

SKRIPSI

**MITIGASI REMBESAN PADA RETAS DI SANDARAN KANAN *MAIN*
DAM PAMUKKULU KECAMATAN POLONGBANGKENG UTARA
KABUPATEN TAKALAR PROVINSI SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh

MUHAMMAD ILYAS RUSTAM

D061171301



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**“MITIGASI REMBESAN PADA RETAS DI SANDARAN KANAN MAIN
DAM PAMUKKULU KECAMATAN POLONGBANGKENG UTARA
KABUPATEN TAKALAR PROVINSI SULAWESI SELATAN”**

Disusun dan diajukan oleh

**MUHAMMAD ILYAS RUSTAM
D061 17 1301**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Hj. Rohaya Langkoke, M.T
NIP. 19581210 198601 2 001

Pembimbing Pendamping

Ilham Alimuddin S.T., M.GIS. PhD
NIP. 19690825 199903 1 001

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng
NIP. 19771214 200501 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Ilyas Rustam
NIM : D061171301
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S I

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

*Mitigasi Rembesan Pada Retas Di Sandaran Kanan Main Dam Pamukkulu
Kecamatan Polongbangkeng Utara Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi Selatan*

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan Sripsi ini karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar. Maret 2022

Yang Menyatakan

Muhammad Ilyas Rustam



SARI

Secara administratif daerah penelitian termasuk dalam Desa Kale Ko'mara, Kecamatan Polombangkeng Utara, Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan, berdasarkan letak geografis lokasi penyelidikan berada di 5°23'54" S dan 119°35'34"E, tepatnya pada Proyek Pembangunan Bendungan Pamukkulu, PT. WIKA-DMT, KSO. Bendungan yang difungsikan sebagai bangunan penampung air dan sumber daya air untuk kebutuhan masyarakat membutuhkan perencanaan dan analisa yang matang. Salah satunya dalam aspek geologi, diperlukan studi geologi daerah proyek guna menjadi acuan dalam pembangunannya. Salah satu hal yang menjadi aspek utama adalah potensi adanya rembesan.

Metode penelitian ini menggunakan pemetaan geologi, pemetaan geologi teknik, *water pressure test*, pengujian daya serap sampel, dan geolistrik. Berdasarkan hasil pengolahan data lapangan yang ditemukan adanya potensi rembesan pada beberapa jalur retas yang melewati *main dam* pada sandaran kanan. Maka dari itu perlu dilakukan mitigasi berupa penimbunan dan penggantian material retas dengan material yang kedap air, dan dapat juga dengan melakukan *grouting*.

Kata kunci : Bendungan, retas, rembesan, permeabilitas.

ABSTRACT

Administratively the research area is included in Kale Ko'mara Village, North Polombangkeng District, Takalar Regency, South Sulawesi Province, based on the geographical location of the investigation at 5°23'54" S and 119°35'34"E, to be exact at the Pamukkulu Dam Construction Project, PT. WIKA-DMT, KSO. Dams that function as water storage structures and water resources for community needs require careful planning and analysis. One of the geological aspect, it is necessary to study the geology of the project area to be a reference in its construction. One of the main aspects is the potential for seepage.

This research method uses geological mapping, engineering geological mapping, water pressure test, sample absorption test, and geoelectricity. Based on the results of field data processing in the form of which it was found that there was a potential for seepage in several dikes paths that passed through the main dam on the right backrest. Therefore, it is necessary to carry out mitigation in the form of stockpiling and replacing the hacked material with waterproof material, and it can also be done by grouting.

Keywords : *Dam, seepage, dike, permeability*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim.

Segala puja dan puji syukur selalu kita kirimkan kepada Allah SWT, Tuhan yang Maha Esa, Raja segala Raja, dan tidak ada satupun yang setara dengan-Nya. Berkat nikmat Kesehatan dan nikmat kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul ***“Mitigasi Rembesan Pada Retas Di Sandaran Kanan Main Dam Pamukkulu Kecamatan Polongbangkeng Utara Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi Selatan”***. Salawat Beserta salam selalu kita kirimkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW, Nabi Akhir Zaman dan sekaligus pelita ditengah gelapnya pengetahuan.

Selama proses pengambilan data lapangan dan pembuatan laporan ini telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, yang memberikan bantuan yang begitu besar. Maka dari itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Hj. Rohaya Langkoke, M.T selaku Dosen Pembimbing Pemetaan, yang selalu siap dalam memberikan bimbingannya sehingga proses pengambilan data dan pengerjaan laporan dapat berjalan dengan lancar.
2. Bapak Dr. Eng. Ilham Alimuddin, S.T, M.GIS sebagai Dosen Pembimbing Pemetaan Geologi serta skripsi yang telah membimbing dan menjadi ruang diskusi.

3. Bapak Dr. Ir. Busthan Azikin, M.T selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya dalam memberikan saran selama proses seminar berlangsung.
4. Bapak Dr. Sultan, S.T, M.T selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu serta ilmunya selama seminar berlangsung.
5. Bapak Prof. Dr. Eng. Asri Jaya HS, S.T, M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Geologi, yang telah mewadahi kami dalam melaksanakan proses perkuliahan
6. Kedua Orang Tua Penulis, yang selalu menjadi garda terdepan dalam segala masalah yang selalu dihadapi penulis.
7. Bapak Muhamad Ichwanto selaku Geologist Proyek Bendungan Pamukkulu PT. WIKA-DMT, KSO, yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan dan pembelajaran hal – hal baru dibidang geologi Teknik.
8. Bapak Wiliam Triputra selaku konsultan Geologist Proyek Bendungan Pamukkulu, yang selalu memberikan banyak ilmu dan menjadi ruang diskusi.
9. Nurfadillah Achmad, orang yang selama ini menemani sejak awal persiapan, pengambilan data, hingga pembuatan laporan.
10. Himpunan Mahasiswa geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, yang menjadi rumah dalam mengembangkan kemampuan *softskill*
11. Satuan Komando Lapangan BE HMG FT-UH, yang menjadi tempat penulis menjadi lebih dewasa dan belajar banyak hal, terutama dalam kemampuan lapangan.

12. Teman – Teman RAPTORZ, yang menjadi teman seperjuangan dari awal perkuliahan hingga sekarang.

Dalam Laporan ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang terdapat didalamnya. Penulis mengharapkan saran-saran yang bersifat membangun terkhusus untuk penulis.

Makassar, 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
SARI	iv
ABSTARCT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
1. BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Maksud dan Tujuan.....	2
1.5. Letak dan Kesampaian Daerah	3
1.6. Kondisi Daerah Penelitian	3
1.7. Manfaat Penelitian	4
1.8. Peneliti Terdahulu	4
2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Geologi Regional	6
2.1.1 Geomorfologi Regional	7
2.1.2 Stratigrafi Regional Daerah Penelitian	7
2.2. Retas.....	8
2.3. Rembesan.....	9
2.4. Sifat Fisik Retas	10
2.4.1 Klasifikasi Massa Batuan.....	10
2.4.2 Daya Serap.....	12

2.4.3 Permeabilitas.....	13
2.5. Mitigasi Rembesan	15
2.5.1 <i>Grouting</i>	15
2.5.2 Penggalian dan Penimbunan.....	16
3. BAB 3 METODE PENELITIAN.....	18
3.1. Pengambilan Dan Pengumpulan Data	18
3.2. Pengolahan Data	18
3.3. Analisa Data.....	20
3.4. Pembuatan Laporan	20
4. BAB 4 GEOLOGI DAERAH PENELITIAN.....	23
4.1. Geologi Daerah Penelitian	23
4.1.1 Geomorfologi Daerah Penelitian	23
4.1.2 Stratigrafi Daerah Penelitian	26
4.1.3 Struktur Daerah Penelitian	28
5. BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
5.1. Keterdapatan Retas	29
5.2.1 Retas 1	30
5.2.2 Retas 2	32
5.2.3 Retas 3	33
5.2.4 Retas 4	34
5.2.5 Retas 5	35
5.2.6 Retas 6	36
5.2.7 Retas 7	37
5.2.8 Retas 8	38
5.2.9 Retas 9	39
5.2.10 Retas 10	40
5.2.11 Retas 11	41
5.2 Daya Serap	42
5.3 Permeabilitas	43
5.4 Hasil Sifat Fisik Retas	45
5.5 Geologi Listrik	46

5.6 Penanganan Retas	48
5.6.1 Penggalian dan Penimbunan	48
4.4.2 Grouting	50
6. BAB 6 PENUTUP.....	52
6.1. Kesimpulan	52
6.2. Saran	53
7. DAFTAR PUSTAKA	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Tunjuk Lokasi	3
Gambar 2.1	Peta Geologi Regional Daerah Penelitian Lembar Pangkajene, dan Watampone bagian barat, Sulawesi (Rab Sukamto 1982)	6
Gambar 2.2	Permeabilitas pada tanah dan batuan (Setyawati, Dkk. 2018).....	13
Gambar 2.3	Rangkaian Peralatan <i>Water Pressure Test</i> (Badan Standarisasi Nasional, 2008)	15
Gambar 3.1	Diagram Alir	21
Gambar 4.1	Kenampakan Bentangalam Geomorfologi Perbukitan Denudasional, difoto Pada Arah N 358° E	25
Gambar 4.2	Kenampakan Breksi Vulkanik difoto Pada Arah N 285° E	27
Gambar 4.3	Kenampakan Basalt, Difoto Pada Arah N 289° E	27
Gambar 5.1	Peta Distribusi Retas pada Sandaran Kanan <i>Main DAM</i>	30
Gambar 5.2	Kenampakan retas 1 (x) dan Rembesan (y).....	31
Gambar 5.3	Kenampakan rembesan Pada retas 1, Menunjukkan Air yang Mengalir	31
Gambar 5.4	Kenampakan retas 2 (x)	32
Gambar 5.5	Kenampakan dekat Retas 2	32
Gambar 5.6	Kenampakan retas 3 (x)	33
Gambar 5.7	Kenampakan rembesan pada retas 3	33
Gambar 5.8	Kenampakan retas 4 (x)	34
Gambar 5.9	Kenampakan dekat Retas 4	34
Gambar 5.10	Kenampakan retas 5 (x)	35
Gambar 5.11	Kenampakan dekat retas 5	35
Gambar 5.12	Kenampakan retas 6 (x)	36
Gambar 5.13	Kenampakan rembesan pada retas 6	36
Gambar 5.14	Kenampakan retas 7 (x)	37
Gambar 5.15	Kenampakan dekat retas 7	37
Gambar 5.16	Kenampakan retas 8 (x)	38
Gambar 5.17	Kenampakan dekat retas 8	38
Gambar 5.18	Kenampakan retas 9 (x)	39
Gambar 5.19	Kenampakan rembesan pada retas 9	39

Gambar 5.20	Kenampakan retas 10 (x)	40
Gambar 5.21	Kenampakan rembesan pada retas 10	40
Gambar 5.22	Kenampakan retas 11 (x)	41
Gambar 5.23	Kenampakan dekat retas 11	41
Gambar 5.24	Penampang Resistivitas Pengukuran Geolistrik Antara AS DAM Dan AS Plinth	47
Gambar 5.25	Ilustrasi Penimbunan Galian/Paritan pada Retas	49
Gambar 5.26	Ilustrasi Pematatan Menggunakan <i>Stamper</i> dan <i>BabyRoller</i>	49
Gambar 5.27	Ilustrasi Pematatan Menggunakan <i>Baby Roller</i> Dan <i>Vibrator Roller</i>	50
Gambar 5.28	Ilustrasi <i>Grouting</i> (Departemen Pekerjaan Umum, 2005)	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Massa Batuan (Criepi, 1950).....	12
Tabel 3.1	Matriks Metode	22
Tabel 5.1	Hasil Ujia Daya Serap.....	42
Tabel 5.2	Hasil Lugeon Lubang WPT BPL9-2-CGD.....	43
Tabel 5.3	Hasil Lugeon Lubang WPT BPL-4-CGU	43
Tabel 5.4	Hasil Lugeon Lubang P2-1	44
Tabel 5.5	Hasil Data Sifat Fisik Retas	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bendungan adalah suatu bangunan yang berupa urugan tanah, urugan batu, beton, dan atau pasangan batu yang di bina di samping untuk menyangga dan menampung air, bisa pula di bina untuk menyangga dan menampung limbah tambang (*tailing*), atau menampung lumpur sampai-sampai terbentuk waduk (PP No. 37 thn 2010).

Bendungan atau Dam adalah konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air menjadi waduk, ataupun danau yang dapat difungsikan sebagai sumber daya air untuk kebutuhan dan ketahanan pangan. Menurut Presiden Republik Indonesia Ir. H. Joko Widodo demi menjaga ketahanan pangan, kedaulatan pangan, dan kemandirian pangan Negara maka diperlukan air sebanyak banyaknya, demi mencapai air sebanyak banyaknya maka dibangun bendungan sebanyak diseluruh wilayah Indonesia.

Bendungan yang difungsikan sebagai bangunan penampung air dan sumber daya air untuk kebutuhan masyarakat membutuhkan perencanaan dan analisa yang matang. Salah satunya dalam aspek geologi, diperlukan studi geologi daerah proyek guna menjadi acuan dalam pembangunannya. Salah satu hal yang menjadi aspek utama adalah potensi adanya rembesan.

Pada daerah pembangunan ini telah diidentifikasi adanya beberapa retas dari batuan basalt andesit. retas yang sifatnya menerobos batuan atau zona lemah akan menciptakan joint akibat dampak terobosannya dan mengubah atau membawa

cairan hydrothermal yang akan mengisi joint-joint yang disekitarnya. retas yang memanjang yang melewati As dam bisa menjadi potensi jalur rembesan jika memiliki kondisi lapuk dan memiliki permeabilitas dan porositas yang tinggi.

Hal ini yang menjadi dasar perlu adanya penelitian geologi pada - retas didaerah main dam, sehingga dapat menjadi acuan dalam penanganan rembesan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Bagaimana distribusi retas dan kondisi retas berdasarkan sifat fisik dan kelas batuan?
2. Bagaimana upaya mitigasi yang dapat dilakukan terhadap rembesan?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah pada pengambilan data pada sandaran kanan Main Dam, dan pengujian sampel untuk sifat fisik retas meliputi kelas batuan, daya serap, dan permeabilitas.

1.4 Maksud dan Tujuan

Maksud diadakannya penelitian ini yaitu untuk mengetahui potensi adanya rembesan pada area pembangunan bendungan. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

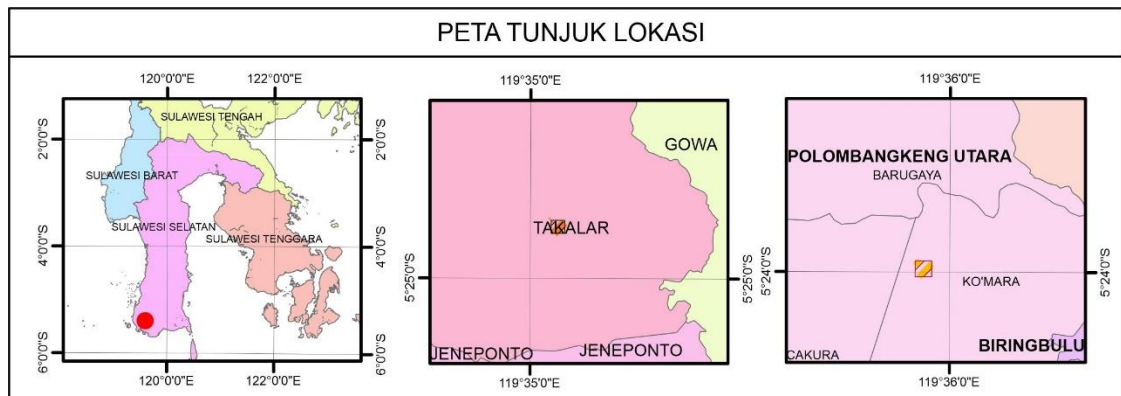
1. Mengetahui distribusi retas
2. Mengetahui sifat fisik retas pada sandaran kanan area pembangunan bendungan

3. Menentukan upaya mitigasi potensi rembesan yang ditemukan

1.5 Letak, dan Kesampaian Daerah

Secara administratif daerah penelitian termasuk dalam Desa Kale Ko'mara, Kecamatan Polombangkeng Utara, Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan, berdasarkan geografis lokasi penyelidikan berada di $5^{\circ}23'54''$ S dan $119^{\circ}35'34''$ E, tepatnya pada Proyek Pembangunan Bendungan Pamukkulu, PT. WIKA-DMT, KSO.

Daerah penelitian dapat dicapai dengan menggunakan transportasi darat dari Makassar menuju Desa kale Kom'mara yang merupakan lokasi penelitian dapat dicapai dengan kendaraan roda dua dan roda empat dengan waktu tempuh sekitar 2 jam dan 30 menit yang berjarak \pm 90 km dari kota Makassar.



Gambar 1.1 Peta Tunjuk Lokasi Penelitian

1.6 Kondisi Daerah Penelitian

Daerah penelitian yang berada disusun oleh topografi perbukitan dengan susunan litologi batuan vulkanik dan lelehan basalt yang memiliki kondisi batuan yang lapuk – segar. Daerah penelitian dilalui oleh DAS Sungai Pappa, yang berarah

relatif Timur – Barat dan bermuara di Topejawa, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar. Penentuan Lokasi bendungan didasarkan pada tipe Bendungan Pamukkulu yaitu Tipe Urugan Batu Membran Beton, yang memerlukan batuan sebagai material konstruksi dominan dan utama. Pembangunan Bendungan Pamukkulu bertujuan untuk mengairi daerah irigasi (Pamukkulu, Dingau, dan Jennemarung kiri) seluas 6.150 Ha, Pengendalian Banjir DAS Pappa, pariwisata dan perikanan. Area genangan yang pada daerah penelitian menggenangi beberapa daerah di Takalar dan Gowa, sehingga dilakukan perelokasian terhadap ± 251 KK di Takalar dan ± 8 KK di Gowa.

1.7 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang didapatkan dari penelitian ini yaitu dapat dijadikan sebagai referensi dan pertimbangan yang dapat dilakukan untuk mengatasi potensi – potensi rembesan sehingga dapat meminimalisir kerugian baik dari segi ekonomi maupun korban jiwa.

1.8 Peneliti Terdahulu

Beberapa peneliti yang pernah melakukan penyelidikan geologi yang sifatnya regional dan lokal di daerah penelitian, antara lain:

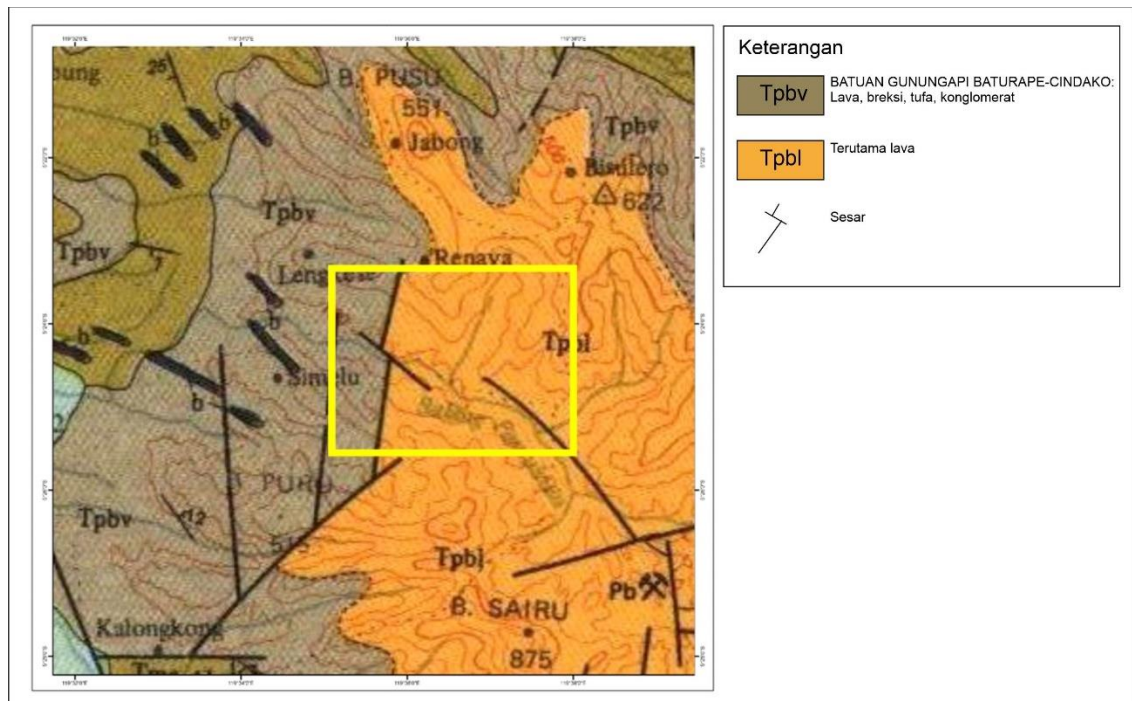
1. Sukamto, R dan Supriatna S., (1982) “*Geologi Lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai, Sulawesi*.”
2. Darwis. ES, dkk, (1991) : “*Laporan Penyelidikan Geologi Terpadu Pengembangan Wilayah Daerah Kab. Takalar Provinsi Sulsel*”.
3. Triputa, Wiliam dan Tappang, Mercy Agape (2021) “*Perbaikan Pondasi Tapak Bendungan yang Dipengaruhi oleh Retas (Studi Kasus Pada Proyek*

*Pembangunan Bendungan Pamukkulu), Kecamatan Polongbangkeng
Utara, Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan”*

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Geologi regional daerah penelitian berada pada geologi regional lembar Ujung Pandang, Benteng, dan Sinjai. Daerah ini meliputi Daerah Tk II Kabupaten Maros, Sungguminasa, Takalar. Jeneponto, Benteng, Bulukumba, Sinjai dan Salayar; termasuk Daerah Tk. I Propinsi Sulawesi Selatan. Lembar peta berbatasan dengan Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat di utara Selat Makassar di barat, Teluk Bone di timur dan Laut Flores di selatan.



Gambar 2.1 Peta Geologi Regional Daerah Penelitian Lembar Pangkajene, dan Watampone bagian barat, Sulawesi (Rab Sukamto, 1982)

2.1.1 Geomorfologi Regional

Daerah sebelah barat G. Cindako dan sebelah utara G. Baturape merupakan daerah berbukit. kasar di bagian timur dan halus di bagian barat. Bagian timur mencapai ketinggian. kira-kira 500 m, sedangkan bagian barat kurang, dan 50 m di atas muka laut dan hampir merupakan suatu datanan. Bentuk morfologi ini disusun oleh batuan klastika gunungapi berumur Miosen. Bukit-bukit memanjang yang tersebar di daerah ini mengarah ke G. Cindako dan G. Baturape berupa - retas basal. (Rab Sukamto, 1982)

Pesisir barat merupakan daratan rendah yang sebagian besar terdiri dari daerah rawa dan daerah pasang-surut. Beberapa sungai besar membentuk daerah banjir di dataran ini. Bagian timurnya terdapat bukit – bukit terisolir yang tersusun oleh batuan klastika gunungapi berumur Miosen dan Pliosen. (Rab Sukamto, 1982)

2.1.2 Stratigrafi Regional Daerah Penelitian

Stratigrafi daerah penelitian tersusun atas batuan Batuan Gunungapi Baturape-Cindako yang terdiri dari lava dan breksi, dengan sisipan sedikit tufa dan konglomerat. (Rab Sukamto, 1982).

Bersusunan basal, sebagian besar porfiri dengan fenokris piroksen besar-besar sampai 1 cm dan sebagian kecil, kelabu tua kehijauan hingga hitam warnanya; lava sebagian berkekar maniang dan sebagian berkekar lapis, pada umumnya breksi berkomponen kasar, dari 15 cm sampai 60 cm, terutama basal dan sedikit andesit, dengan semen tufa berbutir kasar sampai lapili, banyak mengandung pecahan piroksen. (Rab Sukamto, 1982).

Kompleks terobosan diorit berupa stok dan retas di Baturape dan Cindako diperkirakan merupakan bekas pusat erupsi (Tpbc); batuan di sekitarnya berubah kuat, amigdaloidal dengan mineral sekunder zeolit dan kalsit: mineral galena di Baturape kemungkinan berhubungan dengan terobosan diorit ini; daerah sekitar Baturape dan Cindako batuanannya didominasi oleh lava Tpbl. Satuan ini tidak kurang dari 1250 m tebalnya dan berdasarkan posisi stratigrafinya kira-kira berumur Pliosen Akhir. (Rab Sukamto, 1982).

2.2 Retas

Retas/*Dike/Dyke* adalah masa batuan yang menembus atau memotong dua lapisan batuan lain. Dike atau Retas merupakan batuan beku terobosan yang membeku dekat permukaan juga dikenal sebagai batuan Gang. Dike dengan jumlah banyak disebut *dyke swarm* (umumnya terdiri dari beberapa ratus dike). (William, 2021)

retas dicirikan anatara lain :

- a. Bentuk terobosan bidang memanjang (tabular) serta memotong perlapisan batuan yang di terobosnya
- b. Efek kontak di kedua sisi retas terhadap batuan yang diterobos mungkin mengalami efek bakar, atau bagian tepi retas yang mengalami oksidasi, keduanya umumnya berwarna merah coklat atau merah bata, sangat tergantung tingginya temperatur magma saat menerobos, jenis batuan yang diterobos dan oksigen yang dikandungnya.
- c. Dari bagian tengah menuju ke tepi retas secara berangsur semakin bertekstur gelas. Hal ini akan semakin nyata pada retas yang cukup tebal.

Pada kontak dapat pula terbentuk breksi sebagai akibat pendinginan sangat cepat sehingga menimbulkan perekahan yang kemudian terisi oleh cairan magma dari bagian tengah retas, atau masuknya batuan samping ke dalam cairan magma retas.

- d. Terdapat struktur paralel secara vertikal di bagian tepi retas sebagai akibat segregasi dan tingkat kristalisasi yang berbeda selama pendinginan, di mana bagian tepi/luar lebih cepat mendingin daripada bagian dalam. Struktur kekar yang memotong tegak lurus retas biasanya juga dapat dijumpai. Bila magma mengandung banyak gas, atau menerobos batuan karbonat, mungkin terbentuk struktur lubang berbentuk elip yang menunjukkan aliran ke atas. Struktur aliran dapat pula ditunjukkan oleh penjajaran fenokris atau bentuk struktur aliran lainnya.
- e. Komposisi retas bagian tengah lebih banyak kristal, sedang ke arah tepi semakin banyak gelas gunungapi. Alterasi dan mineralisasi mungkin dapat terjadi di bagian tepi dari retas tersebut.

2.3 Rembesan

Proses mengalirnya air dalam pori-pori tanah tersebut dinamakan rembesan (seepage), Pori-pori yang terdapat dalam tanah bukanlah merupakan pori-pori yang saling terpisah, sehingga air yang berada di dalam pori-pori dapat mengalir melalui ruang antar pori. (Setyawati dkk. 2018)

Daya rembes memegang peranan dalam hal seperti:

1. Kemungkinan bocor pada suatu bendungan

2. Menentukan besar dan tingkat penurunan (settlement) yang mungkin terjadi.
3. Kestabilan lereng galian tanah kecepatan rembesan yang mungkin dapat menimbulkan erosi yang berbahaya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi rembesan antara lain:

1. Ukuran partikel
2. Kadar pori
3. Susunan tanah
4. Struktur tanah
5. Derajat kejenuhan

2.4 Sifat Fisik Retas

Sifat fisik batuan yaitu massa jenis, berat jenis, kadar air, derajat kejenuhan, porositas, permeabilitas, angka pori dan kelas batuan. Dalam menentukan rembesan dapat dilakukan pengujian kadar air, permeabilitas, dan kelas batuan.

2.4.1 Klasifikasi Massa Batuan

Klasifikasi massa batuan adalah pendeskripsian kualitas batuan berdasarkan kondisi pelapukan, mineral, maupun *fracture* dan *joint – joint*.

Pada dasarnya pembuatan klasifikasi massa batuan bertujuan (Bieniawski, 1989) :

- a. Mengidentifikasi parameter-parameter penting yang mempengaruhi perilaku massa batuan.
- b. Membagi formasi massa batuan kedalam grup yang mempunyai perilaku sama menjadi kelas massa batuan.

- c. Memberikan dasar-dasar untuk pengertian karakteristik dari setiap kelas massa batuan.
- d. Menghubungkan pengalaman dari kondisi massa batuan di satu lokasi dengan lokasi lainnya.
- e. Mengambil data kuantitatif dan pedoman untuk rancangan rekayasa (*engineering*).

Dalam menentukan klasifikasi massa batuan dapat menggunakan klasifikasi yang diterbitkan oleh CRIEPPPI yang menjelaskan tentang pengklasifikasian batuan berdasarkan kondisi fisik dan karakteristik batuan.

Tabel 2.1 Klasifikasi Massa Batuan (Criepi, 1950)

Rock Class	Hardness	Description of Outcrop Conditions	Drilling Core Conditions	Weathering Grade
B	Hard	The rock mass is solid, there is no opening <i>joint</i> and <i>crack</i> (even of 1 mm). But rock forming minerals and grains undergo a little weathering and alteration in partly. Sound by hammer blow is clear.	Stiff long cylindrical core	<i>Fresh</i>
CH	Acceptable Hard	The rock mass is relatively solid. The rock forming minerals and grains undergo weathering except for quartz. The rock is contaminated by limonite etc. The cohesion of <i>joints</i> and <i>cracks</i> is slightly decreased and rock blocks are separated by firm hammer blow along <i>joints</i> . Clay minerals reMain on the separation surface. Sound by hammer blow is little dim.	Stiff cylindrical core	<i>Slightly weathered to fresh</i>
CM	Medium Hard	The rock mass is somewhat soft. The rock forming minerals and grains are somewhat softened by weathering, except for quartz. The cohesion of <i>joint</i> and <i>cracks</i> is somewhat decreased and rock blocks are separated by ordinary hammer blow along <i>joints</i> . Clay materials reMain on the separation surface. Sound by hammer blow is somewhat dim.	Moderately hard cylindrical core	Slightly weathered
CL	Soft	The rock mass is soft. The rock forming minerals and grains are softened by weathering. The cohesion of <i>joint</i> and <i>cracks</i> is decreased and rock blocks are separated by soft hammer blow along <i>joints</i> . Clay materials reMain on the separation surface. Sound by hammer blow is dim.	Soft and shot cylindrical core with soft rock fragments, clayey silty materials	Moderately weathered
D	Very soft	The rock mass is remarkably soft. The rock forming minerals and grain are softened by weathering. The cohesion of <i>joints</i> and <i>cracks</i> is almost absent. The rock mass collapses by light hammer blow. Clay materials reMain on the separation surface. Sound by hammer blow is remarkably dim. Excavated easily with a pick hammer.	Clayey to silty materials with soft rock fragments	<i>Highly weathered to completely</i>

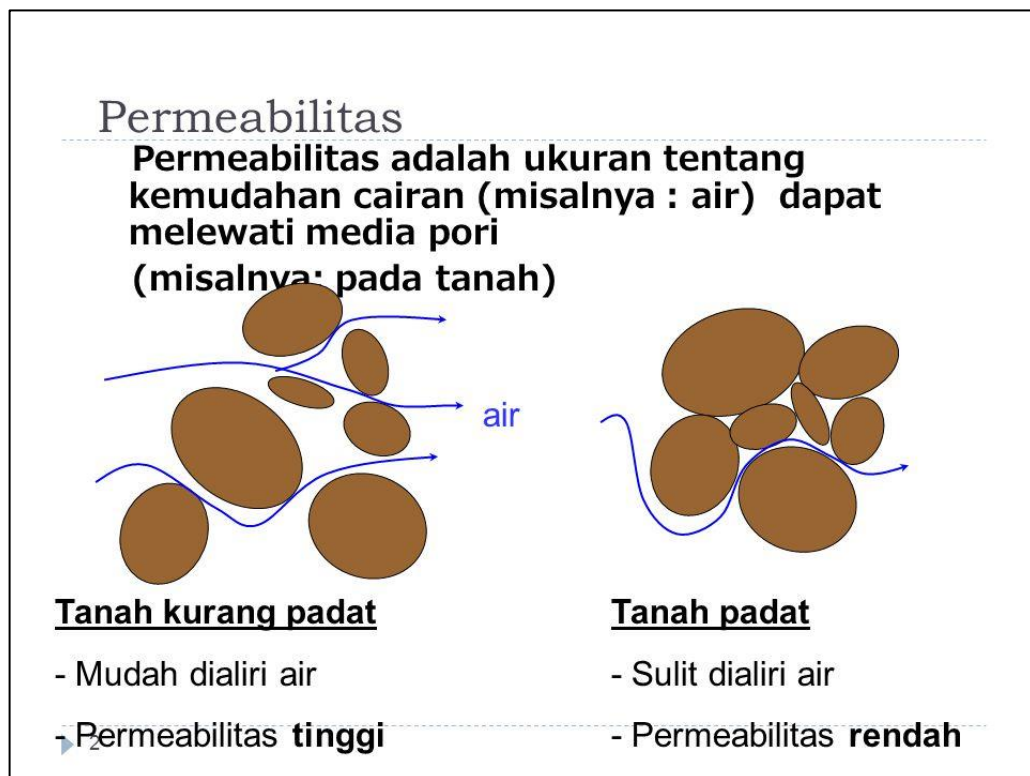
2.4.2 Daya Serap

Kadar air atau daya serap adalah perbandingan berat air batuan dalam kondisi asli dengan berat total dari batuan. Daya serap dalam batuan atau tanah sangat

mempengaruhi tingkat ketahanan dan kestabilan konstruksi di atasnya, daya serap air yang tinggi dapat mempercepat proses pelapukan dan erosi.

2.4.3 Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan batuan berpori yang dapat melewatkan fluida melalui pori-pori batuan tersebut tanpa merusak komposisi dan struktur batuan.



Gambar 2.2 Permeabilitas pada tanah dan batuan (Setyawati, Dkk, 2018)

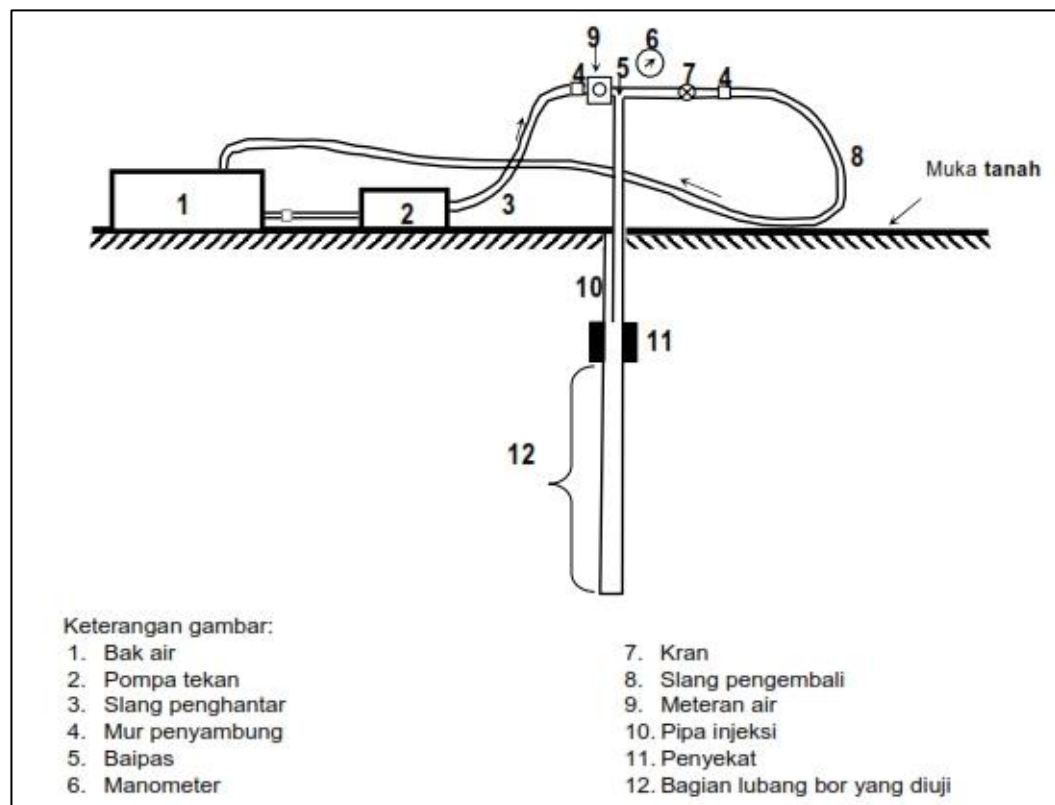
Permeabilitas adalah sifat material yang paling utama dalam melakukan analisis dan pengendalian rembesan, yang diperoleh dari uji permeabilitas di laboratorium (k).

Menentukan permeabilitas dapat juga dilakukan dengan cara percobaan *Water Pressure Test* sehingga mendapatkan nilai lugeon. Percobaan Lugeon ini lebih umum disebut *Water Pressure Test* atau *packer test*.

Definisi Lugeon adalah banyaknya air yang masuk dalam massa batuan dalam liter/ menit/ meter pada tekanan 10 kg/cm².

Adapun tujuan water pressure test ini antara lain:

- a. Untuk mendapatkan kondisi permeabilitas awal sebelum pekerjaan grouting.
- b. Untuk mengukur tekanan pada setiap tahapan grouting, sehingga mencegah kemungkinan pengangkatan/ deformasi pada formasi batuan (kemungkinan terjadi pada batuan sediment dan metamorf).
- c. Memperoleh informasi awal untuk menentukan proporsi campuran material grouting dan berapa tekanan yang dipakai saat grouting.
- d. Memperoleh tekanan grouting dalam menghindari kebocoran ke permukaan batuan.



Gambar 2.3 Rangkaian Peralatan *Water Pressure Test* (Badan Standarisasi Nasional, 2008)

2.5 Mitigasi Rembesan

Memitigasi rembesan ditujukan untuk mencegah dan mengurangi oensi rembesan yang dapat menyebabkan kerusakan atau keruntuhan ada tubuh bendungan, selain itu dapat menjaga kestabilan proses penampungan air bendungan.

2.5.1 Grouting

Grouting merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk perbaikan tanah. *Grouting* diterapkan dengan cara menyuntikkan semen ke dalam tanah di bawah tekanan untuk mengubah karakteristik atau perilaku tanah (Departemen Pekerjaan Umum, 2005).

Material *grouting* yang digunakan untuk mengisi retakan, celah-celah, dan ruang kosong yang berada di bawah tanah, tidak mengacu pada jenis-jenis tertentu. Material *grouting* memiliki berbagai macam sifat, dari yang memiliki viskositas sangat rendah sampai campuran padat dan cair yang kental. Bahan-bahan yang biasanya dijadikan bahan untuk *grouting*, yaitu campuran semen dan air, campuran semen, abu batu dan air, lempung dan air, serta campuran pasir dan air, dan lain-lain.

Metode *grouting* juga dapat menentukan berapa banyak kemungkinan celah-celah batuan dengan hasil nilai Lugeon.

2.5.2 Penggalian dan Penimbunan

Penggalian dan penimbunan adalah penanganan yang dilakukan dengan cara mengganti material yang memiliki kondisi kelas batuan buruk – sedang (CM – D) dengan material batuan yang keras dan kedap air.

Material yang dapat digunakan sebagai berikut :

- a. Zona 2B: material kasar, proses dari pasir dan kerikil olahan berukuran partikel dengan ukuran maksimum 80, Semua bahan yang diperlukan sebagai bahan zona 2B timbunan bendungan diperoleh dari batuan andesit segar yang melalui proses dihancurkan dengan mesin pemecah batu (*stone crushing*). Material filter terdiri dari campuran fragmen batuan non-plastis di mana partikel terdiri dari individu yang keras dan tahan lama, bebas dari tanah liat, lumpur dan bahan organik lainnya. Bahan untuk filter akan diproses untuk memenuhi persyaratan yang ditentukan. Pemrosesan tersebut sedapat mungkin melibatkan, namun tidak terbatas pada, kombinasi saringan, penghancuran,

pencucian, pemisahan dan pencampuran.

- b. Zona 3A: Material timbunan batu yang terdiri dari batu campuran bergradasi baik dari partikel batu keras sampai batu sedikit lapuk. Dipilih atau diproses dari hasil galian batu quarry dengan ukuran maksimum 300 mm, Setelah pemadatan timbunan batu harus bebas pengeringan sedemikian rupa sehingga tidak akan mempertahankan genangan air. Partikel-partikel batu tidak akan pecah dan hancur secara signifikan selama pemadatan.