

KAJIAN PENGENDALIAN KETERANCAMAN CANDI TEBING KELEBUTAN AKIBAT ALIRAN AIR DAN TANAMAN

I Wayan Redana

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: iwayanredana@yahoo.com

ABSTRAK: Keterancaman Candi Tebing Kelebutan oleh aliran air dan tumbuhan pohon-pohon besar seperti pohon kelapa dan pohon pisang sangat nyata terjadi. Sawah yang ada di belakang atau di sebelah timur candi tebing ini menahan air dan tentu saja air sawah ini kemungkinan besar akan merembes ke areal candi. Tujuan kajian ini adalah melakukan analisis untuk mengatasi keterancaman Candi Tebing Kelebutan akibat aliran air hujan, air irigasi dan akibat getaran dari pohon-pohon besar. Data-data yang diperlukan antara lain data teknis dari hasil survei, data non teknis dari peraturan yang sudah ada terutama mengenai kebudayaan setempat, serta analisis hidrologi dan kebutuhan konstruksi yang berkaitan dengan aliran air yang mengancam candi. Pengamatan langsung di daerah Candi Tebing Kelebutan ini menyarankan untuk melakukan pemeliharaan saluran tersier, pemeliharaan terowongan kuno, pemotongan pohon besar, pembangunan *sub-drainase* dan penataan lingkungan di sekitar candi tebing ini untuk mengatasi keterancaman candi sehingga Kawasan Candi Tebing Kelebutan ini bisa tetap terjaga kelestariannya.

Kata kunci: candi, tebing, hujan, air tanah, drainase.

STUDY ON THREATEN CONTROL OF KELEBUTAN CLIFF TEMPLE DUE TO WATER FLOW AND PLANTS

ABSTRACT: *The threat of Kelebutan Cliff Temple by the water flows and large trees such as coconut trees and banana trees is true and exist. The rice fields located behind or to the east of this cliff temple hold water and of course the water from these rice fields will most likely seep into the temple area. The aim of this study is to carry out an analysis to overcome the threat to Kelebutan Cliff Temple due to the flow of rainwater, irrigation water and due to vibrations from large trees. The data required includes technical data from survey results, non-technical data from existing regulations, especially regarding local culture, as well as hydrological analysis and construction needs related to water flows that threaten the temple. Direct observation in the Kelebutan Cliff Temple area suggests carrying out maintenance of tertiary channels, maintenance of ancient tunnels, cutting large trees, construction of sub-drainage and environmental planning around this cliff temple to overcome threats to the temple so that the Kelebutan Cliff Temple area can remain sustainable.*

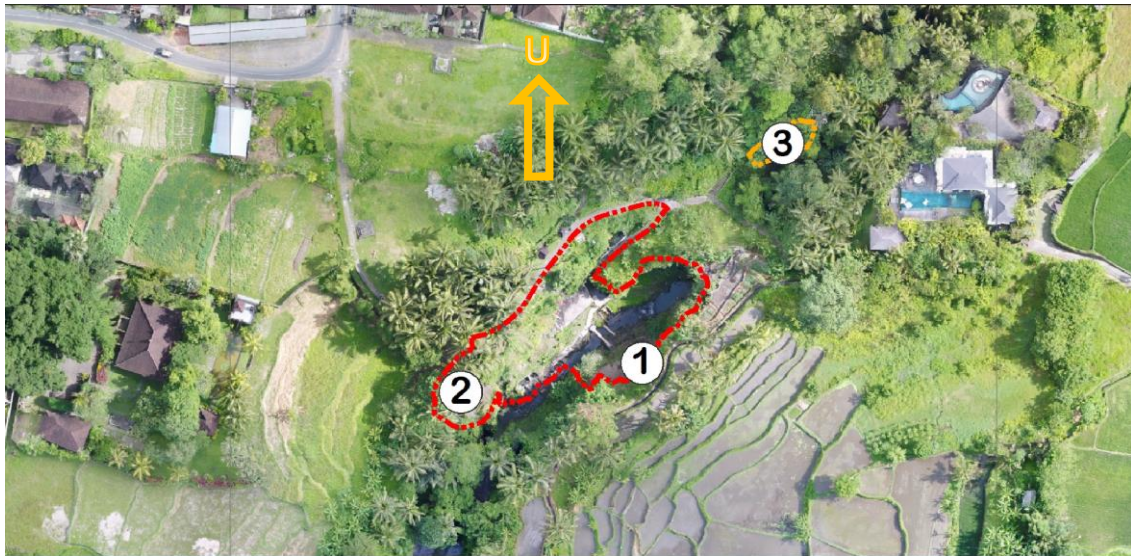
Keywords: *temple, cliff, rain, ground water, drainage.*

PENDAHULUAN

Keterancaman Candi Tebing Kelebutan akibat aliran air baik air hujan, air irigasi dan air tanah sangat nyata terjadi. Anggraini et al. (2023) melakukan kajian dan menemukan bahwa salah satu penyebab kerusakan Candi Tebing Kelebutan adalah air hujan. Kerusakan ODCB (Objek Diduga Cagar Budaya) di Kompleks Ceruk Pertapaan Candi Tebing Kelebutan tidak hanya disebabkan oleh air hujan yang memicu terjadi pelapukan tetapi juga erosi yang cukup parah. Tujuan kajian ini adalah melakukan analisis untuk mengatasi keterancaman Candi Tebing Kelebutan akibat aliran air hujan, air irigasi, erosi akibat getaran dari pohon-pohon besar serta melakukan penataan lingkungan

dalam usaha membuat *story line* dari Candi Tebing Kelebutan.

Denah Candi Tebing Kelebutan ditunjukkan pada Gambar 1. Lokasi 1 adalah Candi Tebing Kelebutan, lokasi 2 adalah Ceruk Pertapaan dan lokasi 3 adalah Pura Beji (Adi et al., 2023). Situs Candi Tebing Kelebutan secara geografis terletak di kawasan sempadan Sungai Kelebutan. Objek diduga cagar budaya yang terdapat di situs ini berada pada tebing di sisi kanan-kiri (barat dan timur) Sungai Kelebutan. Situs Candi Tebing Kelebutan secara administratif terletak pada dua banjar dan dua desa yang berbeda yaitu Banjar Tatiapi Kelod, Desa Pejeng Kawan dan Banjar Pande, Desa Pejeng, Kecamatan Tampaksiring, Kabupaten Gianyar, Bali.



Gambar 1. Denah lokasi Candi Tebing Kelebutan.

MATERI DAN METODE

Data untuk Pengendalian Keterancaman

Pengendalian keterancaman Candi Tebing Kelebutan dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu segera mengalirkan air hujan maupun air irigasi keluar dari area depan dan belakang candi serta menata letak pohon besar. Pengendalian ini memerlukan beberapa data dari hasil survei seperti data curah hujan dan data kimia air, data topografi, data uji batuan dengan geolistrik dan data pengeboran dengan pengambilan contoh tanah untuk diuji di laboratorium. Disamping itu, diperlukan juga data non teknis seperti undang-undang dan peraturan-peraturan tentang kebudayaan, data institusi atau kelembagaan, data sosial ekonomi, budaya (kearifan lokal), data peran serta masyarakat, data keadaan kesehatan lingkungan dan Tri Hita Karana. Selanjutnya data berikut ini akan dipergunakan untuk menghitung hidrologi daerah aliran sungai (DAS), air tanah, hidrolika, kolam detensi atau retensi, bangunan pelimpah (*spill way*), lingkungan, serta biaya konstruksi dan pemeliharaan.

1) Pengukuran topografi dan pemetaan.

Data pengukuran topografi berupa kontur kemiringan muka tanah dengan poligon tertutup diperlukan untuk menggambarkan posisi dan kontur profil memanjang dan profil melintang secara detail dengan ketelitian setiap 1 meter.

2) Hidrologi

a) Data Pengukuran Curah Hujan

Curah hujan dari stasiun curah hujan harian maksimum tahunan dapat ditentukan dengan tiga metode antara lain: Aritmatik, Polygon Thiessen, dan Ihsoshyet. Intensitas curah hujan dihitung dengan cara aljabar biasa dan dengan metode Thiessen berikut:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (1)$$

Dengan: \bar{R} =curah hujan suatu kawasan (mm), n=jumlah pos pengamatan curah hujan, R_1, \dots, R_n =curah hujan di setiap pos pengamatan (mm).

Metode Thiessen dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{(A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n)}{(A_1 + A_2 + \dots + A_n)} \quad (2)$$

dimana: \bar{R} adalah curah hujan kawasan (mm), R_1, \dots, R_n adalah curah hujan pos pengamatan (mm), A_1, \dots, A_n adalah luas bagian daerah tiap pos pengamatan hujan.

Intensitas hujan dapat dihitung dengan menggunakan metode Mononobe atau yang sesuai. Intensitas curah hujan, I (mm/jam) untuk jangka pendek dengan curah hujan kawasan, R (mm) selama waktu t (jam) dinyatakan oleh rumus:

$$I = \frac{R}{t} \quad (3)$$

Intensitas curah hujan Mononobe, yaitu:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \quad (4)$$

Bila: I adalah intensitas curah hujan (mm/jam), R_{24} adalah curah hujan harian maksimum

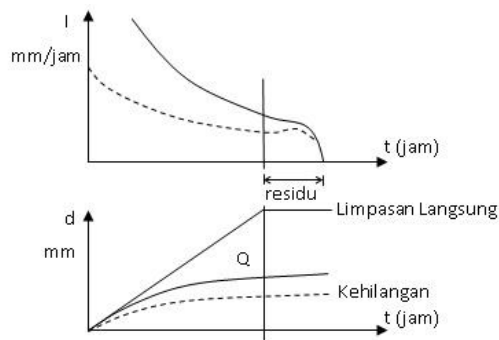
tahunan dalam periode ulang t tahun (mm), t_c = waktu konsentrasi (jam). Intensitas presipitasi curah hujan diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Derajat dan Intensitas Curah Hujan

Derajat hujan	Intensitas mm/min	Intensitas mm/hari
Hujan sangat lemah	<0,02	<5
Hujan lemah	0,02-0,05	5-20
Hujan normal/średang	0,05-0,25	20-50
Hujan deras	0,25-1	50-100
Hujan sangat deras	>1	>100

b) Debit Banjir Rencana.

Limpasan pada daerah pengaliran yang relatif kecil terjadi pada selang waktu pendek setelah hujan berhenti. Periode limpasan air ini disebut periode residu. Limpasan air hujan dapat dijelaskan dengan Gambar 2. Kehilangan limpasan langsung air hujan disebabkan oleh infiltrasi (i), dan evapotranspirasi (E), air hujan yang menyangkut di pohon dan tumbuhan, air hujan yang tertampung di cekungan tanah, air hujan yang mengisi zone tidak jenuh tanah dan sebagainya (Soemarto, 1999). Kehilangan air hujan ini sulit di hitung jumlahnya dan dapat dilakukan pengukuran dengan melakukan pembuktian dengan pengukuran hidrometri dengan memakai peralatan *current meter*, *rain gauges*, sumur observasi, *tensionmeter*, dan sebagainya.

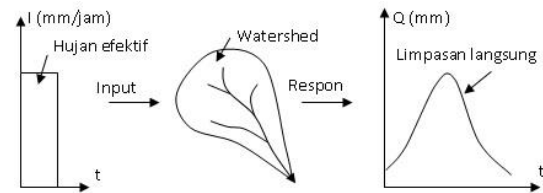


Gambar 2. Limpasan air hujan

Suatu hidrograf dapat menggambarkan suatu kejadian pada waktu terjadi hujan, dan dinyatakan dalam Gambar 3, yang memperlihatkan suatu data hujan dengan intensitas I , dan respon dari aliran sungai yang dinyatakan oleh debit Q (m^3/jam). Untuk mendapatkan hidrograf satuan dari suatu *watershed* diperlukan catatan debit banjir yang terjadi. Teori hidrograf satuan merupakan hubungan antara hujan efektif dengan limpasan

langsung pada suatu *watershed* tertentu. Tinggi hujan efektif (d) dari luas tangkapan hujan, A dapat dihitung sebagai berikut:

$$d.A = \int_0^{\infty} Q dt \tag{5}$$

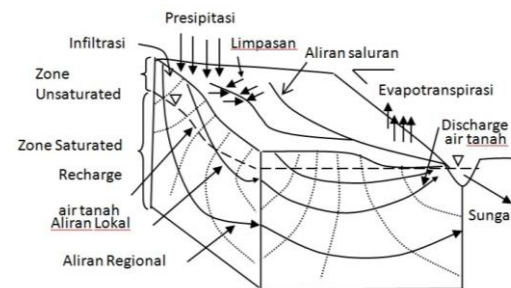


Gambar 3. Pengertian hidrograf satuan

Suatu gambar hidrologi budget diperlihatkan pada Gambar 4 (Redana, 2016). Budget hidrologi secara kuantitatif dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P = Q + E + \Delta S_s + \Delta S_g \quad (mm/tahun) \tag{6}$$

Dengan: $Q = Q_g + Q_s$, P =presipitasi, Q =limpasan permukaan atau *surface runoff*, Q_g =limpasan permukaan air tanah, Q_s =limpasan permukaan presipitasi, E =Evapotranspirasi (Evaporasi+ respirasi), ΔS_s =perubahan pada *storage* air permukaan, ΔS_g =perubahan pada *storage* air tanah.



Gambar 4. Hidrologi budget

Untuk kondisi tunak (aliran *steady state*), budget hidrologi dinyatakan oleh:

$$P = Q + E \quad (mm/tahun) \tag{7}$$

Asumsi pada keadaan tunak adalah: $\Delta S_s = \Delta S_g \cong 0$, dan $Q_{in} = Q_{out}$, sehingga pada kondisi budget hidrologi keadaan tunak, fokus pembahasan meliputi dua zona penting, yaitu kawasan *recharge* dan kawasan *discharge*. Pada prakteknya, hanya parameter Q dan P yang biasanya mudah didapat, sementara Q_g , R , dan E sangat sulit untuk didapatkan. Beberapa rumus empiris untuk menghitung banjir, apabila tidak ada data hidrologi yang cukup ditunjukkan pada Tabel 2. Besaran koefisien limpasan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Rumus untuk menghitung debit banjir

No	Asal	Rumus	Catatan	Negara	Satuan
1	Diatas	$Q = dA$	-	-	Metrik
2	France	$Q = (10 - 70)A^{0.5}$	Hujan Sedang		Metrik
3	France	$Q_a = 150A^{0.5}$	Hujan lebat		Metrik
4	Rational	$Q_p = 0.277C.I.A$	Rational		Metrik
		$Q = m^3/dt$	$A = km^2$	$I = mm/jam$	

Tabel 3. Besaran Koefisien Limpasan (C)

Kondisi daerah pengaliran	Koefisien C
Daerah Pegunungan yang curam	0.75-0.90
Daerah Bergelombang dan hutan	0.50-0.75
Daerah Persawahan yang di airi	0.70-0.80
Daerah Tanah dataran yang ditanami	0.45-0.60

Variabel yang mempengaruhi debit banjir kira-kira 15 sampai 20 variabel pada suatu frekuensi hujan tertentu. Oleh karena itu, perhitungan debit banjir menjadi sangat rumit, dan apabila hanya mempergunakan 2 atau 3 variabel, maka hasil yang didapat hanya memberi perkiraan secara kasar dan cepat (Suyono dan Takeda, 1980).

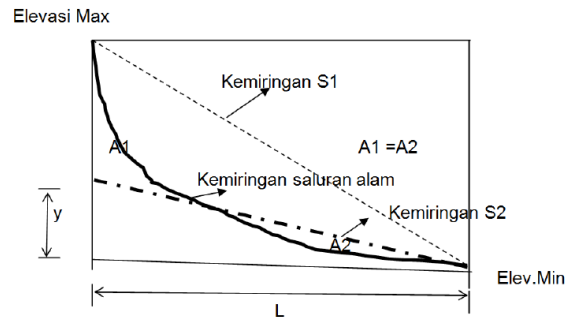
Peraturan Menteri PU No. 12/PRT/M/2014 tentang drainase perkotaan menyatakan bahwa probabilitas atau peluang dan resiko debit banjir rencana, yang berkaitan dengan umur pelayanan bangunan infrastruktur dihitung dengan rumus:

$$r = 1 - (1 - p)^{Ly} \tag{8}$$

$$p = 1/T \tag{9}$$

dimana: T adalah periode ulang dalam (tahun), Ly adalah umur layanan bangunan (tahun), r adalah resiko terjadi banjir, dan p adalah probabilitas.

Kemiringan saluran untuk kemiringan dasar saluran yang berbeda dihitung dengan rumus *equivalent slope*, seperti dalam Gambar 5. Kemiringan saluran dengan elevasi dasar saluran yang paling tinggi (*maximum elevation*) dan dasar saluran yang paling rendah (*minimum elevation*) disebut kemiringan dasar saluran (*channel gradient*) S_1 . Kemiringan saluran di bagian atas (A_1) sama dengan daerah di bagian bawah (A_2), kemiringan tersebut disebut kemiringan konstan (*constant slope*) S_2 ; $S_2=y/L$ seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kemiringan dasar saluran ekuivalen

Kemiringan dasar saluran ekuivalen (*equivalent slope*), S_3 dihitung dari sub daerah pengaliran (*subreach length*), sebagai berikut:

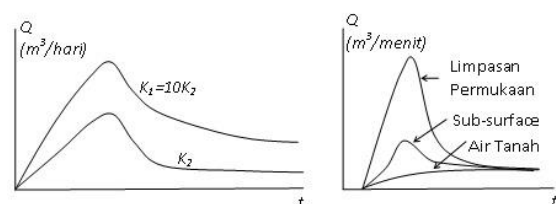
$$S_3 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n Li}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Li}{S_i^2} \right)} \right]^2 \tag{10}$$

Dimana: S_3 = kemiringan dasar saluran ekuivalen (*equivalent slope*), Li = panjang saluran masing-masing sub-DPS/DPSal, n = jumlah sub-DPS/DPSal, S_i = kemiringan dasar saluran masing-masing sub-DPS/DPSal.

3) Air Tanah

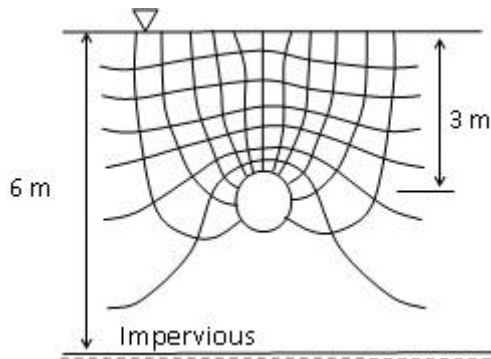
Air limpasan hujan menjadikan *subsurface stormflow* sebagai bagian dari aliran air hujan. *Sub-surface flow* ini sangat sering terjadi pada lereng dengan lapisan tanah dangkal dengan permeabilitas tinggi. Lapisan tanah seperti ini sering dijumpai pada daerah pertanian dan daerah hutan.

Gambar 6 memperlihatkan grafik tipikal untuk hidrograf aliran *subsurface* dengan permeabilitas berbeda.



Gambar 6. Grafik tipikal hidrograf bawah permukaan/sub-surface

Air tanah mengalir dari daerah tinggi ke daerah rendah pada lapisan pasir yang disebut aquifer. Lapisan aquifer pada akhirnya akan menuju ke laut dan secara alami air tanah akan terbuang ke laut, pada daerah tertentu. Debit aliran air tanah dihitung dengan pendekatan flownets (Redana, 2016). Contoh Flownets air tanah seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Teknik flownets untuk menghitung debit aliran air tanah

Debit aliran dihitung dengan rumus flownets:

$$q = \Delta q N_f = K h_L \left(\frac{a}{b} \right) \left(\frac{N_f}{N_d} \right) \quad (11)$$

Dimana: q =debit air, K = hidraulik konduktiviti, N_f = Jumlah total *flow channels*, N_d = Jumlah *potential drop*, h_L = Total *headlost* pada sistem, $a=b=l$.

Nilai K cadas dapat diperkirakan dengan nilai sebesar $K=10^{-8}$ - 10^{-12} cm/dt.

4) Data Geologi dan Geoteknik

Batuan geologi dalam kaitannya dengan sumber air tanah dapat dikategorikan sebagai tanah atau batuan sedimen, batuan asli atau *igneous*, dan metamorfik dan batuan vulkanik. Proses pelapukan batuan menjadi tanah terjadi secara fisik dan kimia. Geoteknik membedakan tanah menjadi lempung, lanau, pasir, kerikil dan batuan di pelajaran mekanika tanah, mekanika batuan, dan teknik pondasi. Pekerjaan tanah atau geoteknik yang berhubungan dengan tanah tidak bisa lepas dari pengaruh air tanah. Masyarakat Hindu jaman kuno kira-kira abad ke I-IV telah mengenal hukum tentang pembangunan pondasi bangunan yang di kenal dengan Manasara Shilpashastra. Pedoman standard Manasara Shilpasahastra banyak dipakai dalam pembangunan kuil, candi dan pembangunan bangunan lainnya. Masyarakat Bali umumnya

mengenal pondasi “jongkok asu” dalam membangun bangunan tradisional Bali. Survei geoteknik yang diperlukan meliputi tes pengeboran untuk mengetahui lapisan tanah, dan dapat menggambar bor-log. Pengeboran apabila dilakukan lokasinya tidak boleh dekat dengan tebing candi, tetapi ditempatkan pada jarak horizontal yang sama dengan atau lebih dari tinggi tebing agar tidak mengganggu kestabilan tebing. Suvey geolistrik atau electrical resistivity survei dapat dilakukan dengan metode Werner dan Schlumberger (Redana, 2016). Apabila suatu material lapisan batuan atau tanah mempunyai resistansi R (Ohm) yang mempunyai bidang potong seluas A (m^2) dan panjang L (m), maka dapat didefinisikan suatu *resistivity* ρ sebagai berikut:

$$\rho = \frac{RA}{L} \quad (12)$$

Satuan tahanan atau *resistivity* ρ adalah Ohm- m^2/m atau Ωm .

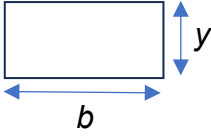
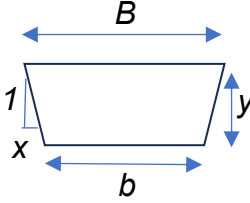
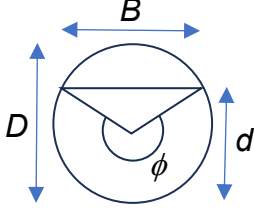
5) Data sistem drainase yang ada

Sistem drainase yang sudah ada berupa saluran irigasi tersier, dan saluran air hujan ke sungai. Daerah Candi Tebing Kelebutan ini merupakan daerah berbukit, tegalan dan sawah. Air hujan yang jatuh di daerah tegalan dan sawah yang berbukit akan terus melimpas ke areal candi. Pohon-pohon besar juga tumbuh diatas candi tebing kelebutan ini. Situasi daerah Candi Tebing Kelebutan yang penuh dengan pohon besar dan saluran irigasi yang penuh dengan endapan sesuai pengamatan lapangan di perlihatkan pada Gambar 10. Tidak ada ditemui drainase teknis lain seperti kolam tandon penampungan, kolam peresapan, sumur resapan, atau bangunan pelimpah.

6) Hidrolika

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12/PRT/M/2014 tentang drainase perkotaan menjelaskan persoalan hidrolika yang meliputi fungsi, jenis, geometri, dimensi saluran, bangunan pelengkap gorong-gorong, pompa, pintu air, kolam tandon dan kolam resapan. Saluran drainase mempunyai bentuk trapesium, segi empat, bulat, setengah lingkaran, dan segitiga atau kombinasi dari masing-masing bentuk tersebut seperti Tabel 4.

Tabel 4. Persamaan untuk menghitung debit dan kecepatan saluran

	Segi empat	Trapezium	Lingkar
			
Luas, A	by	$(b + xy)y$	$\frac{1}{8}(\phi - \sin\phi)D^2$
Penampang basah, P	$b + 2y$	$b + 2y\sqrt{1 + x^2}$	$\frac{1}{2}\phi D$
Lebar atas, B	b	$b + 2xy$	$(\sin\phi/2)D$
Radius hidraulik, $R = A/P$	$by/(b + 2y)$	$\frac{(b + xy)y}{b + 2y\sqrt{1 + x^2}}$	$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin\phi}{\phi}\right)D$

Rumus umum debit, Q dalam merencanakan penampang saluran adalah kecepatan, V kali luas penampang saluran, A sebagai berikut:

$$Q = V \cdot A \tag{13}$$

Kecepatan aliran, V dihitung dengan rumus Chezy (aliran turbulen), Manning (aliran tunak/steady state) atau Strickler. Chezy memberi rumus berikut:

$$V = C\sqrt{RI} \tag{14}$$

Dimana: C =koefisien Chezy yang harus diestimasi secara empiris, R =hidraulik radius dan I =slope kemiringan dasar saluran. Bazin mengusulkan rumus koefisien C sebagai berikut:

$$C = \frac{87}{1 + \frac{gB}{\sqrt{R}}} \tag{15}$$

Dimana koefisien gB tergantung pada kekasaran dinding seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Koefisien kekasaran dinding, gB

Jenis dinding	gB
Sangat halus (semen)	0.06
Halus (papan, batu, bata)	0.16
Batu pecah	0.46
Tanah sangat teratur	0.85
Saluran dari tanah dengan kondisi biasa	1.30
Saluran dari tanah dengan dasar batu pecah dan tebing rumput	1.75

Manning memberi rumus kecepatan saluran, V sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n}R^{\frac{2}{3}}I^{\frac{1}{2}} \tag{16}$$

Koefisien manning, n diberikan pada Tabel 6. Strickler mengembangkan rumus Manning dan menyarankan koefisien Strickler, ks untuk dinding saluran yang terbuat dari material yang

tidak koheren: $ks = \frac{1}{n}$, sehingga rumus kecepatan aliran, V Manning menjadi:

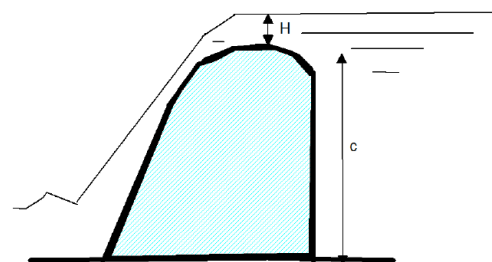
$$V = ksR^{\frac{2}{3}}I^{\frac{1}{2}} \tag{17}$$

Tabel 6 Koefisien n Manning

Bahan Saluran	Koefisien n dari Manning
Saluran terbuat dari kaca/licin	0.010
Saluran terbuat dari besi tuang dilapis	0.014
Saluran terbuat dari beton	0.013
Saluran terbuat dari tanah	0.030
Saluran dengan dasar batu tebing rumput, saluran galian padas	0.040

7) Pembangunan kolam detensi, kolam retensi, kolam tandon dan sistem polder

Kelebihan debit dari saluran di hulu dapat ditampung dengan membangun kolam detensi, kolam retensi dan kolam tandon. Kolam-kolam ini dapat diletakkan disamping, pada atau diluar badan saluran. Komponen bangunan pelengkap yang diperlukan meliputi: bangunan pelimpah samping sebagaimana Gambar 8 serta perlu dibangun pintu inlet, pintu outlet, jalan akses, saringan sampah pada pintu inlet, kolam penangkap sedimen dan sebagainya.



Gambar 8. Pelimpah

Debit pelimpah dihitung sebagai berikut:

$$Q = C_d L H^{3/2} \quad (18)$$

Q = jumlah air atau debit air yang melimpah (m^3/det), L = panjang ambang peluap (m), H = tinggi air di atas ambang peluap di hilir (m), C_d = nilai koefisien debit = 2 – 2,1.

8) Pelimpah *Spill Way*

Beberapa jenis bangunan pelimpah antara lain: pelimpah ambang jatuh bebas atau *free overfall* atau *straight drop spillway*, pelimpah ogee atau *overflow spillway*, pelimpah luncur atau *chute spillway*, pelimpah samping atau *side channel spillway*, pelimpah corong atau *shaft spillway*, dan pelimpah sifon atau *siphon spillway*.

9) Data teknik lain

Data teknik lain yang diperlukan antara lain: jaringan jalan, jaringan drainase, jaringan air limbah, penjernihan limbah dengan septic tank, TPS (Tempat Pengolahan Sampah Sementara), TPA (Tempat Pemrosesan Akhir), jaringan listrik, dan jaringan utilitas lain.

10) Data non teknik

Data non teknik yang diperlukan meliputi: pembiayaan termasuk biaya operasi, biaya pemeliharaan, peraturan-peraturan tentang kebudayaan, data institusi/kelembagaan, data sosial ekonomi, data budaya kearifan lokal, data peran serta masyarakat serta data keadaan kesehatan lingkungan permukiman.

11) Lingkungan

Lingkungan dan Tri Hita Karana mengemukakan tentang Parahyangan, Palemahan dan Pawongan (Redana dan Harmayani, 2022). Parahyangan telah ada Pura Beji, Tugu dan bangunan persembahyangan. Palemahan menyangkut tentang perencanaan pengukuran, hidrologi, hidrolika, bangunan pelimpah dan sebagainya yang telah dijelaskan diatas. Pawongan menyangkut tentang hubungan sosial kemasyarakatan, peraturan perundangan dan sebagainya.

12) Biaya Konstruksi Dan Pemeliharaan

Komponen biaya konstruksi meliputi: biaya investasi pembangunan saluran drainase dan bangunan pelengkap. Sedangkan, biaya pemeliharaan meliputi: pembersihan saluran dan perawatan berkala bangunan pelengkap.

Metode Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan dengan pengamatan langsung ke daerah sekitar Candi Tebing Kelebutan serta melakukan kajian pustaka dan perhitungan secara teknis untuk dapat menentukan alternatif yang paling sesuai dalam menangani keterancaman Candi Tebing Kelebutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 9 memperlihatkan kondisi Candi Tebing Kelebutan beserta rumput, semak, pohon kelapa dan pohon besar lainnya yang tumbuh di atas tebing. Pohon kelapa yang tumbang ditemui pada waktu pengamatan ke lapangan. Santiawan et al. (2007) menyebutkan bahwa pohon-pohon besar dan tinggi akan menyebabkan bahaya kelongsoran, karena pohon besar sangat memungkinkan untuk mendapat goyangan angin yang akan menyebabkan getaran pada tanah dan dapat mengakibatkan pohon tumbang. Karena itu, pohon-pohon besar dan tinggi seperti pohon kelapa, pohon pisang dan sebagainya yang tumbuh di atas tebing seperti terlihat pada foto di Gambar 9 sebaiknya dipotong dan dibersihkan. Disarankan menata taman di atas tebing dengan menanam tanaman bunga seperti soka, melati, mawar, matahari, lily, lavender, krisan, pacar, gumitir, rumput dan lainnya.



Gambar 9. Keadaan saat survei dilakukan di sekitar Candi Tebing Kelebutan

Gambar 10 memperlihatkan keadaan di atas tebing dari Candi Tebing Kelebutan. Saluran air irigasi ditemui di atas tebing kira-kira pada jarak dua meter dari sisi tebing ke arah kiri gambar. Saluran yang ada sudah dipenuhi endapan berupa pasir dengan ketebalan kurang lebih 25 cm seperti diperlihatkan pada Gambar 10 dengan sebatang kayu yang dipegang tersebut.



Gambar 10. Survei di areal belakang Candi Tebing Kelebutan

Di sebelah kanan saluran merupakan tegalan dengan terasering. Lapisan tanah di daerah diatas tebing ini merupakan tanah lanau atau lanau kepasiran dan humus dari lapukan daun dan batang pohon. Air hujan yang melimpas sebagai air permukaan dari tegalan berterasering di kanan Gambar 10 ini akan mengalir dan masuk ke dalam saluran di atas tebing ini. Sebaiknya ditambahkan lagi saluran khusus untuk menampung air limpasan hujan yang berfungsi sebagai kolam retensi sejajar saluran irigasi dengan luas tangkapan hujan, A seluas 1 km^2 .

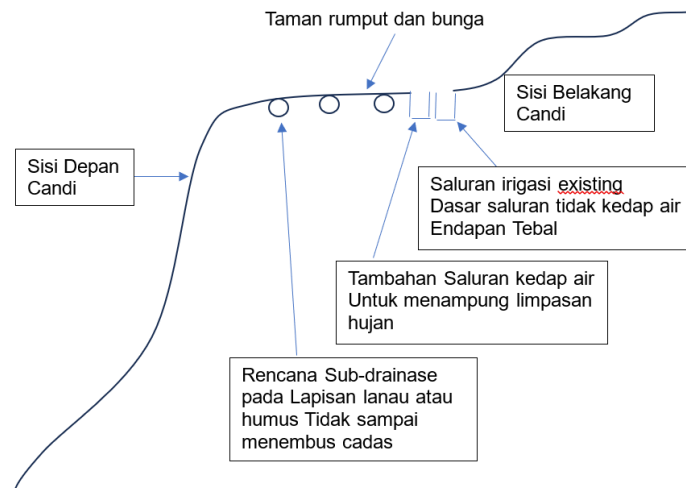
Curah hujan di daerah candi tercatat di Pos Stasiun Hujan Pejeng Kaja Tahun 2021 seperti pada Tabel 7 (Anggraini et al., 2023; BMKG, 2022). Suhu udara di sekitar Pejeng Kawan pada siang hari berkisar antara $29\text{-}31^\circ\text{C}$ dan $20\text{-}23^\circ\text{C}$ pada malam hari.

Intensitas hujan, I dihitung dari data Tabel 7 yang menghasilkan besar curah hujan harian maksimum untuk kala ulang 1 tahun sebesar $R=664.5 \text{ mm}$. Waktu konsentrasi $tC=25$ hari= 600 jam, menghasilkan intensitas hujan sebesar $I=26.58 \text{ mm/jam}$. Perkiraan debit banjir, Q dihitung dengan rumus rational dengan luas tangkapan hujan disisi belakang candi, $A=1 \text{ km}^2$, $C=0.7$, didapat $Q= 5.15 \text{ m}^3/\text{dt}$. Air hujan yang turun di sebelah kiri saluran irigasi di atas tebing Kelebutan akan mengalir sebagai air limpasan permukaan dan meresap (infiltrasi) ke dalam tanah yang akan menjadi aliran air tanah. Air permukaan di atas tebing candi ini kemungkinan akan mengalir ke arah tegak lurus Gambar 10 dan mengalir ke arah kiri yang akan jatuh pada sisi candi. Oleh karenanya, air hujan ini sebaiknya dibuatkan *sub-drain* yang ditanam pada lapisan lanau atau humus di atas tebing candi ini dengan kemiringan yang cukup. Rencana *sub-drain* ini secara sederhana diberikan pada Gambar 11.

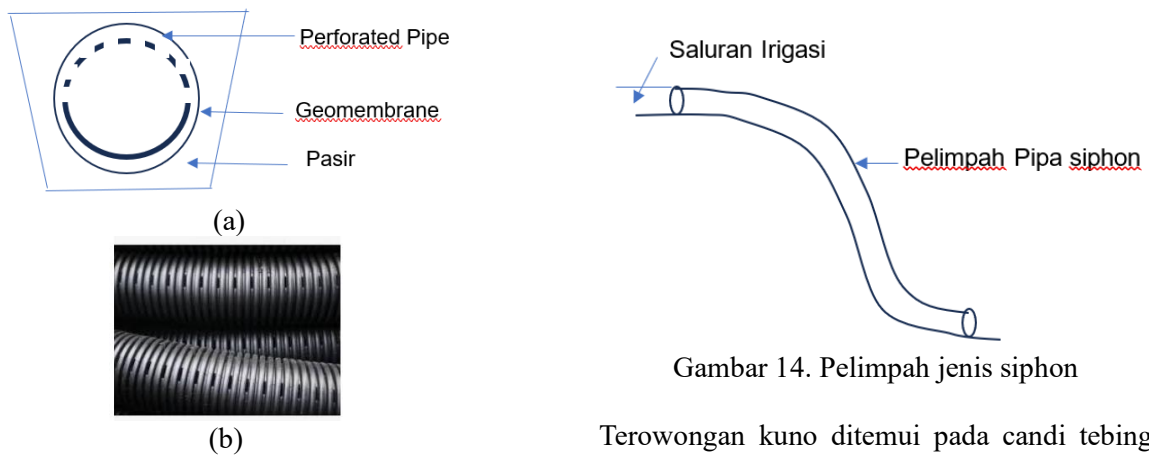
Lebar sisi depan candi yang diamankan dari air selebar 50 m , dengan Panjang sisi belakang candi 100 m didapat luas kawasan, $A=0.005 \text{ km}^2$, dengan koefisien limpasan $C=0.7$, didapat debit banjir, $Q=0.026 \text{ m}^3/\text{dt}$. Ukuran saluran setengah lingkaran dengan diameter 15 cm diperlukan sebanyak 3 buah untuk mengalirkan debit banjir Q segera ke kolam retensi di sisi kiri dan kanan candi tebing kelebutan. Usulan saluran drainase ini terbuat dari pipa PVC berlubang seperti pada Gambar 12.

Tabel 7. Curah hujan di Pos Pejeng Kaja, Gianyar Tahun 2021 (BMKG, 2022)

Bulan	Jumlah Curah hujan mm	Jumlah Hari Hujan Hari	Curah hujan harian mm/hari
Januari	664.5	25	26.58
Pebruari	444	20	22.20
Maret	414	22	18.82
April	160	4	40.00
Mei	48.5	5	9.70
Juni	237	6	39.50
Juli	40	4	10.00
Agustus	309	12	25.75
September	364.5	16	22.78
Oktober	85	10	8.50
Nopember	436	22	19.82
Desember	301	10	30.10



Gambar 11. Rencana saluran *sub-drainase* di atas Candi Tebing Kelebutan



Gambar 14. Pelimpah jenis siphon

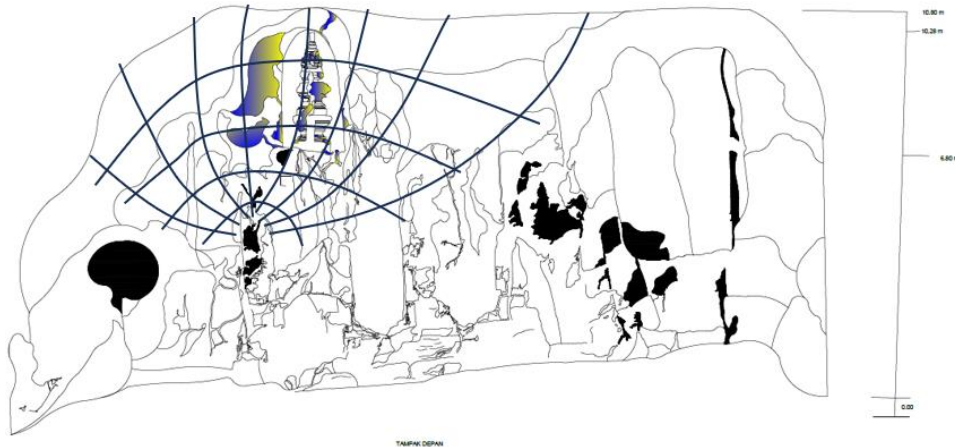
Gambar 12. Rencana *Sub-drainase*
 a) *perforated pipe* dengan *geomembrane* dan pasir, b) *perforated/corrugated* HDPE.

Daerah ceruk pertapaan terkena aliran air hujan dan tergerus yang berasal dari kawasan di atasnya sebagaimana terlihat pada Gambar 13. Keterancaman ceruk pertapaan dari aliran air yang berasal dari saluran irigasi dan banjir dapat diatasi dengan membangun pelimpah siphon seperti ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 13. Saluran irigasi dan banjir di atas ceruk pertapaan Candi Tebing Kelebutan

Terowongan kuno ditemui pada candi tebing kelebutan yang mempunyai ukuran lebar 60 cm, tinggi 100 cm dan panjang tegak lurus serta buntu. Tidak diketahui seperti apa, apa guna dan mengapa ada terowongan tersebut. Namun, dipandang dari aliran air tanah, terowongan tersebut dapat berfungsi sebagai *sub-drainase* untuk mengalirkan air tanah yang masuk kedalam batuan serta berfungsi sebagai pelepas tekanan air. Aliran air tanah yang melewati retak-retak pada batuan dapat segera dialirkan keluar dari batuan melalui terowongan tersebut. Flownets juga di gambar pada Gambar 15, untuk mengestimasi besar aliran air tanah yang masuk ke dalam terowongan. Gambar 15 memberikan nilai $N_f=7$, $N_d=5$, $h_L=9\text{m}$ dan nilai $K=10^{-8}$ cm/dt. Dengan memakai rumus flownets didapat debit air, $q = 1.12$ cm³/detik, dengan panjang terowongan kuno $L=14$ meter, maka debit menjadi $q=1568$ cm³/dt. Debit air yang menetes melalui terowongan kuno ini termasuk kecil, namun dapat berfungsi sebagai *release well* atau pelepas tekanan.



Gambar 15 Tampak depan candi kelebutan dengan gambar flownets aliran air tanah.

SIMPULAN DAN SARAN

Keterancaman Candi Tebing Kelebutan oleh air dan tanaman pohon besar sangatlah nyata. Kajian ini menyimpulkan beberapa hal antara lain membangun drainase di atas tebing candi, membangun kolam retensi sejajar saluran irigasi serta di sebelah kanan dan kiri Candi Tebing Kelebutan untuk menampung air hujan dan meneruskan ke sungai, serta membersihkan tanaman pohon besar diganti dengan tanaman bunga soka, melati, mawar, matahari, lily, lavender, krisan, pacar, gumitir dan rumput. Membangun *spill way* jenis *siphon* di daerah ceruk pertapaan Candi Tebing Kelebutan untuk mengatasi erosi dan tumpahan air dari saluran irigasi dan air hujan dari sawah dan pemukiman di atasnya. Saran yang dapat disampaikan adalah menghitung kembali hidraulika saluran dan melengkapi hasil pencatatan hidrologi dengan periode ulang 10 sampai 50 tahun untuk mendapatkan perencanaan yang lebih tepat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Kepala Balai Pelestarian Kebudayaan Wilayah XV, Wilayah Kerja Provinsi Bali dan Nusa Tenggara Barat dan seluruh tim studi penataan lingkungan dan penyusunan *storyline* pada situs obyek diduga cagar budaya candi tebing Gunung Kawi, Candi Tebing Kelebutan, dan Relief Yeh Pulu di Kabupaten Gianyar, Provinsi Bali, Tahun 2023.

DAFTAR PUSTAKA

Adi, I.K., Prayoga, G., Kusno, A. 2023. Peta Citra Foto Udara Candi Kelebutan, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan

Teknologi, Direktorat Jenderal Kebudayaan, Balai Pelestarian Kebudayaan Wilayah XV Wilayah Kerja Provinsi Bali dan Nusa Tenggara Barat.

- Anggraini, E., Parta, A.A.R., Muliawan, I M., Rahman, I M., Prabhawa, K.Y. 2023. Laporan Studi Konservasi Objek Diduga Cagar Budaya Candi Tebing Kelebutan Desa Pejeng Dan Pejeng Kawan, Kecamatan Tampaksiring, Kabupaten Gianyar, Provinsi Bali. Balai Pelestarian Kebudayaan Wilayah XV Wilayah Kerja Provinsi Bali dan Nusa Tenggara Barat.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 12 /PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan.
- Redana, I W. 2016. Air Tanah. Udayana University Press, Denpasar.
- Redana, I W., Harmayani, K. D. 2022. Laporan Buku Ajar Teknik Lingkungan Dan Tri Hita Karana, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Lembaga Penelitian Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali.
- Santiawan, IN., Wardana, IGN., Redana, IW. 2007. Penggunaan Vegetasi (Rumput Gajah) dalam Menjaga Kestabilan Tanah Terhadap Kelongsoran, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Vol. 11, No. 1, Universitas Udayana, Denpasar, Bali.
- SNI 2830:2008, tentang Tata Cara Perhitungan Tinggi Muka Air Sungai Dengan Cara Pias Berdasar Rumus Manning.
- SNI 1724:2015 tentang Analisis Hidrologi, Hidraulik, dan Kriteria Desain Bangunan di Sungai.
- Suyono S., Kensaku, T. 1980. Hidrologi untuk Pengairan, Pradnya Paramita, Jakaarta.
- Soemarto, CD. 1999. Hidrologi Teknik. Erlangga, Jakarta.