

JURNAL TEKNIK SIPIL

SUSUNAN REDAKSI

PENANGGUNG JAWAB	: Rektor Universitas Bandar Lampung
KETUA DEWAN PENYUNTING	: IR. LILIES WIDOJOKO, MT
DEWAN PENYUNTING	: DR. IR. ANTONIUS, MT (Univ. Sultan Agung Semarang) : DR. IR. NUROJI, MT (Univ. Diponegoro) : DR. IR. FIRDAUS, MT (Univ. Sriwijaya) : DR. IR. Hery Riyanto, MT (Univ. Bandar Lampung) : APRIZAL, ST., MT (Univ. Bandar Lampung)
DESAIN VISUAL DAN EDITOR	: FRITZ AKHMAD NUZIR, ST., MA(LA)
SEKRETARIAT DAN SIRKULASI	: IB. ILHAM MALIK, ST, SUROTO ADI
Email	: jtsipil@ubl.ac.id
ALAMAT REDAKSI	: Jl. Hi. Z.A. PAGAR ALAM NO. 26 BANDAR LAMPUNG - 35142 Telp. 0721-701979 Fax. 0721 – 701467

Penerbit
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Bandar Lampung

Jurnal Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung (UBL) diterbitkan 2 (dua) kali dalam setahun yaitu pada bulan Oktober dan bulan April



Jurnal Teknik Sipil UBL

Volume 6, Nomor 1, April 2015

ISSN 2087-2860

DAFTAR ISI

Susunan Redaksi	ii
Daftar Isi	iii
1. Pengaruh Penggunaan Semen Pozzolan Tipe-A Terhadap Kuat Tekan Beton	
Hery Riyanto	684-695
2. Perencanaan Embung Tejomartani Desa Branti Raya Natar, Lampung Selatan	
Aprizal.....	696-714
3. Pengaruh Gradasi Dan Derajat Kejenuhan Terhadap Nilai CBR Untuk Material Granular	
Lilies Widodojoko	715-723
4. Penerapan Biaya Dan Waktu Dengan Konsep Nilai Hasil (Earned Value) Pada Proyek Jalan Terbanggi Besar-Bujung Tenuk Kabupaten Tulang Bawang	
Dirwansyah Sesunan.....	724-740
5. Pengendalian Banjir Sungai Way Raman Dikecamatan Metro (Lampung Tengah)	
Nur Hadiyanto.....	741-779

**PERENCANAAN EMBUNG TEJOMARTANI
DESA BRANTI RAYA NATAR, LAMPUNG SELATAN**

APRIZAL

Dosen Universitas Bandar Lampung

E-mail : aprizal@ubl.ac.id

Abstrak

Pada musim penghujan sering terjadi banjir. Hal ini disebabkan meluapnya air sungai sebagai akibat kemampuan alur sungai lebih kecil dari debit yang harus dialirkan. Kondisi hidrologis daerah pengaliran sungai mengalami perubahan (menjadi krisis). Perubahan terutama terjadi pada vegetasi yang tumbuh. Secara alami fungsi vegetasi yang tumbuh pada daerah aliran sungai adalah untuk menahan aliran limpasan permukaan yang kemudian secara perlahan meresapkan air tersebut ke dalam tanah. Perubahan vegetasi pada daerah aliran sungai ini mempengaruhi keseimbangan antara besarnya curah hujan dengan besarnya air yang meresap ke dalam tanah (menjadi lebih kecil) yang mengakibatkan aliran limpasan permukaan (*surface run off*) bertambah besar.

Berdasarkan data-data pendukung dan analisa serta perhitungan yang dilakukan pada perencanaan Embung Tejomartani Desa Branti Raya - Natar Lampung Selatan dengan tujuan untuk mendapatkan dimensi bangunan embung yang memenuhi persyaratan teknis dan dapat digunakan untuk menunjang ketersediaan air baku penduduk Desa Branti Raya pada musim kemarau, khususnya Dusun Tejomartani dan dusun lain disekitar embung, maka dapat disimpulkan tubuh embung dinyatakan aman .

Kata Kunci : Analisa Data Curah Hujan, Tubuh Embung, Bangunan Pelimpah.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Air merupakan kebutuhan dan sumber daya yang sangat penting bagi manusia, baik untuk kebutuhan langsung sehari-hari maupun sebagai sumber daya dalam usaha-usaha untuk memenuhi kebutuhan hidup. Meskipun perannya sangat strategis bagi kehidupan, namun pengelolaan air masih jauh dari yang diharapkan, sehingga air yang semestinya merupakan sumber daya bagi kehidupan dapat berubah menjadi penyebab terjadinya bencana.

Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, terjadi pula peningkatan kebutuhan akan air, untuk itu dibutuhkan suatu sistem atau teknologi yang dapat menjamin kontinuitas ketersediaan air sepanjang tahun. Secara kuantitas permasalahan air bagi manusia adalah persoalan ketidaksesuaian distribusi air antara kebutuhan dengan pasokan menurut waktu dan tempat. Persoalan ini semakin kompleks karena pasokan air tergantung dari curah hujan sepanjang tahun.

Pada musim penghujan sering terjadi banjir. Hal ini disebabkan meluapnya air sungai sebagai akibat

kemampuan alur sungai lebih kecil dari debit yang harus dialirkan. Kondisi hidrologis daerah pengaliran sungai mengalami perubahan (menjadi krisis). Perubahan terutama terjadi pada vegetasi yang tumbuh. Secara alami fungsi vegetasi yang tumbuh pada daerah aliran sungai adalah untuk menahan aliran limpasan permukaan yang kemudian secara perlahan meresapkan air tersebut ke dalam tanah. Perubahan vegetasi pada daerah aliran sungai ini mempengaruhi keseimbangan antara besarnya curah hujan dengan besarnya air yang meresap ke dalam tanah (menjadi lebih kecil) yang mengakibatkan aliran limpasan permukaan (*surface run off*) bertambah besar.

Hal sebaliknya terjadi pada musim kemarau. Dengan berkurangnya air yang meresap ke dalam tanah pada musim penghujan menyebabkan masukan air tanah yang membentuk aliran dasar (*base flow*) pada sungai menjadi berkurang pula. Pada kondisi ini disaat jumlah air yang tersedia lebih kecil dari jumlah air yang dibutuhkan oleh makhluk hidup, maka terjadilah kekurangan air (kekeringan). Masalah ini menjadi semakin berat dari waktu ke waktu. Hal ini disebabkan karena jumlah air yang dibutuhkan cenderung meningkat dan dilain pihak kondisi daerah aliran sungai semakin rusak.

Menghadapi masalah tersebut di atas, sudah banyak kegiatan-kegiatan yang dilakukan untuk mengoptimalkan pemanfaatan dan pengendalian sumber daya air. Kegiatan ini meliputi usaha-usaha perbaikan kondisi vegetasi daerah aliran sungai atau pembangunan bangunan-bangunan yang berhubungan dengari usaha tersebut.

Salah satu kegiatan yang ditujukan untuk menampung kelebihan

aliran limpasan permukaan pada musim penghujan dan dijadikan sebagai pasokan air pada musim kemarau adalah dengan membangun embung.

1.2 Rumusan Masalah

Secara administratif, Desa Branti Raya terletak di Kecamatan Natar Kabupaten Lampung Selatan Propinsi Lampung. Kecamatan Natar di sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Tegineneng, disebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Rajabasa, disebalah barat berbatasan dengan Kecamatan Jati Agung serta di sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Negri Katon dan Kecamatan Tegineneng.

Secara umum kondisi tofografi wilayah Kecamatan Natar memiliki karakteristik tofografi berupa dataran sedang sampai dataran rendah. Dengan kondisi tofografi demikian, maka daerah ini merupakan daerah tangkapan hujan yang potensial untuk dilakukan konservasi. Namun daerah tersebut pada umumnya merupakan lahan terbuka sehingga fungsi sebagai resapan air hujan menurun dan sebahagian besar air hujan berubah menjadi aliran limpasan permukaan.

Seperti daerah-daerah lain pada umumnya, Desa Branti Raya dengan luas desa 1.050 ha, dengan jumlah penduduk 2.392 KK (9.455 jiwa) juga mengalami permasalahan distribusi air yang tidak merata sepanjang tahun. Pada musim penghujan air cukup melimpah, namun pada musim kemarau terjadi kekurangan akan air, sehingga penduduk mengalami kesulitan untuk memenuhi kebutuhan air, baik untuk keperluan rumah tangga ataupun lainnya. Untuk mengatasi kekeringan di musim kemarau pada

Desa Branti Raya, maka salah satu strategi yang paling murah, cepat dan efektif serta hasilnya langsung terlihat adalah dengan menampung aliran permukaan pada musim penghujan dengan pembangunan Embung Tejomartani.

1.3 Tujuan

Tujuan dari perencanaan Embung Tejomartani Desa Branti Raya Kecamatan Natar Lampung Selatan adalah untuk mendapatkan dimensi suatu bangunan embung yang memenuhi persyaratan-persyaratan teknis yang ditujukan untuk menampung kelebihan aliran limpasan permukaan pada musim penghujan, dan difungsikan selama musim kemarau sebagai sumber untuk memenuhi kebutuhan air baku, sedangkan kelebihannya dapat digunakan untuk kebutuhan lain seperti pertanian, peternakan dan yang lainnya, terutama untuk Dusun Tejomartani dan dusun lain disekitar lokasi embung.

1.4 Batasan Masalah

Untuk membatasi luasnya aspek pembahasan dalam suatu perencanaan maka dalam skripsi dengan judul Perencanaan Embung Tejomartani Desa Branti Raya Kecamatan Natar Lampung Selatan, penulis membatasi hanya dalam proses design bangunan utama embung (tubuh embung dan bangunan pelimpah) dan mencari besarnya ketersediaan air pada rencana Embung Tejomartani, dengan data-data yang digunakan merupakan data-data sekunder yang didapat dari instansi terkait.

2.2 Analisa Hidrologi

2.2.1 Umum

Analisa hidrologi merupakan hal yang sangat penting dalam perencanaan pembuatan embung. Tanpa didasari perhitungan yang teliti, besar kemungkinan akan terjadi kegagalan fungsi terhadap bangunan embung yang telah dibuat, seperti

tidak adanya air atau hal-hal lain yang berhubungan dengan fungsi embung. Sesuai dengan defenisi embung, maka sumber air yang utama bagi embung adalah aliran permukaan yang ada selama musim penghujan. Namun tidak semua air hujan akan menjadi aliran permukaan, sebagian air hujan tersebut menguap sebelum sampai tanah dan sebagian lainnya akan meresap ke dalam tanah .

Untuk mengetahui potensi sumber daya air yang dapat ditampung oleh embung yang akan direncanakan, maka sangat dibutuhkan ketersediaan data-data seperti : data curah hujan, intensitas curah hujan, data klimatologi, evapotranpirasi, debit banjir dan analisa ketersediaan air. Data curah hujan dan data klimatologi diusahakan didapat dari stasiun terdekat dari lokasi perencanaan embung.

2.2.2 Analisa Curah Hujan

2.2.2.1 Data Curah Hujan

Pada rencana pembangunan sebuah bangunan air (Bendungan, Dam, Embung dan lain-lain), data curah hujan diperlukan untuk penganalisaan 2 (dua) aspek utama yaitu :

- (1)Penganalisaan kapasitas persediaan air yang terdapat didaerah pengaliran yang mengalir melalui tempat kedudukan calon bangunan serta fluktuasi debitnya, dalam periode-periode harian, bulanan dan tahunan atau periode jangka yang panjang (multi-years period).
- (2)Penganalisaan karakteristik debit banjir, antara lain mengenai kapasitas debit banjir, durasi banjir, musim terjadinya banjir dan periode-periode perulangannya.

Data hujan tersebut biasanya merupakan data-data hujan jam-jaman, hujan harian, distribusi curah hujan pada saat terjadi hujan yang lebat dan lain-lain.Data-data ini dapat dikumpulkan dari hasil pencatatan stasiun penakar curah hujan ataupun stasiun-stasiun meteorologi yang biasanya dipasang baik

untuk kebutuhan-kebutuhan yang bersifat umum, maupun yang bersifat khusus dan sementara. (Bendungan Type Urugan , Ir.Suyono Sosrodarsono, 1976)

2.2.2.2 Distribusi Curah Hujan Wilayah (Regional Distribution)

Curah hujan yang dibutuhkan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan dan pengendali an banjir adalah curah hujan rata-rata diseluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/daerah.Curah hujan ini diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Beberapa metode yang sering digunakan dalam perhitungan curah hujan wilayah antara lain;

(1) Cara rata-rata aljabar

Cara ini adalah perhitungan rata-rata secara aljabar curah hujan di dalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan.

(2) Cara Thiessen

Jika titik-titik pengamatan di dalam daerah itu tidak tersebar merata, maka cara perhitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan.

(3) Cara garis Isohiet

Peta isohiet digambar pada peta topografi dengan perbedaan 10 sampai 20 mm berdasarkan data curah hujan pada titik-titik pengamatan di dalam dan di sekitar daerah pengamatan.Luas bagian daerah antara dua garis isohiet yang berdekatan diukur dengan planimeter.

(4) Cara garis potong antara (IntersectionLine Method)

Cara ini adalah merupakan penyederhanaan dari cara garis isohiet.

(5) Dan lain-lain.

Meskipun cara yang terbaik belum diketahui, umumnya untuk menghitung curah hujan wilayah dapat digunakan standar luas daerah sebagai berikut:

(1) Daerah dengan luas 250 ha yang mempunyai variasi topografi yang kecil, dapat diwakili oleh sebuah alat ukur curah hujan.

(2) Untuk daerah antara 250 ha - 50.000 ha dengan 2 atau 3 titik pengamatan, dapat menggunakan cara rata-rata aljabar.

(3) Untuk daerah antara 120.000 ha - 500.000 ha yang mempunyai titik pengamatan yang tersebar cukup merata dan curah hujan tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi topografi dapat digunakan cara rata-rata aljabar, jika titik pengamatan tidak tersebar merata digunakan cara thiessen.)

(4) Untuk daerah yang lebih besar dari 500.000 ha digunakan cara isohiet atau cara garis potongan antara.

(Hidrologi Untuk Pengairan , Ir.Suyono Sosrodarsono, 1999)

2.2.2.3 Intensitas Curah Hujan

Hal yang sangat penting dalam pembuatan rancangan dan rencana adalah distribusi curah hujan.Distribusi curah hujan berbeda-beda sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau yakni curah hujan tahunan, curah hujan bulanan, curah hujan harian atau curah hujan perjam.Dalam perhitungan debit banjir untuk sungai dengan daerah pengaliran yang kecil digunakan perhitungan curah hujan jangka pendek yang dinyatakan dalam intensitas perjam yang disebut Intensitas Curah Hujan (mm/jam).Besarnya intensitas curah hujan ini berbeda-beda sesuai lamanya curah hujan atau frekwensi kejadiannya.

Beberapa persamaan yang sering digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan sebagai berikut:

(1) Persamaan yang dikemukakan oleh Profesor Talbot pada Tahun 1881.

$$I = \frac{a'}{t + b}$$

Persamaan ini sering digunakan karena mudah diterapkan, dimana tetapan-tetapan a dan b ditentukan dengan harga-harga yang diukur.

- (2) Persamaan yang dikemukakan Oleh Profesor Sherman pada tahun 1905

$$I = \frac{a}{t^n}$$

Persamaan ini digunakan untuk jangka waktu curah hujan yang lamanya lebih dari 2 jam.

- (3) Persamaan yang dikemukakan Oleh Dr. Ishiguro

$$I = \frac{a}{(\sqrt{t}) + b}$$

- (4) Persamaan yang dikemukakan Oleh Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^m$$

Persamaan ini merupakan variasi dari persamaan-persamaan sebelumnya, yang digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan setiap waktu berdasarkan data curah hujan harian.

Dimana :

- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- t = lamanya curah hujan (menit) atau untuk pers. Mononobe dalam jam
- a, b, n, m = tetapan
- R₂₄ = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

(Hidrologi Untuk Pengairan , Ir.Suyono Sosrodarsono, 1999)

2.2.2.4 Curah Hujan Rencana

Hujan Rencana adalah curah hujan maksimum yang secara statistik akan terjadi

sekali dalam kala ulang tertentu. Untuk mendapatkan curah hujan rencana, data hujan dianalisis frekuensinya dengan beberapa jenis distribusi yaitu :

- (1) Distribusi Normal
- (2) Distribusi Gumbel
- (3) Distribusi Log Normal
- (4) Distribusi Log Normal tipe - III

Dalam penentuan penggunaan jenis distribusi curah hujan, ada beberapa persamaan (parameter statistik) yang berhubungan dengan analisa frekwensi (Imam Subarkah, 1980), yaitu :

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{n}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (R - \bar{R})^2}{n-1}}$$

$$C_v = \frac{S_x}{\bar{R}}$$

$$C_s = \frac{nx \sum (R - \bar{R})^3}{(n-1)(n-2) S_x^3}$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum (R - \bar{R})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) S_x^4}$$

Dimana :

- R = Besarnya curah hujan harian maximum tahunan rata-rata (mm)
- R = Besarnya curah hujan harian maksimum (mm)
- n = Jumlah data curah hujan
- S_x = Standar deviasi
- C_v = Koefisien variasi
- C_s = Koefisien skewness
- C_k = Koefisien kurtosis

Tiap-tiap distribusi di atas mempunyai syarat yang berbeda, sehingga data curah hujan harus diuji kesesuaiannya

dengan syarat setiap distribusi tersebut. Syarat untuk setiap distribusi tersebut:

- (1) Distribusi Normal
Syarat distribusi normal yaitu nilai koefisien skewness sama dengan nol ($C_s = 0$) dan nilai koefisien kurtosis ($C_k = 3$)
- (2) Distribusi Gumbel
Syarat distribusi gumbel yaitu $C_s = 1.1396$ dan $C_k = 5.4002$
- (3) Distribusi Log normal
Syarat distribusi Log normal yaitu nilai koefisien skewness (C_s) adalah tiga kali nilai koefisien variasi ($3 \cdot C_v$) dan nilai koefisien kurtosis ($C_k = 3$ (selalu +))
- (4) Distribusi Log Person Tipe III
Distribusi Log Person III akan digunakan apabila analisa frekuensi curah hujan yang ada tidak termasuk dalam ketiga jenis distribusi di atas dengan nilai C_s dan C_k bebas.

Persamaan yang digunakan (Ir. Sri Harto, 1993) yaitu :

$$\log R_t = \overline{\log R} + K \cdot S_x \log R$$

$$\overline{\log R} = \frac{\sum \log R}{n}$$

$$S_x \log R = \sqrt{\frac{\sum (\log R - \overline{\log R})^2}{n-1}}$$

Dimana:

$S_x \log R$ = Standard deviasi sebaran log person tipe III
 n = Koefisien pearson berdasarkan harga $g \log R$ dan tahun ulang

Koefisien asimetri Log Pearson Tipe III dihitung dengan persamaan :

$$C_s = \frac{n \sum (\log R - \overline{\log R})^3}{(n-1)(n-2)(S_x \log R)^3}$$

(Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air, Imam Subarkah, 1980)

2.2.2.5 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rancangan didefinisikan sebagai debit banjir yang secara statistik akan terlampaui satu kali dalam ulang tertentu. Karena luas tangkapan hujan untuk embung kecil dan kapasitas kolam embung juga kecil, maka kapasitas bangunan pelimpah didesain berdasarkan kala ulang paling besar 50 tahun. Oleh karena itu metode perhitungan yang umum dipakai dalam menghitung debit banjir rancangan dari data curah hujan maksimum harian adalah Metode Rasional. Analisa ini dilakukan dengan kala ulang 2,5, 10, 20, dan 50 tahun.

Metoda ini membutuhkan intensitas hujan (mm/jam) atau tinggi hujan (mm) dengan durasi yang dianggap sebesar waktu konsentrasinya dan dengan kala ulang tertentu.

Dalam perhitungan ini diperlukan peta topografi daerah tadah hujan dengan skala minimal 1 : 2000, untuk menentukan luas daerah tadah hujan, tempat embung, panjang alur, dan perbedaan ketinggian rata-rata antara tempat embung dan titik tertinggi dalam daerah tadah hujan.

Persamaan yang digunakan :

$$Q = \frac{f.r.A}{3,6}$$

dimana :

Q = debit banjir maksimum (m³/d)
 A = luas daerah pengaliran (km²)
 r = intensitas curah hujan rata-rata dalam jangka waktu (T) sejak permulaanjatuhnya hujan sampai dengan waktu mulai timbulnya banjir

(mm/jam)

Untuk mendapatkan nilai Q maka terlebih dahulu harus didapatkan harga-harga :

- (1) Koefisien pengaliran / koefisien limpasan (didapat dari daftar)

Tabel 2.1 Koefisien pengaliran (run-off coefisien) dari sungai –sungai

Daerah pegunungan berlereng terjal	0,75 - 0,90
Daerah perbukitan	0,70 - 0,80
Daerah bergelombang dan bersemak-semak	0,50 - 0,75
Daerah dataran yang digarap	0,45 - 0,60
Daerah persawahan irigasi	0,70 - 0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75 - 0,85
Sungai kecil di daerah dataran	0,45 - 0,75
Sungai yang besar dengan wilayah Pengaliran yang lebih dari seperduanya	0,50-0,75
Terdiri dari dataran	

- (2) Interval kedatangan banjir (T)

Harga T dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$T = L/W$$

Untuk mendapatkan harga W dipergunakan persamaan sebagai berikut :

$$W = 72 \left(\frac{H}{L} \right)^{0.6}$$

Dimana :

L = panjang bagian sungai, dari mata air sampai pada tempat kedudukan rencana bangunan.

W = kecepatan perambatan banjir (km/jam, m/detik)

H = perbedaan elevase antara mata air sungai dengan titik tempat kedudukan rencana bangunan. (3) Intensitas curah hujan (r)

$$r = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T} \right)^{2/3}$$

Dimana :

r = intensitas curah hujan rata-rata dalam interval waktu T (mm/jam)

T = interval kedatangan banjir (jam)

R₂₄ = curah hujan harian (mm)

(Bendungan Type Urugan , Ir. Suyono Sosrodarsono, 1976)

2.2.3 Perhitungan Evapotranspirasi

Evapotraspirasi merupakan gabungan 2 (dua) proses alam, yaitu evaporasi dan transpirasi. Evaporasi atau penguapan adalah proses berubahnya molekul air menjadi molekul uap air dan bergerak ke udara di atmosfer. Sedangkan transpirasi didefinisikan sebagai proses penguapan melalui tubuh tanaman sebagai suatu proses metabolisme tanaman.

Pada dasarnya laju evaporasi dan transpirasi ditentukan oleh besarnya gradien tekanan uap, yaitu selisih tekanan uap dipermukaan air atau tanah dengan lapisan udara di atasnya. Dalam hal ini pengaruh iklim, ketersediaan air tanah dan sifat permukaan penguapan cukup dominan. Sebagai factor iklim adalah radiasi matahari, suhu udara, angin, dan kadar lengas atau kelembaban udara. Beberapa metode pendekatan memberikan rumus-rumus evapotranspirasi yang berbeda. Dari beberapa metode tersebut, metode yang dianggap memberikan hasil paling memuaskan adalah cara Penman. Penman melakukan pendekatan secara teoritis dengan menggunakan prinsip keseimbangan energi dan transfer massa. Data yang diperlukan untuk pemakaian metode ini adalah suhu, kelembababn, angina, lama penyinaran atau radiasi jika tersedia. Bentuk persamaan Penman yang telah dimodifikasi oleh FAO adalah :

Persamaan :

$$E_{to} = C [W.R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)]$$

Dimana :

Eto = evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hr)

W = faktor pengaruh suhu

Rn = radiasi netto pada evapotranspirasi yang setara (mm/hr)

F(u) = fungsi pengaruh angin

(ea-ed) = perbedaan antara tekanan uap air jenuh pada suhu udara rerata dan tekanan uap air nyata di udara (m bar)

C = faktor pengaruh untuk kondisi cuaca siang dan malam hari.

2.2.4 Neraca Air

Untuk menjamin ketersediaan air yang dibutuhkan perlu diperhitungkan untuk merencanakan supply air yang efisien dan optimal. Analisa kebutuhan yang menggunakan satuan (misal penduduk, ternak, kebun) dikalikan dengan jumlah satuannya.

a. Keperluan Domestik

Kebutuhan dasar untuk keperluan rumah tangga.

b. Kebutuhan untuk ternak

Diperlukan untuk pengembangan ternak masa yang akan datang sesuai dengan umur pelayanan embung.

c. Kebutuhan irigasi kecil

Untuk memenuhi kebutuhan air di kebun (bukan untuk irigasi sawah).

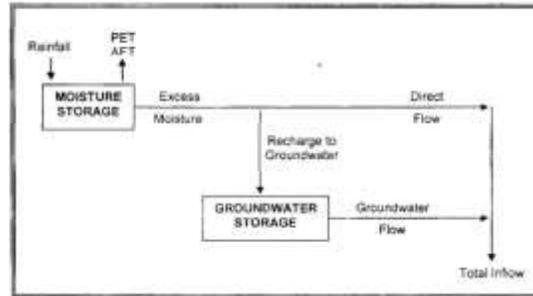
d. Kehilangan dan kebocoran

Perhitungan untuk memperkirakan kebocoran pada pipa, kran, rembesan dan lain-lainnya

2.2.5 Analisa Perkiraan Debit Aliran Masuk Embung.

Debit aliran masuk ke embung berasal dari hujan yang turun di daerah cekungan. Sebagian dari hujan tersebut menguap, sebagian lagi turun mencapai permukaan tanah. Hujan yang turun mencapai tanah sebagian masuk ke dalam tanah (resapan), yang akan mengisi pori-pori tanah sebagian mengalir menuju embung sebagai aliran

bawah permukaan, sedangkan sisanya mengalir di atas tajiah (aliran permukaan) bersama aliran dasar menuju embung. Untuk memperkirakan aliran yang masuk ke dalam embung digunakan cara analisis berdasarkan model NRECA.



Gambar. 1 Konsep Struktur Skema Model NRECA

Tahapan perhitungan pengalihragaman (transformasi) dari data hujan menjadi debit menggunakan metode Nreca adalah sebagai berikut:

- (1) Nama bulan Januari sampai Desember
- (2) Nilai hujan rata-rata bulanan (Rb)
- (3) Nilai penguapan peluh potensial (PET)
- (4) Nilai Tampungang Kelengasan awal (Wo)
- (5) Ratio tampungang tanah (Wi) $Wi = Wo / \text{Nominal Nominal} = 100 + 0.2 Ra$
- (6) Ratio Rb/PET
- (7) Rasio AET/PET
- (8) $AET = (AET/PET) \times PET \times \text{Koefisien Reduksi}$
- (9) Neraca Air = Rb - AET
- (10) Ratio kelebihan kelengasan
- (11) Kelebihan kelengasan = Rasio kelebihan kelengasan x Neraca Air
- (12) Perubahan tampungang = Neraca air - kelebihan kelengasan
- (13) Tampungang air tanah = P1 x kelebihan kelengasan
- (14) Tampungang air tanah awal
- (15) Tampungang air tanah akhir = Tampungang air tanah + Tampungang air tanah awal
- (16) Aliran air tanah = P2 x Tampungang air

- tanah akhir
- (17) Aliran langsung = kelebihan kelengasan
- Tampung air tanah
- (18) Aliran total = Aliran langsung + Aliran
air tanah

Dimana :

- W_i = Tampung Kelengasan tanah
 W_o = Nilai tampungan kelengasan awal
(mm/bln), trial and error
 R_a = hujan tahunan (mm)
 AET = penguapan peluh actual, nilainya
tergantung dari rasio
 R_b = nilai hujan rata - rata bulanan
 PET = Nilai penguapan peluh potensial
 P_1 = Parameter karakteristik tanah
permukaan, kedalam 0 - 2 m,
nilainya : 0,1 -
0,5 tergantung pada sifat lulus air
lahan.
 $P_1 = 0,1$ bila bersifat kedap air
 $P_1 = 0,5$ bila bersifat lulus air
 P_2 = Parameter karakteristik tanah
dalam, kedalam 2 — 10 m,
nilainya :
 $P_2 = 0,9$ bila bersifat kedap air
 $P_2 = 0,5$ bila bersifat lulus air

2.2.6 Analisa Tampungan Embung

Didalam analisis ini memperhitungkan volume/kapasitas tampungan optimum, yang dapat dibuat sesuai dengan kondisi topografi dan tinggi cuaca maksimum yang masih layak, dengan memperhitungkan faktor rembesan tebing waduk, mengacu pada fungsi layanan penyediaan air baku untuk melayani penduduk di sekitarnya. Analisa ini dilaksanakan dengan mempertimbangkan :

2.2.6.1 Analisa Tampungan Embung Berdasarkan Kebutuhan Air Daku

Embung akan menampung penuh air di musim hujan dan kemudian dioperasikan selama musim kemarau untuk melayani berbagai kebutuhan. Dengan demikian kapasitas tampung embung yang dibutuhkan harus dapat memenuhi

kebutuhan tersebut, dan juga harus mempertimbangkan kehilangan air oleh penguapan di kolam dan resapan di dasar dan dinding kolam, serta menyediakan ruangan untuk sendimen. Adapun kapasitas yang dibutuhkan untuk sebuah embung adalah sebagai berikut:

(1) Kapasitas Tampungan yang dibutuhkan (V_n)

$$V_n = V_u + V_e + V_i + V_s \quad (2.19)$$

Dengan :

- V_n = Kapasitas tampung total yang diperlukan suatu desa (m³)
 V_u = Volume hidup untuk melayani berbagai kebutuhan (m³)
 V_e = Jumlah penguapan dari kolam selama musim kemarau (m³)
 V_i = Jumlah resapan melalui dasar, dinding, dan tubuh embung selama musim kemarau (m³)
 V_s = Ruang yang disediakan untuk sedimen (m³)

Namun demikian dalam menentukan kapasitas total suatu embung harus pula mempertimbangkan volume/debit air yang disediakan (V_h) dan kemampuan topografi untuk menampung air (V_p) apabila air yang disediakan atau kemampuan topografi kecil maka embung harus di desain dengan kapasitas yang lebih kecil dari kebutuhanmaksimum suatu desa. Dalam hal demikian untuk memenuhi kebutuhan maksimum suatu desa diperlukan pembangunan lebih dari satu embung.

(2) Kebutuhan Air dan Tampungan Hidup (V_u)

Kebutuhan total untuk tampungan hidup (V_u) adalah :

$$V_u = J_h \times JKK \times Q_u$$

Dimana :

- JKK = Jumlah KK per desa
 J_h = Jumlah hari selama musim

kemarau (diasumsikan 6 bulan = 120 hari)

Q_u = Kebutuhan air untuk penduduk, ternak dan kebun (1/hari/KK)

(3) Ruang Sedimen (V_s)

Ruang untuk sedimen perlu disediakan di kolam embung mengingat dayatampungnya kecil, walaupun daerah tadah hujan disarankan agar ditanami (rumput) untuk mengendalikan erosi. Perkiraan Ruang sedimen digunakan persamaan:

$$V_s = 0,05 V_u$$

(4) Jumlah Penguapan (V_e)

Di daerah semi kering penguapan dari kolam embung akan relatif cukup besar jumlahnya apalagi aliran masuk di musim kering tidak ada. Dengan demikian jumlah penguapan selama musim kemarau perlu diperhitungkan dalam penentuan kapasitas atau tinggi embung. Penguapan dipermukaan kolam embung dapat dihitung secara sederhana seperti berikut ini.

$$V_c = 10 \cdot A_{kt} \cdot \sum E_{kj}$$

Dimana :

V_c = Jumlah penguapan dari kolam embung selama musim kemarau

A_{kt} = Luas permukaan kolam embung pada setengah tinggi (ha)

E_{kj} = Penguapan bulanan di musim kemarau pada bulan ke-i (mm/bulan), didapat dengan mengalikan besaran penguapan panci A dengari koefisien embung 0,70.

(5) Jumlah resapan (V_i)

Air di dalam kolam embung akan

meresap masuk ke dalam pori atau rongga di dasar dan dinding kolam. Besarnya resapan ini tergantung dari sifat lulus air material dasar dan dinding kolam. Sedangkan sifat ini tergantung pada jenis butiran tanah atau struktur batu pembentuk dasar dinding kolam. Secara teoritik perhitungan resapan air ini dapat ditentukan secara praktis untuk menentukan besarnya air kolam embung.

$$V_i = K \cdot V_u$$

Dimana :

V_i = Jumlah resapan tahunan (m^3)

V_u = Jumlah air untuk berbagai kebutuhan (m^3)

K = Faktor yang nilainya tergantung dari sifat luas air material dasar dan dinding kolam embung

K = 10%, bila dasar dan dinding kolam embung praktis rapat air ($K < 10^{-5}$ cm/dt), termasuk penggunaan lapisan buatan (selimut lempung, geomembran, rubber sheet atau semen-tanah).

K = 25%, bila dasar dan dinding kolam embung bersifat semi lulus air ($K = 10^{-3}$ s/d 10^{-4} cm/dt).

Hubungan antara klasifikasi sifat lulus air dan jenis tanah atau struktur batu dapat dicompare dari hasil investigasi geoteknik.

2.2.6.2 Analisa Tampungan Embung Berdasarkan Ketersediaan Air

Air yang akan masuk ke dalam embung terdiri atas dua kelompok, yaitu air permukaan dari seluruh daerah tadah hujan, dan air hujan efektif yang langsung jatuh di atas permukaan kolam. Dengan demikian jumlah air yang masuk ke dalam embung dapat dinyatakan seperti berikut ini:

$$V_h = \sum V_j + 10 \cdot A_{kt} \cdot \sum R_j$$

Dimana:

V_h = Volume air yang dapat mengisi kolam embung selama musim hujan (m^3)

ΣV_j = Jumlah aliran total selama musim hujan (m)

A_{kt} = Luas permukaan kolam embung (ha)

ΣR_j = Curah hujan total selama musim hujan (mm)

2.2.6.3 Analisa Tampung Embung Berdasarkan pada Kondisi Topografi.

Daya tampung (potensi) topografi untuk menampung air yaitu volume maksimum kolam embung yang terbentuk karena dibangunnya embung. Dengan demikian maka volume tampungan maksimum yang masih mungkin direncanakan yang akan menentukan jumlah kebutuhan air baku yang dapat dilayani. Perhitungan volume tampungan embung dilakukan dengan bantuan program AutoCAD yakni dengan menjumlahkan luas tampungan rata-rata setelah dikalikan dengan selisih elevasi.

$$V_p = \Sigma[(A_a + A_b) \times 0,5 \times (E_a - E_b)]$$

Dimana

V_p = Volume tampungan potensi topografi (m^3)

A_a = Luasan layer kontur a

A_b = Luasan layer kontur b

E_a = Elevasi kontur a

E_b = Elevasi kontur b

2.3 Analisa Konstruksi Embung

2.3.1 Tubuh Embung

Tubuh embung dapat didesain menurut beberapa tipe yaitu : tipe urugan homogen, tipe urugan majemuk, tipe pasangan batu atau beton dan tipe komposit. Pemilihan tipe tersebut tergantung dari jenis pondasi, panjang atau bentuk lembah, dan bahan bangunan yang tersedia di tempat. Tubuh embung tipe urugan (homogen dan majemuk) dapat dibangun pada pondasi

tanah atau batu, sedang tipe pasangan batu atau beton hanya dapat dibangun pada pondasi batu.

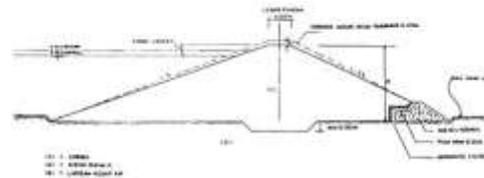
Tubuh embung tipe urugan homogen, di mana bahan urugan seluruhnya atau sebahagian besar hanya menggunakan satu macam material yaitu lempung atau tanah berlempung. Tubuh embung yang didisain dengan tipe ini umumnya memiliki kemiringan lereng cukup landai terutama untuk menghindari terjadinya longsoran di lereng udik, serta menjaga stabilitas lereng hilir urugan pada kondisi rembesan langgeng.

Tubuh embung tipe majemuk, di mana bahan urugan lebih dari satu macam. Bahan urugan terdiri dari urugan kedap air, urugan semi kedap air (transisi) dan urugan lulus air. Tubuh embung tipe pasangan batu/beton, dimana tubuh embung terdiri dari pasangan batu atau beton dengan pondasi tubuh embung berupa satuan batu dengan bentuk lembah yang sempit dan curam.

Tubuh embung tipe komposit, dibangun pada pondasi yang terdiri dari satuan batu dengan lembah yang cukup panjang.

(Kriteria Desain Embung, Departemen Pekerjaan Umum, 1994)

Gambar. 2.2 Potongan melintang bendungan urugan homogen



2.3.1.1 Lebar Puncak

Lebar puncak tubuh embung ditentukan sebagai berikut :

Tabel 2.2 Lebar Puncak Tubuh Embung

Tipe	Tinggi (m)	Lebar Puncak (m)
1. Urugan	<5,00	2,00
	5,00 -10,00	3,00
2. Pasangan Batu/Beton	Max. 7,00	1,00

(Kriteria Desain Embung, Departemen Pekerjaan Umum, 1994)

Apabila puncak urugan akan digunakan untuk lalu lintas umum, maka kiri dan kanan badan jalan diberi bahu jalan masing-masing selebar 1,00 m.

Sedangkan untuk puncak tubuh embung tipe pasangan/beton tidak disarankan untuk lalu lintas karena biaya konstruksi akan menjadi terlalu mahal. (Kriteria Desain Embung, Departemen Pekerjaan Umum, 1994)

2.3.1.2 Kemiringan Lereng Urugan

Kemiringan lereng urugan tubuh embung ditentukan sedemikian rupa agar stabil terhadap longsor. Hal ini sangat tergantung pada jenis material urugan yang akan dipakai. Kesetabilan urugan harus diperhitungkan terhadap surut cepat muka air kolam, rembesan langgeng dan harus tahan terhadap gempa. Dengan mempertimbangkan hal tersebut di atas disarankan menggunakan kemiringan lereng urugan seperti tercantum dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 2.3 Kemiringan Lereng Urugan untuk Tinggi Maksimum 10,00 m

Material Urugan	Material Utama	Kemiringan lereng	Kemiringan
		V : H Udik	Lereng V : H Hilir
1. Urugan Homogen	CH CL GC GM SM	1 : 3	1 : 2,25
2. Urugan Majemuk 2.1 Urugan batu dengan inti lempung atau dinding diaphragma	Pecahan Batu	1 : 1,50	1 : 1,25
2.2 Kerikil-kerakal dengan inti lempung atau dinding diaphragma.	Kerikil- Kerakal	1 : 2,50	1 : 1,75

2.3.1.3 Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan adalah jarak vertikal antara muka air kolam pada waktu banjir desain (50 tahunan) dan puncak tubuh embung. Tinggi jagaan pada tubuh embung dimaksudkan untuk memberikan keamanan tubuh embung terhadap peluapan karena banjir. Bila hal itu terjadi maka akan terjadi erosi kuat pada tubuh embung tipe urugan.

Besarnya tinggi jagaan tergantung dari tipe embung yang diambil seperti tabel berikut:

Tabel 2.4 Tinggi Jagaan Embung

Tipe Tubuh Embung	Tinggi Jagaan (m)
1. Urugan Homogen dan majemuk	0,50
2. Pasangan Batu/Beton	0,00
3. Komposit	0,50

(Kriteria Desain Embung, Departemen Pekerjaan Umum, 1994)

2.3.1.4 Tinggi Tubuh Embung

Tinggi tubuh embung harus ditentukan dengan mempertimbangkan kebutuhan tampungan air, dan keamanan tubuh embung terhadap peluapan oleh banjir. Dengan demikian tinggi tubuh embung dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$H_d = H_k + H_b + H_f$$

Dimana :

H_d = Tinggi tubuh embung desain (m)

H_k = Tinggi muka air Kolam pada kondisi penuh (m)

H_b = Tinggi tampungan banjir (m)

H_f = Tinggi jagaan (m)

Pada tubuh embung tipe urugan diperlukan cadangan untuk penurunan yang secara praktis dapat diambil sebesar 0,25 m. Cadangan penurunan ini perlu ditambahkan pada puncak embung dibagian lembah terdalam. (Kriteria Desain Embung, Departemen Pekerjaan Umum, 1994)

2.3.2 Bangunan Pelimpah

Secara umum tipe bangunan pelimpah yang dapat diterapkan pada embung adalah tipe bangunan pelimpah terbuka dengan ambang tetap. Bangunan pelimpah tipe ini biasanya terdiri dari empat bagian utama yaitu :

(1). Saluran Pengarah Aliran

Bagian ini berfungsi sebagai penuntun dan pengarah aliran agar aliran tersebut senantiasa dalam kondisi hidrolika yang baik. Pada saluran pengarah aliran, kecepatan masuknya aliran air supaya tidak melebihi 4 m/dtk dengan kedalaman dasar saluran pengarah lebih besar dari 1/5 x tinggi rencana limpasan di atas mercu ambang pelimpah.

(2) Saluran Pengatur Aliran.

Bagian ini berfungsi sebagai pengatur kapasitas aliran (debit) air yang melintasi bangunan pelimpah. Beberapa contoh dari saluran pengatur aliran antara lain :

- ✓ Tipe ambang bebas (flowing into canal type)
- ✓ Tipe bendung pelimpah (overilow wier type).
- ✓ Tipe pelimpah samping (sideward over flow type)

Dimensi saluran pengatur type bendung pelimpah dapat diperoleh dengan rumus hydrolika sebagai berikut;

$$Q = C.LH^{3/2}$$

Dimana :

Q = debit (debit banjir rencana)
m³/dtk

C = koefisien limpahan (2,0 s/d 2,1)

L = lebar mercu bendung

H = total tinggi tekanan air diatas mercu bendung

✓ Saluran Transisi

Pada hakekatnya belum ada cara yang paling baik untuk merencanakan bentuk saluran transisi. Untuk bangunan pelimpah yang relatif kecil, biasanya saluran ini dibuat dengan dinding tegak yang makin menyempit ke hilir dengan sudut sebesar 12.50° terhadap sumbu saluran peluncur

(3) Saluran Peluncur

Dalam merencanakan saluran peluncur, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- ✓ Agar air yang melimpah dari saluran pengatur mengalir dengan lancar tanpa hambatan .
- ✓ Agar konstruksi saluran peluncur cukup kukuh dan stabil dalam menampung semua beban yang timbul.
- ✓ Agar biaya konstruksinya diusahakan seekonomis mungkin.

Rencana teknis saluran peluncur didasarkan pada perhitungan-perhitungan hydrolika untuk memperoleh gambaran kondisi pengaliran melalui saluran tersebut. Berbagai metode perhitungan untuk mendapatkan garis permukaan aliran di dalam saluran peluncur yang antara lain metode perhitungan yang didasarkan pada teori Bernoulli sebagai berikut:

- ✓ Perhitungan sistem coba banding pertama

Rumus kekekalan energi dalam aliran (rumus Bernoulli) sebagai berikut:

$$z_1 + d_1 + hv_1 = z_2 + d_2 + hv_2 + hL$$

Dimana :

z = elevasi dasar saluran pada suatu bidang vertikal

d = kedalaman air pada bidang tersebut
 Hv = tinggi tekanan kecepatan pada bidang tersebut
 hL = kehilangan tinggi tekanan yang terjadi di antara dua buah bidang vertikal yang ditentukan

✓ Perhitungan sistem coba banding kedua

Perhitungan sistem coba banding ini dengan memperhatikan aliran air di dalam saluran peluncur yang dibatasi oleh bidang 1 pada udiknya dan bidang 2 yang diambil sembarang dan akan diperoleh persamaan kekekalan energi sebagai berikut:

$$h_e = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}} \times \Delta l_1$$

$$h_e = d_1 + \Delta l_1 \sin \theta - d_2$$

$$h_e = d_1 + \Delta l_1 \tan \theta - d_2$$

Dimana :

- h_e = perbedaan elevase permukaan air bidang 1 dan bidang 2
- V₁ = kecepatan aliran air pada bidang 1
- V₂ = kecepatan aliran air pada bidang 2
- d₁ = kedalam air pada bidang 1
- d₂ = kedalam air pada bidang 2
- Δl₁ = panjang lereng dasar antara bidang 1 dan bidang 2
- Δl = jarak horizontal antara kedua bidang tersebut
- θ = sudut lereng dasar saluran
- \bar{V} = kecepatan rata-rata
- \bar{R} = radius hidrolika rata-rata
- n = koefisien kekasaran

(Bendungan Tipe Urugan, Suyono Sosrodarsono. 1976)

Nilai koefisien kekasaran Manning dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 2.5 Koefisien kekasaran Manning untuk berbagai jenis pelindung pada pelimpah.

Tipe Pelindung pelimpah	n
1. Rumput	0,030-0,25
2. Batu	0,035
3. Rip-rap	0,0250
4. Pasangan batu/beton	0,0140

(Kriteria Desain Embung, Departemen Pekerjaan Umum, 1994)

✓ Bagian saluran yang berbentuk terompet

Pada perencanaan bagian saluran yang berbentuk terompet ini, disarankan agar sudut pelebaran tidak melebihi besarnya sudut yang diperoleh dari rumus sebagai berikut:

$$\tan \theta = 1/3F$$

$$E = \frac{v}{\sqrt{gd}}$$

Dimana :

- θ = sudut pelebaran
- F = angka Froude
- V = kecepatan aliran air
- d = kedalaman aliran air
- g = gravitasi

(4) Peredam Energi

Sebelum aliran air yang melintasi bangunan pelimpah dikembalikan lagi ke sungai, maka aliran dengan kecepatan yang tinggi dalam kondisi super kritis tersebut harus diperlambat dan dirubah pada kondisi aliran sub kriti, sehingga aliran tersebut kembali ke sungai tanpa membahayakan kestabilan alur sungai yang bersangkutan. Beberapa jenis peredam energi antara lain:

- ✓ Type loncatan
- ✓ Type kolam olakan
- ✓ Type bak pusaran

Pada peredam energi tipe kolam olakan, kedalaman air pada bagian sebelah udik dan sebelah hilir loncatan hydrolis

tersebut dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{D2}{D1} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8F1^2} - 1)$$

$$F1 = \frac{V1}{\sqrt{gD1}}$$

Dimana :

D2 = kedalaman air setelah loncatan

D1 = kedalaman air sebelum loncatan

F = bilangan Froude

V = kecepatan air

g = gravitasi bumi

(Bendungan Tipe Urugan, Suyono Sosrodarsono. 1976)

2.3.3 Sistem Distribusi

Sistem distribusi air dari embung untuk keperluan penduduk, ternak dan kebun, akan dilakukan dengan menggunakan jaringan pipa dengan sistem gravitasi, yang didesain sebagai pipa bertekanan. Hal ini dimaksud agar kehilangan selama pendistribusian kecil dan air didistribusi ke pemakai secara tidak menerus, tetapi sesuai dengan keinginan pemakai. Dengan demikian pemakaian air diharapkan sangat efisien mengingat sangat terbatasnya sumber air yang tersedia. (Kriteria Desain Embung, Departemen Pekerjaan Umum, 1994)

2.3.4 Kontrol Stabilitas

Untuk melakukan kontrol stabilitas diperlukan data-data tanah yang hanya diperoleh dari penyelidikan tanah di lapangan. Maksud dan tujuan pekerjaan penyelidikan tanah adalah untuk mengetahui tekstur lapisan tanah dan aspek teknik dari lapisan-lapisan tanah, untuk mengetahui daya dukung, stabilitas konstruksi dan rembesan air di dalam waduk tampungan.

Berdasarkan pada fungsi embung yaitu untuk menaikkan permukaan air tanah dan menyediakan kebutuhan air baku

kepada penduduk dalam jumlah relatif kecil maka penyelidikan tanah hanya dilakukan dengan pengeboran pada kedua ujung rencana badan embung yaitu pada kedua tepi atau tebing sungai dan satu pada tengah-tengah dasar sungai. Di lokasi yang akan dijadikan borrow area penyelidikan dilakukan dengan membuat test pit/sumur uji, untuk mengambil contoh lapisan tanah yang dapat dipakai sebagai bahan timbunan untuk badan embung.

2.3.4.1 Daya Dukung Tanah

Dalam perencanaan bangunan perlu diperhatikan daya dukung tanah, yaitu apakah tanah yang bersangkutan cukup mampu menahan beban tanpa terjadi keruntuhan akibat menggeser. Kokoh bangunan selain ditentukan oleh konstruksinya sendiri, juga ditentukan oleh kekuatan tanah dasar yang harus menahan atau memikul bangunan. Karena itu tanah dasar harus cukup kuat sehingga tidak terjadi penurunan yang tidak merata dan tanah dasar juga harus terhindar dari perusakan oleh gaya-gaya luar seperti pengikisan oleh arus air dan lain sebagainya yang dapat menyebabkan kehilangan daya dukung tanah.

Dalam perhitungan daya dukung tanah untuk pondasi yang tidak begitu dalam, dapat digunakan beberapa persamaan seperti persamaan daya dukung *Terzaghi* atau persamaan daya dukung *Meyerhof*.

- (1) Persamaan Daya Dukung *Terzaghi*
Persamaan daya dukung tanah menurut Terzaghi adalah sebagai berikut:

$$q_{ult} = C.Nc.s_c + \gamma.D.Nq.s_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma.B.N.s_y$$

Dimana :

q_{ult} = daya dukung keseimbangan (ultimate bearing capacity)

C = koefisien kohesi (KN/m²)

Nc, Nq, Ny = faktor koefisien daya

- B = dukung dari grafik
 = lebar dasar pondasi
 y = Berat volume tanah
 D = kedalaman pondasi
 s = faktor bentuk

Tabel 2.6 Faktor Daya Dukung untuk Persamaan Terzaghi

θ	N _c	N _q	N _y	N _c '	N _q '	N _y '
0.00	5.71	1.00	0.00	3.81	1.00	0.00
5.00	7.32	1.64	0.00	4.48	1.39	0.00
10.00	9.64	2.70	1.20	5.34	1.94	0.00
15.00	12.80	4.44	2.40	6.46	2.73	1.20
20.00	17.70	7.43	4.60	7.90	3.88	2.00
25.00	25.10	12.70	9.20	9.86	5.60	3.30
30.00	37.20	22.50	20.00	12.70	8.32	5.40
35.00	57.80	41.40	44.00	16.80	12.80	9.60
40.00	95.60	81.20	114.00	23.20	20.25	19.10
45.00	172.00	173.00	320.00	34.10	35.10	27.00

- (2) Persamaan Daya Dukung Meyerhof
 Persamaan daya dukung tanah menurut Meyerhof adalah sebagai berikut :

$$q_{ult} = C.N_c.s_c.d_c + \gamma.D.N_q.s_q.d_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma.B.N_s.s_y.d_y$$

Dimana :

- q_{ult} = daya dukung keseimbangan (ultimate bearing capacity)
 C = koefisien kohesi (KN/m²)
 N_c, N_q, N_y = faktor koefisien daya dukung dari grafik
 B = lebar dasar pondasi
 y = Berat volume tanah
 D = kedalaman pondasi
 s = faktor bentuk
 d = faktor kedalaman

Tabel 2.7 Faktor-faktor bentuk, kedalaman dan kemiringan untuk Persamaan daya dukung Meyerhof

Faktor	Nilai	Untuk
Bentuk	$S_c = 1 + 0.2K_r \frac{B}{L}$	Semua φ
	$S_q = S_y = 1 + 0.1K_r \frac{D}{L}$	φ > 10°
	$S_q = S_y = 1$	φ = 0
Kedalaman	$d_c = 1 + 0.2\sqrt{K_r} \frac{D}{B}$	Semua φ
	$d_y = d_q = 1 + 0.1\sqrt{K_r} \frac{D}{B}$	φ > 10°
	$d_y = d_q = 1$	φ = 0
Kemiringan	$i_x = i_y = \left(1 - \frac{\theta^2}{90^2}\right)^2$	Semua φ
	$i_x = i_y = \left(1 - \frac{\theta^2}{\phi^2}\right)^2$	φ > 10°
	$i_x = i_y = 0$	φ = 0

Tabel 2.8 Faktor-faktor daya dukung untuk persamaan daya dukung Meyerhof, Hansen dan Vesic'

φ	N _c	N _q	N _{net}	N _{net}	N _{net}	N _c /N _c	2 tan φ (1 - sin φ) ²
0	5,14	1,0	0,0	0,0	0,0	0,195	0,000
5	6,49	1,6	0,4	0,1	0,4	0,242	0,146
10	8,34	2,5	1,2	0,4	1,2	0,296	0,241
15	10,97	3,9	2,9	1,1	2,6	0,359	0,294
20	14,83	6,4	6,8	2,9	5,4	0,431	0,315
25	20,71	10,7	16,8	6,8	10,9	0,514	0,311
26	22,25	11,8	19,9	7,9	12,5	0,533	0,308
28	25,79	14,7	26,8	11,2	16,7	0,570	0,299
30	30,13	18,4	35,1	15,7	22,4	0,610	0,289
32	35,47	23,2	46,8	22,0	30,2	0,653	0,276
34	42,14	29,4	62,7	31,1	41,0	0,698	0,262
36	50,55	37,7	84,0	44,4	56,2	0,746	0,247
38	61,31	48,9	114,0	64,0	77,9	0,797	0,231
40	75,25	64,1	156,0	93,6	109,3	0,852	0,214
45	133,73	134,7	320,0	200,5	271,3	1,007	0,172
50	266,50	318,5	672,0	471,7	561,3	1,195	0,131

Daya dukung yang diijinkan :

$$q_{allow} = q_{ult} / Fk$$

Dimana :

q_{allow} = Daya dukung ijin (allowable bearing capacity)

Fk = faktor keamanan.

Tabel 2.9 Nilai-nilai faktor keamanan yang lazim

Ragam Kegagalan	Jenis Pondasi	SF
Geser	Pekerjaan tanah Bendungan, urugan Dan lain sebagainya	1.2-1.6
	Konstruksi penahan Dinding	1.5-2.0
Geser	Dinding papan turap, Bendungan elak	1.2-1.0 1.2-1.5
	Galian yang ditopang (braced) (sementara)	
	Pondasi telapak Pondasi setempat Rakit	2-3
Geser	Tarikan ke atas	1.7-2.5
	Tarikan ke atas, naiknya dasar galian	1.7-2.5
Rembesan	Tarikan ke atas, naiknya dasar galian	1.5-2.5 3-5
	Erosi bawah tanah	

(Analisis dan Desain Pondasi, Joseph E. Bowles, 1997)

2.3.4.2 Pengaruh Rembesan Air

Bendungan homogen senantiasa dihadapkan pada stabilitas bendung yang sangat dipengaruhi oleh rembesan air, hal ini disebabkan karena seluruh tubuh bendung yang terletak di bawah garis depresi dalam keadaan jenuh, sehingga daya dukung, kuat geser dan sudut lereng alamiah dalam keadaan yang paling rendah. Selain itu, apabila garis depresi memotong lereng hilir bendungan akan menyebabkan sufosi (piping) dan sembulan (boiling).

Cara efektif yang dilakukan adalah dengan menurunkan elevase garis depresi yaitu dengan membuat filter pada bagian hilirnya. Untuk menentukan koordinasi garis depresi pada potongan melintang tubuh bendung dapat dicari dengan persamaan Casagrande.

Persamaan parabola (garis depresi) menurut metode Casagrande adalah sebagai berikut:

$$y = \sqrt{2Yo + Yo^2}$$

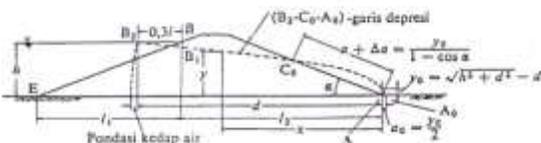
$$Yo = \sqrt{h^2 + d^2} - d$$

$$d = 0,3 L1 + L2$$

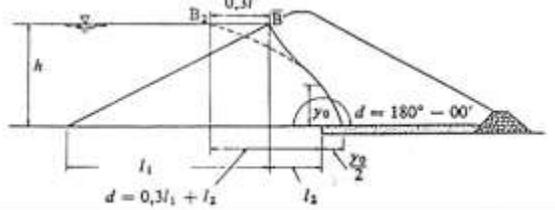
Dimana :

Yo = jarak titik 0 garis depresi diukur dari ujung drainase (m) h = tinggi muka air pada saat tampungan waduk maksium (m) L = panjang horizontal lereng terendam air (m) ,, (Bendungan Tipe Urugan, Suyono Sosrodarsono. 1976)

Gambar. 2.3 Skema garis depresi pada bendungan homogen



Gambar. 2.4 Skema garis depresi pada bendungan homogen yang dilengkapi dengan drainase alas



2.3.4.3 Stabilitas Lereng Bendung Urugan

Runtuhnya bendungan urugan biasanya dimulai dengan terjadinya longsoran baik pada lereng udik maupun lereng hilir yang disebabkan karena kurang memadainya stabilitas lereng bendungan tersebut.

Perhitungan stabilitas lereng dilakukan dengan menggunakan metode irisan bidang luncur bundar, dan diandaikan bidang luncur dibagi dalam beberapa irisan vertikal, maka faktor keamanan dari kemungkinan longsoran dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F_s = \frac{\sum [C + (N - U - Ne) \tan \phi]}{\sum (T + Te)}$$

$$F_s = \frac{\sum C + \sum [y.A(\cos \alpha - e.\sin \alpha) - V] \tan \phi}{\sum A.y(\sin \alpha + e.\cos \alpha)} \geq 1,2$$

Dimana :

- Fs = faktor keamanan
- N = beban komponen vertikal yang timbul dari berat setiap irisan bidang luncur (N = y.A.cos α)
- T = beban komponen tangensial yang timbul dari berat setiap irisan bidang luncur (T = y.A.sin α)
- U = Tekanan air pori yang bekerja pada

setiap irisan bidang luncur
 N_e = Komponen vertikal beban seismis yang bekerja pada setiap irisan bidang luncur ($N_e = e \cdot \gamma \cdot A \cdot \sin \alpha$)
 T_e = komponen tangensial beban seismis yang bekerja pada setiap irisan bidang luncur ($T_e = e \cdot \gamma \cdot A \cdot \cos \alpha$)
 \emptyset = sudut gesekan dalam bahan yang membentuk dasar setiap irisan bidang luncur
 C = angka kohesi bahan yang membentuk dasar setiap irisan bidang luncur
 Z = Lebar setiap irisan bidang luncur
 e = intensitas seismis horizontal
 γ = berat isi dari setiap bahan pembentuk irisan bidang luncur
 A = luas dari setiap bahan pembentuk irisan bidang luncur
 α = sudut kemiringan rata-rata dasar setiap irisan bidang luncur
 V = tekanan air pori
 (Bendungan Tipe Urugan, Suyono Sosrodarsono. 1976)

IV. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan data-data pendukung dan analisa serta perhitungan yang dilakukan pada perencanaan Embung Tejomartani Desa Branti Raya - Natar Lampung Selatan dengan tujuan untuk mendapatkan dimensi bangunan embung yang memenuhi persyaratan teknis dan dapat digunakan untuk menunjang ketersediaan air baku penduduk Desa Branti Raya pada musim kemarau, khususnya Dusun Tejomartani dan dusun lain disekitar embung, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

(A) Analisa Data Curah Hujan

1. Berdasarkan perhitungan parameter statistik analisa frekuensi data curah hujan, curah hujan rencana dihitung dengan Metode Distribusi Log Pearson III dan didapatkan curah hujan rencana dengan kala ulang 50 tahun sebesar 141.821 mm.

2. Debit banjir rencana dihitung dengan Metode Rasional dan didapatkan untuk kala ulang 50 tahun debit banjir rencana sebesar 15.710 m³/dtk.

(B) Perhitungan Evapotranspirasi

Perhitungan Evapotranspirasi dihitung dengan Metode Penman, berdasarkan hasil perhitungan didapatkan besarnya evapotranspirasi sebagai berikut:

1. Bulan Januari = 161,34 mm
2. Bulan Pebruari = 141,55 mm
3. Bulan Maret = 163,11 mm
4. Bulan April = 156,59 mm
5. Bulan Mei = 156,06 mm
6. Bulan Juni = 139,71 mm
7. Bulan Juli = 156,79 mm
8. Bulan Agustus = 180,91 mm
9. Bulan September = 1846,48 mm
10. Bulan Oktober = 181,81 mm
11. Bulan Nopember = 159,47 mm
12. Bulan Desember = 141,50 mm

(C) Perhitungan Debit Masuk Embung

Perhitungan debit masuk embung dihitung dengan Metode NRECA, berdasarkan hasil perhitungan didapatkan besarnya debit masuk embung sebagai berikut:

1. Bulan Januari = 67471,847 m³
2. Bulan Pebruari = 90914,417 m³
3. Bulan Maret = 45686,689 m³
4. Bulan April = 21139,967 m³
5. Bulan Mei = 237,322 m³
6. Bulan Juni = 23,732 m³
7. Bulan Juli = 2,373 m³
8. Bulan Agustus = 0,237 m³
9. Bulan September = 0,024 m³
10. Bulan Oktober = 0,002 m³
11. Bulan Nopember = 3451,933 m³
12. Bulan Desember = 55167,484 m³

(D) Perhitungan Kapasitas Tampung Embung

Berdasarkan perhitungan didapatkan :

1. Kebutuhan kapasitas tampungan = 166.007,18 m³
2. Volume ketersediaan air selama

- musim hujan = 283.832,337 m³
3. Volume tampungan berdasarkan estimasi topografi= 45.595,440 m³
Volume tampungan desain ditetapkan dari nilai terkecil yaitu = 45.595,440 m³

(E) Tubuh Embung

1. Tubuh embung direncanakan dengan menggunakan material urugan homogen, dengan ketinggian embung di atas tanah dasar 6,00 m (elevase tanah dasar + 88,000 dan elevase puncak embung + 94,00).
2. Lebar puncak embung 4,00 m dengan kemiringan lereng bagian hulu 1 : 3 dan lereng hilir 1 : 2,5

(F) Bangunan Pelimpah

1. Bangunan pelimpah diletakkan di sebelah kiri tubuh embung dengan ketinggian muka air banjir 1,00 m dan lebar mercu pelimpah 7,50 m . Elevase mercu bangunan pelimpah pada elevase + 92,25.
2. Peredam energi direncanakan peredam energi kolam olakan datar tipe III dengan panjang kolam olakan 6,00 m dan lebar 7,00 m.

(G) Stabilitas Tubuh Embung

Perhitungan stabilitas tubuh embung ditinjau terhadap stabilitas yang meliputi stabilitas terhadap geser, stabilitas terhadap guling, daya dukung tanah dan stabilitas lereng terhadap longsor.

Dari hasil perhitungan, tubuh embung dinyatakan aman .

DAFTAR PUSTAKA

Bowles, Joseph E. 1991. *Analisis dan Design Pondasi*. Jilid 1. Erlangga. Jakarta. 493 halaman.

Hardiyatmo, Hary Christady. 1992. *Mekanika Tanah I*. P.T. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 253 halaman.

Harto, S. 1993. *Analisis Hidrologi*. P.T. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 303 halaman.

Kasiro, Ibnu dkk . 1997. *Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil Untuk Daerah Semi Kering di Indonesia, Pusat Litbang Pengairan Departemen PU*. P.T. Mediatama Saptakarya. 136 halaman.

Soemarto, CD. 1995. *Hidrologi Teknik*. Erlangga. Jakarta. 313 halaman.

Sosrodarsono, Suyono. 1976. *Bendungan Type Urugan*. P.T. Pradnya Paramita. Jakarta. 327 halaman.

Sosrodarsono, Suyono. 1999. *Hidrologi Untuk Pengairan*. P.T. Pradnya Paraiaita. Jakarta. 226 halaman.

Subarkah, I. 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Idea Bandung. 241 halaman.

INFORMASI UNTUK PENULISAN NASKAH

JURNAL TEKNIK SIPIL UBL

Persyaratan Penulisan Naskah

1. Tulisan/naskah terbuka untuk umum sesuai dengan bidang teknik sipil.
2. Naskah dapat berupa :
 - a. Hasil penelitian, atau
 - b. Kajian yang ditambah pemikiran penerapannya pada kasus tertentu, yang belum dipublikasikan,

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris. Naskah berupa rekaman dalam Disc (disertai dua eksemplar cetakannya) dengan panjang maksimum dua puluh halaman dengan ukuran kertas A4, ketikan satu spasi, jenis huruf Times New Roman (font size 11).

Naskah diketik dalam pengolah kata MsWord dalam bentuk siap cetak.

Tata Cara Penulisan Naskah

1. Sistematika penulisan disusun sebagai berikut :
 - a. Bagian Awal : judul, nama penulis, alamat penulis dan abstrak (dalam dua bahasa : Indonesia dan Inggris)
 - b. Bagian Utama : pendahuluan (latar belakang, permasalahan, tujuan) , tulisan pokok (tinjauan pustaka, metode, data dan pembahasan.), kesimpulan (dan saran)
 - c. Bagian Akhir : catatan kaki (kalau ada) dan daftar pustaka.Judul tulisan sesingkat mungkin dan jelas, seluruhnya dengan huruf kapital dan ditulis secara simetris.
2. Nama penulis ditulis :
 - a. Di bawah judul tanpa gelar diawali huruf kapital, huruf simetris, jika penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap.
 - b. Di catatan kaki, nama lengkap dengan gelar (untuk memudahkan komunikasi formal) disertai keterangan pekerjaan/profesi/instansi (dan kotanya,); apabila penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap.
3. Abstrak memuat semua inti permasalahan, cara pemecahannya, dari hasil yang diperoleh dan memuat tidak lebih dari 200 kata, diketik satu spasi (font size 11).
4. Teknik penulisan :

Untuk kata asing dituskan huruf miring.

 - a. Alenia baru dimulai pada ketikan kelima dari batas tepi kiri, antar alinea tidak diberi tambahan spasi.
 - b. Batas pengetikan : tepi atas tiga centimeter, tepi bawah dua centimeter, sisi kiri tiga centimeter dan sisi kanan dua centimeter.
 - c. Tabel dan gambar harus diberi keterangan yang jelas.
 - d. Gambar harus bisa dibaca dengan jelas jika diperkecil sampai dengan 50%.
 - e. Sumber pustaka dituliskan dalam bentuk uraian hanya terdiri dari nama penulis dan tahun penerbitan. Nama penulis tersebut harus tepat sama dengan nama yang tertulis dalam daftar pustaka.
5. Untuk penulisan keterangan pada gambar, ditulis seperti : gambar 1, demikian juga dengan Tabel 1., Grafik 1. dan sebagainya.
6. Bila sumber gambar diambil dari buku atau sumber lain, maka di bawah keterangan gambar ditulis nama penulis dan tahun penerbitan.
7. Daftar pustaka ditulis dalam urutan abjad nama penulisan dan secara kronologis : nama, tahun terbit, judul (diketik miring), jilid, edisi, nama penerbit, tempat terbit.