

ANALISIS NERACA AIR SUNGAI PANIKI DENGAN TITIK TINJAUAN DI JEMBATAN PANIKI

Risky Schwars Mentang

Tiny Mananoma, Jeffry S.F Sumarauw

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: riskyschwars92@gmail.com

ABSTRAK

Lippo Holland Village Manado adalah sebuah kawasan hunian baru yang terletak di Kelurahan Paniki Bawah Kecamatan Mapanget Kota Manado. Hunian ini berada di kawasan sungai Paniki, potensi air sungai ini akan dimanfaatkan untuk kebutuhan air bersih di hunian tersebut. Berdasarkan hal tersebut maka diperlukan Analisis Neraca Air untuk melihat keseimbangan antara ketersediaan air di sungai Paniki dan kebutuhan air di hunian yang ada.

Analisis neraca air dilakukan dengan menganalisis ketersediaan air di DAS Paniki menggunakan metode NRECA (National Rural Electric Cooperative Association) untuk mencari debit andalan 90% (Q_{90}), sedangkan kalibrasi dilakukan pada data tahun 2013 dengan tingkat akurasi yang di hitung menggunakan model Coeffcition of Determination (R^2). Kebutuhan Air Bersih dihitung berdasarkan kriteria perencanaan air bersih Ditjen Cipta Karya Dinas PU (1997) hingga 20 tahun ke depan.

Dari hasil analisis neraca air, hingga 20 tahun ke depan ketersediaan air masih mencukupi kebutuhan air di Lippo Holland Village Manado.

Kata Kunci : Sungai Paniki, Metode Nreca, debit andalan (Q_{90}), neraca air

PENDAHULUAN

Latar belakang

Neraca air adalah perbandingan antara ketersediaan air dengan kebutuhan air di suatu tempat dalam periode tertentu. Dengan adanya analisis neraca air dapat diketahui apakah jumlah air mengalami kelebihan (surplus) ataupun mengalami kekurangan (defisit).

Sungai merupakan salah satu sumber air di permukaan, yang mempunyai fungsi menampung curah hujan dalam suatu daerah tertentu. Saat ini sungai telah menjadi alternatif pilihan yang banyak digunakan manusia karena berada dipermukaan bebas, mudah diperoleh dan airnya dapat dimanfaatkan untuk satu musim ataupun sepanjang tahun.

Air dari sungai dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari ataupun dalam usaha peningkatan kesejahteraan manusia, misalnya untuk kebutuhan industri, niaga, peternakan, serta di bidang pertanian untuk kepentingan irigasi

Sungai Paniki yang berada di kecamatan Mapanget, merupakan salah satu sumber air yang harus dimanfaatkan. Hal ini disebabkan daerah di sekitar sungai Paniki merupakan salah satu

kawasan tumbuh cepat di Sulawesi Utara, dimana semakin banyak perumahan yang dibangun di daerah ini, sehingga membutuhkan penyediaan air.

Sungai Paniki merupakan sumber air yang belum dimanfaatkan potensinya secara maksimal, air sungai hanya mengalir ke laut. Untuk itu perlu mengetahui berapa besar potensi sungai tersebut, yaitu ketersediaan air pada sungai yang dimaksud, serta berapa besar kebutuhan penduduk akan air di wilayah DAS Paniki dengan demikian air sungai bisa dimanfaatkan secara efisien dan efektif.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada maka dirumuskan permasalahan yaitu, pemanfaatan air sungai Paniki belum secara maksimal.

Batasan Masalah

- Analisis potensi ketersediaan dan pemanfaatan air sungai Paniki pada titik tinjauan di jembatan Paniki berada di kelurahan Paniki kecamatan Mapanget Kota Manado untuk 20 tahun ke depan.
- Menghitung kebutuhan air yang ada di perumahan Holland Village

Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian dalam tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui ketersediaan air yang ada di sungai Paniki untuk memenuhi kebutuhan air penduduk di sekitar sungai paniki.

Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian dalam tugas akhir ini dapat diketahui potensi/ketersediaan air Sungai Paniki, sehingga dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih penduduk yg berada di sekitar sungai paniki.

Metode Penelitian

1. Studi lapangan
Meninjau langsung lapangan/ observasi lapangan untuk mendapatkan informasi awal, berupa kondisi fisik lokasi yang ditinjau.
2. Studi literatur
Mengumpulkan dan mempelajari materi referensi yang berhubungan dengan penelitian.
3. Studi terapan
Studi terapan dilakukan untuk menerapkan suatu konsep penyelesaian/kajian untuk pemecahan masalah dalam studi kasus di Sungai Paniki.

LANDASAN TEORI

Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi terjadi karena adanya penyinaran matahari yang mengakibatkan air di permukaan bumi menguap (*evaporasi*) kemudian jatuh lagi ke permukaan laut dan daratan sebagai presipitasi dalam bentuk hujan, salju, hujan es, dan kabut.

Setelah mencapai daratan hujan akan tertahan beberapa saat oleh tumbuh-tumbuhan dan yang kemudian jatuh ke permukaan tanah. Kemudian sebagian air akan bergerak ke dalam tanah melalui celah-celah bebatuan (*infiltrasi*) dan sebagiannya lagi akan mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan *surface runoff*). Air permukaan yang mengalir maupun tergenang (danau, waduk dan rawa) dan sebagian air di bawah permukaan akan terkumpul dan mengalir dan membentuk sungai dan mengalir ke laut. Proses yang terus-menerus terjadi ini dinamakan siklus hidrologi.

Presipitasi

Presipitasi adalah turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi, dapat berupa kabut, embun, hujan, hujan salju, ataupun hujan es. Pada daerah tropis termasuk Indonesia, yang memberikan sumbangan paling besar adalah hujan, sehingga seringkali hujanlah yang dianggap sebagai presipitasi.

Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan proses dimana air berubah menjadi uap (penguapan). Besarnya evapotranspirasi dipengaruhi oleh kondisi iklim, seperti radiasi matahari, kecepatan angin, kelembaban udara dan kondisi lingkungan sekitarnya.

Nilai evapotranspirasi dapat diperoleh melalui perhitungan berdasarkan beberapa rumus tertentu sebagai suatu upaya pendekatan berdasarkan kondisi iklim di lokasi yang akan ditinjau. Hal ini dikarenakan sulitnya untuk memperoleh hasil pengukuran yang teliti di lapangan. Perhitungan nilai evapotranspirasi dalam penelitian ini menggunakan metode Penman Monteith.

Perhitungan evapotranspirasi tanaman acuan menurut metode Penman-Monteith memerlukan data iklim dan letak stasiun klimatologi sehingga pengolahan data harus dilakukan sesuai dengan kriteria satuan yang sesuai dengan metode tersebut di atas.

Data iklim tersebut adalah :

- 1) suhu udara rata-rata dalam satuan derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$);
- 2) kelembaban relatif rata-rata dalam persen (%);
- 3) kecepatan angin rata-rata dalam satuan meter per detik (m/s);
- 4) lama penyinaran matahari dalam satu hari yang dinyatakan dengan satuan jam;
- 5) tekanan udara di lokasi stasiun dengan satuan kilo pascal (KPa);
- 6) radiasi matahari di lokasi stasiun dengan satuan mega joule per meter persegi per hari ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{hari}$).

Data topografi :

- 1) elevasi atau *altitude* stasiun pengamatan klimatologi dalam satuan meter di atas permukaan air laut;

- 2) letak garis lintang lokasi stasiun pengamatan klimatologi yang dinyatakan dalam derajat, kemudian dikonversi dalam radian dengan 2π radian = 360 derajat.

Daerah Aliran Sungai

Sungai adalah aliran air yang besar dan memanjang yang mengalir secara terus menerus dari hulu (sumber) menuju hilir (muara). Sungai terbentuk dari erosi yang terjadi akibat air yang mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah. Seluruh daerah di mana semua airnya mengalir ke dalam sungai yang dimaksudkan disebut Daerah Aliran Sungai (DAS).

Teori Penetapan DAS

Penetapan batas-batas DAS diperlukan untuk menentukan batas-batas DAS yang akan dianalisis. Penetapan ini dilakukan dari peta topografi di mana nantinya akan ditetapkan titik-titik tertinggi di sekeliling sungai yang dimaksudkan dan masing-masing titik tersebut dihubungkan satu dengan lainnya sehingga membentuk suatu garis utuh yang bertemu titik pangkalnya. Garis tersebut merupakan batas DAS di titik kontrol tertentu.

Teori Perbandingan DAS

Pemodelan perbandingan DAS dapat digunakan untuk mengisi data-data yang hilang ataupun tidak tersedia. Teori ini bisa digunakan apabila letak titik pemodelan ada pada DAS yang sama dengan titik data terukur. Nantinya dengan menggunakan perbandingan luas DAS titik terukur dan luas DAS titik pemodelan, dapat dihitung data-data yang hilang ataupun tidak tersedia ini. Sebagai contoh untuk mencari data debit pada suatu titik pemodelan, dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_{model} = \frac{Q_{observed} \times A_{model}}{A_{observed}} \dots\dots\dots(1)$$

Analisis Ketersediaan Air

Untuk dapat memperkirakan besarnya aliran rendah digunakan data hujan yang ditransformasikan. Ada beberapa metode yang dapat digunakan di antaranya : Metode F.J.Mock, Metode NRECA, dll. Dalam penelitian ini, transformasi hujan menjadi aliran menggunakan metode NRECA. *National Rural Electric Cooperative Association* (NRECA) di America mengembangkan suatu model hidrologi untuk

menghitung besarnya aliran khususnya untuk proyek pembangkit listrik. Model ini dikembangkan oleh Norman H. Crawford dan Steven M. Thurin (1981).

Kalibrasi Model

Hasil analisis debit metode NRECA tidak dapat langsung digunakan karena masih diragukan, sehingga diperlukan langkah kalibrasi model untuk mengetahui kelayakan dan ketepatan hasil tersebut. Kalibrasi model dilakukan dengan membandingkan hasil analisis dengan data terukur. Semakin sedikit selisih perbedaannya maka semakin tepat hasil analisis data debit metode NRECA tersebut. Langkah-langkah untuk melakukan kalibrasi model adalah sebagai berikut :

1. Mencoba nilai parameter PSUB dan GWF (parameter dengan sensitifitas tinggi) hingga bisa didapat nilai perbedaan debit analisis dan debit terukur yang minimum.
2. Mencoba nilai parameter C, *Storage*, GWS, serta CROPF (parameter dengan sensitifitas rendah) hingga bisa didapat nilai perbedaan debit analisis dan debit terukur yang minimum
3. Mencoba nilai bobot pengaruh stasiun hujan (jika terdapat lebih dari 1 stasiun hujan yang digunakan dalam perhitungan hujan rerata DAS).
4. Tidak memasukkan data debit terukur untuk bulan-bulan yang penyimpangan debit analisis dan debit terukurnya sangat besar. (Sumarauw, J.S.F., 2014).

Analisis Debit Andalan

Debit andalan adalah debit minimum sungai yang dipengaruhi oleh nilai probabilitas. Untuk perencanaan air bersih debit andalan yang akan digunakan adalah debit Q90, yang artinya debit tersebut mempunyai kemungkinan akan terjadi sebesar 90% dan tidak terpenuhi sebesar 10%.

Tingkat keandalan debit dihitung berdasarkan nilai probabilitas kejadian mengikuti rumus Weibull sebagai berikut :

$$P(\%) = \frac{m1}{n+1} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Kebutuhan Air Bersih Dan Kehilangan Air

Air adalah kebutuhan bagi manusia. Semua makhluk membutuhkan air dalam kehidupannya, sehingga tanpa air dapat dipastikan tidak ada

kehidupan. Kebutuhan air yang dimaksud adalah kebutuhan air yang digunakan untuk menunjang segala kegiatan manusia meliputi:

- Kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari.
- Kebutuhan air non domestik yaitu kebutuhan air di luar keperluan rumah tangga. Kebutuhan air non domestik antara lain :
 - Penggunaan komersil dan industri yaitu penggunaan air oleh badan-badan komersil dan industri.
 - Penggunaan umum yaitu penggunaan air untuk bangunan-bangunan pemerintah, rumah sakit, sekolah, dan tempat ibadah.
- Kehilangan air, dalam perencanaan sistem distribusi air bersih tidak menutup kemungkinan terjadi kebocoran atau kehilangan air.

Analisis Neraca Air

Neraca air adalah kesetimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan air. Jika hasil neraca air positif, menandakan terdapat kelebihan air sedangkan jika neraca air negatif, menandakan terjadi kekurangan air di lokasi yang diteliti.

METODOLOGI PENELITIAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Sungai Paniki merupakan sungai yang terbentang dari wilayah Kabupaten Minahasa Utara dan berakhir di Kota Manado. Daerah Aliran Sungai Paniki memiliki luas *catchment* sebesar 27,875 Km². Topografi di daerah DAS Paniki ini beragam, ada yang berupa daerah dataran, lembah dan juga perbukitan.

Jalannya Penelitian

Setelah dilakukan survey lokasi penelitian dan pengumpulan data maka penelitian dilanjutkan dengan menganalisis data yang telah diperoleh. Proses analisis dengan menggunakan metode empiris ini meliputi :

- Analisis Ketersediaan air, dengan menggunakan pendekatan model Nreca.
- Analisis Kebutuhan air, dalam hal ini merupakan kebutuhan air baku.

- Analisis Neraca air, dengan membandingkan hasil analisis ketersediaan air dengan analisis kebutuhan air.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis Curah Hujan DAS

Data curah hujan yang akan di gunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan bulanan dari stasiun klimatologi Manado.

Analisis Data Debit untuk Keperluan Kalibrasi

Data debit yang digunakan merupakan data debit dari stasiun terdekat yaitu Stasiun Talawaan. Karena tidak tersedianya data debit di lokasi penelitian, maka dilakukan perhitungan debit dengan menggunakan pendekatan teori perbandingan luas. Diketahui bahwa luas DAS Paniki adalah 27,875 km², sedangkan luas DAS Talawaan adalah 42,5 km². Nilai perbandingan luas DAS Paniki dan luas DAS Talawaan adalah sebagai berikut :

$$X = \frac{27,875}{42,5} = 0,656$$

Selanjutnya nilai debit rata-rata dari Sungai Talawaan akan dikalikan dengan nilai perbandingan DAS di atas untuk memperoleh nilai debit untuk Sungai Paniki. Berikut disajikan perhitungan untuk data debit pada bulan Januari: $Q_{\text{model}} = 3,26 \times 0,656 = 2,1$

Perhitungan Evapotranspirasi Metode Penman-Monteit

Langkah-langkah penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan metode Penman-Monteith.

- 1) Kumpulkan data cuaca yang tersedia di lokasi stasiun .
 - Suhu udara rata-rata 25,6 °C (T)
 - Kelembapan relatif rata-rata 88,771% (RH)
 - Kecepatan angin rata-rata 77,64 km/hari
 - Lama penyinaran matahari 38,7 %
- 2) Menghitung besarnya nilai tekanan uap jenuh (e_s) menggunakan persamaan berikut.

$$e_s = 0,611 \exp\left(\frac{17,27T}{T + 237,3}\right)$$

$$e_s = 0,611 \exp\left(\frac{17,27 \times 25,6}{25,6 + 237,3}\right) = 3,274 \text{ kPa}$$

- 3) Menghitung besarnya tekanan uap aktual (e_a) menggunakan persamaan berikut.

$$e_a = e_s \times RH$$

$$e_a = 3,274 \times 88,771$$

$$e_a = 2,906 \text{ kPa}$$
- 4) Kurangkan hasil langkah 2) dengan langkah 3).

$$e_s - e_a = 3,274 - 2,906$$

$$e_s - e_a = 0,368$$
- 5) Tentukan nilai perkalian antara konstanta 4098 dengan hasil langkah 2).

$$4098 \times e_s = 4098 \times 3,274$$

$$4098 \times e_s = 13415,274 \text{ kPa}$$
- 6) Hitung perkalian antara konstanta 0,00163 dan data tekanan udara.

$$0,00163 \times P = 0,00163 \times 100,318$$

$$0,00163 \times P = 0,164 \text{ kPa}$$
- 7) Mengitung besarnya nilai panas laten (λ) menggunakan persamaan berikut.

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

$$\lambda = 2,501 - (2,361 \times 10^{-3}) \times 25,6$$

$$\lambda = 2,441 \text{ mj/kg}$$
- 8) Hitung nilai konstanta psikrometrik (γ) dengan membagikan hasil nilai langkah 6) dengan langkah 7).

$$\gamma = 0,614 / \lambda$$

$$\gamma = 0,067 \text{ kPa}/^\circ\text{C}$$
- 9) Hitung nilai dari $(T + 237,3)^2$.

$$(T + 237,3)^2 = 69103,266 \text{ }^\circ\text{C}$$
- 10) Hitung nilai kemiringan kurva tekanan uap (Δ) dengan membagikan hasil langkah 5) dengan langkah 9).

$$\Delta = 13415,274 / 69103,266$$

$$\Delta = 0,194 \text{ kPa}/^\circ\text{C}$$
- 11) Tentukan hasil pembagian antara konstanta 900 dengan suhu Kelvin.

$$900 / (T+273) = 900 / (25,6 + 273)$$

$$= 3,014$$
- 12) Tentukan hasil perkalian data kecepatan angin (konfersi ke m/s), hasil langkah 8), langkah 4) dan langkah 11).

$$0,899 \times 0,067 \times 0,368 \times 3,014 = 0,067$$
- 13) Hitung besarnya nilai sudut deklinasi (δ) menggunakan persamaan berikut.

$$\delta = 0,409 \sin(0,0172J - 1,39)$$

$$\delta = 0,409 \sin(0,0172 \times 31 - 1,39)$$

$$\delta = -0,309 \text{ rad}$$
- 14) Hitung besarnya jarak relatif matahari dengan bumi (d_r) menggunakan persamaan (2.7).

$$d_r = 1 + 0,033 \cos(0,0172J)$$
- 15) Berdasarkan data letak lintang stasiun, tentukan nilai sudut saat matahari terbenam (ω_s) dengan menggunakan persamaan (2.6).

$$\omega_s = \arccos(-\tan \varphi \tan \delta)$$

$$\omega_s = \arccos(-\tan 0,026 \times \tan -0,309)$$

$$\omega_s = 1,579 \text{ rad}$$
- 16) Tentukan nilai radiasi ekstraterrestrial (R_a) berdasarkan persamaan (2.5).

$$R_a = 37,6 d_r (\omega_s \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \sin \omega_s)$$

$$R_a = 36,336 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$$
- 17) Hitung nilai radiasi matahari (R_s) berdasarkan persamaan (2.4).

$$R_s = (0,25 + 0,5 \frac{n}{N}) R_a$$

$$R_s = 16,115 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$$
- 18) Hitung faktor penutupan awan berdasarkan data lama penyinaran matahari menggunakan persamaan (2.11).

$$f = 0,9 \frac{n}{N} + 0,1$$

$$f = 0,9 (38,7/100) + 0,1$$

$$f = 0,448$$
- 19) Hitung besarnya radiasi gelombang pendek (R_{ns}) dengan menggunakan persamaan (2.3).

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s$$

$$R_{ns} = (1 - 0,25) \times 16,115$$

$$R_{ns} = 12,086 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$$
- 20) Hitung nilai *emisivitas* atmosfer (ϵ') berdasarkan persamaan (2.12).

$$\epsilon' = a_r + b_r \sqrt{e_a}$$

$$\epsilon' = 0,34 - 0,14 \sqrt{2,906}$$

$$\epsilon' = 0,101$$
- 21) Tentukan nilai hasil perkalian antara konstanta Stefan-Boltzman (σ) dan pangkat empat suhu Kelvin.

$$(4,9 \times 10^{-9}) \times (273+25,6)^4 = 38,941$$
- 22) Tentukan nilai radiasi gelombang panjang (R_{nl}) berdasarkan hasil perkalian langkah 18), langkah 20), dan langkah 21).

$$0,448 \times 0,101 \times 38,941 = 1,769 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$$
- 23) Hitung besarnya nilai radiasi netto dengan mengurangkan hasil langkah 19) dengan langkah 22) atau gunakan persamaan (2.2).

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

$$R_n = 12,086 - 1,769$$

$$R_n = 10,317 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$$

- 24) Tentukan perkalian antara konstanta 0,408, hasil langkah 10), dan langkah 23).
 $0,408 \times 0,194 \times 10,317 = 0,817$
- 25) Jumlahkan hasil langkah 12) dan langkah 24).
 $0,067 \times 0,817 = 0,884$
- 26) Berdasarkan data kecepatan angin, hasil langkah 10), langkah 8), hitung nilai dari $(\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2))$.
 $0,194 + 0,067 (1 + 0,34 \times 0,899) = 0,282$
- 27) Hitung besarnya nilai ET_o dengan membagi hasil langkah 25) dengan hasil langkah 26) atau gunakan persamaan (2.2).
 $ET_o = 0,884 / 0,282 = 3,139 \text{ mm/hari}$

Analisis Ketersediaan Air Metode NRECA

Untuk menghitung ketersediaan air dengan menggunakan metode Nreca diperlukan beberapa data dasar, yaitu :

- Luas DAS (Km^2)
 Luas DAS diukur dengan membuat batas-batas DAS secara manual dengan menggunakan bantuan peta topografi dengan skala 1:50.000. Dari hasil perhitungan didapat luas DAS Paniki adalah $27,875 \text{ km}^2$
- Curah Hujan rerata tahunan (mm)
 Curah hujan rerata tahunan didapat dengan menjumlahkan data hujan yang terjadi pada setiap tahunnya kemudian dirata-ratakan. Berdasarkan data curah hujan tahun 1996-2015, didapat curah hujan rerata tahunan sebesar $3223,5 \text{ mm}$.
- Nilai NOMINAL
 Nilai nominal dihitung dengan menggunakan persamaan $NOMINAL = 100 + (C \times \text{Curah hujan rerata tahunan})$ dengan asumsi $C = 0,2$ (daerah dengan hujan sepanjang tahun).
 $C = 0,2$ untuk daerah dengan hujan sepanjang tahun
 $C = 0,25$ untuk daerah dengan hujan musiman
 $NOMINAL = 100 + (0,25 \times 3223,5)$
 $NOMINAL = 905,875$
- Curah hujan bulanan (mm/ bulan)
 Curah hujan bulanan didapat dengan menjumlahkan data hujan harian setiap bulan.
- Evapotranspirasi potensial (mm/hari)
- Nilai PSUB, GWF, CROPF, STORAGE, dan GWS

Semua data ini diasumsikan sesuai persyaratan dan keadaan di lapangan sebagai acuan awal,

yang nantinya akan diperiksa akurasi pada tahap kalibrasi model.

Uraian perhitungan ketersediaan air dengan menggunakan metode Nreca untuk data bulan Januari Tahun 2013 sebagai berikut:

LANGKAH 1 (n) :

Jumlah hari pada bulan Januari tahun 2013 adalah 31 hari.

LANGKAH 2 (Rb):

Data curah hujan pada bulan Januari tahun 2013 adalah $524,8 \text{ mm}$.

LANGKAH 3 (ETP) :

Nilai ETP atau Evapotranspirasi Potensial pada bulan Januari adalah sebesar $155,28 \text{ mm}$.

LANGKAH 4 (MS) :

Nilai MS merupakan nilai *Soil Moisture Storage* dan diasumsikan sebesar 600 mm/ bulan .

LANGKAH 5 (SR) :

Nilai SR merupakan hasil perhitungan antara langkah (4) dan nilai NOMINAL, dengan rumus sebagai berikut :

$$SR = MS : NOMINAL$$

$$SR = 600 : 905,875$$

$$SR \text{ atau } W_i = 0,66$$

LANGKAH 6 (Rb/ETP) :

Nilai perbandingan Rb/ETP didapat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

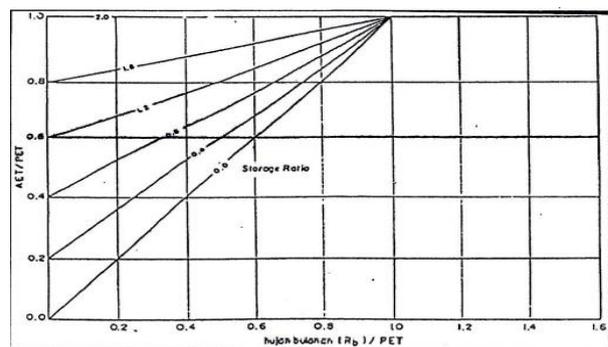
$$Rb/ETP = Rb : ETP$$

$$Rb/ETP = 524,8 : 94,16$$

$$Rb/ETP = 5,57$$

LANGKAH 7 (Ratio AET/ETP) :

Menentukan nilai *Ratio AET/ETP* berdasarkan nilai pada Rb/Etp (6) = $5,57$ dan nilai SR (5) = $0,66$ dengan menggunakan bantuan grafik pada gambar 1.



Gambar 1. Menentukan nilai *Ratio AET/ETP*

Sumber : KP-01

LANGKAH 8 (AET) :

Nilai AET dihitung menggunakan persamaan:

$$AET = \text{Ratio AET/ETP (7)} \times ETP (3).$$

$$AET = 1 \times 94,16 = 94,16 \text{ mm/bulan}$$

LANGKAH 9 (Neraca Air) :

Menghitung nilai neraca air (Wb) dengan menggunakan persamaan :

$$Wb = Rb (2) - AET (8).$$

$$Wb = 524,8 - 94,16$$

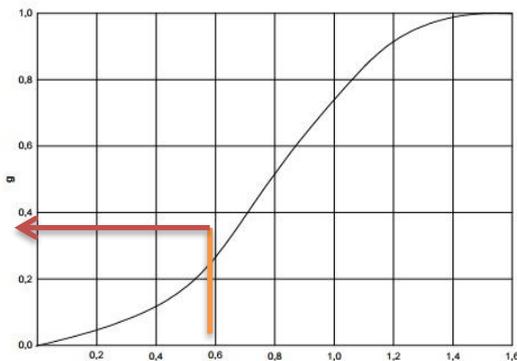
$$Wb = 430,64 \text{ mm/bulan}$$

LANGKAH 10 (Excess Moisture Ratio) :

Ratio kelebihan kelengasan (*Excess Moisture Ratio*) dapat diperoleh berdasarkan kondisi sebagai berikut :

- Jika neraca air (Wb) pada baris (9) positif, maka *ratio* tersebut dapat diperoleh dengan memasukkan nilai tampungan kelengasan tanah (Wi) di baris (5) dalam grafik pada gambar 2.
- Jika neraca air negatif (Wb) , maka *ratio* kelebihan kelengasan = 0

Nilai Wb positif, maka nilai *Excess Moisture Ratio* = 0,34



Gambar 2. Menentukan nilai Tampungan Kelengasan Tanah

LANGKAH 11 (Excess Moisture) :

Nilai *Excess Moisture* dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Excess Moisture Ratio (10) \times Wb (9).$$

$$Excess Moisture = 0,34 \times 430,64$$

$$Excess Moisture = 146,42 \text{ mm/bulan}$$

LANGKAH 12 (ΔS) :

Nilai *Delta Storage* dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta S = Wb (9) - Excess Moisture (11)$$

$$\Delta S = 430,64 - 146,42$$

$$\Delta S = 284,22 \text{ mm/bulan}$$

LANGKAH 13 (Recharge GW) :

Nilai *Recharge GW* dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Recharge GW = PSUB(P1) \times Excess Moisture (11)$$

$$Recharge GW = 0,5 \times 284,22$$

$$Recharge GW = 73,21 \text{ mm/bulan}$$

LANGKAH 14 (Begin GW Storage) :

Merupakan nilai tampungan air tanah awal (*GWS*) yang harus diasumsikan sebagai kondisi awal dan digunakan pada perhitungan selanjutnya. Diasumsikan nilai *Begin GW Storage* awal = 2. Untuk perhitungan pada bulan selanjutnya, nilai *Begin GW Storage* dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut $Begin GW Storage_i = End GW Storage(15)_{i-1} - GW Flow(16)_{i-1}$

LANGKAH 15 (End GW Storage) :

Nilai *End GW Storage* dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$End GW Storage = Recharge GW (13) + Begin GW Storage (14)$$

$$End GW Storage = 73,21 + 2$$

$$End GW Storage = 75,21 \text{ mm/setengah bulan}$$

LANGKAH 16 (GW Flow) :

Nilai *GW Flow* dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$GW Flow = GWF(P2) \times End GW Storage (15)$$

$$GW Flow = 0,5 \times 75,21$$

$$GW Flow = 37,6 \text{ mm/bulan}$$

LANGKAH 17 (Direct Flow) :

Nilai *Direct Flow* dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Direct Flow = Excess Moisture (11) - Recharge GW (13)$$

$$Direct Flow = 146,42 - 73,21$$

$$Direct Flow = 73,21 \text{ mm/bulan}$$

LANGKAH 18 (Total Flow) :

Nilai *Total Flow* dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Total Flow = Direct Flow (17) + GW Flow (16)$$

$$Total Flow = 73,21 + 37,6$$

$$Total Flow = 110,81 \text{ mm/bulan}$$

LANGKAH 19 (Total Flow dalam m³/det) :

Dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Total Flow = [Total Flow (18) : 1000 \times Luas Das] : [n \times 24 \times 3600]$$

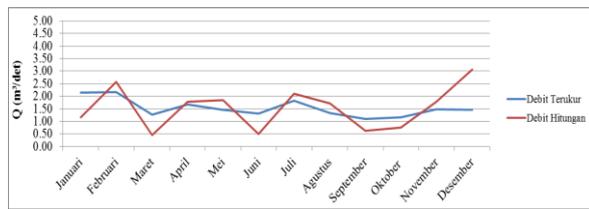
$$Total Flow = [(110,81 : 1000) \times 27.875.000] : [31 \times 24 \times 3600]$$

$$Total Flow = 1,15 \text{ m}^3/\text{det}$$

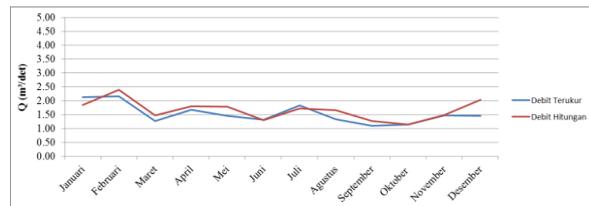
Kalibrasi Model

Sebelum dilakukan perhitungan untuk data pada tahun-tahun berikutnya, perlu dilakukan kalibrasi untuk menguji keakuratan parameter-parameter yang telah diasumsikan sebelumnya yaitu (PSUB, GWF, *Soil Moisture Storage* dan *GWS*). Parameter-parameter ini dicoba-coba

dan dihitung hingga mendapatkan nilai debit.



Gambar 3: Grafik perbandingan nilai debit terukur dan debit hitungan sebelum kalibrasi

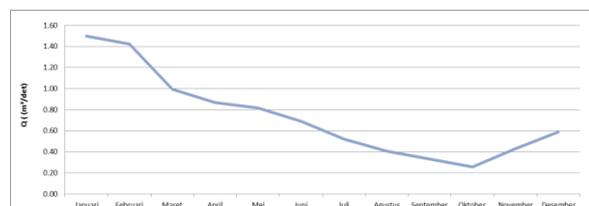


Gambar 4 : Grafik perbandingan nilai debit terukur dan debit hitungan sesudah kalibrasi

Untuk menguji keterkaitan antara debit analisis hasil kalibrasi dan debit terukur, digunakan uji Koefisien Determinasi dan *Nash-Sutcliffe Efficiency*. Hasil uji Koefisien Korelasi dan Determinasi menunjukkan hasil r sebesar 0,79 dengan r^2 0,62 dan nilai NSE sebesar 0,42 . Maka disimpulkan data debit analisis memiliki korelasi yang sangat kuat dengan data debit terukur dan memenuhi untuk syarat NSE sehingga dapat dipercaya keakuratannya. Dengan kata lain parameter parameter DAS (PSUB, GWF, *Soil Moisture Storage* dan GWS) sudah bisa digunakan untuk perhitungan debit analisis pada tahun-tahun berikutnya.

Analisis Debit Andalan

Dalam penelitian ini diambil debit andalan $Q(90\%)$. Hasil debit Q_{90} ini akan dibandingkan dengan perhitungan kebutuhan air untuk diketahui neraca airnya.



Gambar 5. Grafik Ketersediaan Air Q_{90} di DAS Paniki

Analisis Jumlah Penduduk

Perhitungan jumlah populasi dengan menggunakan asumsi sebagai berikut.

- 1) Perumahan dengan asumsi 5 orang / unit
Jumlah orang = $5 \times 525 = 2625$ orang.
 - 2) Apartemen dengan asumsi 5 orang / unit
Jumlah orang = $5 \times 252 = 1260$ orang .
- Jadi total populasi hunian adalah 3885 orang.

Analisis Kebutuhan Air Total

Berdasarkan tabel Kriteria Perencanaan Air Bersih Ditjen Cipta Kaya Dinas PU (1997), untuk Kota sedang.

Kebutuhan air domestik (A)

$$= 3885 \times 150 \text{ ltr/orang/hari}$$

$$= 6,7448 \text{ ltr/detik}$$

Kebutuhan air non domestik (30%) (B)

$$= 30\% \times A$$

$$= 2,0234 \text{ ltr/detik}$$

Kehilangan air (20%) (C)

$$= (A + B) \times 20\%$$

$$= 1,7536 \text{ ltr/detik}$$

Total Kebutuhan air bersih :

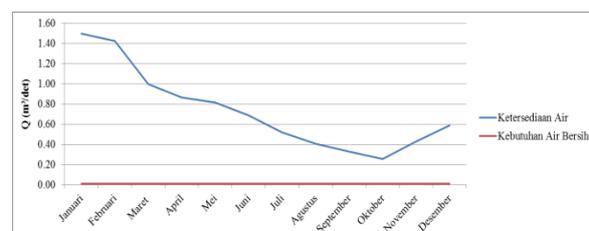
$$A + B + C = 10,5219 \text{ liter/detik}$$

Analisis Neraca Air

Setelah diperoleh ketersediaan air dan kebutuhan air di DAS Paniki, maka dapat dilihat keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air di DAS Paniki.

Tabel 1 : Neraca Air DAS Paniki Tahun 2017 untuk Kebutuhan Air Bersih

Bulan	Ketersediaan Air (m ³ /det)	Kebutuhan Air Bersih (m ³ /det)	Neraca Air (m ³ /det)
Januari	1,497	0,0105219	1,4868
Februari	1,422	0,0105219	1,4116
Maret	0,994	0,0105219	0,9838
April	0,867	0,0105219	0,8563
Mei	0,814	0,0105219	0,8036
Juni	0,689	0,0105219	0,6787
Juli	0,520	0,0105219	0,5098
Agustus	0,405	0,0105219	0,3947
September	0,330	0,0105219	0,3200
Oktober	0,257	0,0105219	0,2461
November	0,430	0,0105219	0,4193
Desember	0,586	0,0105219	0,5759



Gambar 5 : Grafik Neraca Air DAS Paniki Tahun 2017

Pembahasan

1. Setelah dianalisis debit sungai Paniki dengan menggunakan metode Nreca diperoleh hasil debit andalan sebagai berikut :

Januari	1,497
Februari	1,422
Maret	0,994
April	0,867
Mei	0,814
Juni	0,689
Juli	0,520
Agustus	0,405
September	0,330
Oktober	0,257
November	0,430
Desember	0,586

2. Kebutuhan air bersih yang telah dianalisis, meliputi kebutuhan domestik dan non domestik (sekolah, rumah sakit, hotel). Berikut adalah total kebutuhan untuk tahun 2017 – 2036.

	2017	2036
Kebutuhan air domestik (m ³ /det)	0,00674	0,00674
Kebutuhan air non domestik (m ³ /det)	0,00202	0,00202
Kehilangan air (m ³ /det)	0,00175	0,00175
Kebutuhan air total (m ³ /det)	0,01052	0,01052

3. Setelah diperoleh besarnya ketersediaan air dan kebutuhan air, dapat dilihat keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air di DAS Paniki.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisis ketersediaan air bersih sungai Paniki, diperoleh bahwa debit maximum terjadi pada bulan Januari yaitu sebesar 1,497 m³/detik, sedangkan debit minimum terjadi pada bulan Oktober yaitu sebesar 0,257 m³/detik.
2. Dari hasil analisis kebutuhan air bersih yang meliputi kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non domestik, didapat jumlah kebutuhan air bersih total dari bulan Januari sampai bulan Desember sebesar 0,010522 m³/detik. Kebutuhan tersebut adalah kebutuhan maximum yang terjadi pada saat semua fasilitas yang ada di Holland Village berupa perumahan, apartemen, rumah sakit, dan hotel telah dimanfaatkan.
3. Hasil analisis neraca air di DAS Paniki menunjukkan bahwa sampai Tahun 2036 ketersediaan air Sungai Paniki masih mencukupi untuk memenuhi kebutuhan air bersih di kawasan Holland Village

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 1986. *Standar Perencanaan Irigasi – Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01*, Direktur Jenderal Pengairan, Jakarta. Hal 76-83

Anonim, 2014. *Tata Cara Perhitungan Evapotranspirasi Tanaman Acuan*, Modul Penelitian CDTA 7849-INO, Hal. 8-17

Soemarto, 1995. *Hidrologi Teknik*, Erlangga, Jakarta. Hal 34-39

Sri Harto, 1993. *Analisis Hidrologi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. Hal 13

Sumarauw, J. S. F, 2014. *Bahan Ajar Model Rainfall-Runoff Nreca*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado. Hal 1-12

Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang berkelanjutan*, Andi, Yogyakarta. Hal 20

Imam, S, 2013. Analisis Hujan Debit Pada DAS Indragiri Menggunakan Pendekatan Model IHACRES. Jurnal Konferensi Nasional Teknik Sipil 7. Surakarta.

Badan Meteorologi, Klimatologi, Geofisika Stasiun Klimatologi Manado, 2016. *Data curah hujan Tahun 1996 – 2015 dan Data Klimatologi tahun 2011–2015*. Manado

Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, 2016. *Data Debit Terukur Sungai Talawaan Tahun 2013*. Manado