)]}{\delta + \tau (1 + 0,34 U_2)} \quad (2-5)$$

Dimana:

ET_o = evapotranspirasi potensial(mm/hari)

δ = kemiringan kurva tekanan uap terhadap temperature (kPa/°C)

L = panas laten untuk penguapan (MJ/kg)

τ = konstanta psikometrik = 0,06466 kPa/°C

R_n = radiasi bersih (MJ/m²/hari)

U₂ = kecepatan angin pada tinggi 2 m (m/det)

e_a = tekanan uap aktual (kPa)

e_s = tekanan uap jenuh (kPa)

RH = kelembaban relatif (%)

R_a = radiasi ekstra teresterial (mm/hari)

α = albedo

n/N = durasi penyinaran matahari relatif (%)

β = konstanta Stefan-Boltzman = 4,90 x 10⁻⁹ MJ/m²/K⁻⁴/hari

T_k = temperatur udara (°K), (°K = 273,15 + °C)

900 = konstanta (kg °K/kJ)

Dengan:

$$e_s = 0,611 \exp [17,27 T/(T + 237,3)] \quad (2-6)$$

$$e_a = e_s \times RH \quad (2-7)$$

$$\delta = 4089 \times e_s / (T + 237,3)^2 \quad (2-8)$$

$$L = 2,501 - (2,361 \times 10^{-3})T \quad (2-9)$$

$$R_s = R_a (0,25 + 0,5 n/N) \quad (2-10)$$

$$R_b = \beta \cdot T_k^4 \cdot (0,34 - 0,14 \cdot e_a^{0,5})(0,10 + 0,90 n/N) \quad (2-11)$$

$$R_n = R_s (1 - \alpha) - R_b \quad (2-12)$$

K_v = koefisien vegetasi = 0,90 (Rob. Van der Weert, 1994)

Tabel 2.4. Nilai (Ra Radiasi) Ekstraterrestrial (Angot) Setara Penguapan (mm/hari)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
Lintang Utara												
10	13,2	14,2	15,3	15,7	15,5	15,3	15,3	15,5	15,3	14,7	13,6	12,9
8	13,6	14,5	15,3	15,6	15,3	15,0	15,1	15,4	15,3	14,8	13,9	13,3
6	13,9	14,8	15,4	15,4	15,1	14,7	14,9	15,2	15,3	15,0	14,2	13,7
4	14,3	15,0	15,5	15,5	14,9	14,4	14,6	15,1	15,3	15,1	14,5	14,1
2	14,7	15,3	15,6	15,3	14,6	14,2	14,3	14,9	15,3	15,3	14,8	14,4
0	15,0	15,5	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8
Lintang Selatan												
0	15,0	15,5	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8
2	15,3	15,7	15,7	15,1	14,1	13,5	13,7	14,5	15,2	15,5	15,3	15,1
4	15,5	15,8	15,6	14,9	13,8	13,2	13,4	14,3	15,1	15,6	15,5	15,4
6	15,8	16,0	15,6	14,7	13,4	12,8	13,1	14,0	15,	15,7	15,8	15,7
8	16,1	16,1	15,5	14,4	13,1	12,4	12,7	13,7	14,9	15,8	16	16,0
10	16,4	16,3	15,5	14,2	12,8	12,0	12,4	13,5	14,8	15,9	16,2	16,2

Sumber: Soewarno,2000:142

2.2.3. Evapotranspirasi Aktual (ETa)

Evapotranspirasi aktual adalah evapotranspirasi yang terjadi sesungguhnya sesuai dengan keadaan persediaan air/kelembaban tanah yang tersedia.

Di Indonesia, Mock pada tahun 1973, menyarankan memperkirakan ETa untuk analisis neraca air, dengan persamaan menggunakan data di Indonesia sebagai berikut (Soewarno,2000:173):

$$ETa = ETo - ETo (m/20)(18 - Nr) \quad (2-13)$$

Dimana:

ETa = evapotranspirasi aktual (mm/bulan)

ETo = evapotranspirasi potensial (mm/bulan)

m = luas kawasan tidak bervegetasi (%)

Nr = jumlah hari hujan/bulan

2.2.4. Infiltrasi

Infiltrasi yaitu proses masuknya air hujan ke dalam permukaan tanah/batuan melalui gaya gravitasi dan kapiler (lihat ilustrasi diatas). Jumlah air yang masuk tersebut bergantung pada jenis atau macam tanah /batuan. Kemampuan untuk memasukkan air hujan ini dinyatakan dalam Infiltrasi (I). Sedangkan kapasitas untuk memasukkan air hujan ini dinyatakan sebagai Faktor Infiltrasi/Kapasitas Infiltrasi (k).

Faktor-faktor yang mempengaruhi infiltrasi adalah (Sosrodarsono,S.1987:77-79):

- a. Dalamnya genangan di atas permukaan tanah
- b. Kelembaban tanah
- c. Pemampatan oleh curah hujan
- d. Penyumbatan oleh bahan-bahan halus
- e. Pemampatan oleh orang dan hewan
- f. Struktur tanah
- g. Tanaman penutup tanah
- h. Udara yang terdapat dalam tanah

Infiltrasi yang tinggi terjadi pada permulaan terjadinya hujan dan mengecil setelah kandungan air pada tanah meningkat. Nilai infiltrasi dapat dihitung dengan rumus:

$$I_n = W_{s_n} \cdot C_i \quad (2-14)$$

Dengan:

- I_n = infiltrasi (mm), dalam per bulan tertentu dalam luas 1 m^2 .
- W_{s_n} = *water surplus* (mm), dalam per bulan tertentu dalam luas 1 m^2 .
- C_i = koefisien infiltrasi.
- Indeks n menyatakan perhitungan dalam bulan tertentu n.

Koefisien infiltrasi ditentukan berdasarkan porositas tanah, kemiringan daerah pengaliran dan keadaan geologi. Koefisien infiltrasi merupakan banyaknya porositas tanah yang bisa mengalirkan air bila infiltrasi merupakan aliran melewati pipa-pipa kecil dalam jumlah banyak. Dalam simulasi Mock, infiltrasi tinggi pada permulaan hujan dan mengecil setelah kandungan air pada tanah meningkat pada satu kejadian

hujan. Infiltrasi yang diperhitungkan adalah dari beberapa kejadian hujan dalam satu bulan. Pada tabel 2.5 menyajikan besarnya koefisien infiltrasi berdasarkan jenis batuan.

Tabel 2.5. Koefisien Infiltrasi Berdasarkan Jenis Batuan (C_i)

No	Jenis Batuan	C_i
1.	Vulkanik muda	0,30 – 0,50
2.	Vulkanik tua, muda dan sedimen	0,15 – 0,25
3.	Batu pasir	0,15
4.	Sedimen lanau, batu cukup kedap	0,15
5.	Batu gamping	0,30 – 0,50

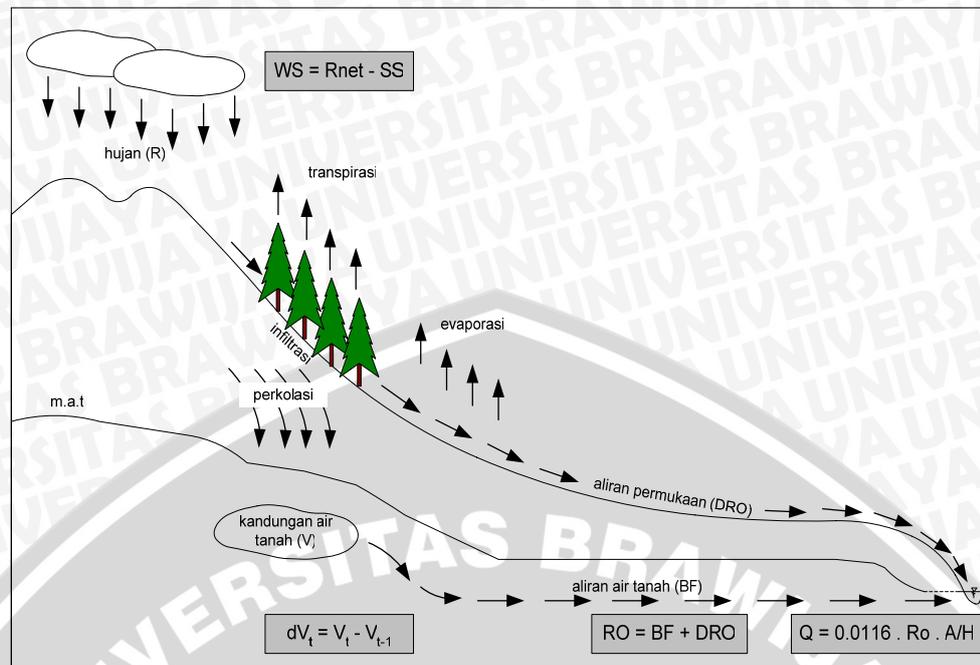
Sumber: Suhardjono, 1989

2.2.5. Analisis Simulasi Debit Andalan (Metode F.J. Mock)

2.2.5.1. Konsep Dasar.

Metode ini menganggap bahwa hujan yang jatuh pada *catchment area* sebagian akan hilang sebagai evapotranspirasi, sebagian akan langsung menjadi *direct run off* dan sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*). Infiltrasi ini pertama-tama akan menjenuhkan *top-soil* dulu baru kemudian menjadi perkolasi ke tampungan air tanah yang nantinya akan keluar ke sungai sebagai *base flow*. Dalam hal ini harus ada keseimbangan antara hujan yang jatuh dengan evapotranspirasi, *direct run off* dan infiltrasi sebaai *soil moisture* dan *ground water discharge*. Aliran dalam sungai adalah jumlah aliran yang langsung di permukaan tanah (*direct run off*) dan *base flow* (Sri Harto Br., 1988).

Metode Mock mempunyai dua prinsip pendekatan perhitungan aliran permukaan yang terjadi di sungai, yaitu neraca air di atas permukaan tanah dan neraca air bawah tanah yang semua berdasarkan hujan, iklim dan kondisi tanah.



Gambar 2.4. Struktur Model F.J. Mock.

Rumus untuk menghitung aliran permukaan terdiri dari (Sri Harto Br., 1988):

$$- \text{Hujan netto } R_{net} = (R - ETa) \quad (2-15)$$

dengan :

$$ETa = ET_o - E \quad (2-16)$$

$$E = ET_o \cdot Nd/N.m \quad (2-17)$$

$$- \text{Neraca air di atas permukaan (WS)} = R_{net} - SS \quad (2-18)$$

dengan :

$$SS = SM_t + SM_{t-1} \quad (2-19)$$

$$SM_t = SM_{t-1} + R_{net} \quad (2-20)$$

- Neraca air di bawah permukaan

$$dV_t = V_t - V_{t-1} \quad (2-21)$$

dengan:

$$I = C_i \cdot WS \quad (2-22)$$

$$V_t = \frac{1}{2}(1+k) \cdot I + k \cdot V_{t-1} \quad (2-23)$$

- Aliran permukaan

$$RO = BF + DRO \quad (2-24)$$

Dalam satuan debit

$$- Q = 0,0116 \cdot RO \cdot A/H \quad (2-25)$$

dengan :

$$BF = I - dVt \quad (2 - 26)$$

$$DRO = WS - I \quad (2 - 27)$$

Dimana notasi rumus di atas:

R_{net} = hujan netto, mm.

R = hujan, mm.

ET_o = evapotranspirasi potensial, mm.

ET_a = evapotranspirasi aktual, mm.

N = jumlah hari dalam satu bulan, hari.

N_d = jumlah hari kering (tidak hujan), hari.

N_r = jumlah hari hujan, hari.

WS = kelebihan air, mm.

SS = daya serap tanah atas air, mm.

SM = kelembaban tanah, mm.

dV = perubahan kandungan air tanah, mm.

V_t = kandungan air tanah, mm.

I = laju infiltrasi, mm.

C_i = koefisien infiltrasi (<1).

k = koefisien resesi aliran air tanah (<1).

DRO = aliran langsung, mm.

BF = aliran air tanah (mm).

RO = aliran permukaan, mm.

H = jumlah hari kalender dalam sebulan, hari.

m = bobot lahan tak tertutup vegetasi ($0 < m < 40\%$).

A = luas DPS, km^2 .

Q = debit aliran permukaan, m^3/det .

t = waktu tinjau (periode sekarang t dan yang lalu $t-1$).

Untuk selanjutnya, yang digunakan dalam perhitungan debit andalan adalah distribusi normal. Penggunaannya didasarkan atas pertimbangan bahwa distribusi ini banyak digunakan dalam analisis hidrologi, seperti dalam analisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi rata-rata curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan dan sebagainya. Beberapa metode yang digunakan dalam analisis distribusi peluang adalah (Soewarno, 1995):

1. Metode Kalifornia.

Dengan metode ini, peluang keandalan (X_m) dihitung dengan rumus :

$$P(X_m) = \frac{m}{N}, \text{ atau} \quad (2-28)$$

$$T(X_m) = \frac{N}{m} \quad (2-29)$$

2. Metode Hazen.

Dalam metode Hazen (*Hazen or Forster Method*, 1930 dalam Soewarno, 1995 : 114), peluang dari X_m dihitung dengan rumus :

$$P(X_m) = \frac{2m-1}{2N}, \text{ atau} \quad (2-30)$$

$$T(X_m) = \frac{2N}{2m-1} \quad (2-31)$$

3. Metode Bernard dan Bos-Levenbeach.

Besarnya peluang pada metode ini dirumuskan sebagai berikut :

$$P(X_m) = \frac{m-0,3}{N+0,4}, \text{ atau} \quad (2-32)$$

$$T(X_m) = \frac{N+0,4}{m-0,3} \quad (2-33)$$

Metode ini digunakan di daerah delta di negeri Belanda.

4. Metode Weibull.

Rumusan peluang yang diberikan adalah :

$$P(X_m) = \frac{m}{N+1}, \text{ atau} \quad (2-34)$$

$$T(X_m) = \frac{N+1}{m} \quad (2-35)$$

5. Metode Lainnya.

- Metode Blom :

$$P(X_m) = \frac{m - \left(\frac{3}{8}\right)}{N + 0,25} \quad (2-36)$$

- Metode Turkey :

$$P(X_m) = \frac{3m-1}{3N+1} \quad (2-37)$$

- Metode Gringorten :

$$P(X_m) = \frac{m-0,44}{N+0,12} \quad (2-38)$$

Dengan :

X_m = Kumpulan nilai/debit yang diharapkan terjadi dengan keandalan t tertentu. $X_m = X \geq x$ adalah kumpulan nilai X yang besar atau sama dengan suatu nilai x tertentu. $X_m = X \leq x$ adalah kumpulan nilai X yang lebih kecil atau sama dengan nilai x tertentu.

$P(X_m)$ = Peluan terjadinya kumpulan nilai/debit yang diharapkan selama periode pengamatan.

N = Jumlah pengamatan dari variat X /data debit.

m = Nomorurut kejadian, atau peringkat kejadian.

$T(X_m)$ = Periode ulang dari kejadian X_m sesuai dengan sifat kumpulan nilai yang diharapkan (X_m). Untuk $X_m = X \geq x$, maka m adalah nomorurut kejadian dengan urutan variatdari besar ke kecil. Untuk $X_m = X \leq x$, maka m adalah nomorurut kejadian dengan urutan variat dari kecil ke besar.

Dari beberapa metode untuk melakukan analisis dengan distribusi normal diatas, yang akan digunakan dalam penelitian adalah Metode Weibull. Penggunaan metode ini didasarkan dengan pertimbangan bahwa metode ini sering digunakan untuk analisis peluang dan penentuan periode peluang karena dapat digunakan untuk sekelompok data tahunan atau partial.

2.2.5.2. Parameter Karakteristik DAS.

Pada model F.J. MOCK ada lima parameter yang menggambarkan karakteristik DPS yang besar pengaruhnya terhadap keluaran sistem, yaitu :

1. Singkapan lahan (m).

Singkapan lahan disesuaikan dengan penggunaan tata guna lahan . Prosentase singkapan lahan ini berpengaruh terhadap evapotranspirasi aktual yang terjadi, yang membedakan dengan evapotranspirasi potensial.

Tabel 2.6. Singkapan Lahan Sesuai Tata Guna Lahan

No	Jenis Penggunaan lahan	m (%)
1.	Hutan Lebat	0
2.	Lahan Tererosi	10-40
3.	Lahan Pertanian (Sawah Ladang)	30-50

Sumber : Pertemuan Ilmiah Tahunan HATHI IV, yang diambil dari Laporan Penunjang Hidrologi BENDALI Sepinggang Balikpapan.

2. Koefisien Infiltrasi.

Infiltrasi adalah gerakan air dari atas ke dalam permukaan tanah. Gerakan air ini disebabkan antara lain oleh berat air sendiri, rekahan tanah (celah tanah) yang cukup dan tingkat kejenuhan dari tanah tersebut. Koefisien infiltrasi (C_i) ditentukan berdasarkan kondisi porositas tanah dan kemiringan daerah pengaliran.

3. Kapasitas kelembaban tanah (*soil moisture capacity*)

Kapasitas kelembaban tanah adalah banyaknya air yang dapat dikandung oleh tanah (Sosrodarsono, S.1987:72). Besarnya kapasitas ditentukan berdasarkan kondisi porositas lapisan tanah atas per 1 m^2 . pada simulasi Mock besarnya kapasitas kelembaban tanah ditentukan berdasarkan kelembaban maksimum tanah tersebut. Misalnya untuk tanah dengan kelembaban tanah maksimum 25% maka kapasitas tanah tersebut 25 cm air pada tanah seluas 1 m^2 . Biasanya kelembaban tanah ditaksir berkisar antara 50 sampai dengan 250 mm per m^2 . Perubahan kandungan air tanah di daerah lengas tanah (*soil storage*) adalah selisih antara kelembaban tanah (*soil moisture capacity*) bulan sekarang dengan bulan sebelumnya (Sosrodarsono, S.1987:74).

4. Initial Storage.

Initial Storage adalah besarnya *volume* air pada saat awal perhitungan.

5. Faktor Resesi Air tanah

Dalam perhitungan kandungan air tanah (*Ground Water Storage*) terdapat faktor resesi aliran air tanah (k), yakni perbandingan air tanah pada suatu bulan dengan aliran air tanah pada awal bulan.

2.3. Kebutuhan Air Bersih

Secara umum pemanfaatan sumberdaya air dibedakan dalam 3 kelompok, antara lain (Bagpro PBPP Brantas PSA Jawa Timur, Departemen Kimpraswil, 2003):

1. Pemanfaatan air untuk domestik antara lain air minum, air bersih, perkantoran, peribadatan, pertokoan, rumah sakit, perhotelan, penggelontoran.

2. Pemanfaatan air untuk pertanian antara lain persawahan, perkebunan, peternakan, perikanan.
3. Pemanfaatan air untuk industri antara lain industri berat, industri sedang, industri ringan, pertambangan, pembangkit listrik tenaga air.

Agar proses analisis kebutuhan air lebih mudah dilakukan, maka pembagian kelompok pengguna air dibedakan menjadi :

- a. Kebutuhan air rumah tangga / domestik (Q_{domestik})
- b. Kebutuhan air irigasi (Q_{irigasi})
- c. Kebutuhan air peternakan ($Q_{\text{peternakan}}$)
- d. Kebutuhan air perikanan/tambak ($Q_{\text{perikanan}}$)
- e. Kebutuhan air industri (Q_{industri})
- f. Kebutuhan air untuk pariwisata, pertambangan dan pelabuhan

Pada studi ini, hanya menghitung kebutuhan air domestik municipal, kebutuhan air irigasi.

Sebagai langkah awal dalam menghitung kebutuhan air bersih adalah memperkirakan jumlah penduduk sampai jangka waktu tertentu dan menetapkan tingkat kehidupan penduduk setempat. Dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

2.3.1. Proyeksi Jumlah Penduduk

Untuk menentukan berapa besar kebutuhan air perlu ditinjau pertumbuhan penduduk yang ada pada saat ini dan perkembangannya dimasa yang akan datang. Metode yang digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk ada 2 metode yaitu (Subarkah, 1980:55):

1. Pertumbuhan Geometri (*Geometric Rate of Growth*)

Perkiraan laju pertumbuhan geometri diasumsikan mengikuti deret geometris dengan rasio pertumbuhan adalah sama untuk setiap tahun. Rumus dari rasio pertumbuhan geometri adalah (Muliakusuma, 2000 : 254) :

$$P_n = P_0 \cdot (1+r)^n \quad (2-39)$$

dimana:

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk pada awal tahun (jiwa)

r = angka pertumbuhan penduduk (%)

n = interval waktu (tahun)

2. Pertumbuhan Eksponensial (*Exponential Rate of Growth*)

Perkiraan laju pertumbuhan eksponensial diasumsikan penambahan penduduk secara terus menerus setiap hari dengan angka pertumbuhan konstan. Perhitungannya menggunakan rumus sebagai berikut (Muliakusuma, 2000 : 254) :

$$P_n = P_0 \cdot e^{rn} \quad (2-40)$$

dimana:

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk pada awal tahun (jiwa)

r = angka pertumbuhan penduduk (%)

n = interval waktu (tahun)

e = bilangan logaritma natural (2,718281828)

2.3.2. Kebutuhan Air

Kebutuhan air pada saat ini yang ada di wilayah studi adalah kebutuhan air domestik, municipal, dan irigasi.

a. Kebutuhan air domestik, municipal (DM)

Yang dimaksud dengan kebutuhan DM adalah kebutuhan air rumah tangga, dan municipal. Kebutuhan air DM merupakan prioritas yang utama dalam pengembangan sumber daya air.

1. Kebutuhan Domestik

Kebutuhan domestik diartikan sebagai kebutuhan air rumah tangga. Penggunaan air ini meningkat secara proporsional dengan jumlah penduduk pada umumnya. Untuk menghitung jumlah kebutuhan air domestik digunakan rumus:

$$Q_D = J_p \times K_p \quad (2-41)$$

Dengan:

Q_D = kebutuhan air domestik (lt)

J_p = jumlah penduduk (jiwa)

K_p = standart kebutuhan air penduduk (lt/hari/jiwa).

Kebutuhan air per orang per hari disesuaikan dengan dimana orang tersebut tinggal. Dalam setiap kategori kota tertentu orang mempunyai kebutuhan akan air yang berbeda satu sama lain yaitu :

Tabel 2.4. Standar Kebutuhan Air Bersih

Kategori Kota	Kebutuhan Air Bersih (liter/orang/hari)
Kota Metropolitan	150-200
Kota Besar	120-150
Kota Sedang	90-120
Kota Kecil	60-90
Desa	40-60

Sumber : DPU Cipta Karya, 1984

2. Kebutuhan Municipal

Kebutuhan municipal diartikan sebagai kebutuhan air sektor komersial atau non domestik. Kebutuhan air non domestik diasumsikan 10% dari total air domestik (Laporan Akhir P3KT Jawa Timur).

$$Q_M = 10\% \times J_P \times K_P \quad (2-42)$$

Dengan:

Q_M = kebutuhan air *municipal* (lt)

J_P = jumlah penduduk (jiwa)

K_P = standart kebutuhan air penduduk (lt/hari/jiwa)

Kebutuhan air DM dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q_{DM} = Q_D + Q_M \quad (2-43)$$

Dengan:

Q_{DM} = kebutuhan air domestik *municipal* (lt)

Q_D = kebutuhan air domestik (lt)

Q_M = kebutuhan air *municipal* (lt)

b. Kebutuhan air irigasi

Kebutuhan air untuk irigasi dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q_{IR} = A \times S_{IR} \quad (2-44)$$

Dengan:

Q_{IR} = Kebutuhan air irigasi (lt)

A = Luas areal irigasi (ha)

S_{IR} = Standart kebutuhan air irigasi (lt/det/ha)

Pola tanam dan intensitas tanam (*crop intencity*) sangat berpengaruh pada kebutuhan air. Pola penanaman di daerah studi rata-rata menggunakan sistem tanam dengan pola padi-padi-palawija. Untuk standar kebutuhan air di sawah di wilayah studi digunakan 1,2 lt/det/ha.

BAB III METODOLOGI

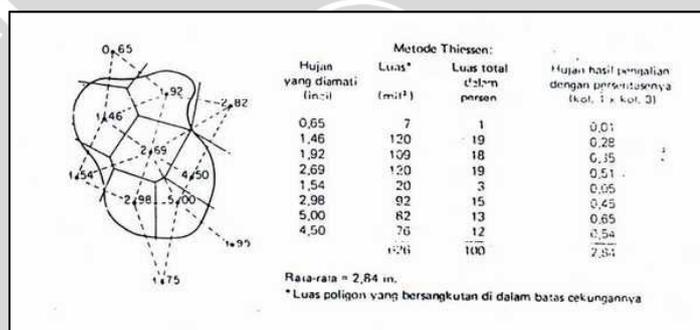
3.1. Lokasi Studi

Wilayah studi yang diambil adalah sub DAS Sawahan yang berada di Kabupaten Ngawi. Secara geografis sub DAS Sawahan terletak antara 7^o21' – 7^o31' Lintang Selatan dan 111^o10' – 111^o40' Bujur Timur. Luas sub DAS Sawahan adalah 88,329 km².

3.2. Analisis Ketersediaan Air

1. Menghitung Curah Hujan Rerata

Perhitungan curah hujan pada wilayah studi ini digunakan metode Poligon Thiessen dengan rumus:



Gambar 3.1. Poligon Thiessen

$$CH_{\text{rerata}} = A_1.P_1 + A_2.P_2 + \dots + A_n.P_n \quad (3-1)$$

Dimana :

CH_{rerata} = Curah hujan rerata (mm)

P_1 = Jumlah Curah Hujan (mm)

A_1 = Luas daerah Poligon 1 (Koefisien Thiessen) (%)

2. Menghitung Evapotranspirasi Potensial

- Berdasarkan data klimatologi dapat diketahui suhu bulanan rata-rata (°C), suhu bulanan minimum (°C), suhu bulanan maksimum (°C), kelembaban relatif bulanan rata-rata (%), kelembaban relatif bulanan maksimum (%), kelembaban relatif bulanan minimum (%), kecerahan matahari bulanan rata-rata (%), kecepatan angin bulanan rata-rata (m/det)
- Menghitung e_s berdasarkan persamaan (2-6)
- Menghitung e_a berdasarkan persamaan (2-7)
- Menghitung δ berdasarkan persamaan (2-8)

- Menghitung L berdasarkan persamaan (2-9)
 - Menghitung Ra berdasarkan tabel 2.1.
 - Menghitung Rs berdasarkan persamaan (2-10)
 - Menghitung Rb berdasarkan persamaan (2-11)
 - Menghitung Rn berdasarkan persamaan (2-12)
 - Menghitung ETo berdasarkan persamaan (2-5)
3. Menghitung Hujan netto berdasarkan persamaan (2-15)
 4. Menghitung Neraca air di atas permukaan (WS) berdasarkan persamaan (2 – 18)
 5. Menghitung Neraca air di bawah permukaan berdasarkan persamaan (2 – 21)
 6. Aliran permukaan berdasarkan persamaan (2 – 24)
 7. Menghitung debit tersedia berdasarkan persamaan (2 – 25)
 8. Menghitung volume airtanah

Volume airtanah = Luas Sub Das x Kandungan airtanah

9. Menghitung debit Andalan
 - Mengurutkan hasil perhitungan debit tersedia tiap tahun mulai dari yang besar hingga kecil,
 - Menghitung probabilitas untuk masing-masing data dengan persamaan Weibull (Subarkah, 1980 : 111), persamaan (2-3)

3.3. Analisis Kebutuhan Air

3.3.1. Kebutuhan air domestik, municipal (DM)

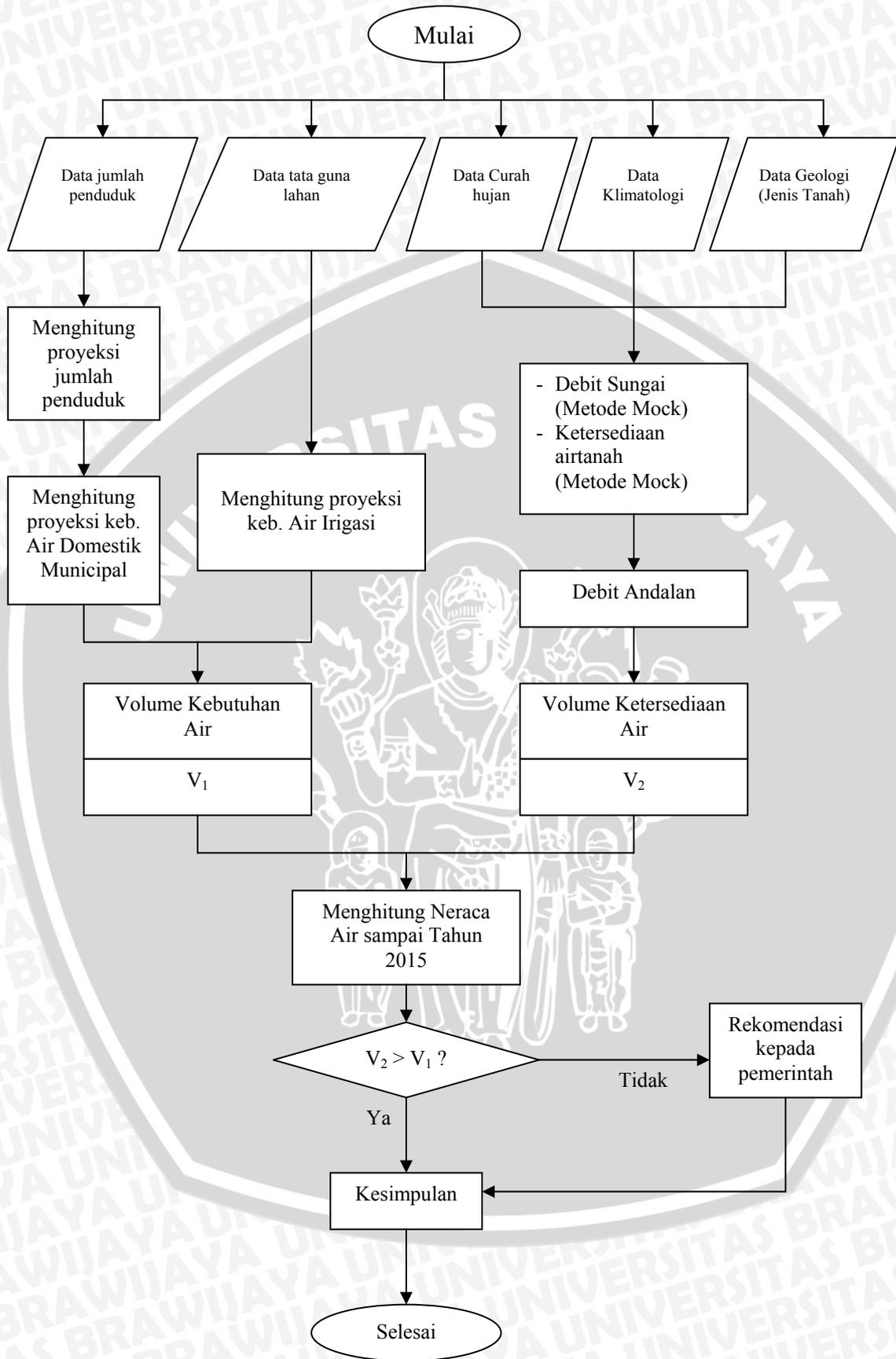
Langkah-langkah perhitungan kebutuhan air domestik, municipal (DM) sebagai berikut:

1. Menghitung proyeksi jumlah penduduk berdasarkan persamaan (2-39) dan (2-40)
2. Menghitung kebutuhan air domestik berdasarkan persamaan (2-41)
3. Menghitung kebutuhan Municipal berdasarkan persamaan (2-42)
4. Menghitung kebutuhan air DM berdasarkan persamaan (2-43)

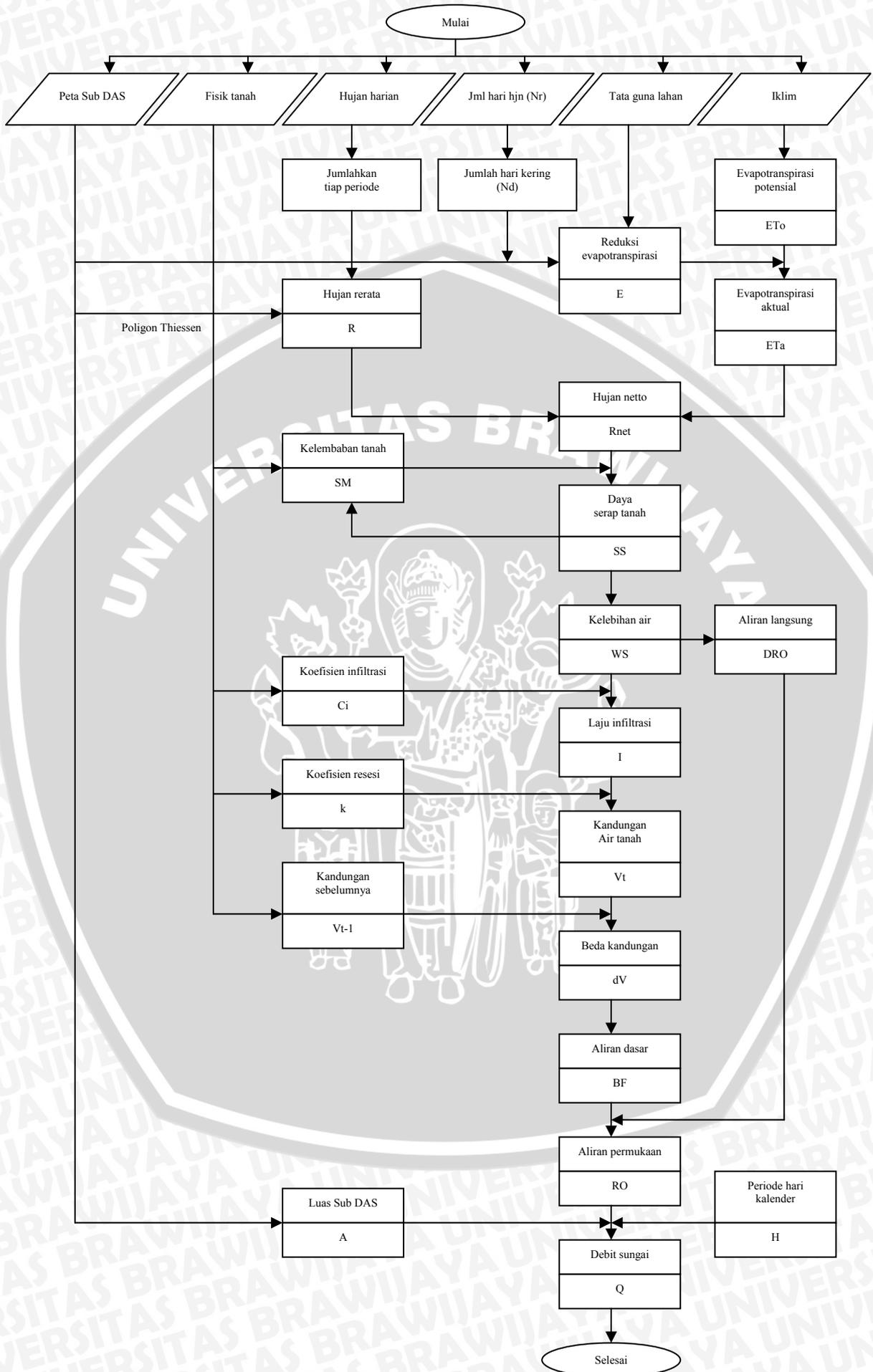
3.3.2. Kebutuhan Air Irigasi

Langkah-langkah perhitungan kebutuhan air irigasi sebagai berikut:

1. Menghitung proyeksi luas lahan irigasi
2. Menghitung kebutuhan air irigasi berdasarkan persamaan (2-44)



Gambar 3.2. Diagram Alir Penyelesaian Skripsi



Gambar 3.3. Diagram Alir Perhitungan Debit Sungai Metode Simulasi Mock





BAB IV DATA DAN ANALISA DATA

4.1. Lokasi Daerah Studi

Daerah studi adalah sub DAS Sawahan dengan stasiun hujan Walikukun, Jogorogo, Begal dan stasiun hujan Ngrambe.

4.1.1. Kondisi Geologi

Di daerah studi bahan batuan jenis vulkanik muda. Bahan batuan ini terdapat pada wilayah yang ketinggiannya 25 meter sampai lebih 1000 meter DPL. Kemiringan tanah dari 0 sampai lebih 40% tekstur tanah halus, sedang dan kasar. Kedalaman efektif tanah kurang dari 30 cm sampai lebih dari 90 cm, drainase tidak pernah tergenang, sebagian kecil wilayah ini terdapat erosi dan sebagian besar penggunaan tanahnya merupakan persawahan.

4.1.2. Luas sub DAS

Luas total sub DAS Sawahan adalah 88,329 km², dengan luas poligon yang dipengaruhi stasiun hujan Walikukun sebesar 22,325 km², Jogorogo 4,188 km², Begal 45,634 km² dan Ngrambe 13,182 km².

4.2. Analisis Ketersediaan Air.

4.2.1. Perhitungan Curah Hujan Rerata

Data curah hujan yang digunakan selama 10 tahun mulai tahun 1997 sampai tahun 2006, yang diambil dari stasiun hujan Walikukun, Jogorogo, Begal dan stasiun hujan Ngrambe. Adapun curah hujan yang ada dapat dilihat pada lampiran tabel 1 sampai 4. Sedangkan perhitungan jumlah hari hujan tahun 1997 sampai tahun 2006 dilihat pada lampiran tabel 5.

Untuk perhitungan curah hujan rerata daerah tahunan, menggunakan metode Poligon Thiessen yang ditampilkan pada tabel 4.1.









4.2.2. Evapotranspirasi Potensial.

Untuk perhitungan evapotranspirasi potensial Metode Penman Modifikasi Standart FAO Menurut Smith (1991) digunakan persamaan (2-6) sampai (2-15). Untuk perhitungan ditabelkan pada tabel (4-2).

Contoh perhitungan evapotranspirasi potensial untuk Bulan Januari:

1. Suhu bulanan rata-rata = 26,5° C
2. Kelembaban relatif rata-rata = 77,5 %
3. Kecepatan angin rata-rata = 1,45 m/dt
4. Kecerahan matahari rata-rata = 48 %
5. Tekanan uap jenuh (e_s) = 0,611 exp [17,27 . T/(T + 237,3)]
= 0,611 exp [17,27 . 26,5/(26,5 + 237,3)]
= 3,463 kPa
6. Tekanan uap aktual (e_a) = $e_s \times RH$
= 3,46322 x 77,5
= 2,684 kPa
7. Kemiringan kurva tekanan uap terhadap temperatur
 $\delta = 4089 \times e_s / (T + 237,3)^2$
 $\delta = 4089 \times 3,46322 / (26,5 + 237,3)^2$
 $\delta = 0,203 \text{ kPa}/^\circ\text{C}$
8. Panas laten untuk penguapan (L) = $2,501 - (2,361 \times 10^{-3})T$
= $2,501 - (2,361 \times 10^{-3}) \cdot 26,5$
= 2,438 MJ/kg
9. Radiasi ekstraterrestrial (R_a) Tabel 2.4. = 15,95 mm/hari
10. Radiasi global (R_s) = $R_a (0,25 + 0,5 \cdot n/N)$
= 15,95 (0,25 + 0,5 . 0,48)
= 19,156 MJ/m²/hari
11. Konstanta Stefan-Boltzman (β) = $4,90 \times 10^{-9} \text{ MJ/m}^2/\text{K}^4/\text{hari}$
12. Temperatur udara (T_k) = $273,15 + ^\circ\text{C}$
= 273,15 + 26,5
= 299,650° C
13. Intensitas radiasi gelombang
 $R_b = \beta \cdot T_k^4 \times (0,34 - 0,14 \cdot e_a^{0,5})(0,10 + 0,90 n/N)$
 $R_b = 4,90 \cdot 10^{-9} \cdot 299,65^4 \cdot (0,34 - 0,14 \cdot 2,68399^{0,5})(0,10 + 0,90 \cdot 0,48)$

$$R_b = 2,325 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$$

$$14. \text{ Albedo } (\alpha) = 0,25$$

$$15. \text{ Radiasi bersih } (R_n) = R_s (1 - \alpha) - R_b$$

$$= 19,156 (1 - 0,25) - 2,325$$

$$= 12,041 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$$

$$16. \text{ Konstanta psikometrik } (\tau) = 0,06466 \text{ kPa/}^\circ\text{C}$$

$$17. K_v = 0,90 \text{ (Rob. Van der Weet. 1994)}$$

18. Evapotranspirasi potensial:

$$ET_o = \frac{\delta * R_n/L + \tau [(900/T_k) * U_2 * (e_s - e_a)]}{\delta + \tau (1 + 0,34 U_2)}$$

$$ET_o = \frac{0,203 * 12,041/2,438 + 0,06466 [(900/299,650) * 1,45 * (3,463 - 2,684)]}{0,203 + 0,06466 (1 + 0,34 * 1,45)}$$

$$ET_o = 3,673 \text{ mm/hari}$$

$$= 113,850 \text{ mm}$$





4.2.3. Perhitungan Ketersediaan Air

4.2.3.1. Perhitungan Debit Air Sungai

Beberapa parameter model F.J. MOCK yang digunakan pada perhitungan ini disesuaikan dengan karakteristik dari *catchment area* Sub DAS Sawahan, yaitu :

1. Luas *catchment area* Sub DAS Sawahan = 88,329 km²
2. SMC = 100 mm dengan SS awal = 0, karena diasumsikan bahwa pada awal perhitungan yaitu bulan Januari 1997 merupakan musim penghujan. Artinya bahwa pada masa itu tanah dalam kondisi kelembaban maksimum sehingga tidak mempunyai daya serap tanah lagi.
3. Koefisien infiltrasi (C_i) = 0,4, artinya bahwa kondisi lapisan tanah atas secara umum bersifat kedap air sehingga dari kelebihan air yang ada diperkirakan hanya 40% saja yang terinfiltrasi.
4. Faktor resesi aliran air tanah (k) = 0,4, hal ini menggambarkan sifat kedap lapisan tanah yang mengakibatkan pergerakan air tanah relatif lebih lambat. Hal ini pula yang mengakibatkan perbedaan aliran air tanah setiap bulan relatif kecil.
5. Singkapan lahan untuk Sub DAS Sawahan sebesar 37,495 %. Besaran ini diketahui setelah dilakukan analisa dan perhitungan dari peta Tata Guna Lahan. Klasifikasi dan hasilnya disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.3. Perhitungan Singkapan Lahan

Penggunaan Lahan	Luas (km ²)	Prosentase (P %)	Nilai (Tv)	P x Tv (%)
Hutan	17.863	20.223	0	0
Sawah	38.623	43.726	0.5	21.863
Tegalan	10.706	12.120	0.5	6.060
Pemukiman	21.138	23.931	0.4	9.572
Jumlah	88.329	100.000		37.495

Sumber: Hasil Perhitungan

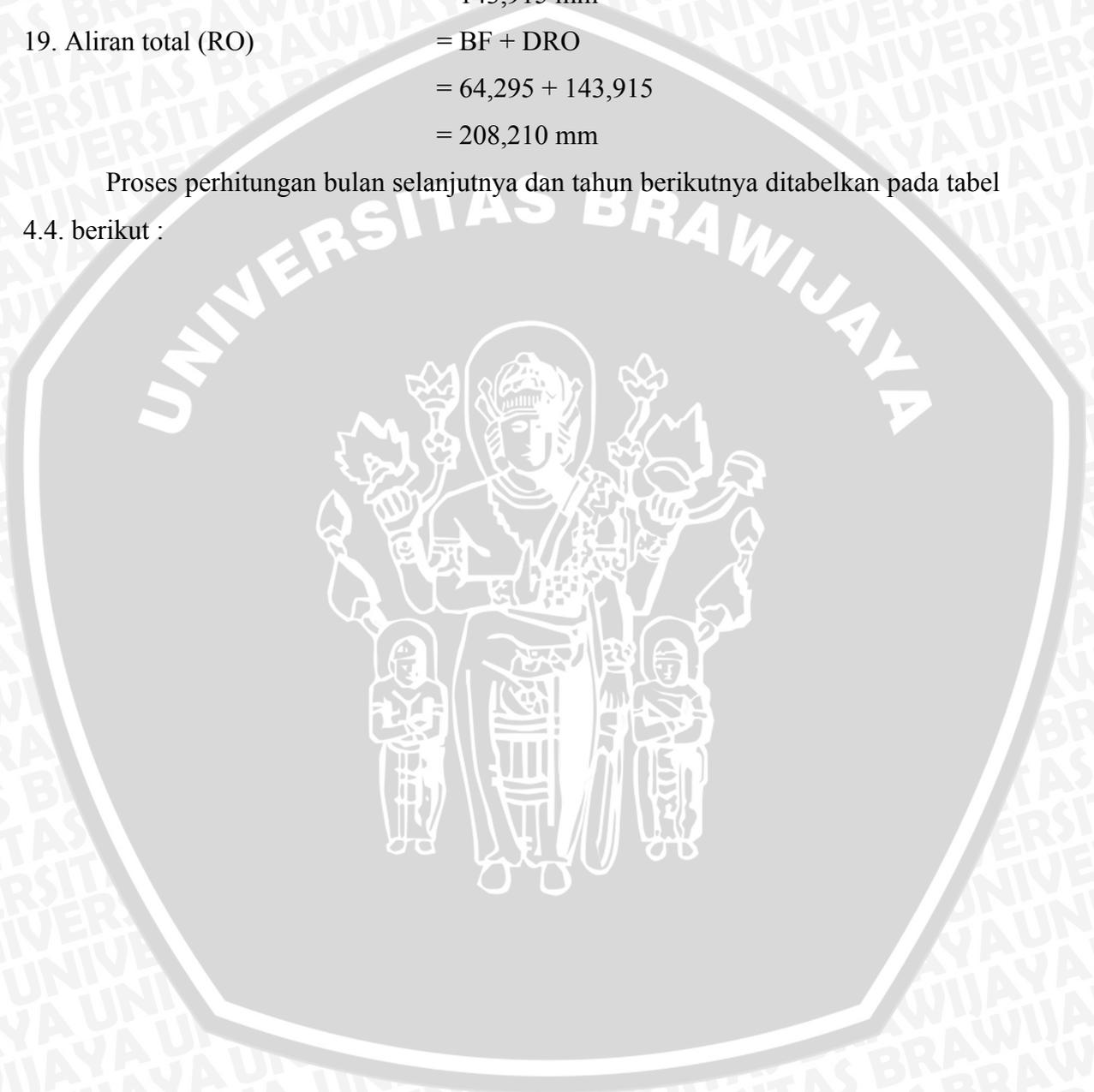
Perhitungan debit bulanan Sub DAS Sawahan dengan metode F.J. MOCK dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut :

- Bulan perhitungan = Februari 1997.
1. Curah hujan (R) = 334,840 mm
 2. Jumlah hari (H) = 28 hari
 3. Jumlah hari hujan (Nr) = 19 hari.

$$\begin{aligned}
 4. \text{ Jumlah hari kering (Nd)} &= H - Nr \\
 &= 28 - 19 \\
 &= 9 \text{ hari} \\
 5. \text{ ETo} &= 108,410 \text{ mm} \\
 6. \text{ Prosentase singkapan lahan} &= 37,495 \% \\
 7. \text{ ETa} &= \text{ETo} - E \\
 &= \text{ETo} - (\text{ETo} \cdot \text{Nd}/H \cdot m) \\
 &= 108,410 - (108,410 \cdot 9/28 \cdot 37,495\%) \\
 &= 94,981 \text{ mm} \\
 8. \text{ Hujan netto} &= R - \text{ETa} \\
 &= 334,840 - 94,981 \\
 &= 239,858 \text{ mm} \\
 9. \text{ Daya serap tanah (SS)} &= \text{SM}_t - \text{SM}_{t-1} (\text{SM}_{t-1} = 100 \text{ mm}) \\
 &= 100 - 100 \\
 &= 0 \text{ mm} \\
 10. \text{ Kelembaban tanah (SM)} &= 100 \text{ mm} \\
 &\text{Karena } (\text{SM}_{t-1} + \text{Hujan netto}) > \text{SMC}, \text{ maka } \text{SM} = \text{SMC} \\
 11. \text{ Kelebihan air (WS)} &= \text{Rnet} - \text{SS} \\
 &= 239,858 - 0 \\
 &= 239,858 \text{ mm} \\
 12. \text{ Infiltrasi (I)} &= \text{WS} \cdot \text{Ci} \\
 &= 239,858 \times 0,4 \\
 &= 95,943 \text{ mm} \\
 13. \text{ } 0,5 \cdot (1+k) \cdot I &= 0,5 \cdot (1+0,4) \cdot 95,943 \\
 &= 67,160 \text{ mm} \\
 14. \text{ } k \cdot V_{t-1} &= 0,4 \cdot 59,187 \\
 &= 23,345 \text{ mm} \\
 15. \text{ Volume penyimpanan (V}_t) &= 0,5 \cdot (1+k) \cdot I + k \cdot V_{t-1} \\
 &= 67,160 + 59,187 \\
 &= 90,835 \text{ mm} \\
 16. \text{ Perubahan volume (dV}_t) &= V_t - V_{t-1} \\
 &= 90,835 - 59,187 \\
 &= 31,648 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 17. \text{ Aliran dasar (BF)} &= I - dV_t \\ &= 95,943 - 31,648 \\ &= 64,295 \text{ mm} \\ 18. \text{ Aliran langsung (DRO)} &= WS - I \\ &= 239,858 - 95,943 \\ &= 143,915 \text{ mm} \\ 19. \text{ Aliran total (RO)} &= BF + DRO \\ &= 64,295 + 143,915 \\ &= 208,210 \text{ mm} \end{aligned}$$

Proses perhitungan bulan selanjutnya dan tahun berikutnya ditabelkan pada tabel 4.4. berikut :



















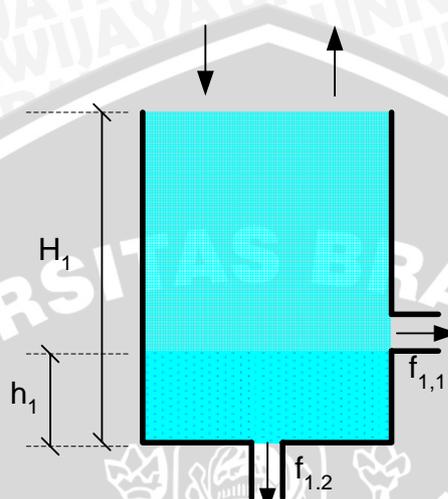




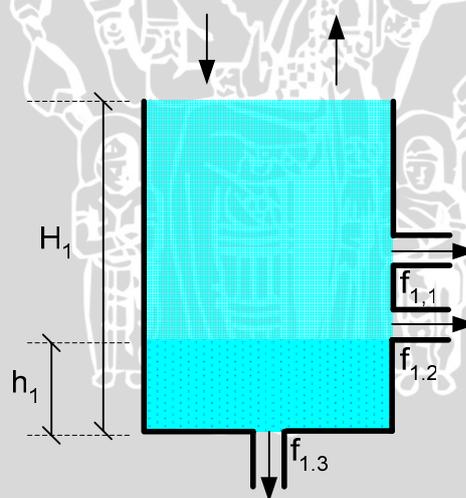
Metode Model Tank.

Model tanki yang digunakan dalam pemodelan harus disesuaikan dengan kondisi dari DAS yang dianalisa. Ada beberapa karakteristik tanki yang biasa digunakan dalam pemodelan :

1. Tangki paling sederhana (dengan menggunakan satu lubang).



2. Tangki sederhana dengan menggunakan dua lubang



Prosedur perhitungan yang bisa dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Buatlah susunan tanki lengkap dengan karakteristiknya yang diasumsikan bisa mewakili atau menggambarkan karakteristik DAS yang akan dimodelkan.
2. Untuk perhitungan pertama, tambahkan curah hujan periode ini pada tampungan periode sebelumnya, kemudian kurangi dengan evaporasinya. Pengurangan evaporasi hanya dilakukan terhadap tanki teratas saja (tanki 1), tetapi jika

pengurangan dari tangki teratas belum cukup, maka kekurangan tersebut dipikul oleh tangki-tangki di bawahnya (tangki 2 dan 3).

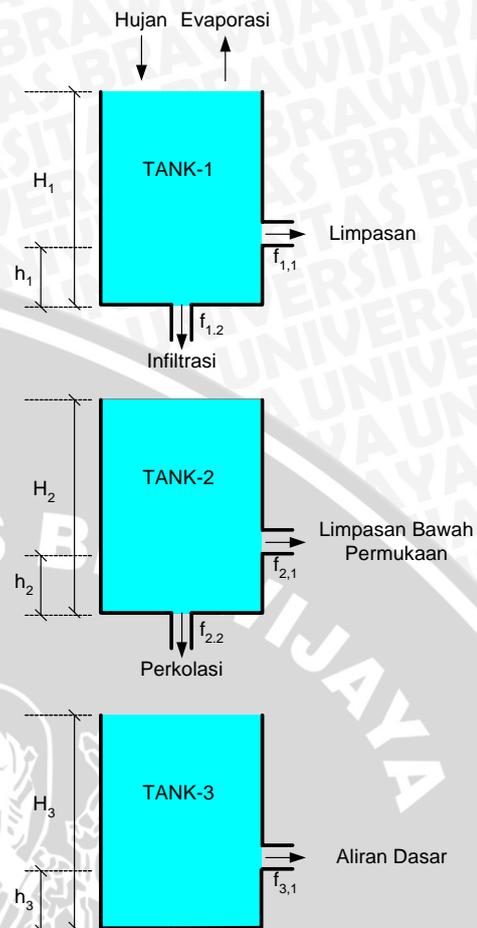
3. Perhitungan limpasan dan infiltrasi dilakukan menurut tinggi tampungan yang diperoleh dalam langkah 3. Besarnya limpasan dan infiltrasi diperoleh dari perkalian koefisien lubang dengan tinggi tampungan terhadap lubang yang bersangkutan.
4. Perhitungan sisa tinggi tampungan dengan mengurangi tinggi tampungan yang diperoleh dari langkah 3 dengan selisih limpasan dan evaporasi.
5. Perhitungan untuk tangki yang kedua dan seterusnya prosedurnya hampir sama dengan tangki yang pertama, tetapi masukannya diganti dengan tinggi keluaran dari lubang tangki selanjutnya.
6. Total aliran adalah penjumlahan dari semua keluaran yang diciptakan di sistem tangki yang dibuat.

Contoh perhitungan debit bulanan Sub DAS Sawahan dengan menggunakan metode *Tank Model* dan karakteristik model tangki yang digunakan akan disajikan seperti berikut (contoh perhitungan untuk bulan Januari 1998):



**PARAMETER DAN KOEFISIEN
YANG DIGUNAKAN :**

Tank-1	- $H_1 =$	300	mm
	- $h_1 =$	100	mm
	- $f_{1,1} =$	0.30	
	- $f_{1,2} =$	0.60	
Tank-2	- $H_2 =$	100	mm
	- $h_1 =$	10	mm
	- $f_{2,1} =$	0.60	
	- $f_{2,2} =$	0.30	
Tank-3	- $H_3 =$	50	mm
	- $h_3 =$	10	mm
	- $f_{3,1} =$	0.60	



a. Tangki 1.

Tinggi tampungan = sisa tampungan tangki 1 bulan Desember 1997 + (curah hujan – evaporasi bulan Januari 1998).

$$= 19,257 + 172,331 - 124,189$$

$$= 55,261 \text{ mm.}$$

Limpasan = (selisih tinggi tampungan dengan lubang limpasan) * koefisien limpasan.

$$= (55,261 - 100) * 0,30$$

$$= - 13,422 \text{ mm (nilai minus dianggap nol)}$$

$$= 0 \text{ mm}$$

Infiltrasi = Tinggi tampungan * koefisien infiltrasi

$$= 55,261 * 0,60$$

$$= 33,157 \text{ mm}$$

Sisa tampungan = Tinggi tampungan awal – Limpasan – Infiltrasi.

$$= 55,261 - 0 - 33,157$$

$$= 22,104 \text{ mm}$$

b. Tangki 2.

Tinggi tampungan = sisa tampungan tangki 2 bulan Desember 1997 + infiltrasi dari tangki 1.

$$= 8,973 + 33,157$$

$$= 42,129 \text{ mm}$$

Limpasan Bawah Permukaan

= (selisih tinggi tampungan dengan lubang limpasan bawah permukaan) * koefisien limpasan bawah permukaan.

$$= (42,129 - 10) * 0,60$$

$$= 19,277 \text{ mm (nilai minus dianggap nol)}$$

Perkolasi = Tinggi tampungan * koefisien perkolasi

$$= 42,129 * 0,30$$

$$= 12,639 \text{ mm}$$

Sisa tampungan = Tinggi tampungan awal – Limpasan bawah permukaan – Perkolasi.

$$= 42,129 - 19,277 - 12,639$$

$$= 10,213 \text{ mm}$$

c. Tangki 3.

Tinggi tampungan = sisa tampungan tangki 3 bulan Desember 1997 + perkolasi dari tangki 2.

$$= 13,708 + 12,639$$

$$= 26,347 \text{ mm}$$

Aliran Dasar = (selisih tinggi tampungan dengan lubang aliran dasar) * koefisien aliran dasar.

$$= (26,347 - 10) * 0,60$$

$$= 9,808 \text{ mm}$$

Sisa tampungan = Tinggi tampungan awal – Aliran Dasar.

$$= 26,347 - 9,808$$

$$= 16,539 \text{ mm}$$

d. Total Pengaliran.

Total pengaliran = Limpasan + Limpasan bawah permukaan + Aliran Dasar

$$= 0 + 19,277 + 9,808$$

$$= 29,086 \text{ mm} = 0,959 \text{ m}^3/\text{det}$$

Proses perhitungan bulan lain dan hasilnya disajikan pada tabel berikut :





















4.2.3.2. Debit Andalan

Untuk perhitungan debit andalan pada studi kali ini ditetapkan sebesar 80% (Q80), yang artinya resiko kegagalan yang akan dihadapi karena terjadinya debit yang lebih kecil dari debit andalan sebesar 20% dari banyaknya debit yang dianalisa.

Perhitungan debit bulanan dapat dilihat pada tabel 4.6. sebagai berikut :

Tabel 4.6. Perhitungan Debit Bulanan dengan Metode F.J.Mock Sub DAS Sawahan (1997 – 2006)

Bulan	Debit (m ³ /dt)									
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Januari	5.030	1.586	2.572	1.205	4.849	7.984	1.292	8.010	0.910	2.564
Februari	7.619	4.468	4.425	1.032	11.969	6.230	0.572	3.960	3.372	7.161
Maret	2.341	17.645	0.240	0.489	11.167	3.966	5.758	7.890	4.510	1.814
April	2.681	5.366	0.099	2.018	6.813	4.172	2.652	2.110	2.270	5.327
Mei	0.746	0.750	0.072	0.874	2.048	1.142	1.361	0.817	0.709	5.005
Juni	0.309	0.631	0.016	0.294	0.951	0.472	0.471	0.338	0.293	1.434
Juli	0.119	5.744	0.006	0.114	0.880	0.183	0.182	0.131	0.113	0.555
Agustus	0.048	0.291	0.002	0.045	0.264	0.073	0.073	0.052	0.045	0.222
September	0.020	1.072	0.001	0.019	0.109	0.030	0.030	0.022	0.019	0.092
Oktober	0.008	5.398	5.883	0.007	0.918	0.012	0.012	0.008	0.007	0.036
November	0.003	2.685	10.608	0.997	2.036	3.459	2.016	0.003	0.003	0.015
Desember	0.001	0.212	5.755	0.226	0.497	4.981	4.510	1.690	0.575	2.035
Rerata	1.577	3.821	2.473	0.610	3.542	2.725	1.578	2.086	1.069	2.188

Sumber: Hasil Perhitungan

Adapun Grafik debit bulanan pada Sub DAS Sawahan adalah sebagai berikut :





Perhitungan debit andalan dapat dilihat pada tabel 4.7. dan 4.8. sebagai berikut :

Tabel 4.7. Perhitungan Debit Andalan 80% (Q80) (Basic Year) dengan Metode F.J.Mock

No	Tahun	Debit	Tahun Urut	Debit Urut	P (%)
1	1997	1.577	1998	3.821	9.091
2	1998	3.821	2001	3.542	18.182
3	1999	2.473	2002	2.725	27.273
4	2000	0.610	1999	2.473	36.364
5	2001	3.542	2006	2.188	45.455
6	2002	2.725	2004	2.086	54.545
7	2003	1.578	2003	1.578	63.636
8	2004	2.086	1997	1.577	72.727
9	2005	1.069	2005	1.069	81.818
10	2006	2.188	2000	0.610	90.909

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.8. Debit Andalan 80% (Q80) dengan Metode F.J.Mock Tahun Dasar Perencanaan 2005

Bulan	Jumlah Hari	Debit (m ³ /dt)	Volume (m ³)
Januari	31	0.910	2437568.872
Februari	28	3.372	8157568.603
Maret	31	4.510	12079610.738
April	30	2.270	5884850.149
Mei	31	0.709	1899216.272
Juni	30	0.293	759686.509
Juli	31	0.113	303874.604
Agustus	31	0.045	121549.841
September	30	0.019	48619.937
Oktober	31	0.007	19447.975
November	30	0.003	7779.190
Desember	31	0.575	1540120.173

Sumber: Hasil Perhitungan

Adapun Grafik Q80 pada Sub DAS Sawahan (Basic Year) adalah sebagai berikut :

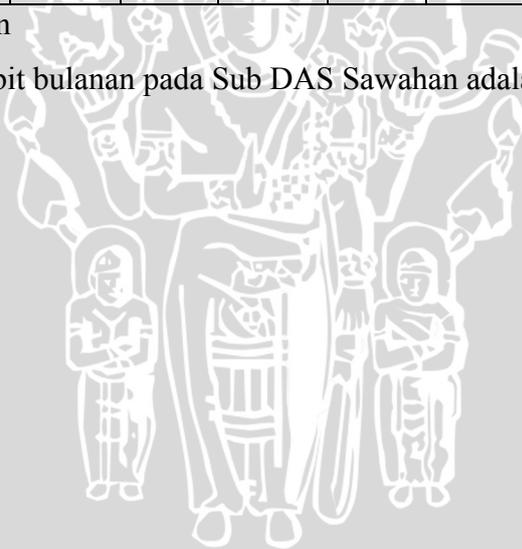


Tabel 4.9. Perhitungan Debit Bulanan dengan Tank Model Sub DAS Sawahan
(1997 – 2006)

Bulan	Debit (m ³ /dt)									
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Januari	4.551	0.959	1.583	2.034	3.514	6.630	0.761	7.830	0.943	2.206
Februari	7.524	2.168	2.554	0.927	11.644	5.361	0.304	3.177	2.085	7.013
Maret	1.815	13.370	0.450	0.269	10.816	2.757	6.106	7.267	3.698	1.400
April	1.609	6.529	0.197	0.792	5.619	2.961	2.024	1.150	1.545	3.910
Mei	0.369	1.794	0.107	0.177	1.074	0.579	0.730	0.373	0.359	4.056
Juni	0.185	0.675	0.067	0.113	0.406	0.243	0.247	0.191	0.426	0.740
Juli	0.101	3.135	0.041	0.071	0.191	0.125	0.130	0.099	0.144	0.268
Agustus	0.061	0.798	0.027	0.047	0.100	0.072	0.076	0.057	0.090	0.140
September	0.040	0.259	0.019	0.033	0.058	0.046	0.049	0.036	0.061	0.081
Oktober	0.026	2.596	5.006	0.171	1.502	0.028	0.031	0.023	0.040	0.047
November	0.018	1.916	8.471	0.886	0.291	4.335	2.824	0.015	0.028	0.031
Desember	0.574	0.593	5.437	0.168	0.137	4.624	4.343	2.521	0.844	2.951
Rerata	1.406	2.899	1.996	0.474	2.946	2.313	1.469	1.895	0.855	1.904

Sumber: Hasil Perhitungan

Adapun Grafik debit bulanan pada Sub DAS Sawahan adalah sebagai berikut :





Perhitungan debit andalan dapat dilihat pada tabel 4.10. dan 4.11. sebagai berikut :

Tabel 4.10. Perhitungan Debit Andalan 80% (Q80) (Basic Year) dengan Model Tank

No	Tahun	Debit	Tahun Urut	Debit Urut	P (%)
1	1997	1.406	2001	2.94585	9.091
2	1998	2.899	1998	2.8994	18.182
3	1999	1.996	2002	2.3133	27.273
4	2000	0.474	1999	1.99642	36.364
5	2001	2.946	2006	1.90371	45.455
6	2002	2.313	2004	1.89491	54.545
7	2003	1.469	2003	1.46871	63.636
8	2004	1.895	1997	1.40604	72.727
9	2005	0.855	2005	0.85533	81.818
10	2006	1.904	2000	0.47405	90.909

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.11. Debit Andalan 80% (Q80) dengan Model Tank Tahun Dasar Perencanaan 2005

Bulan	Jumlah Hari	Debit (m ³ /dt)	Volume (m ³)
Januari	31	0.943	2525485.430
Februari	28	2.085	5044746.261
Maret	31	3.698	9905551.510
April	30	1.545	4005238.038
Mei	31	0.359	961198.521
Juni	30	0.426	1104555.755
Juli	31	0.144	386511.931
Agustus	31	0.090	241966.905
September	30	0.061	157940.255
Oktober	31	0.040	105983.547
November	30	0.028	72358.630
Desember	31	0.844	2260825.564

Sumber: Hasil Perhitungan

Adapun Grafik Q80 pada Sub DAS Sawahan (Basic Year) adalah sebagai berikut :



Analisa Statistik

Perlu dipastikan tentang keandalan data sebelum dilakukan perhitungan dan analisis. Untuk itu dilakukan pengujian-pengujian secara statistik. Pengujian dilakukan untuk memastikan ketepatannya agar hasil perhitungan itu dapat digunakan untuk proses lebih lanjut.

Uji T termasuk jenis uji untuk sampel kecil. Sampel kecil adalah dimana ukuran sampel $n < 30$. Untuk mengetahui apakah 2 sampel x_1 dan x_2 berasal dari populasi yang sama, maka dihitung t score dengan rumus :

$$t = \left| d_m \right| / (S / n^{0.5})$$

$$S = (\Sigma(d_i - d_m)^2 / (n-1))^{0.5}$$

$$d_m = 1/n \cdot \Sigma d_i$$

$$d_i = (Q_o - Q) / Q_o$$

Perhitungan uji T ditampilkan sebagai berikut:





















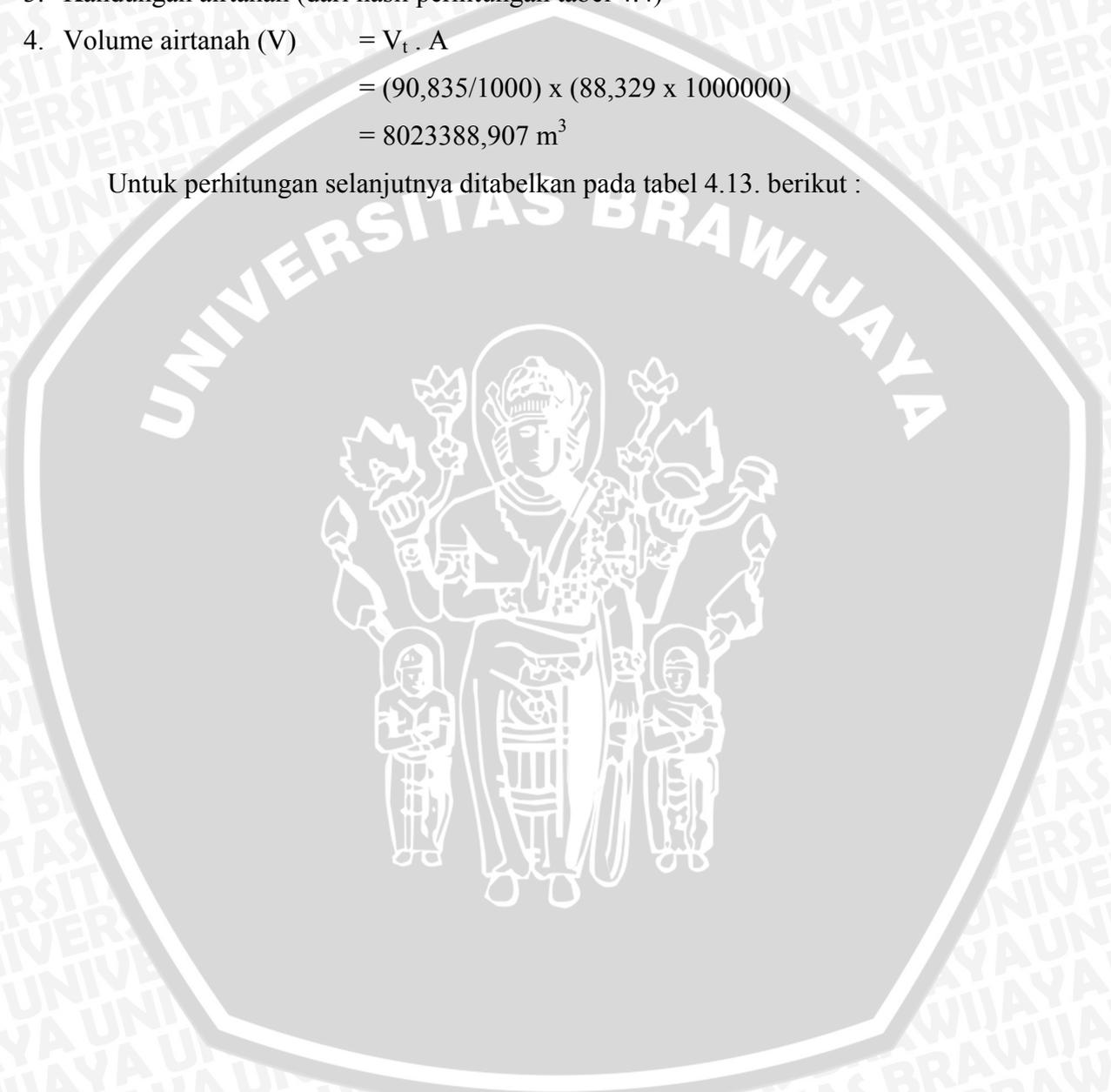


4.2.3.2. Perhitungan Volume Air tanah

Perhitungan volume airtanah bulanan Sub DAS Sawahan dengan metode F.J. MOCK dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut :

1. Luas *catchment area* Sub DAS Sawahan = 88,329 km²
2. Bulan Februari 1997
3. Kandungan airtanah (dari hasil perhitungan tabel 4.4)
4. Volume airtanah (V) = $V_t \cdot A$
= $(90,835/1000) \times (88,329 \times 1000000)$
= 8023388,907 m³

Untuk perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.13. berikut :







4.2.4. Perhitungan Kebutuhan Air

4.2.4.1. Proyeksi Jumlah Penduduk

Untuk mengetahui seberapa besar kebutuhan akan air domestik maka harus diketahui seberapa besar jumlah penduduk dan perkembangannya. Pada tabel 4.14. dan 4.15. menyajikan perhitungan jumlah penduduk Sub DAS Sawahan dari tahun 2002 sampai tahun 2005.

Tabel 4.14. Jumlah Penduduk

Kecamatan	Luas Kecamatan	Luas Daerah Studi	Prosentase Luas	Jumlah Penduduk Kecamatan				Jumlah Penduduk di Wilayah Sub DAS Sawahan			
				2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
Ngrambe	57.49	23.152	40.271	44191	44257	44456	44364	17796	17823	17903	17866
Jogorogo	65.84	27.36	41.555	40936	41022	41175	42188	17011	17047	17110	17531
Widodaren	88.43	37.817	42.765	71881	71968	72134	73085	30740	30777	30848	31255
Total Jumlah Penduduk		88.329		157008	157247	157765	159637	65547	65647	65861	66652

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.15. Perhitungan Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Tahun	Jml. Penduduk (jiwa)	Pertumbuhan Per tahun	Prosentase (%)
2002	65547		
2003	65647	99.522	0.152
2004	65861	214.709	0.326
2005	66652	790.600	1.186
Rerata		368.277	0.555

Sumber: Hasil Perhitungan

a. Metode Geometri

Sebagaimana tercantum pada bab sebelumnya perhitungan jumlah penduduk dilakukan dengan menggunakan rumus (2- 39) (Muliakusuma, 2000 : 254), yaitu :

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

Contoh perhitungan proyeksi jumlah penduduk tahun 2006 :

- Jumlah penduduk tahun 2005 = 66.652 jiwa
- Prosentase kenaikan penduduk tiap tahun = 0,555 %
- Jangka waktu = 1 tahun

$$\begin{aligned} P_n &= P_o (1 + r)^n \\ &= 66.652 (1 + 0,00555)^1 \\ &= 67.022 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

b. Metode Eksponensial

Sedangkan untuk Metode Eksponensial digunakan rumus (2- 40) (Muliakusuma, 2000 : 254), yaitu :

$$P_n = P_o \cdot e^{r \cdot n}$$

Contoh perhitungan proyeksi jumlah penduduk tahun 2006 :

- Jumlah penduduk tahun 2005 = 66.652 jiwa
- Prosentase kenaikan penduduk tiap tahun = 0,555 %
- Jangka waktu = 1 tahun

$$\begin{aligned} P_n &= P_o \cdot e^{r \cdot n} \\ &= 66.652 \times (2,7182818)^{0,00555 \cdot 1} \\ &= 67.023 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

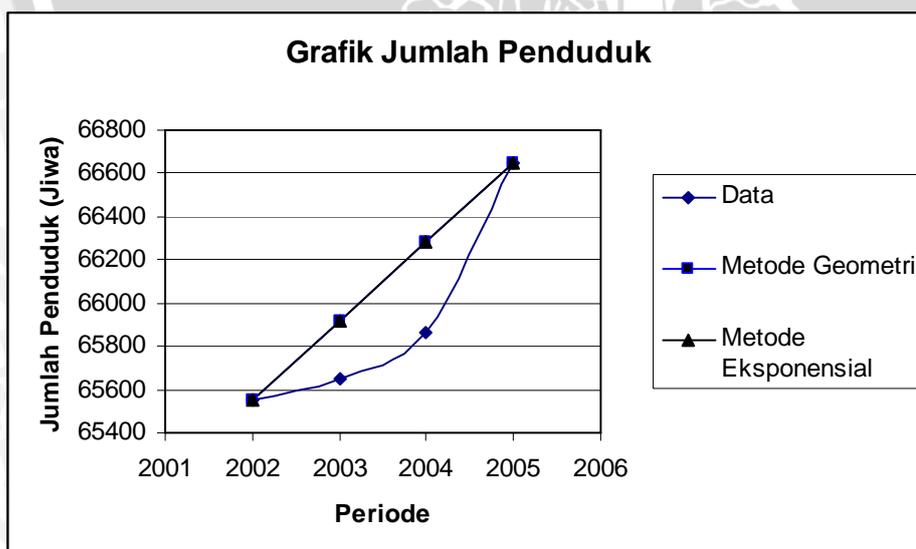
Tabel 4.16. Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk

No	Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	
		Metode Geometri	Eksponensial
1	2002	65549	65552
2	2003	65915	65917
3	2004	66282	66283
4	2005	66652	66652
5	2006	67022	67023
6	2007	67393	67395
7	2008	67767	67770
8	2009	68143	68147
9	2010	68521	68526
10	2011	68901	68907
11	2012	69283	69290
12	2013	69667	69676
13	2014	70054	70063
14	2015	70442	70453

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.17. Analisa Hubungan (Korelasi)

No	Tahun	Data	Metode Geometri	Metode Eksponensial
1	2002	65547	65549	65552
2	2003	65647	65915	65917
3	2004	65861	66282	66283
4	2005	66652	66652	66652
Uji Korelasi			Data - Geometri 0.91054435	Data - Eksponensial 0.91054162



Untuk selanjutnya, perhitungan jumlah penduduk menggunakan metode geometri, karena nilai koefisien korelasinya paling besar mendekati 1 jadi dinyatakan paling mendekati benar.

4.2.4.2. Proyeksi Kebutuhan Air

a. Kebutuhan Air Domestik Municipal (DM)

1. Kebutuhan Air Domestik

Telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa kebutuhan air domestik dihitung berdasarkan jumlah penduduk. Perhitungan kebutuhan air domestik dihitung dengan persamaan (2-41). Pada tabel 4.18 dan 4.19. menyajikan jumlah kebutuhan air domestik.

Contoh perhitungan kebutuhan air domestik tahun 2005 Bulan Januari :

- Jumlah Penduduk = 66.652 jiwa
- Standart kebutuhan air domestik = 60 lt/hari/jiwa
- Jumlah hari dalam satu bulan = 31 hari
- $Q_D = J_p \times K_p \times 31$
 $= 66652 \times 60 \times 31$
 $= 123.972.818 \text{ lt}$
 $= 123.972,818 \text{ m}^3$

Tabel 4.18. Perhitungan Kebutuhan Air Domestik

No	Tahun	Jumlah Penduduk	Kebutuhan Air
1	2005	66652	1459680
2	2006	67022	1467775
3	2007	67393	1475915
4	2008	67767	1488167
5	2009	68143	1492331
6	2010	68521	2250911
7	2011	68901	2263394
8	2012	69283	2282182
9	2013	69667	2288569
10	2014	70054	2301261
11	2015	70442	7573937

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan :

Standart kebutuhan air domestik tahun 2005-2009 = 60 lt/dt/jiwa

Standart kebutuhan air domestik tahun 2010-2014 = 90 lt/dt/jiwa

Standart kebutuhan air domestik tahun 20015 = 120 lt/dt/jiwa

Tabel 4.19. Perhitungan Kebutuhan Air Domestik Bulanan

No	Bulan	Kebutuhan Air (m ³)		
		Tahun 2005	Tahun 2010	Tahun 2015
1	Januari	123973	191173	2620447
2	Februari	111975	172673	2366855
3	Maret	123973	191173	262045
4	April	119974	185006	253592
5	Mei	123973	191173	262045
6	Juni	119974	185006	253592
7	Juli	123973	191173	262045
8	Agustus	123973	191173	262045
9	September	119974	185006	253592
10	Oktober	123973	191173	262045
11	November	119974	185006	253592
12	Desember	123973	191173	262045
Total		1459680	2250911	7573937

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Kebutuhan Air Municipal

Telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa kebutuhan municipal diartikan sebagai kebutuhan air sektor komersial. Besarnya kebutuhan air municipal diasumsi 10% dari kebutuhan total air domestik. Pada tabel 4.20 dan 4.21. menyajikan jumlah kebutuhan air municipal.

Contoh perhitungan kebutuhan air municipal tahun 2005 Bulan Januari :

- Jumlah Penduduk = 66.652 jiwa
- Standart kebutuhan air domestik = 60 lt/hari/jiwa
- Jumlah hari dalam satu bulan = 31 hari
- $Q_D = 10\% \times J_p \times K_p \times 31$
 $= 10\% \times 66652 \times 60 \times 31$
 $= 123.972.818 \text{ lt}$
 $= 123.972,818 \text{ m}^3$

Tabel 4.20. Perhitungan Kebutuhan Air Municipal

No	Tahun	Jumlah Penduduk	Kebutuhan Air
1	2005	66652	145968
2	2006	67022	146778
3	2007	67393	147592
4	2008	67767	148817
5	2009	68143	149233
6	2010	68521	225091
7	2011	68901	226339
8	2012	69283	228218
9	2013	69667	228857
10	2014	70054	230126
11	2015	70442	757394

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.21. Perhitungan Kebutuhan Air Municipal Bulanan

No	Bulan	Kebutuhan Air (m ³)		
		Tahun 2005	Tahun 2010	Tahun 2015
1	Januari	12397	19117	262045
2	Februari	11198	17267	236686
3	Maret	12397	19117	26204
4	April	11997	18501	25359
5	Mei	12397	19117	26204
6	Juni	11997	18501	25359
7	Juli	12397	19117	26204
8	Agustus	12397	19117	26204
9	September	11997	18501	25359
10	Oktober	12397	19117	26204
11	November	11997	18501	25359
12	Desember	12397	19117	26204
Total		145968	225091	757394

Sumber: Hasil Perhitungan

b. Kebutuhan Air Irigasi

Pada bab sebelumnya telah dijelaskan bahwa perhitungan kebutuhan air irigasi dihitung dengan mengalikan standart kebutuhan air irigasi dikalikan dengan luas areal irigasi yang ada. Persamaan perhitungan seperti pada (2-44)

Contoh perhitungan kebutuhan air irigasi pada bulan januari 2005 :

- Luas Areal Irigasi = 10,426 km²
- Standart kebutuhan air irigasi = 1,2 lt/dt/ha
- $Q_{IR} = A \times S_{IR}$
 $= (((10,426 \times 100) \times 1,2) / 1000) \times (3600 \times 24 \times 31)$
 $= 3.350.895 \text{ m}^3$

Untuk selanjutnya perhitungan pertumbuhan luas areal irigasi ditabelkan pada tabel 4.22 dan untuk perhitungan kebutuhan air irigasi ditabelkan pada tabel 4.23. dan 4.24.

Tabel 4.22. Tabel Pertumbuhan Areal Irigasi

No	Tahun	Luas Lahan (km ²) Laju pertumbuhan -15,1%
1	1997	38.623
2	1998	32.791
3	1999	27.839
4	2000	23.636
5	2001	20.067
6	2002	17.037
7	2003	14.464
8	2004	12.280
9	2005	10.426
10	2006	8.851
11	2007	7.515
12	2008	6.380
13	2009	5.417
14	2010	4.599
15	2011	3.904
16	2012	3.315
17	2013	2.814
18	2014	2.389
19	2015	2.029

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.23. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi Bulanan

No	Bulan	Kebutuhan Air (m ³)		
		Tahun 2005	Tahun 2010	Tahun 2015
1	Januari	3350895	1478085	651985
2	Februari	3026615	1335044	588890
3	Maret	3350895	1478085	651985
4	April	3242802	1430404	630953
5	Mei	3350895	1478085	651985
6	Juni	3242802	1430404	630953
7	Juli	3350895	1478085	651985
8	Agustus	3350895	1478085	651985
9	September	3242802	1430404	630953
10	Oktober	3350895	1478085	651985
11	November	3242802	1430404	630953
12	Desember	3350895	1478085	651985
Total		39454088	17403254	7676600

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.24. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi

No	Tahun	Luas Lahan (km ²) Laju pertumbuhan -15,1%	Kebutuhan Air
1	2005	10.426	39454088
2	2006	8.851	33496520
3	2007	7.515	28438546
4	2008	6.380	24210474
5	2009	5.417	20498532
6	2010	4.599	17403254
7	2011	3.904	14775363
8	2012	3.315	12578651
9	2013	2.814	10650096
10	2014	2.389	9041932
11	2015	2.029	7676600

Sumber: Hasil Perhitungan









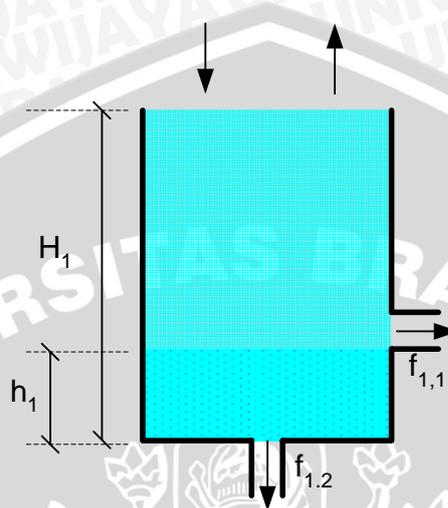




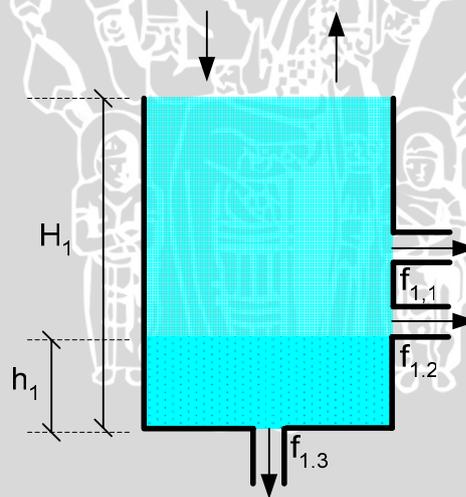
Metode Model Tank.

Model tanki yang digunakan dalam pemodelan harus disesuaikan dengan kondisi dari DAS yang dianalisa. Ada beberapa karakteristik tanki yang biasa digunakan dalam pemodelan :

1. Tangki paling sederhana (dengan menggunakan satu lubang).



2. Tangki sederhana dengan menggunakan dua lubang



Prosedur perhitungan yang bisa dilakukan adalah sebagai berikut :

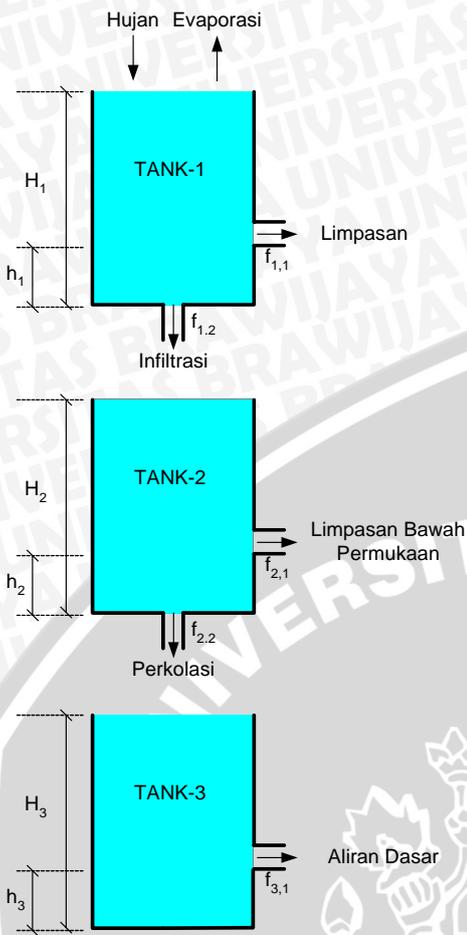
1. Buatlah susunan tanki lengkap dengan karakteristiknya yang diasumsikan bisa mewakili atau menggambarkan karakteristik DAS yang akan dimodelkan.
2. Untuk perhitungan pertama, tambahkan curah hujan periode ini pada tampungan periode sebelumnya, kemudian kurangi dengan evaporasinya. Pengurangan evaporasi hanya dilakukan terhadap tanki teratas saja (tanki 1), tetapi jika

pengurangan dari tangki teratas belum cukup, maka kekurangan tersebut dipikul oleh tangki-tangki di bawahnya (tangki 2 dan 3).

3. Perhitungan limpasan dan infiltrasi dilakukan menurut tinggi tampungan yang diperoleh dalam langkah 3. Besarnya limpasan dan infiltrasi diperoleh dari perkalian koefisien lubang dengan tinggi tampungan terhadap lubang yang bersangkutan.
4. Perhitungan sisa tinggi tampungan dengan mengurangi tinggi tampungan yang diperoleh dari langkah 3 dengan selisih limpasan dan evaporasi.
5. Perhitungan untuk tangki yang kedua dan seterusnya prosedurnya hampir sama dengan tangki yang pertama, tetapi masukannya diganti dengan tinggi keluaran dari lubang tangki selanjutnya.
6. Total aliran adalah penjumlahan dari semua keluaran yang diciptakan di sistem tangki yang dibuat.

Contoh perhitungan debit bulanan Sub DAS Sawahan dengan menggunakan metode *Tank Model* dan karakteristik model tangki yang digunakan akan disajikan seperti berikut (contoh perhitungan untuk bulan Januari 1997):





PARAMETER DAN KOEFISIEN YANG DIGUNAKAN :		
Tank-1	- H ₁ =	300.00 mm
	- h ₁ =	100.00 mm
	- f _{1,1} =	0.30
Tank-2	- f _{1,2} =	0.60
	- H ₂ =	100.00 mm
	- h ₁ =	10.00 mm
Tank-3	- f _{2,1} =	0.60
	- f _{2,2} =	0.30
	- H ₃ =	50.00 mm
	- h ₃ =	10.00 mm
	- f _{3,1} =	0.60

a. Tangki 1.

Tinggi tampungan = sisa tampungan tangki 1 bulan Desember 1988 + (curah hujan – evaporasi bulan Januari 1989).

$$= 60 + 279 - 111,6$$

$$= 227,4 \text{ mm.}$$

Limpasan = (selisih tinggi tampungan dengan lubang limpasan)*koefisien limpasan.

$$= (227,4 - 200,00) * 0,30$$

$$= 8,22 \text{ mm (nilai minus dianggap nol)}$$

Infiltrasi = Tinggi tampungan * koefisien infiltrasi

$$= 227,4 * 0,70$$

$$= 159,18 \text{ mm}$$

Sisa tampungan = Tinggi tampungan awal – Limpasan – Infiltrasi.

$$= 227,4 - 8,22 - 159,18$$

$$= 60 \text{ mm}$$

b. Tangki 2.

Tinggi tampungan = sisa tampungan tangki 2 bulan Desember 1988 + infiltrasi dari tangki 1.

$$= 51,05 + 159,18$$

$$= 210,23 \text{ mm}$$

Limpasan Bawah Permukaan

= (selisih tinggi tampungan dengan lubang limpasan bawah permukaan) * koefisien limpasan bawah permukaan.

$$= (210,23 - 50) * 0,50$$

$$= 80,11 \text{ mm (nilai minus dianggap nol)}$$

Perkolasi = Tinggi tampungan * koefisien perkolasi

$$= 210,23 * 0,40$$

$$= 84,09 \text{ mm}$$

Sisa tampungan = Tinggi tampungan awal – Limpasan bawah permukaan – Perkolasi.

$$= 210,23 - 80,11 - 84,09$$

$$= 46,02 \text{ mm}$$

a. Tangki 3.

Tinggi tampungan = sisa tampungan tangki 3 bulan Desember 1988 + perkolasi dari tangki 2.

$$= 97,85 + 84,09$$

$$= 125,58 \text{ mm}$$

Aliran Dasar = (selisih tinggi tampungan dengan lubang aliran dasar) * koefisien aliran dasar.

$$= (125,58 - 25) * 0,60$$

$$= 94,17 \text{ mm}$$

Sisa tampungan = Tinggi tampungan awal – Aliran Dasar.

$$= 125,58 - 94,17$$

$$= 31,41 \text{ mm}$$

b. Total Pengaliran.

Total pengaliran = Limpasan + Limpasan bawah permukaan + Aliran Dasar

$$= 8,22 + 80,11 + 94,17$$

$$= 182,50 \text{ mm} = 1,248 \text{ m}^3/\text{det}$$

Proses perhitungan bulan lain dan hasilnya disajikan pada tabel berikut :











1.2.3.2. Debit Andalan

Untuk perhitungan debit andalan pada studi kali ini ditetapkan sebesar 80% (Q80), yang artinya resiko kegagalan yang akan dihadapi karena terjadinya debit yang lebih kecil dari debit andalan sebesar 20% dari banyaknya debit yang dianalisa.

Perhitungan debit bulanan dapat dilihat pada tabel 4.10. sebagai berikut :

Tabel 4.10. Perhitungan Debit Bulanan dengan Metode F.J.Mock Sub DAS Kali Sawahan (1997 – 2006)

Bulan	Debit (m ³ /dt)									
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Januari	5.030	1.586	2.572	1.205	4.849	7.984	1.292	8.010	0.910	2.564
Februari	7.619	4.468	4.425	1.032	11.969	6.230	0.572	3.960	3.372	7.161
Maret	2.341	17.645	0.240	0.489	11.167	3.966	5.758	7.890	4.510	1.814
April	2.681	5.366	0.099	2.018	6.813	4.172	2.652	2.110	2.270	5.327
Mei	0.746	0.750	0.072	0.874	2.048	1.142	1.361	0.817	0.709	5.005
Juni	0.309	0.631	0.016	0.294	0.951	0.472	0.471	0.338	0.293	1.434
Juli	0.119	5.744	0.006	0.114	0.880	0.183	0.182	0.131	0.113	0.555
Agustus	0.048	0.291	0.002	0.045	0.264	0.073	0.073	0.052	0.045	0.222
September	0.020	1.072	0.001	0.019	0.109	0.030	0.030	0.022	0.019	0.092
Oktober	0.008	5.398	5.883	0.007	0.918	0.012	0.012	0.008	0.007	0.036
November	0.003	2.685	10.608	0.997	2.036	3.459	2.016	0.003	0.003	0.015
Desember	0.001	0.212	5.755	0.226	0.497	4.981	4.510	1.690	0.575	2.035
Rerata	1.577	3.821	2.473	0.610	3.542	2.725	1.578	2.086	1.069	2.188

Sumber: Hasil Perhitungan

Adapun Grafik debit bulanan pada Sub DAS Kali Sawahan adalah sebagai berikut :



Perhitungan debit andalan dapat dilihat pada tabel 4.11. dan 4.12. sebagai berikut :

Tabel 4.11. Perhitungan Debit Andalan 80% (Q80) (Basic Year) dengan Metode F.J.Mock

No	Tahun	Debit	Tahun Urut	Debit Urut	P (%)
1	1997	1.577	1998	3.821	9.091
2	1998	3.821	2001	3.542	18.182
3	1999	2.473	2002	2.725	27.273
4	2000	0.610	1999	2.473	36.364
5	2001	3.542	2006	2.188	45.455
6	2002	2.725	2004	2.086	54.545
7	2003	1.578	2003	1.578	63.636
8	2004	2.086	1997	1.577	72.727
9	2005	1.069	2005	1.069	81.818
10	2006	2.188	2000	0.610	90.909

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.12. Debit Andalan 80% (Q80) dengan Metode F.J.Mock Tahun Dasar Perencanaan 2005

Bulan	Jumlah Hari	Debit (m ³ /dt)	Volume (m ³)
Januari	31	0.910	2437568.872
Februari	28	3.372	8157568.603
Maret	31	4.510	12079610.738
April	30	2.270	5884850.149
Mei	31	0.709	1899216.272
Juni	30	0.293	759686.509
Juli	31	0.113	303874.604
Agustus	31	0.045	121549.841
September	30	0.019	48619.937
Oktober	31	0.007	19447.975

November	30	0.003	7779.190
Desember	31	0.575	1540120.173

Sumber: Hasil Perhitungan

Adapun Grafik Q80 pada Sub DAS Kali Sawahan (Basic Year) adalah sebagai berikut :



4.2.3.2. Perhitungan Volume Air tanah

Perhitungan volume airtanah bulanan Sub DAS Kali Sawahan dengan metode F.J. MOCK dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut :

1. Luas *catchment area* Sub DAS Kali Sawahan = 88,329 km²
2. Bulan Februari 1997
3. Kandungan airtanah (dari hasil perhitungan tabel 4.9)
4. Volume airtanah (V) = $V_t \cdot A$
= (90,835/1000) x (88,329 x 1000000)
= 8023388,907 m³

Untuk perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.13. berikut :















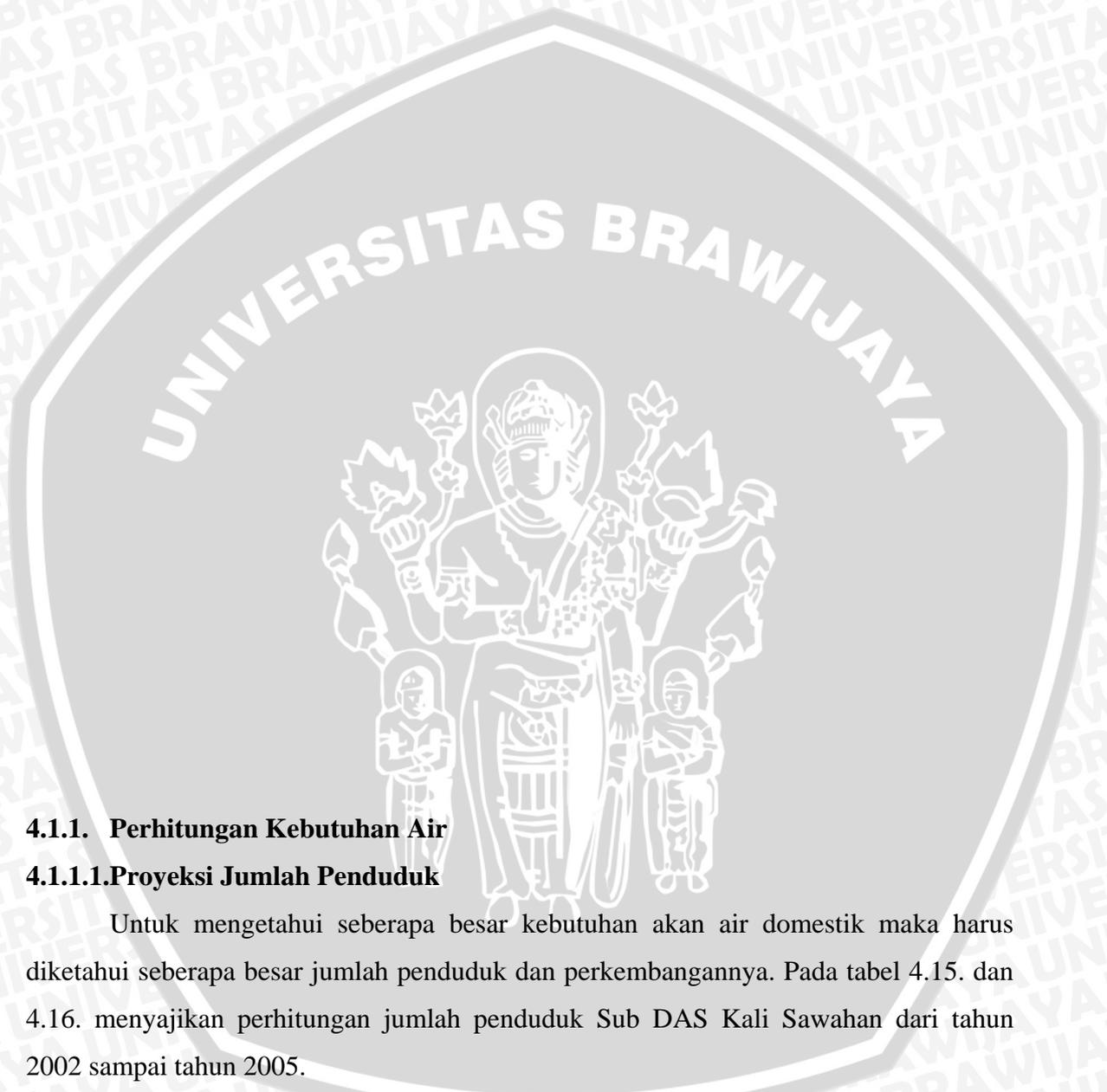












4.1.1. Perhitungan Kebutuhan Air

4.1.1.1. Proyeksi Jumlah Penduduk

Untuk mengetahui seberapa besar kebutuhan akan air domestik maka harus diketahui seberapa besar jumlah penduduk dan perkembangannya. Pada tabel 4.15. dan 4.16. menyajikan perhitungan jumlah penduduk Sub DAS Kali Sawahan dari tahun 2002 sampai tahun 2005.

Tabel 4.15. Jumlah Penduduk

Kecamatan	Luas Kecamatan	Luas Daerah Studi	Prosentase Luas	Jumlah Penduduk Kecamatan				Jumlah Penduduk di Wilayah Sub DAS Kali Sawahan			
				2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
Ngrambe	57.49	23.152	40.271	44191	44257	44456	44364	17796	17823	17903	17866
Jogorogo	65.84	27.36	41.555	40936	41022	41175	42188	17011	17047	17110	17531

Widodaren	88.43	37.817	42.765	71881	71968	72134	73085	30740	30777	30848	31255
Total Jumlah Penduduk		88.329		157008	157247	157765	159637	65547	65647	65861	66652

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.16. Perhitungan Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Tahun	Jml. Penduduk (jiwa)	Pertumbuhan Per tahun	Prosentase (%)
2002	65547		
2003	65647	99.522	0.152
2004	65861	214.709	0.326
2005	66652	790.600	1.186
Rerata		368.277	0.555

Sumber: Hasil Perhitungan

a. Metode Geometri

Sebagaimana tercantum pada bab sebelumnya perhitungan jumlah penduduk dilakukan dengan menggunakan rumus (2- 39), yaitu :

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

Contoh perhitungan proyeksi jumlah penduduk tahun 2006 :

- Jumlah penduduk tahun 2005 = 66.652 jiwa
- Prosentase kenaikan penduduk tiap tahun = 0,555 %
- Jangka waktu = 1 tahun
- $P_n = P_o (1 + r)^n$
 $= 66.652 (1 + 0,00555)^1$
 $= 67.022$ jiwa

b. Metode Aritmatika/Ekspensial

Sedangkan untuk Metode Aritmatika/Ekspensial digunakan rumus (2- 40), yaitu :

$$P_n = P_o \cdot e^{r \cdot n}$$

Contoh perhitungan proyeksi jumlah penduduk tahun 2006 :

- Jumlah penduduk tahun 2005 = 66.652 jiwa
- Prosentase kenaikan penduduk tiap tahun = 0,555 %
- Jangka waktu = 1 tahun

$$\begin{aligned}
 - P_n &= P_o \cdot e^{r \cdot n} \\
 &= 66.652 \times (2,7182818)^{0,00555 \cdot 1} \\
 &= 67.023 \text{ jiwa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.17. Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk

No	Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	
		Metode Geometri	Metode Aritmatik
1	2005	66652	66652
2	2006	67022	67023
3	2007	67393	67395
4	2008	67767	67770
5	2009	68143	68147
6	2010	68521	68526
7	2011	68901	68907
8	2012	69283	69290
9	2013	69667	69676
10	2014	70054	70063
11	2015	70442	70453

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk selanjutnya perhitungan dalam studi ini menggunakan hasil proyeksi jumlah penduduk dengan Metode Aritmatika/Ekspensial karena hasilnya lebih besar.

4.1.1.2. Proyeksi Kebutuhan Air

a. Kebutuhan Air Domestik Municipal (DM)

1. Kebutuhan Air Domestik

Telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa kebutuhan air domestik dihitung berdasarkan jumlah penduduk. Perhitungan kebutuhan air domestik dihitung dengan persamaan (2-41). Pada tabel 4.18 dan 4.19. menyajikan jumlah kebutuhan air domestik.

Contoh perhitungan kebutuhan air domestik tahun 2005 Bulan Januari :

- Jumlah Penduduk = 66.652 jiwa
- Standart kebutuhan air domestik = 60 lt/hari/jiwa
- Jumlah hari dalam satu bulan = 31 hari
- $Q_D = J_p \times K_p \times 31$
 $= 66652 \times 60 \times 31$
 $= 123.972.818 \text{ lt}$
 $= 123.972,818 \text{ m}^3$

Tabel 4.18. Perhitungan Kebutuhan Air Domestik

No	Tahun	Jumlah Penduduk	Kebutuhan Air
1	2005	66652	1459680
2	2006	67023	1467798
3	2007	67395	1475960
4	2008	67770	1488235
5	2009	68147	1492423
6	2010	68526	1500722
7	2011	68907	1509068
8	2012	69290	1521618
9	2013	69676	1525900
10	2014	70063	1534386
11	2015	70453	1542919

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.19. Perhitungan Kebutuhan Air Domestik Bulanan

No	Bulan	Kebutuhan Air (m ³)		
		Tahun 2005	Tahun 2010	Tahun 2015
1	Januari	123973	127459	131042
2	Februari	111975	115124	118361
3	Maret	123973	127459	131042

4	April	119974	123347	126815
5	Mei	123973	127459	131042
6	Juni	119974	123347	126815
7	Juli	123973	127459	131042
8	Agustus	123973	127459	131042
9	September	119974	123347	126815
10	Oktober	123973	127459	131042
11	November	119974	123347	126815
12	Desember	123973	127459	131042
Total		1459679951	1459680	1500722

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Kebutuhan Air Municipal

Telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa kebutuhan municipal diartikan sebagai kebutuhan air sektor komersial. Besarnya kebutuhan air municipal diasumsi 10% dari kebutuhan total air domestik. Pada tabel 4.20 dan 4.21. menyajikan jumlah kebutuhan air municipal.

Contoh perhitungan kebutuhan air municipal tahun 2005 Bulan Januari :

- Jumlah Penduduk = 66.652 jiwa
- Standart kebutuhan air domestik = 60 lt/hari/jiwa
- Jumlah hari dalam satu bulan = 31 hari
- $Q_D = 10\% \times J_P \times K_p \times 31$
 $= 10\% \times 66652 \times 60 \times 31$
 $= 123.972.818 \text{ lt}$
 $= 123.972,818 \text{ m}^3$

Tabel 4.20. Perhitungan Kebutuhan Air Municipal

No	Tahun	Jumlah Penduduk	Kebutuhan Air
1	2005	66652	145968
2	2006	67023	146780

3	2007	67395	147596
4	2008	67770	148823
5	2009	68147	149242
6	2010	68526	150072
7	2011	68907	150907
8	2012	69290	152162
9	2013	69676	152590
10	2014	70063	153439
11	2015	70453	154292

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.21. Perhitungan Kebutuhan Air Municipal Bulanan

No	Bulan	Kebutuhan Air (m ³)		
		Tahun 2005	Tahun 2010	Tahun 2015
1	Januari	12397	12746	13104
2	Februari	11198	11512	11836
3	Maret	12397	12746	13104
4	April	11997	12335	12682
5	Mei	12397	12746	13104
6	Juni	11997	12335	12682
7	Juli	12397	12746	13104
8	Agustus	12397	12746	13104
9	September	11997	12335	12682
10	Oktober	12397	12746	13104
11	November	11997	12335	12682
12	Desember	12397	12746	13104
Total		145968	150072	154292

Sumber: Hasil Perhitungan

b. Kebutuhan Air Irigasi

Pada bab sebelumnya telah dijelaskan bahwa perhitungan kebutuhan air irigasi dihitung dengan mengalikan standart kebutuhan air irigasi dikalikan dengan luas areal irigasi yang ada. Persamaan perhitungan seperti pada (2-44)

Contoh perhitungan kebutuhan air irigasi pada bulan januari 2005 :

- Luas Areal Irigasi = 10,426 km²
- Standart kebutuhan air irigasi = 1,2 lt/dt/ha
- $Q_{IR} = A \times S_{IR}$
 $= (((10,426 \times 100) \times 1,2) / 1000) \times (3600 \times 24 \times 31)$
 $= 3.350.895 \text{ m}^3$

Untuk selanjutnya perhitungan pertumbuhan luas areal irigasi ditabelkan pada tabel 4.21 dan untuk perhitungan kebutuhan air irigasi ditabelkan pada tabel 4.22. dan 4.23.

Tabel 4.22. Tabel Pertumbuhan Areal Irigasi

No	Tahun	Luas Lahan (km ²) Laju pertumbuhan -15,1%
1	1997	38.623
2	1998	32.791
3	1999	27.839
4	2000	23.636
5	2001	20.067
6	2002	17.037
7	2003	14.464
8	2004	12.280
9	2005	10.426
10	2006	8.851
11	2007	7.515
12	2008	6.380
13	2009	5.417
14	2010	4.599
15	2011	3.904
16	2012	3.315
17	2013	2.814

18	2014	2.389
19	2015	2.029

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.23. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi Bulanan

No	Bulan	Kebutuhan Air (m ³)		
		Tahun 2005	Tahun 2010	Tahun 2015
1	Januari	3350895	1478085	651985
2	Februari	3026615	1335044	588890
3	Maret	3350895	1478085	651985
4	April	3242802	1430404	630953
5	Mei	3350895	1478085	651985
6	Juni	3242802	1430404	630953
7	Juli	3350895	1478085	651985
8	Agustus	3350895	1478085	651985
9	September	3242802	1430404	630953
10	Oktober	3350895	1478085	651985
11	November	3242802	1430404	630953
12	Desember	3350895	1478085	651985
Total		39454088	17403254	7676600

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.24. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi

No	Tahun	Luas Lahan (km ²) Laju pertumbuhan -15,1%	Kebutuhan Air
1	2005	10.426	39454088
2	2006	8.851	33496520
3	2007	7.515	28438546
4	2008	6.380	24210474
5	2009	5.417	20498532
6	2010	4.599	17403254
7	2011	3.904	14775363

8	2012	3.315	12578651
9	2013	2.814	10650096
10	2014	2.389	9041932
11	2015	2.029	7676600

Sumber: Hasil Perhitungan













BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan pada bab empat, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan Metode Simulasi Mock dengan asumsi besarnya koefisien infiltrasi 0,4, faktor resesi tanah sebesar 0,4, dan kelembaban tanah sebesar 100 mm didapatkan Volume air sungai di Sub DAS Sawahan sebesar 33.259.893 m³ dan volume airtanah sebesar 15.718.464 m³.
2. Kebutuhan air di Sub DAS Sawahan ditunjukkan pada tabel berikut ini:

No	Tahun	Kebutuhan Air (m ³)		
		Domestik	Municipal	Irigasi
1	2005	1459680	145968	39454088
2	2010	2250911	225091	17403254
3	2015	7573937	757394	7676600

3. Neraca air di Sub DAS Sawahan masih dapat memenuhi kebutuhan air sampai tahun 2015, perhitungannya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

No	Tahun	Kebutuhan Total (m ³)	Ketersediaan Air (m ³)	Selisih (m ³)	Keterangan
1	2005	41059736	48978357	7918621	Surplus
2	2010	19879256	48978357	29099101	Surplus
3	2015	16007931	48978357	32970426	Surplus

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas untuk studi selanjutnya disarankan:

1. Sebaiknya perlu diperhitungkan juga data-data sumur dalam dan data debit sungai observasi.
2. Untuk menjaga potensi air yang ada diharapkan pemerintah setempat dapat menjaga kondisi vegetasi yang ada. Untuk vegetasi hutan diharapkan tidak berkurang.
3. Metode Mock lebih cocok digunakan pada DAS kecil dan vegetasinya relative homogen. Pada DAS besar masih bisa menggunakan Metode Mock, namun dalam proses analisis harus banyak mencoba-coba parameter tanah (SMC, Ci dan k) sehingga diperlukan kehati-hatian dan pengalaman lapangan.

4. Sebaiknya perhitungan kebutuhan air dilengkapi dengan data-data tata guna lahan tahun-tahun yang diperhitungkan.
5. Sebaiknya untuk menghitung kebutuhan air irigasi dihitung pola tata tanam.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2004. *Neraca Air Jawa Timur Tahun 2004*. Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Propinsi Jawa Timur. Surabaya
- Muliakusuma, S. (1981). *Dasar-Dasar Demografi*. Lembaga Demografi Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia. Jakarta.
- Saladin, 1980. *Konsep Dasar Demografi*. Jakarta : Penerbit Pradnya Paramita
- Sinarto, Radhi dan Iskandar. 1987. *Simulasi Debit Sungai Cara Mock*, Semarang : Seminar Ilmiah Tahunan IV Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia.
- Soemarto,C.D. 1986. *Hidrologi Teknik*. Surabaya : Penerbit Usaha Nasional.
- Soewarno. (2000). *Hidrologi Operasional (Jilid Kesatu)*. PT. Citra Aditya Bakti. Bandung.
- Sosrodarsono,Suyono. 1985. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta : Penerbit Pradnya Paramita.
- Sri Harto, BR. (1988). *Model Hidrologi – Mock*. PAU – UGM. Yogyakarta.
- Subarkah, Imam. 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*, Bandung : Penerbit Idea Dharma.
- Suhardjono. 1996. *Kebutuhan Air Tanaman*. Malang : Penerbit Institut Teknologi Nasional Malang.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi. Yogyakarta.