KOEFISIEN LIMPASAN PERMUKAAN PADA EMBUNG KECIL DI TTU, BELU, MALAKA DAN SABU-RAIJUA

Denik S. Krisnayanti[1] (denik.krisnayanti@staf.undana.ac.id)
Elsy E. Hangge[2] (elsypauhangge@gmail.com)
Yan C. D. Sae[3] (yanchris13@gmail.com)

ABSTRAK

Provinsi Nusa Tenggara Timur terdiri dari pulau-pulau yang berukuran besar maupun kecil seperti Pulau Timor dan Pulau Sabu Raijua yang merupakan lingkupan daerah *(semi-arid)* atau daerah semi kering. Penelitian ini dilakukan pada 4 Kabupaten di Pulau Timor yaitu Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU), Kabupaten Belu, Kabupaten Malaka, dan Kabupaten Sabu Raijua. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbedaan nilai koefisien limpasan menggunakan analisis matematis, menggunakan grafik Puslitbang dan menggunakan aplikasi berbasis sistem informasi geografis. Cara analisis menggunakan perhitungan evapotranspirasi metode Penman dan perhitungan debit metode F. J. Mock. Cara perhitungan grafik menggunakan data curah hujan dan data kemiringan lahan. Berdasarkan hasil perhitungan untuk memperoleh nilai koefisien pengaliran limpasan pada Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU) yaitu nilai matematis 0,71 - 0,86, grafik Puslitbang 0,62 dan SIG 0,29 – 0,55. Kabupaten Belu yaitu nilai matematis 0,44 - 0,71, grafik Puslitbang 0,62 dan SIG 0,31 – 0,60. Kabupaten Malaka yaitu nilai matematis 0,44 - 0,70, grafik Puslitbang 0,44 dan SIG 0,30 – 0,57. Kabupaten Sabu Raijua yaitu nilai matematis 0,00 - 0,06, grafik Puslitbang 0,62 dan SIG 0,12 – 0,48.

Kata Kunci: Embung Kecil; Koefisien Limpasan.

ABSTRACT

East Nusa Tenggara province consists of large and small islands such as Timor island and SabuRaijua island which are semi-arid region. This research is done in 4 districts on Timor island namely Timor Tengah Utara (TTU) district, Belu district, Malaka district, and SabuRaijua district.The purpose of this research is to determine the difference of run off coefficient value using mathematical analysis, Puslitbangchart and geographic system information application. The method of analysis using the calculation of evapotranspiration by Penman method and the calculation of discharge by F. J. Mock method. How to calculate the graph using rainfall data and slope data. Based on the results of calculations to obtain runoff flow coefficient values in Timor Tengah Utara District (TTU), namely the mathematical value of 0.71 - 0.86, Puslitbang graph 0.62 and GIS 0.29 - 0.55. Belu Regency is a mathematical value of 0.44 - 0.71, Puslitbang graph 0.62 and GIS 0.31 - 0.60. Malaka Regency is a mathematical value of 0.44 - 0.70, Puslitbang graph 0.44 and GIS 0.30 - 0.57. SabuRaijua Regency is a mathematical value of 0.00 - 0.06, Puslitbang graph 0.62 and GIS 0.12 - 0.48.

Keywords: Reservoir; Runoff Coefficient.

PENDAHULUAN

Provinsi Nusa Tenggara Timur terdiri dari pulau-pulau yang berukuran besar maupun kecil. Pulau Timor merupakan salah satu pulau besar di Provinsi Nusa Tenggara Timur yang terdiri dari 1 kota yaitu Kota Kupang dan 5 Kabupaten yaitu Kabupaten Kupang, Timor Tengah Selatan (TTS), Timor Tengah Utara (TTU), Belu dan Malaka. Selain itu terdapat juga Pulau Sabu yang terdiri dari Kabupaten Sabu Raijua. Provinsi Nusa Tenggara Timur termasuk dalam daerah tipe D/E dengan persebaran curah hujan yang tidak merata (BWS-NTII 2017). Curah hujan yang

[1] Program Studi Teknik Sipil, FST Undana;
[2] Program Studi Teknik Sipil, FST Undana;
[3] Program Studi Teknik Sipil, FST Undana.

tidak merata serta musim kemarau yang berkepanjangan terjadi pada beberapa Kabupaten diantaranya Kabupaten Kupang, Timor Tengah Selatan (TTS), Timor Tengah Utara (TTU), Belu, Malaka dan Pulau Sabu. Salah satu pembangunan untuk menjamin ketersediaan air yang berkelanjutan adalah dengan pembangunan embung kecil dan penentu keberhasilan ketersediaan air dalam embung adalah koefisien limpasan. Ketersediaan air pada suatu embung dapat diperoleh dari perhitungan debit dengan salah satu parameter penting dalam perhitungan tersebut ialah koefisien limpasan. Koefisien limpasan merupakan suatu angka yang menggambarkan persentase air yang mengalir dari berbagai macam permukaan akibat hujan. Ketersediaan air suatu embung diperoleh dari debit yang masuk pada luasan Daerah Aliran Sungai (DAS) akibat besarnya curah hujan dan besarnya volume pengaliran (Soemarno 1986). Debit tersebut mempengaruhi nilai koefisien pengaliran yang merupakan salah satu faktor penting dalam melakukan konservasi air untuk perencanaan pembangunan embung. maka penulis tertarik mengadakan penelitian dengan judul **"Analisis Nilai Koefisien Limpasan Permukaan Pada Embung Kecil Di Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU), Kabupaten Belu, Kabupaten Malaka dan Kabupaten Sabu Raijua".**

Gambar 1. Embung kecil Beba 2 pada Kab TTU

TINJAUAN PUSTAKA

Definisi embung

Embung kecil merupakan suatu bangunan yang berfungsi untuk menampung air hujan dan digunakan pada musim kemarau dengan memaksimalkan daerah tangkapan air (*catchment area*) embung merupakan suatu wilayah daratan yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke embung tersebut secara alami untuk berbagai keperluan baik di bidang pertanian maupun di kepentingan masyarakat banyak (Dirjen SDA DPU, 1986).

Bagian-bagian embung (Kasiro, Adidarma, Rusli, Nugroho, dan Sunarto ,1994)

1) Tubuh embung berfungsi.
2) Kolam embung.
3) Alat sadap.
4) Jaringan distribusi berupa rangkaian pipa.
5) Pelimpah.

Debit Andalan

Metode ini ditemukan oleh F.J. Mock pada tahun 1973 dan berdasarkan fenomena alam di beberapa tempat di Indonesia. Besarnya aliran dari data curah hujan, karakteristik hidrologi daerah pengaliran dan evapotranspirasi dapat dihitung (Ginting, 2016). Tahap-tahap perhitungan

debit andalan adalah sebagai berikut:

a. Evapotranspirasi potensial

Metode evapotranspirasi yang dianjurkan dalam perhitungan debit andalan F. J. Mock yaitu metode Penman Modifikasi. Langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

1) Tekanan uap air

$$e_d = e_a \times R_h \quad (1)$$

dimana:

e_d = tekanan uap air (mbar)
e_a = tekanan uap air jenuh (mbar)
R_h = kelembaban relatif (%)

2) Fungsi angin

$$f(U) = 0{,}27\,(1 + (\frac{U}{100})) \quad (2)$$

dimana:

f(U) = fungsi angin relatif (km/hari)
U = kecepatan angin (km/hari)

3) Radiasi matahari

$$Rs = [0{,}25 + (0{,}5n/N)]Ra \quad (3)$$

dimana:

Rs = radiasi matahari setelah terkoreksi (mm/hari)
n/N = penyinaran matahari aktual (%)
Ra = radiasi matahari (mm/hari)

4) Penyinaran radiasi matahari

$$Rns = (1 - a)Rs \quad (4)$$

dimana :

Rns = penyinaran radiasi matahari yang dikoreksi bumi (mm/hari)
a = 0,25 (Soemarto, 1986:68)
Rs = radiasi matahari setelah terkoreksi (mm/hari)

5) Koreksi akibat tekanan air

$$f(e_d) = 0{,}34 - (0{,}044.e_d^{0,5}) \quad (5)$$

dimana:

$f(e_d)$ = koreksi akibat tekanan air (mm/hari)
ed = tekanan uap air (mbar)

6) Fungsi kecerahan

$$f(n/N) = 0{,}1 + (0{,}9n/N) \quad (6)$$

dimana :

f (n/N) = fungsi kecerahan (mm/hari)
n/N = penyinaran matahari aktual (%)

7) Radiasi gelombang panjang

$$Rn1 = f(T) \times f(e_d) \times f(n/N) \quad (7)$$

dimana:

Rn1 = radiasi gelombang panjang (mm/hari)
f (T) = fungsi temperatur (mm/hari)
f (e_d) = koreksi akibat tekanan air (mm/hari)
f (n/N) = fungsi kecerahan (mm/hari)

8) Penyinaran radiasi

$$Rn = Rns - Rn1 \quad (8)$$

dimana:

Rn = penyinaran radiasi bersih (mm/hari)
Rns = penyinaran radiasi matahari yang dikoreksi bumi (mm/hari)
Rn1 = radiasi gelombang panjang (mm/hari)

9) Evapotranspirasi potensial

$$Ep = c[(w \times Rn) + \{(1 - w) \times (e_a - e_d) \times f(U)\}] \quad (11)$$

dimana:

Ep = evapotranspirasi (mm/hari)
c = faktor kondisi umum
w = faktor bobot
Rn = penyinaran radiasi bersih (mm/hari)
1-w = 1- faktor bobot
e_a = tekanan uap air jenuh (mbar)
e_d = tekanan uap air (mbar)
f(U) = fungsi angin relatif (km/hari)

b. Evapotranspirasi terbatas

Evapotrasnpirasi terbatas adalah evapotranspirasi aktual yang dipengaruhi oleh kondisi penutup lahan yang tertutup oleh tumbuhan atau tidak tertutupi tumbuhan hijau pada musim kemarau kondisi tersebut disebut *exposed surface* (Ginting, 2016). Data yang diperlukan untuk perhitungan evapotranspirasi terbatas adalah sebagai berikut:

1) Curah hujan bulanan (P)
2) Jumlah hari hujan dalam 1 bulan (n)
3) Singkapan lahan (m%) ditaksir dari peta tata guna tanah, atau dengan asumsi:

m = 0% untuk lahan dengan hutan lebat.

m = 0% pada akhir musim hujan dan bertambah 10% setiap bulan kering untuk lahan sekunder.

m = 10-40% untuk lahan yang terisolasi.

m = 20-50% untuk lahan pertanian yang diolah.

Secara matematis evapotranspirasi terbatas dirumuskan sebagai berikut:

$$E = Ep \text{ x } (\frac{m}{20}) \text{ x } (18 - n) \quad (12)$$

$$Et = Ep - E \quad (13)$$

dimana:

E = evapotranspirasi aktual (mm)
Et = evapotranspirasi terbatas (mm)
Ep = evapotranspirasi potensial (mm)
m = singkapan lahan (*exposed surface* (%))
n = jumlah hari hujan dalam sebulan

c. Keseimbangan air *(water balance)*

Keseimbangan air di permukaan tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut

Air hujan efektif

$$As = P - Et \tag{14}$$

dimana:

As = air hujan efektif (mm/bulan)
P = curah hujan bulanan (mm/bulan)
Et = evapotranspirasi terbatas (mm/bulan)

1) Kandungan air tanah (*soil storage*)
Besar kandungan air tanah tergantung dari harga air hujan efektif (As). Bila harga air hujan efektif (As) negatif, maka kapasitas kelembaban tanah akan berkurang dan bila harga air hujan efektif (As) positif maka kelembaban tanah akan bertambah.

2) Kapasitas kelembaban tanah (*soil mousiture capacity*)
a) SMC = (diasumsi 50 – 200 mm/bulan), jika As > 0.

Artinya tampungan kelembaban tanah sudah mencapai kapasitas maksimumnya atau terlampaui sehingga air tidak disimpan dalam tanah lembab. Ini berarti kandungan air tanah (*soil storage*) sama dengan nol dan besarnya *water surplus* sama dengan P - Et.

b) SMC = SMC bulan sebelumnya + (P – Et), jika As < 0 (15)

Untuk keadaan ini, tampungan kelembaban tanah belum mencapai kapasitas maksimum, sehingga ada air yang disimpan dalam tanah lembab. Besarnya air yang disimpan ini adalah P – Et. Karena air berusaha untuk mengisi kapasitas maksimumnya, maka untuk keadaan ini tidak ada *water surplus* (WS = 0).

3) Kelebihan air (*water surplus*)
Banyaknya air yang berada di permukaan tanah, dirumuskan sebagai berikut:

$$WS = As \tag{16}$$

dimana:

WS = kelebihan air (mm/bulan)
As = air hujan efektif (mm/bulan)

Akan tetapi jika As < 0, maka *water surplus* sama dengan 0.

d. Aliran dan simpanan air tanah

Besar nilai simpanan air tanah dalam metode Mock dipengaruhi oleh 3 faktor yaitu (Ginting, 2016):

1) Infiltrasi (I)

Infiltrasi semakin besar maka volume simpanan air semakin besar pula. Begitupun sebaliknya semakin kecil infiltrasi maka volume simpanan air semakin kecil.

2) Konstanta resesi aliran (k)
Merupakan proporsi dari air tanah waktu sebelumya yang masih ada pada saat ini. Harga k antara 0 – 1.

3) Volume simpanan air tanah bulan sebelumnya (V_{n-1})
   Nilai ini diasumsikan sebagai konstanta awal dimana perkiraan besarnya volume air pada awal perhitungan. V_{n-1} di lokasi studi diasumsikan sebesar 100 mm (KP-01, 1986:64).

Dari ketiga faktor diatas simpanan air tanah dirumuskan sebagai berikut:

1) Infiltrasi
   Merupakan volume air yang masuk kedalam simpanan air tanah yang dirumuskan sebagai berikut:

$$I = WS \times In \tag{17}$$

dimana:

I = volume simpanan air tanah bulan ke n (mm/bulan)
WS = kelebihan air (mm/bulan)
In = koefisien infiltrasi (diasumsikan 0 – 1)

2) Volume simpanan air tanah

$$V_n = k.V_{(n-1)} + 0,5.(1+k).I \tag{18}$$

dimana:

Vn = volume simpanan air tanah bulan ke n (mm/bulan)
k = qt/qo = faktor resesi aliran tanah (diasumsikan 0 – 1)
qt = aliran air tanah pada waktu bulan ke t
qo = aliran air tanah pada awal bulan (bulan ke 0)
V_{n-1} = volume simpanan air tanah bulan ke (n-1) (mm/bulan)

3) Perubahan volume simpanan air tanah
   Perubahan volume simpanan air tanah dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta V_n = Vn - V_{(n-1)} \tag{19}$$

dimana:

ΔVn = perubahan volume simpanan air tanah (mm/bulan)
Vn = volume simpanan air tanah bulan ke n (mm/bulan)
V_{n-1} = volume simpanan air tanah bulan ke (n-1) (mm/bulan)

Aliran air tanah terdiri dari beberapa komponen yang dirumuskan sebagai berikut:

1) Aliran dasar (*base flow*)

$$BF = I - \Delta V_n \tag{20}$$

dimana:

BF = aliran dasar (mm/bulan)
I = infiltrasi
ΔVn = perubahan volume simpanan air tanah (mm/bulan)

2) Aliran langsung (*dirrect run off*)

$$DRO = WS - I \tag{21}$$

dimana:

DRO = aliran langsung (mm/bulan)
WS = kelebihan air (mm/bulan)
I = infiltrasi

3) Total aliran (total *run off*)

$$TRO = DRO - BF \tag{22}$$

dimana:

TRO = total aliran (mm/bulan)
DRO = aliran langsung (mm/bulan)
BF = aliran dasar (mm/bulan)

e. Debit aliran

Debit aliran (Q) dapat dihitung sebagai berikut.

$$Q = \frac{TRO \times A}{86400 \times h} \quad (23)$$

dimana:

Q = debit aliran sungai (m^3/dtk)
A = luas DAS (m^2)
TRO = total aliran sungai
86.400 = jumlah detik dalam 1 hari
h = jumlah hari dalam 1 bulan

Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran didefinisikan sebagai nisbah antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas curah hujan. Koefisien pengaliran dapat dihitung dengan menggunakan beberapa metode adalah sebagai berikut:

a. Cara perhitungan analisis untuk menentukan besarnya koefisien pengaliran adalah sebagai berikut (Asdak, 2010:158):
   1) Hitung curah hujan rata-rata suatu DAS pada tahun tertentu (t), misalnya P = mm/bulan.
   2) Ubah satuan curah hujan tersebut menjadi m/bulan yaitu dengan mengalikan bilangan 1/1.000, sehingga curah hujan tersebut menjadi P/1.000 m/bulan
   3) Hitung jumlah air yang mengalir pada bulan t tersebut dengan cara sebagai berikut:
      Volume pengaliran = n x 86.400 x Q (24)
      dimana:
      n = jumlah hari dalam satu bulan
      Q = debit rata – rata bulanan (m^3/detik)
   4) Hitung volume total curah hujan di DAS tersebut dengan cara mengalikan terhadap luas areal DAS (A), yaitu:
      $$\text{Volume curah hujan} = P/1.000 \text{x } A \quad (25)$$
      dimana:
      P = curah hujan (mm/tahun)
      A = luas DAS (m^2)
   5) Koefisien pengaliran (C) kemudian dapat dihitung, yaitu:
      $$C = \frac{\text{volume pengaliran}}{\text{volume curah hujan}} \quad (26)$$
b. Nilai koefisien pengaliran berdasarkan perhitungan grafik Puslitbang Pengairan
   Nilai koefisien pengaliran akan diperoleh pada grafik. Nilai koefisien pengaliran yang diperoleh tersebut tergantung pada tinggi hujan bulanan dan kemiringan lahan pada buku panduan Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan. Grafik yang diperoleh hanya pada bulan Januari, Februari, Maret, April, November, dan Desember.

Quantum GIS (QGIS)

Quantum GIS (QGIS) merupakan sebuah aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) yang menyediakan kemampuan melihat, mengedit, dan analisis data. QGIS memungkinkan pembuatan peta yang terdiri dari lapisan data raster atau vector dengan data dukungan berupa *Digital Elevation Model* (DEM), *System for Automated Geoscientif Analyses* (SAGA) dan *Geographic Information System* (GIS) dan tutupan lahan (*land cover)* sehingga di dapatkan gambaran geometri dari bentuk permukaan bumi dan kenampakan biofisik permukaan bumi yang dapat diamati dan merupakan data yang menggambarkan tutupan lahan pada suatu area atau kawasan yang hanya diinterpretasikan dari citra satelit (*USGS 2017).*

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

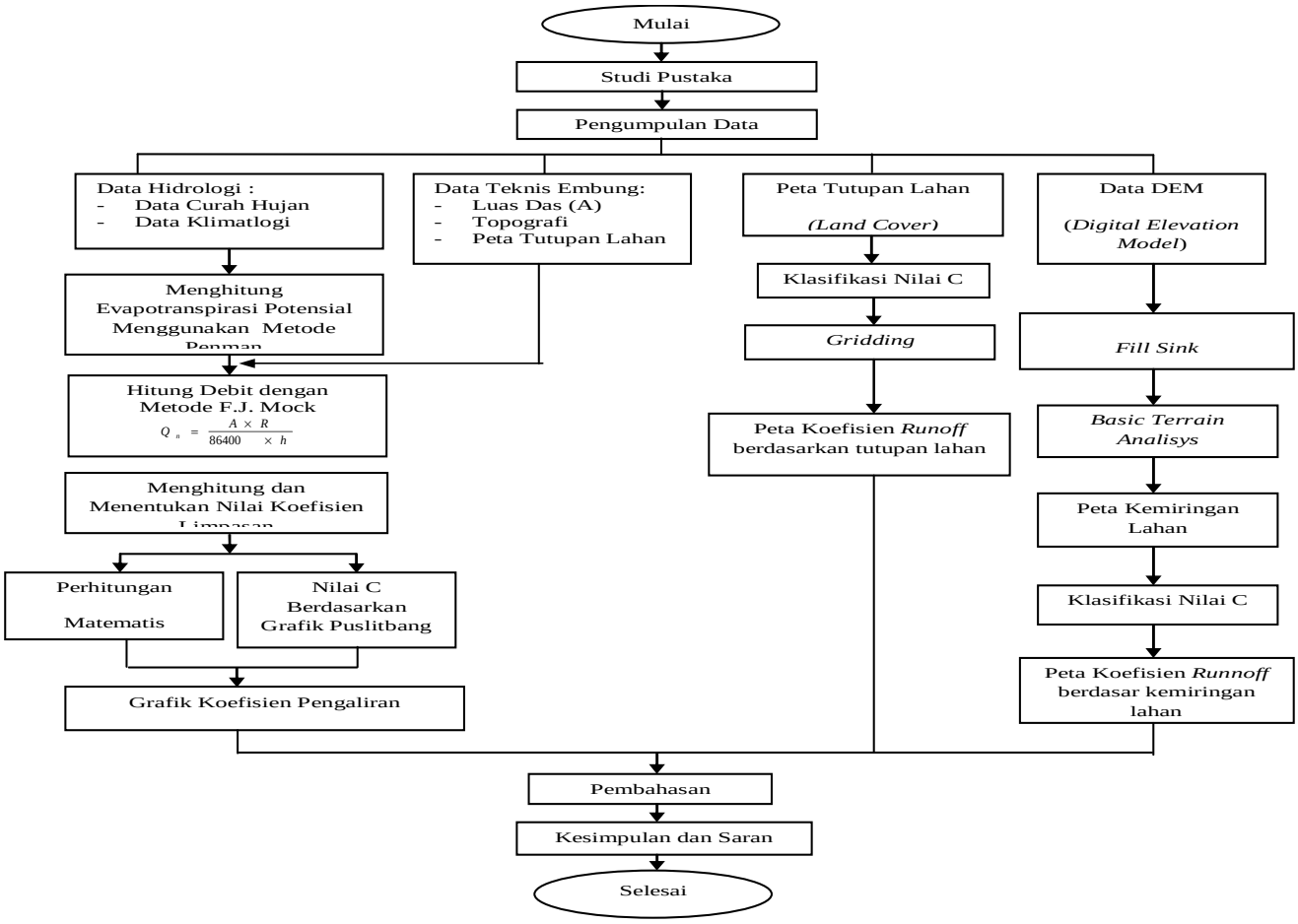
Penelitian yang dilakukan pada Embung di Pulau Timor yang terdiri dari Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU), Kabupaten Belu, Kabupaten Malaka dan Pulau Sabu yaitu Kabupaten Sabu Raijua.

Analisis data

Dapat dilihat pada diagram alir penelitian yang mana telah secara bertahap menampilkan tahapan penelitian.

Diagram Alir

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

- Nilai tekanan uap jenuh (ea) dapat ditentukan dengan menggunakan dengan data suhu udara terkoreksi sebesar 24,97 °C yang diinterpolasi pada tabel untuk memperoleh nilai ea. yaitu 31,65 mbar.
- Nilai tekanan uap nyata (ed)

  ed = ea (RH/100) = 31,65 x (86/100) = 27,22 mbar.

  Perbedaan tekanan uap jenuh dan nyata.

  ea – ed = 31,65 – 27,22 = 4,43 mbar
- Nilai fungsi kecepatan angin (f(u))

  f(u) = 0,27 x (1 + U/100) = 0,27 x (1 + 133,34/100) = 0,63

- Nilai radiasi gelombang matahari (Ra) dapat ditentukan menggunakan garis lintang lokasi embung tinjauan dengan letak Embung Beba 2 yang berada pada garis lintang 9^0 28' 43,41"LS digunakan untuk memperoleh nilai Ra dengan cara interpolasi sebesar 16,32 mm/hari.
- Nilai radiasi sinar matahari (Rs).

  $Rs = (a + b \times n / N)Ra$ = (0,25 + 0,54 x 64%) x 16,32 = 9,70 mm/hari
- Nilai fungsi temperatur (f(T)) data yang digunakan ialah data suhu udara terkoreksi sebesar 24,97 °C, diinterpolasi pada tabel untuk memperoleh nilai f(T) sebesar 15,64 mm/hari.
- Nilai fungsi tekanan uap (f(ed))

  f(ed) = 0,34 – 0,044 $\sqrt{\text{ed}}$ = 0,34 – 0,044 $(27,22)^{0.5}$= 0,11 mm/hari.
- Nilai fungsi lama penyinaran matahari (f(n/N)).

  f(n/N) = 0,1 + 0,9 n/N = 0,1 + 0,9 x 64% = 0,67 mm/hari.
- Nilai radiasi gelombang pendek (Rns) nilai faktor albedo (*r*) = 0,20 (untuk tanaman hijau)

  Rns = (1 – *r*) x *Rs* ; dengan nilai faktor albedo

  = (1 – 0,20) x 9,70 = 7,76 mm/hari
- Menghitung nilai radiasi gelombang panjang (*Rn*1)

  *Rn*1 = f(T) x f(ed) x f(n/N)

  = 15,64 x 0,11 x 0,67= 1,16mm/hari
- Nilai radiasi bersih (Rn)

  Rn = Rns – Rn1 = 7,76 – 1,16 = 6,60 mm/hari
- Nilai faktor koreksi akibat radiasi pada temperatur dan ketinggian yang berbeda (W). Data suhu udara terkoreksi 24,97°C dapat diinterpolasi pada tabel untuk memperoleh nilai W sebesar 0,75.
- Nilai faktor koreksi akibat angin dan kelembaban pada temperatur dan ketinggian yang berbeda (1-W) = (1 – 0,75) = 0,25.
- Nilai faktor kondisi musim (c) dapat di mana nilai c untuk bulan Januari adalah 1,04.
- Nilai evapotranspirasi potensial (ETo)

  $Eto = c[W \times Rn + (1 - W) \times f(u) \times (ea - ed)]$

  = 1,04 [0,75 x 6,60 + 0,25 x 0,63 x 4,43]

  = 5,87 mm/hari

  Jumlah hari di bulan Januari = 31 hari, maka :

  E*to* = 65,87 x 31

  = 181,85 mm/bulan

Perhitungan Debit

Tahapan perhitungan debit andalan metode F. J Mock diuraikan sebagai berikut:

- Data yang digunakan :

  Luas DAS Embung Beba 2 (A) = 0,048 km^2

  Curah hujan (P) = 179 mm/bulan

  Hari hujan (h) = 31 hari

  Evapotranspirasi potensial (Eto) = 181,85 mm/bulan

  Nilai singkapan lahan (m) diambil sebesar 30%, untuk daerah sekitar embung, diasumsikan bahwa biasanya daerah sekitar embung merupakan lahan pertanian yang diolah dan lahan yang tererosi.
- Nilai evapotranspirasi terbatas (Et)

  Sebelum perhitungan evapotranspirasi terbatas dilakukan, terlebih dahulu dihitung nilai evapotranspirasi aktual (E).

$$E = Eto \times \left(\frac{m}{20}\right) \times (18 - n) \text{ = 181,85 x (30/20) x (18 – 30)}$$

= 16,37 mm/bulan

Apabila dalam perhitungan didapat nilai evapotranspirasi aktual (E) lebih kecil dari 0, maka nilai evapotranspirasi aktual (E) tersebut dianggap 0.
Nilai evapotranspirasi aktual (E) = 16,37 mm/bulan.
Selanjutnya, nilai evapotranspirasi terbatas.

$Et = Eto - E$ = 181,85 – 16,37 = 165,48 mm/bulan.

- Nilai keseimbangan air dapat dihitung dengan langkah-langkah :
  a. Besar air hujan yang mencapai permukaan tanah.

     $\Delta s = P - Et$ = 179 – 165,48 = 13,52 mm/bulan

  b. Nilai kapasitas kelembaban tanah ($SMC_{(n)}$)
     SMC adalah kapasitas kandungan air pada lapisan tanah permukaan (surface soil) per m^2. Besarnya SMC untuk perhitungan ketersediaan air ini diperkirakan berdasarkan kondisi porositas lapisan tanah dari permukaan DPS. Semakin besar porositas tanah akan semakin besar pula SMC yang ada. Nilai SMC diambil antara 50 mm – 200 mm sesuai asumsi pada perhitungan .
     Persamaan yang digunakan untuk besarnya kapasitas kelembaban tanah adalah:
     $SMC_{(n)} = SMC + \Delta s$ = 200 + (-152,07) = 200 mm/bulan.
     SMC atau kapasitas kelembaban tanah diasumsikan sebesar 200 mm/bulan, karena tanah dianggap mampu menampung air hingga 200 mm/bulan. Adapun apabila dalam perhitungan didapat nilai $SMC_{(n)}$ lebih besar dari nilai SMC, maka gunakan nilai SMC.
  c. Nilai kandungan air tanah (SS)
     Besar nilai kandungan air tanah (SS) sesuai dengan besar nilai air hujan yang mencapai permukaan tanah (Δ_S) dimana jika Δ_S lebih besar dari 0, maka nilai SS juga sama dengan 0, tetapi jika besar Δ_S lebih kecil dari 0, maka nilai SS sama dengan nilai Δ_S yang telah diabsolutkan.
     Dalam perhitungan ini, besar nilai SS lebih kecil dari 0, sehingga nilai SS sama dengan nilai Δ_S yang telah diabsolutkan yaitu 0 mm/bulan.
  d. Menghitung besar kelebihan air (WS)
     Nilai kelebihan air (WS) dapat.

     $WS = \Delta s - SS$ = (13,53) – 0 = 13,52 mm/bulan.

- Nilai aliran dan simpanan air tanah
  Langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :
  a. Nilai infiltrasi (I).

     I = WS x In = 13,53 x 0,2 = 2,70 mm/bulan.

     Koefisien infiltrasi (ln) diasumsikan berdasarkan kondisi porositas tanah dan kemiringan DPS. Lahan DPS yang porous memiliki koefisien infiltrasi yang besar sedangkan kondisi sebaliknya memiliki koefisien infiltrasi yang kecil. Batasan koefisien infiltrasi adalah 0-1. Pada penelitian ini diambil sebesar 0,2 karena dianggap infiltrasi lambat dikarenakan jenis tanah pada area disekitar embung merupakan tanah lempung. Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan (Krisnayanti, Bunganaen, Hangge, dan Munaisyah 2018) di Pulau Flores bagian Timur, nilai In yang digunakan sebesar 0,20 dengan asumsi yang sama berdasarkan kondisi tanah di sekitar embung yang berjenis lempung.
  b. Nilai simpanan air tanah (Vn)
     Nilai simpanan air tanah.

     $Vn = k \times V_{(n-1)} + 0.5(1+k)I$

     Nilai konstanta aliran (k) sebesar 0,70.
     Nilai volume air tanah bulan ke n-1 ($V_{(n-1)}$) sebesar 100 mm untuk tahun pertama bulan

Januari, sedangkan untuk bulan berikutnya, diambil nilai volume penyimpanan (Vn) pada bulan-bulan sebelumnya. Untuk perhitungan tahun berikutnya, nilai $V_{(n-1)}$ diambil sebesar nilai volume penyimpanan (Vn) pada bulan Desember tahun sebelumnya.

Maka, nilai simpanan air tanah ;

$$Vn = k \times V_{(n-1)} + 0.5(1+k)I = 0{,}70 \text{ x } 100 + 0{,}5(1+0{,}70)0$$

$$= 72{,}30 \text{ mm/bulan.}$$

c. Nilai Perubahan volume (ΔVn)

Untuk bulan Januari tahun pertama :

ΔVn = Vn – Tampungan awal = 72,30 – 100 = - 27,70 mm/bulan

Nilai tampungan awal diasumsikan sebesar 100 mm untuk tahun pertama bulan Januari, sedangkan untuk bulan berikutnya, diambil nilai volume penyimpanan (Vn) pada bulan-bulan sebelumnya. Untuk perhitungan bulan Januari tahun berikutnya, diambil nilai volume penyimpanan Vn pada bulan Desember tahun sebelumnya.

d. Nilai aliran dasar (BF)

Nilai aliran dasar.

BF = I – ΔV = 2,70 – (-27,70) = 30,41 mm/bulan.

e. Nilai aliran langsung (DR)

Nilai aliran langsung.

DR = WS – I = 13,52 – 2,70 = 10,82 mm/bulan

f. Nilai aliran *runoff* (R)

R = DR + BF = 30.41+ 10,81 = 35,00 mm/bulan

– Nilai debit aliran sungai (Q_n)

$$Q_n = \frac{A \times R}{86400 \times h}$$; dengan luasan DAS Embung Beba 2 sebesar 48000 m^2

= ((48000) x (35)) / (86400 x 41,22)

= 0,000739 m^3/detik

–Nilai volume limpasan

Nilai volume limpasan.

Volume Pengaliran = n x 86.400 x Q = 31 x 86400 x 0,004454 = 11930,66 m^3

– Menghitung besar volume curah hujan.

$$V_{CH} = \frac{P}{1000} \times A$$; Luasan DAS (A) untuk Embung Beba 2 adalah 48000 m^2

= (415,6/1000) x 48000 = 19948,80 m^3

– Menghitung besar koefisiean limpasan.

$$C = \frac{\text{volume pengaliran}}{\text{volume curah hujan}}$$ = (11930,66 / 19948,80) = 0,9

Rekapitulasi perhitungan Debit pada embung Beba2 di Kabupaten TTU dapat dilihat pada Tabel 1.

a. Nilai koefisien pengaliran cara grafik Puslitbang Pengairan

Grafik koefisien pengaliran ditampilkan pada bulan Januari, Februari, April, November, dan Desember. Rekapitulasi nilai koefisien pengaliran berdasarkan grafik puslitbang dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

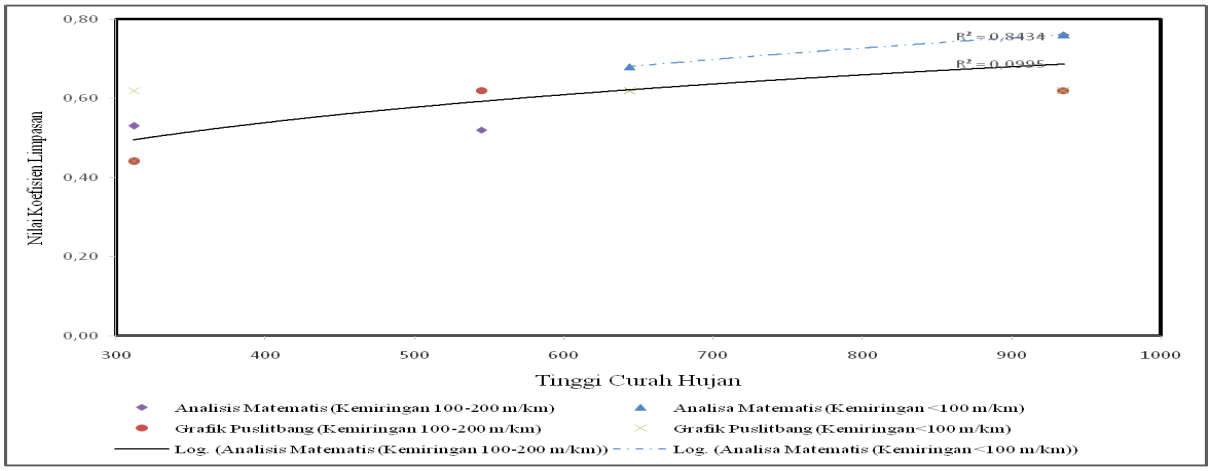
Tabel 1. Rekapitulasi nilai Debit Pada Embung Beba2

Nama Embung	Kabupaten	Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sept	Okt	Nov	Des	Satuan
		2002	0,001	0,011	0,010	0,014	0,008	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,029	mm/bln
		2003	0,003	0,008	0,011	0,004	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	mm/bln
		2004	0,003	0,001	0,008	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	mm/bln
		2005	0,001	0,007	0,020	0,003	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,009	0,012	0,020	mm/bln
		2006	0,006	0,011	0,004	0,018	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	mm/bln
		2007	0,001	0,020	0,009	0,010	0,009	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	mm/bln
		2008	0,001	0,001	0,008	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,020	mm/bln
Beba 2	TTU	2009	0,013	0,013	0,003	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,005	mm/bln
		2010	0,006	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,003	0,003	mm/bln
		2011	0,002	0,003	0,004	0,010	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,002	0,003	0,005	mm/bln
		2012	0,005	0,004	0,002	0,003	0,008	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	mm/bln
		2013	0,006	0,008	0,003	0,001	0,006	0,005	0,004	0,001	0,000	0,000	0,000	0,010	mm/bln
		2014	0,007	0,001	0,001	0,001	0,005	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	mm/bln
		2015	0,009	0,008	0,007	0,002	0,001	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	mm/bln
		2016	0,003	0,004	0,004	0,003	0,009	0,003	0,004	0,001	0,001	0,000	0,000	0,003	mm/bln

Tabel 2. Rekapitulasi nilai koefisien pengaliran cara grafik Puslitbang Pengairan

No	Nama Embung	Kemiringan	Nilai Koefisien Limpasan					
			Januari	Februari	Maret	April	November	Desember
1	Soen Fina	>200	0,62	0,67	0,59	0,56	0,76	0,9
2	Leob	<100	0,62	0,67	0,59	0,56	0,76	0,9
3	Beba 2	<100	0,62	0,67	0,59	0,56	0,76	0,9
4	Usapi Kole	<100	0,62	0,67	0,59	0,56	0,76	0,9
5	Oesaw	100-200	0,62	0,67	0,59	0,56	0,76	0,9
6	Abadulun	>200	0,62	0,67	0,59	0,56	0,76	0,9
7	Oka	>200	0,62	0,67	0,59	0,56	0,76	0,9
8	Maufuas	<100	0,62	0,67	0,59	0,56	0,76	0,9
9	weklese	<100	0,62	0,67	0,59	0,56	0,76	0,9
10	Besbara	<100	0,62	0,67	0,59	0,56	0,76	0,9
11	Kakeutrain	100-200	0,62	0,67	0,59	0,56	0,76	0,9
12	Bo'as	<100	0,44	0,67	0,59	0,56	0,76	0,9
13	Kota Biru	>200	0,44	0,67	0,59	0,56	0,76	0,9
14	Kodim	<100	0,44	0,67	0,59	0,56	0,76	0,9
15	numponi	100-200	0,44	0,67	0,59	0,56	0,76	0,9
16	Goriola	100-200	0,62	0,52	0,59	0,56	0	0,9
17	Eipuke	<100	0,62	0,52	0,59	0,56	0	0,9
18	Depe	>200	0,62	0,52	0,59	0,56	0	0,9
19	Huli	100-200	0,62	0,52	0,59	0,56	0	0,9
20	Ramo	>200	0,62	0,52	0,59	0,56	0	0,9

Berdasarkan nilai koefisien pengaliran, nilai tersebut dibuat dalam bentuk grafik perbandingan koefisien pengaliran pada bulan JanuarI, Februari, Maret, April, November, dan Desember dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai contoh grafik yang yang mewakilkan grafik pada bulan musim penghujan.



Gambar 3. Grafik Koefisien Limpasan bulan Januari

b. Rekapitulasi Nilai Koefisien Limpasan Permukaan Berdasarkan Analisis Menggunakan Aplikasi SIG/GIS dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai Koefisien Limpasan Permukaan Berdasarkan Analisis Menggunakan Aplikasi SIG/GIS

NO	Nama Embung	Luas DAS (ha) Analisis GIS	Luas Area (ha)										Nilai c Rerata
			Nilai C										
			0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	
1	Soen Fina	13,37		0,58	12,79								0,35
2	Leob	10,02		9,92	0,10								0,30
3	Beba 2	34,43		27,89	4,54								0,29
4	Usapi Kole	13,64		11,18	2,46								0,31
5	Oesaw	68,66		68,66	48,59				0,38				0,55
6	Abadulun	50,5		38,1	0,38				11,25	0,77			0,37
7	Oka	10,25		4,26					5,99				0,48
8	Maufuas	3,79							3,79				0,6
9	Weklese	95,21		17,09	39,16				35,43	5,53			0,46
10	Besbara	17,47		13,75	3,58				0,08	0,08			0,31
11	Kakeutrain	1,65		1,65	0,004								0,30
12	Bo'as	10,59		0,64	1,49				2,82	5,64			0,57
13	Kota Biru	5,96		0,88	5,08				0,0003				0,34
14	Kodim	15,37		3,69	1,56				5,21	4,91			0,52
15	Numponi	40,77		6,41	34,36								0,34
16	Goriola	9,13			0,64	6,96	1,53						0,40
17	Eipuke	8,50		0,047	0,46	0,45	1,54						0,12
18	Depe	4,57		0,02	0,44	1,92	1,19				0,76	0,24	0,48
19	Huli	9,28			0,09	3,37	5,82						0,43
20	Ramo	7,26			0,02	2,8	4,44						0,43

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal yaitu:

1. Hasil Perhitungan Analisis Matematis.
   A. Nilai evapotranspirasi dengan perhitungan menggunakan metode Penman di tiap daerah tinjauan adalah sebagai berikut :
      a. Kabupaten TTU : -442,09 – 360,65 mm/bulan
      b. Kabupaten Belu : 121,41 – 352,88 mm/bulan
      c. Kabupaten Malaka : 199,10 – 360,06 mm/bulan
      d. Kabupaten Sabu Raijua : -9634,14 – 375,49 mm/bulan
   B. Nilai debit andalan dengan perhitungan menggunakan metode F. J. Mock di tiap daerah tinjauan adalah sebagai berikut :
      a. Kabupaten TTU : 0,00 – 0,07 m3/detik
      b. Kabupaten Belu : 0,00 – 0,05 m3/detik
      c. Kabupaten Malaka : 0,00 – 0,02 m3/detik
      d. Kabupaten Sabu Raijua : 0,00 – 0,06 m3/detik
   C. Nilai koefisien limpasan permukaan berdasarkan analisis matematis pada bulan basah di tiap daerah tinjauan adalah sebagai berikut :
      a. Kabupaten TTU : 0,71 – 0,86
      b. Kabupaten Belu : 0,44 – 0,71
      c. Kabupaten Malaka : 0,44 – 0,70
      d. Kabupaten Sabu Raijua : 0,00 – 0,60
2. Hasil Perbandingan Grafik Koefisien Limpasan dari perhitungan analisis matematis dan grafik koefisien Puslitbang.
   A. Nilai koefisien limpasan permukaan berdasarkan grafik Puslitbang tiap daerah tinjauan adalah sebagai berikut :
      a. Kabupaten TTU : 0,62
      b. Kabupaten Belu : 0,62
      c. Kabupaten Malaka : 0,44
      d. Kabupaten Sabu Raijua : 0,62
   B. Berdasarkan perbandingan hasil nilai koefisien limpasan analisis matematis dan grafik puslitbang yang telah diplotkan ke dalam grafik pada Gambar 4.16 - Gambar 4.21, dapat

dilihat bahwa tinggi curah hujan maksimum yang didapat dari BMKG lebih tinggi dari tinggi curah hujan maksimum yang ada pada grafik Puslitbang dengan deviasi rerata sebesar 63,89% sehingga membuat nilai koefisien limpasan permukaan grafik Puslitbang dan nilai koefisien limpasan permukaan analisis matematis memiliki deviasi rerata sebesar 11,30% .

3. Nilai koefisien limpasan permukaan berdasarkan analisis menggunakan aplikasi berbasis sistem informasi geografis (SIG/GIS) tiap daerah tinjauan adalah sebagai berikut :
   a. Embung kecil pada Kabupaten TTU : 0,29 – 0,55
   b. Embung kecil pada Kabupaten Belu : 0,31 – 0,60
   c. Embung kecil pada Kabupaten Malaka : 0,30 – 0,57
   d. Embung kecil pada Kabupaten Sabu Raijua : 0,12 – 0,48

SARAN

Saran yang bisa diberikan mengenai hasil yang didapat dari penelitian ini adalah :

a. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk daerah lain di Provinsi Nusa Tenggara Timur dengan menggunakan data-data terbaru agar nilai koefisien limpasan permukaan yang diperoleh bisa akurat dan dapat dihasilkan grafik koefisien pengaliran untuk masing-masing daerah.
b. Perlu dilakukan penambahan sumber data dari Stasiun/Pos Hujan yang memiliki jarak relatif dekat dengan embung-embung kecil yang akan ditinjau sehingga hasil analisis lebih bervariatif dan akurat.
c. Perlu dilakukan pengukuran lansung untuk memperoleh kontur yang akurat pada DAS embung-embung kecil tinjauan untuk keperluan analisis sehingga hasil analisis lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Asdak C. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. UGM-Press, Yogyakarta.

BWS-NTII. (2017) (Balai Wilayah Sungai Nusa Tengara II). *Data Teknis Embung Kecil Di Pulau Timor Dan Pulau Sabu.*

Dirjen SDA DPU, (1986). Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Departemen Pekerjaan Umum. *Standar Perencanaan Irigasi - Kriteria Perencanaan 01*, Jakarta.

Ginting, S. (2016). *Rainfall – Runoff Model. Bandung: Balitbang Departemen PU.*

Kasiro I,, Adidarma, W., Rusli, B.S., Nugroho, C.L. & Sunarto. (1994). *Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil untuk Daerah Semi Kering Di Indonesia.* Puslitbang Pengairan, Bandung.

Krisnayanti, D. S., Bunganaen W., Hangge E. E., & Munaisyah F. (2018). *Analisis Nilai Koefisien Limpasan Permukaan Akibat Tinggi Curah Hujan Pada Embung Kecil Di Pulau Flores Bagian Timur.* Univesitas Brawijaya, Malang.

Soemarto, C. D.(1986). *Hidrologi Teknik.* Erlangga, Jakarta.

*USGS (United States Geological Survey), (*2017). *Data Digital Elevation Model SRTM-30M.* *http://www.*earthexplorer.usgs.gov (Diakses 30 Maret 2017 Pukul 21.00 Wita)