

**LAPORAN AKHIR PENELITIAN**  
**PNBP PPs UNM**



**ESTIMASI KUAT TEKAN BATUAN KAWASAN KARST**  
**MAROS-PANGKEP TN BANTIMURUNG**  
**BULUSARAUNG BERDASARKAN NILAI PANTULAN**  
**SCHMIDT HAMMER TEST**

**Oleh:**

**Dr. Muhammad Arsyad, M.T**

**NIDN: 0028086402 (Ketua)**

**Dr. Helmi, M.Si**

**NIDN: 0002096601 (Anggota)**

**Dr. Husain, S.Si, M.Pd**

**NIDN: 18108701 (Anggota)**

Dibiayai oleh:

DIPA Universitas Negeri Makassar

Nomor: SP DIPA-023.17.2.677523/2022, tanggal 27 Juli 2022

Sesuai Surat Keputusan Rektor Universitas Negeri Makassar

Nomor :574/UN36/HK/2022 tanggal 08 April

**PROGRAM PASCASARJANA**  
**UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR**  
**2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

**Judul Penelitian** : **Estimasi Kuat Tekan Batuan Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung Berdasarkan Nilai Pantulan *Schmidt Hammer Test***

**Ketua Peneliti**

a. Nama : Dr. Muhammad Arsyad, MT  
b. NIP/NIDN : 196408281990031001/0028086402  
c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala  
d. Program Studi : Fisika  
e. Nomor HP : 08124272894  
f. Alamat surel (e-mail) : [m\\_arsyad288@unm.ac.id](mailto:m_arsyad288@unm.ac.id)

**Anggota Peneliti (1)**

a. Nama Lengkap : Dr. Helmi, M.Si  
b. NIP/NIDN : 196408281990031001/0028086402  
c. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Makassar

**Anggota Peneliti (2)**

a. Nama Lengkap : Dr. Husain, S.Si., M.Pd  
b. NIP/NIDN : 198710182014041001/18108701  
c. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Makassar

**Anggota Peneliti (3)**

a. Nama Lengkap : St. Mardianti Rukmana  
b. NIM : 201052601001  
c. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Makassar

**Anggota Peneliti (4)**

a. Nama Lengkap : Sri Refiani  
b. NIM : 201052601005  
c. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Makassar

**Lama Penelitian** : 6 (enam) Bulan

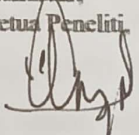
**Biaya penelitian yang Diusulkan** : Rp. 65.100.000,- (enam puluh lima juta seratus ribu rupiah).-

**Biaya Penelitian yang Disetujui** : Rp. 65.000.000,- (enam puluh lima juta rupiah).-


**Jumlah Mahasiswa yang Dilibatkan** : 2 (dua) orang

Makassar, November 2022.-


Ketua Peneliti

  
Dr. Ir. Muhammad Arsyad, M.T., IPM  
NIP. 19640828199031001

Mengetahui:  
Direktur PPs UNM Makassar

  
Prof. Dr. H. Hamsu Abdul Gani, M.Pd  
NIP. 196012111985031029

Menyetujui:  
Ketua Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar

  
Dr. Ir. Bakhran Rauf, M.T  
NIP. 196110161988031006



**RINGKASAN**  
**ESTIMASI KUAT TEKAN BATUAN KAWASAN KARST MAROS-  
PANGKEP TN BANTIMURUNG BULUSARAUNG BERDASARKAN  
NILAI PANTULAN SCHMIDT HAMMER TEST**  
**Muhammad Arsyad <sup>1)</sup> Helmi <sup>2)</sup> Husain <sup>3)</sup>**

Telah dilakukan penelitian dengan judul estimasi kuat tekan batuan kawasan karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung berdasarkan nilai pantulan schmidt hammer test. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan besar harga angka pantulan (R) batuan pada setiap lokasi, mengungkapkan besar harga kuat tekan batuan pada setiap lokasi dan mengevaluasi karakteristik batuan pada setiap lokasi di Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung. Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Babul mempunyai keunikan jika dibandingkan dengan kawasan karst lainnya di Indonesia. Keanekaragaman yang dimilikinya sangat bervariasi, mulai dari keadaan geologi (morfologi dan proses tektonik yang menyertainya), flora, fauna dan keanekaragaman hayati yang dimilikinya. Kawasan ini unik dan kekayaannya, bukan hanya di permukaan karst saja, tetapi juga di bawah permukaan. Salah satu keunikan yang memerlukan kajian mendalam adalah sifat batuan dan karakteristiknya. Penelitian yang dilakukan oleh Arsyad, dkk (2021) menunjukkan, bahwa karakteristik batuan sangat variatif dan faktor penentunya adalah curah hujan dan posisi batuan terhadap matahari. Untuk itu, diperlukan kajian mendalam tentang kekuatan batuan Kawasan Karst Maros TN Babul di beberapa lokasi. Kuat tanah yang berinteraksi dengan batuan disekitarnya dapat dilakukan dengan metode *Rocks Mass Rating (RMR)*. Penelitian Hasria, *et al* (2019) menunjukkan, bahwa perbedaan kualitas batuan pada daerah pengukuran disebabkan oleh perbedaan jenis batuan penyusun lereng dan kondisi diskontinuitas yang berbeda, khususnya pada aspek profil kekasaran dan tingkat pelapukan diskontinuitas. Dari penjelasan di atas, maka kualitas massa batuan memegang peranan penting terhadap kestabilan lereng, sebagaimana merupakan karakteristik dari Kawasan Karst Maros Pangkep dengan kekayaan yang ada di dalamnya. Hasil dari penelitian ini menunjukkan harga angka pantulan (R) di setiap lokasi di Kawasan Karst Maros-Pangkep berada pada rentang 23,44-58,40, sedangkan harga kuat tekan uniaxial (UCS) berada pada rentang 10,62 MPa hingga 105,28 MPa.

Sehingga kualitas massa batuan di Kawasan Maros Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung didominasi oleh karakteristik batuan berupa batuan sedimen kompeten, beberapa batuan beku dengan bobot isi rendah berbutir kasar yang diselingi oleh batuan yang tersedimentasi, sehingga pada beberapa batuan yang rapuh, terutama dijumpai pada kawasan yang dijadikan sebagai destinasi wisata, seperti Sumpang Bitu di Pangkep dan Taman Leang-Leang dan Bantimurung di Kawasan Karst Maros.

**SUMMARY**  
**ESTIMATION OF COMPRESSION STRENGTH OF ROCK KARST**  
**AREA MAROS-PANGKEP TN BANIMURUNG BULUSARUNG BASED**  
**ON THE SCHMIDT REFLECTION VALUE OF HAMMER TEST**  
**Muhammad Arsyad <sup>1)</sup> Helmi <sup>2)</sup> Husain <sup>3)</sup>**

Research has been carried out with the title of estimating the compressive strength of rocks in the Maros-Pangkep karst area of Bantimurung Buluarung National Park based on the reflection value of the Schmidt hammer test. This study aims to describe the value of the rock reflection number (R) at each location, reveal the value of the compressive strength of rocks at each location and evaluate the rock characteristics at each location in the Maros-Pangkep Karst Area of Bantimurung Bulusaraung National Park. The Maros-Pangkep Karst area of Babul National Park is unique when compared to other karst areas in Indonesia. Its diversity is very varied, ranging from geological conditions (morphology and accompanying tectonic processes), flora, fauna and biodiversity it has. This area is unique and rich, not only on the surface of the karst, but also below the surface. One of the uniqueness that requires in-depth study is the nature of the rock and its characteristics. Research conducted by Arsyad, et al (2021) shows that rock characteristics are very varied and the determining factors are rainfall and rock position with respect to the sun. For this reason, an in-depth study of the rock strength of the Maros Karst Area of Babul National Park is needed in several locations. The strength of the soil that interacts with the surrounding rock can be done using the Rocks Mass Rating (RMR) method. The research of Hasria et al (2019) shows that differences in rock quality in the measurement area are caused by different types of rock making up the slopes and different discontinuity conditions, especially in aspects of the roughness profile and discontinuity weathering level. From the explanation above, the quality of rock mass plays an important role in slope stability, as is a characteristic of the Maros Pangkep Karst Area and its richness. The results of this study indicate that the value of the reflection number (R) at each location in the Maros-Pangkep Karst Region is in the range of 23.44-58.40, while the price of uniaxial compressive strength (UCS) is in

the range of 10.62 MPa to 105.28. MPa. So that the quality of rock mass in the Maros Pangkep area of Bantimurung Bulusaraung National Park is dominated by rock characteristics in the form of competent sedimentary rocks, some igneous rocks with low bulk density are coarse-grained interspersed with sedimentary rocks, so that some brittle rocks are mainly found in areas that are used as tourist destinations, such as Sumpang Bitu in Pangkep and Leang-Leang and Bantimurung Parks in the Maros Karst Region.

## **PRAKATA**

Syukur Alhamdulillah, Tim Pelaksana ucapkan ke Hadirat Allah Subhanahu Wataalah, karena atas Inayah dan Iradat-Nya jualah, sehingga kegiatan Penelitian yang berjudul “Estimasi Kuat Tekan Batuan Kawasan Karst Maros-Pangkep Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung Berdasarkan Nilai Pantulan *Schmidt Hammer Test*.” selesai dilaksanakan.

Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan besar harga angka pantulan (R) batuan pada setiap lokasi, mengungkapkan besar harga kuat tekan batuan pada setiap lokasi dan mengevaluasi karakteristik batuan pada setiap lokasi di Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung. Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Babul mempunyai keunikan jika dibandingkan dengan kawasan karst lainnya di Indonesia. Hasil pelaksanaan kegiatan ini, pada dasarnya terwujud karena adanya dukungan dana PNBPN UNM Makassar. Untuk itu, atas segala bantuan tersebut pada kesempatan ini tim pelaksana mengucapkan banyak terima kasih.

Akhirnya, Tim Pelaksana menghaturkan penghargaan dan terima kasih kepada semua pihak yang turut serta membantu dalam penelitian ini. Semoga apa yang telah dicapai hingga saat ini dapat dikembangkan dan dimanfaatkan sesuai dengan perkembangan zaman. Insya Allah.

Makassar, November 2022

Tim Pelaksana

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian dengan judul estimasi kuat tekan batuan kawasan karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Buluaraung berdasarkan nilai pantulan schmidt hammer test. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan besar harga angka pantulan (R) batuan pada setiap lokasi, mengungkapkan besar harga kuat tekan batuan pada setiap lokasi dan mengevaluasi karakteristik batuan pada setiap lokasi di Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Buluaraung. Hasil dari penelitian ini menunjukkan harga angka pantulan (R) di setiap lokasi di Kawasan Karst Maros-Pangkep berada pada rentang 23,44-58,40, sedangkan harga kuat tekan uniaxial (UCS) berada pada rentang 10,62 MPa hingga 105,28 MPa. Sehingga kualitas massa batuan di Kawasan Maros Pangkep TN Bantimurung Buluaraung didominasi oleh karakteristik batuan berupa batuan sedimen kompeten, beberapa batuan beku dengan bobot isi rendah berbutir kasar yang diselingi oleh batuan yang tersedimentasi, sehingga pada beberapa batuan yang rapuh, terutama dijumpai pada kawasan yang dijadikan sebagai destinasi wisata, seperti Sumpang Bitu di Pangkep dan Taman Leang-Leang dan Bantimurung di Kawasan Karst Maros.

**Kata Kunci.** Schmidt Hammer Test, Karst Maros-Pangkep, Kuat Tekan

**Abstract.** Research has been carried out with the title of estimating the compressive strength of rocks in the Maros-Pangkep karst area of Bantimurung Buluaraung National Park based on the reflection value of the Schmidt hammer test. This study aims to describe the value of the rock reflection number (R) at each location, reveal the value of the compressive strength of rocks at each location and evaluate the rock characteristics at each location in the Maros-Pangkep Karst Area of Bantimurung Buluaraung National Park. The results of this study indicate that the value of the reflection number (R) at each location in the Maros-Pangkep Karst Region is in the range of 23.44-58.40, while the price of uniaxial compressive strength (UCS) is in the range of 10.62 MPa to 105.28. MPa. So that the quality of rock mass in the Maros Pangkep area of Bantimurung Buluaraung National Park is dominated by rock characteristics in the form of competent sedimentary rocks, some igneous rocks with low bulk density are coarse-grained interspersed with sedimentary rocks, so that some brittle rocks are mainly found in areas that are used as tourist destinations, such as Sumpang Bitu in Pangkep and Leang-Leang and Bantimurung Parks in the Maros Karst Region.

**Keywords.** Schmidt Hammer Test, Karst Maros Pangkep, Compressive Strength



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
RINGKASAN .....	iii
SUMMARY .....	v
PRAKATA .....	vii
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Tujuan Penelitian .....	5
D. Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Karakteristik Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Babul .....	7
B. Massa Batuan dan kaitannya dengan Kekuatan Lereng.....	14
BAB III ETODE PENELITIAN .....	26
A. Lokasi Penelitian.....	26
B. Waktu Penelitian .....	26
C. Pengumpulan Data .....	26
D. Diagram Alir Penelitian .....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENILITIAN .....	30
A. Hasil Penelitian .....	30
B. Pembahasan Penelitian.....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
A. Kesimpulan .....	53
B. Saran.....	53

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Judul</b>	<b>Hal.</b>
2.1	Klasifikasi Kualitas Batuan Berdasarkan Nilai Kuat Tekan Batuan	15
2.2	Hasil Analisis Pengukuran <i>Schmidt Hammer</i> dan <i>Point Load</i>	16
2.3	Klasifikasi Kuat Tekan dan Skala Mohs	18
2.4	Kekerasan Mineral menurut skala Mohs dan Sifat Toughness	18
2.5	Klasifikasi Kekerasan Batuan	18
2.6	Faktor Pengali $C_0$	21
2.7	Faktor Pengali $C_1$	21
2.8	Faktor Pengali untuk Jumlah Data	22
2.9	Perkiraan Klasifikasi Kuat Tekan Batuan	23
2.10	Korelasi antara Schmidt Hammer Rebound dan Kuat Tekan Uniaksial dan Modulus Young	24
3.1	Koreksi Sudut Pukulan <i>Rebound Hammer</i>	28
4.1	Hasil Pengukuran <i>Hammer Test</i> Taman Batu Leang-Leang	30
4.2	Hasil Pengukuran <i>Hammer Test</i> Leang Londrong	31
4.3	Hasil Pengukuran <i>Hammer Test</i> Sumpang Bitu	31
4.4	Hasil Pengukuran <i>Hammer Test</i> Taman Batu Rammang-Rammang	32
4.5	Hasil Pengukuran Hammer Test Taman Leang-Leang	33
4.6	Hasil Pengukuran Hammer Test Taman Nasional Bantimurung	33
4.7	Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan Uniaksial (UCS) di Kawasan Gua Leang Londrong	34
4.8	Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan Uniaksial (UCS) di Sumpang Bitu	35
4.9	Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan Uniaksial (UCS) di Kawasan Rammang-Rammang	36
4.10	Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan Uniaksial (UCS) di Taman Batu Leang-Leang	36
4.11	Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan Uniaksial (UCS) di Leang-Leang	37
4.12	Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan Uniaksial (UCS) di Bantimurung	38
4.13	Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan <i>Uniaksial</i> (UCS) di Kawasan Karst Pangkep	39
4.14	Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan <i>Uniaksial</i> (UCS) di Kawasan Karst Maros	40
4.15	Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan <i>Uniaksial</i> (UCS) di Kawasan Karst Maros Pangkep	42
4.16	Kualitas Massa Batuan di Kawasan Karst Maros Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung	47

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Judul</b>	<b>Hal.</b>
1.1	Penampakan Batu di TP Leang-Leang	2
2.1	Penampakan Gua Leang Petta E Leang-Leang	9
2.2	Kawasan Bantimurung pada Musim Kemarau	10
2.3	Taman Batu di Kawasan Rammang-Rammang	11
2.4	Penampakan Gua Sumpang Bitu	12
2.5	Penampakan Gua Leang Lonrong Bagian Dalam	13
2.6	Sketsa Alat <i>Schmidt Hammer Test</i> (ASTM C 805-02, 2010)	20
3.1	Diagram Alir Penelitian	29
4.1	Karakteristik Batuan di Kawasan Karst Maros	43
4.2	Karakteristik Batuan di Kawasan Karst Pangkep	44
4.3	Karakteristik Batuan di Kawasan Karst Maros Pangkep	45

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Judul</b>
1.	Biodata Peneliti
2.	Susunan Organisasi Penelitian
3.	Ketersediaan Sarana dan Prasarana Penelitian
4.	Surat Perjanjian Penelitian
5.	Surat Izin Penelitian
6.	Surat Pernyataan Telah Meneliti
7.	Lokasi Penelitian
8.	Artikel
9.	Surat Pernyataan Pertanggung Jawaban Belanja
10.	Logbook
11.	Dokumentasi

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Indonesia adalah Negara yang kaya dengan sumberdaya alam karena daratannya merupakan deretan pegunungan laksana untaian ratna mutu manikam dari Sabang di Aceh sampai Merauke di Papua. Pegunungannya merupakan endapan vulkanik terbentang gunung api aktif maupun yang tidak aktif. Indonesia mempunyai lempeng yang senantiasa bergerak, karena berada pada *ring of fire* Pasifik. Jika pergerakan magma sampai ke permukaan dan terus terjadi akumulasi energi, maka terjadilah letusan gunung api. Letusan ini memuntahkan partikel atau material dan berangsur-angsur mendingin, sampai proses pemanasan berhenti. Letusan gunung api beberapa jutaan tahun lalu, mewariskan vulkanis yang tidak aktif, sehingga tanahnya subur dan merupakan lahan pertanian dan perkebunan yang memproduksi sepanjang tahun. Kegiatan ini membentuk pergerakan dan pergeseran lempeng sehingga setiap pulau saling berinteraksi termasuk Pulau Sulawesi dengan lempeng di sekitarnya.

Pulau Sulawesi mempunyai karakteristik yang berbeda dengan pulau lainnya di Indonesia. Jika Pulau Kalimantan, Jawa dan Sumatera berada pada dangkalan Sunda dan pernah menyatu dengan benua Asia, maka Papua, Ambon dan sekitarnya berada pada dangkalan Sahul yang pernah menyatu dengan Australia, sehingga jenis binatang, karakteristik geologi, dan kandungan mineralnya menyerupai dan atau hampir mirip. Lempeng Sulawesi berbeda karena didiami oleh spesies tumbuhan dan hewan yang berbeda. Artinya, lempeng Sulawesi dengan kesatuan atmosfer dan Selat Makassar akan memberikan kontribusi pada karakteristik curah hujan yang terjadi. Pulau Sulawesi dengan bagian utara juga berbeda karakteristiknya dengan bagian selatan, tenggara dan bagian timur. Bagian selatan yang merupakan kaki Pulau Sulawesi sebelah barat dan timurnya mempunyai variasi curah hujan yang berbeda. Jika di bagian barat musim hujan, maka di bagian timur justru terjadi sebaliknya. Artinya, setiap bagian menarik untuk

dilakukan studi mendalam untuk menjelaskan bagian per bagian tersebut. Bagian selatan inilah terdapat kawasan karst seluas 42 Ha di Sulawesi Selatan.

Sulawesi Selatan mempunyai kawasan karst yang menyebar pada setiap kabupaten (Arsyad, 2017). Tahun 2019 menjadi *milestone* bagi Provinsi Sulawesi Selatan karena menetapkan Perda Nomor 3 Tahun 2019 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Kawasan Ekosistem Esensial (KKE) Karst Maros Pangkep. Kawasan karst ditandai dengan medium yang heterogen dan sangat rentan dengan tekanan dari luar. Kawasan karst dicirikan (Williams, 1989) oleh: 1) terdapatnya cekungan tertutup dan atau lembah kering dalam berbagai ukuran dan bentuk, 2) langkanya atau tidak terdapatnya drainase/sungai permukaan, dan 3) terdapatnya gua dari sistem drainase bawah tanah. Akibatnya, ketersediaan air di kawasan karst ditentukan oleh banyaknya curah hujan yang dapat ditampung kawasan pada saat musim hujan dan tersimpan di dalam rongga batuan. Kondisi ini juga terjadi di Kawasan Karst Maros Pangkep TN Babul Sulawesi Selatan.

Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Babul mempunyai keunikan jika dibandingkan dengan kawasan karst lainnya di Indonesia. Keanekaragaman yang dimilikinya sangat bervariasi, mulai dari keadaan geologi (morfologi dan proses tektonik yang menyertainya), flora, fauna dan keanekaragaman hayati yang dimilikinya. Kawasan ini unik dan kekayaannya, bukan hanya di permukaan karst saja, tetapi juga di bawah permukaan.



Gambar 1.1 Penampakan Batu di TP Leang-Leang

Salah satu keunikan yang memerlukan kajian mendalam adalah sifat batuan dan karakteristiknya. Penelitian yang dilakukan oleh Arsyad, dkk (2021) menunjukkan, bahwa karakteristik batuan sangat variatif dan faktor penentunya adalah curah hujan dan posisi batuan terhadap matahari. Salah satu bongkahan batu tersebut diperlihatkan seperti Gambar 1.1.

Batuan yang berupa bongkahan di TP Leang-Leang merupakan peninggalan masa lalu dan menjadi obyek penelitian tanpa batas. Rekanan batuan yang dijadikan sebagai media tumbuh oleh akar pohon besar memberikan penetrasi, sehingga terjadi rekahan yang semakin membesar merupakan bukti bahwa di dalam batuan terdapat rongga-rongga untuk diisi oleh air. Pengisian air ini merupakan masalah tersendiri untuk menentukan kerigidan batuan. Jika di alam terbuka, dapat diamati dengan saksama, maka kejadian yang sama juga berlaku bagi Gua yang ada di sekitar TP Leang-Leang, sehingga dapat diduga terjadi pelapukan batuan, dan gilirannya akan mengakibatkan kualitas batuan akan terdegradasi.

Gua Leang Kere di Taman Purbakala (TP) Leang-Leang berdiri kokoh ditopang oleh tanah yang mengandung mineral. Mineral tanah dengan berbagai karakteristiknya terutama di kawasan karst merupakan obyek penelitian yang menarik. Penelitian Zak, *et al*, (2007) dengan mengambil sampel tanah *plagioklas* di daerah karst dengan berbagai ukuran, diperoleh hasil bahwa rata-rata sampel tersusun atas *twim lamellae* dengan berbagai ukuran yang tidak teratur (2 sampai 5 butir) dengan mengandung kalsit silika. Untuk Kawasan Karst Maros, penelitian yang dilakukan oleh Arsyad, *et al*, (2018) di daerah bekas tambang dengan menggunakan Geolistrik menunjukkan bahwa *Chalcopyrite*, *Galena*, *Pyrite*, *Pyrrhotite*, *Magnetite*, *Cassiterite*, *Hematite*, dan *Lempung*.

Di pihak lain, tanah mempunyai kemampuan yang tergantung kepada kerigidan antar partikelnya, Seiring dengan waktu, maka kerigidan ini akan berkurang, karena proses infiltrasi air tanah dan atau air hujan. Penelitian yang dilakukan Irfan dan Dearman (1978) melakukan karakterisasi profil pelapukan pada batuan granit di bagian barat daya Inggris yang didasarkan pada pengenalan pelapukan material dan massa batuan dasar. Aplikasi seperti itu untuk profil

pelapukan di daerah tropis basah tidak banyak dilakukan dan publikasi lebih banyak mendiskusikan karakterisasi profil dengan istilah horizon morfologi (Deere dan Patton, 1971; Serrano dan Oteo, 1978 dan Brenner *et al.*, 1978).

Untuk itu, diperlukan kajian mendalam tentang kekuatan batuan Kawasan Karst Maros TN Babul di beberapa lokasi. Kuat tanah yang berinteraksi dengan batuan disekitarnya dapat dilakukan dengan metode *Rocks Mass Rating (RMR)*. Penelitian Hasria, *et al* (2019) menunjukkan, bahwa perbedaan kualitas batuan pada daerah pengukuran disebabkan oleh perbedaan jenis batuan penyusun lereng dan kondisi diskontinuitas yang berbeda, khususnya pada aspek profil kekasaran dan tingkat pelapukan diskontinuitas. Dari penjelasan di atas, maka kualitas massa batuan memegang peranan penting terhadap kestabilan lereng, sebagaimana merupakan karakteristik dari Kawasan Karst Maros Pangkep dengan kekayaan yang ada di dalamnya, sehingga perlu dilakukan penelitian **Estimasi Kuat Tekan Batuan Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung Berdasarkan Nilai Pantulan *Schmidt Hammer Test***.

## **B. Rumusan Masalah**

Dari latar belakang yang dikemukakan seperti di atas, maka rumusan masalah utama dalam penelitian ini adalah Bagaimana Estimasi Kuat Tekan Batuan Kawasan Karst Maros Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung Berdasarkan Nilai Pantulan *Schmidt Hammer Test*. Secara khusus, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Seberapa besar harga angka pantulan (R) batuan pada setiap lokasi di Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung?
- b. Seberapa besar harga kuat tekan batuan pada setiap lokasi di Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung?
- c. Bagaimana karakteristik batuan pada setiap lokasi di Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung?



### **C. Tujuan Penelitian**

Dari rumusan masalah yang dikemukakan di atas, maka tujuan penelitian secara umum adalah melakukan estimasi kuat tekan batuan Kawasan Karst Maros Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung. Secara khusus tujuan penelitian ini adalah untuk:

- a. Mendeskripsikan besar harga angka pantulan (R) batuan pada setiap lokasi di Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung.
- b. Mengungkapkan besar harga kuat tekan batuan pada setiap lokasi di Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung.
- c. Mengevaluasi karakteristik batuan pada setiap lokasi di Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung.

### **D. Manfaat Penelitian**

Jika tujuan penelitian tercapai, maka manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah tersedianya informasi tentang Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung yang pada gilirannya digunakan bagi:

- a. Masyarakat di sekitar Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung

Masyarakat yang berdomisili di sekitar Kawasan Karst Maros TN Bantimurung Bulusaraung memperoleh informasi tentang karakteristik batuan dan klasifikasinya, sehingga dapat melakukan antisipasi adaptif terhadap penggunaan lahan dan peruntukannya di sektor perkebunan, pertanian, pariwisata dan lainnya.

- b. Pemerintah Kabupaten Maros - Pangkep

Informasi tentang penggunaan lahan dan peruntukannya memegang peranan penting dalam kegiatan pertanian dan destinasi pariwisata yang dapat menunjang tercapainya PAD Kabupaten Maros-Pangkep. Pemkab Maros-Pangkep diharapkan melakukan antisipatif adaptasi terhadap penggunaan lahan di Kawasan Karst.

- c. Pengelola Taman Purbakala

Kawasan Karst Maros-Pangkep mempunyai sekitar 268 gua yang tidak hanya mempunyai nilai estetika, tetapi juga nilai purbakala, bahkan nilai religius

bagi penganutnya, sehingga harus dijaga kelestarian dan pemanfaatannya. Untuk itu, diperlukan informasi yang menyeluruh termasuk kuat/daya tahan gua terhadap tekanan pengunjung yang dating sepanjang tahun. Informasi dari hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan dalam pengembangan Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung.

- d. *Stakeholder* lainnya (Investor, BNPB Daerah, Dinas Lingkungan Hidup dan TN Babul, dan Pemprov Sulsel)

*Stakeholder* lainnya, misalnya Investor dalam hal ini penambang dan pemilik modal, BNPB Kabupaten Maros, Dinas Lingkungan Hidup dan TN Babul, bahkan BNPB Provinsi Sulawesi Selatan untuk melakukan telaah terhadap lahan yang berpotensi sebagai bencana di masa depan terutama di musim hujan.

- e. Institusi/Lembaga

Hasil Penelitian ini digunakan untuk menyusun bahan ajar untuk mata kuliah Pengantar Material dan Kebumihan, Geomorfologi Karst, Fisika Batuan dan Terapannya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Karakteristik Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Babul**

Kawasan Karst Maros Pangkep setengahnya masuk kedalam wilayah Taman Nasional Bantimurung-Bulusaraung (TN Babul). Luas TN Babul :  $\pm 43.750$  Ha. Karst Maros-Pangkep  $\pm 46.200$  Ha *Kawasan Karst* yang masuk kedalam TN Babul seluas  $\pm 22.800$  Ha mempunyai bentangan alam yang berbentuk menara akibat proses erosi dan keruntuhan material yang telah berlangsung lama, bahkan jutaan tahun. Akibatnya, topografi sudah terpisah dengan topografi karst lainnya. Batuan tertua di Sulawesi Selatan tersingkap sebagai dua blok batuan alas di daerah Barru dan Tonasa II berupa bongkah-bongkah batuan malihan, ultrabasa dan sedimen (Hamilton, 1979; Sukanto, 1982). Batuan sedimen klastika laut dalam berumur Kapur yang menyusun Formasi Balangbaru dan Formasi Marada menumpang secara tidak selaras diatas kompleks batuan alas (Van Leeuwen, 1981; Sukanto, 1982). Aktivitas vulkanisme *Paleosen- Eosen* yang membentuk Formasi Langi bersama-sama dengan batuan sedimen klastika laut dangkal yang membentuk Formasi Malawa menumpang secara tidak selaras diatas Formasi Balangbaru (Sukanto, 1982). Bagian atas Formasi Malawa menjemari dengan batugamping laut dangkal yang berumur Eosen Awal – Miosen Tengah dari Formasi Tonasa (Wilson & Bosence, 1996). Pada Miosen Tengah hingga Miosen Akhir produksi karbonat Formasi Tonasa dihentikan oleh pasokan sedimen gunung api Formasi Camba yang dihasilkan oleh busur gunungapi berarah relatif utara-barat laut – selatan-tenggara (Sukanto, 1982; Yuwono *et al.*, 1985). Setelah Formasi Camba, tidak terjadi pengendapan yang berarti di daerah ini. Endapan undak di utara Pangkajene berkembang selama Pliosen dan endapan aluvium berkembang secara luas selama Holosen di dataran pesisir Maros – Pangkajene (Sukanto, 1982).

Karst Maros-Pangkep merupakan Formasi Tonasa yang berumur Eosen Akhir hingga Miosen Tengah (40 juta hingga 15 juta tahun yang lalu). Formasi Tonasa ini tersusun oleh batu gamping pejal, bioplastik, kalkarenit, koral dan

kolsrud it (R. Sukamto, 1985). Sebaran Formasi Tonasa ini menurut Moyra Wilson, 1996 membentuk *Paparan Karbonat Tonasa* yang menyebar dari selatan hingga utara ( $\pm$  100 km) yang meliputi: (1) Nasara Area, Jeneponto □ batugamping berlapis, dan napal, (2) Pattunuang Asue Area, Maros berupa wakestones, (3) Central Area, Pangkep berupa wakestones, (4) Biru Area, Bone, dan (5) Ralla Area, Barru berupa batugamping, napal.

Seperti halnya dengan kawasan karst lainnya di dunia, maka Kawasan Karst Maros juga memiliki Gua yang tumbuh dan berkembang bersama masyarakat di sekitarnya. Keberadaan Gua ini dapat dijadikan sebagai indikator bagi terdapatnya aliran air sungai bawah tanah (Arsyad, 2017). Kawasan Karst Maros mempunyai sekitar 268 gua dengan *stalaktit*, *stalakmit* dan ornamen gua lainnya yang indah, merupakan habitat fauna langka dan situs prasejarah yang terlindungi. Beberapa bentuk ornamen gua sebagian besar masih berproses membentuk kristal, dan sebagian kecil lainnya sudah tahap proses kristalisasi. Ukuran-ukuran butir kristal inilah yang menarik untuk dikaji lebih lanjut karena dapat dijadikan indikasi terjadinya proses fisika dalam gua, salah satunya adalah keberadaan air sungai bawah tanah. Berikut ini diberikan ulasan masing-masing lokasi tertentu di Kawasan Karst Maros yang dijadikan sebagai lokasi penelitian.

#### 1. Taman Purbakala (TP) Leang-Leang

Taman Purbakala Leang-Leang telah ditetapkan menjadi kawasan prasejarah oleh Menteri Pendidikan dan Kebudayaan dengan SK No. 240/M/1999, Tanggal 4 Oktober 1999 dengan luas lahan masing-masing 24.202 m<sup>2</sup> dan 16.485 m<sup>2</sup>. Taman Prasejarah ini terdiri atas dua buah gua, yakni Gua Leang Pettae dan Gua Leang Petta Kare. Keduanya berada di daerah wilayah administrasi Dusun Leang-Leang Kelurahan Leang-Leang Kecamatan Bantimurung Kabupaten Maros. Aksesibilitas menuju Gua cukup mudah karena tersedia tangga besi maupun trap yang terbuat dari semen. Selain Gua yang termasuk dalam kompleks Taman Prasejarah ini, juga masih terdapat puluhan gua lainnya yang menyimpan hasil budaya manusia masa lalu.

Gua Leang Pettae, termasuk termasuk dalam kategori tipe kekar lembaran ini berada pada astronomis 4°58'44,6" LS dan 119°40'30,5" BT dengan ketinggian

50 m di atas permukaan laut. Gua menghadap ke arah Barat dengan ukuran tinggi 7 m dan lebar 2 m.



Gambar 2.1 Penampakan Gua Leang Petta E Leang-Leang

(Sumber: Arsyad, 2021)

Tinggalan arkeologi selain lukisan babi rusa dan telapak tangan adalah artefak batu yang menyebar dalam pelataran Gua dan sampah dapur berupa cangkang-cangkang moluska young terdeposit di dekat pintu masuk Gua, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Gua Leang Petta Kere berada pada posisi astronomis  $4^{\circ}58'43,2''$  LS dan  $119^{\circ}4'34,32''$  BT dengan ketinggian 85 m di atas permukaan laut. Tipe Gua termasuk dalam kategori kekar ditandai dengan banyaknya rongga dengan langit-langit yang tinggi. Gua menghadap ke arah timur laut mempunyai tinggi 8 m dengan lebar 24 m. Pada bagian langit-langit terdapat warisan arkeologis berupa gambar binatang dan telapak tangan hingga siku. Keseluruhan berwarna merah, selain itu ditemukan pula artefak mata panah bergerigi dan sampah dapur berupa cangkang moluska yang terdeposit.

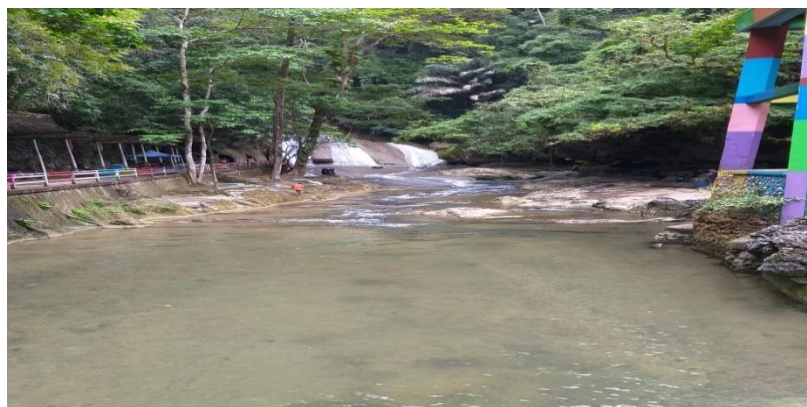
## 2. Kawasan Bantimurung dan Sekitarnya

Kawasan Bantimurung ditandai dengan sungai permukaan yang Pada tempat ini air sungai bawah karst berada dan tersembunyi dari lingkungan sekitarnya, karena tertutupi oleh batu karang dari sisa gua yang runtuh. Airnya berwarna hijau dan terbelenggu dalam bentuk dolina dengan diameter sekitar 20-30 m, sedangkan kedalamannya  $\pm 50$  m. Namun, untuk beberapa tahun terakhir ini

mengalami krisis air, sehingga lebih dangkal dan hanya tersisa kedalaman 5 (lima) meter. Air ini relatif tidak bergerak dan pada bagian tertentu dari sisa gua terdapat stalaktit dan membentuk lorong-lorong air dengan genangan pasir tumbuh di bagian lainnya. Beberapa bagian muncul uvala dan tidak terkoneksi dengan sekelilingnya. Bergerak sedikit keluar dari air sungai bawah tanah ini pada sisi sebelah kanan terdapat Gua Batu yang kering dan hanya dijadikan sebagai tempat istirahat sementara bagi pengunjung.

Sisi bawah terlihat bagian yang lebih rendah dengan interval kontur antara 25-150 m merupakan persyaratan dan merupakan tempat pengambilan tiket untuk masuk kawasan pariwisata. Sisi ini juga merupakan dinding pembatas untuk kawasan pariwisata sebelah kiri sampai ke air terjun. Dinding ini berakhir pada di atas air terjun dan langsung terbuka hamparan pohon-pohon tinggi dan mendatar.

Sisi kiri bagian bawah, mulai interval 75-200 m adalah kawasan pegunungan dan agak landai pada posisi interval 200- sampai 225 m. Penelusuran ke Gua Mimpi memerlukan fisik dan stamina yang prima, karena letaknya di ketinggian dan perjalanan cukup melelahkan. Di sekitar Gua Mimpi berupa deretan batu yang keras dan agak licin, sehingga hanya orang-orang tertentu yang berkeinginan untuk melakukan *travelling* di kawasan ini. Keadaan topografi menunjukkan,



Gambar 2.2 Kawasan Bantimurung pada Musim Kemarau  
(Sumber: Arsyad, 2020)

bahwa kawasan karst meliputi daratan sampai daerah pegunungan yang merupakan area penelitian ini. Kawasan Bantimurung menarik bagi pengunjung wisatawan, karena air terjunnya seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.2.

### 3. Kawasan Rammang-Rammang

Karst Maros Pangkep sebagai kawasan Geopark pada tanggal 20 November 2017 dengan Kawasan Rammang-Rammang sebagai ikon destinasi wisata yang terus menerus memperoleh perhatian dari pengunjung domestik dan atau mancanegara. Karst Rammang-Rammang yang memadukan penelusuran Sungai, Gunung, Gunung Batu dan hamparan sawah sangat eksotik di mata pengunjung. Namun, di balik itu terdapat informasi yang tersembunyi dibalik “keangkeran” secara kasat mata sehingga UNESCO memperkenalkan *Geopark*. (Taman Bumi) atau *Geology Park* (Taman Geologi). *Geopark* pada awalnya bertujuan untuk melindungi warisan geologi yang berada di Negara-negara Eropa oleh organisasi non pemerintah bernama *Europe Geopark Network (EGP)* tahun 2001. Kemudian UNESCO mengembangkan dan memfasilitasi organisasi *Global Geopark Network (GGN)* tahun 2004. Kawasan Rammang-Rammang dapat dijangkau dengan 2 (dua) jalur utama yaitu Dermaga 1 dan Dermaga 2. Dermaga 2 lebih singkat jalur perahunya karena langsung melintas dari perkampungan Salenrang. Rammang-Rammang mempunyai taman batu seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Taman Batu di Kawasan Rammang-Rammang

(Sumber: Arsyad, 2022)



#### 4. Kawasan Sumpang Bitu

Sumpang Bitu adalah Taman Purbakala yang terkenal dengan 1000 anak tangga. Anak tangga ini digunakan pengunjung untuk mengitari Sumpang Bitu sambil menikmati suasana lingkungan yang begitu asri. Ujung dari anak tangga itu menuju ke Gua Kompleks Gua Sumpang Bitu terletak di Desa Sumpang Bitu, Kecamatan Balocci, Kabupaten Pangkajene (Pangkajene Kepulauan). Berada di kilometer 55 sebelah utara Kota Makassar, dengan posisi astronomis  $5^{\circ}20'LS$  dan  $199^{\circ}38'BT$ . Kompleks Gua Sumpang Bitu terdiri atas dua leang masing-masing disebut Leang Sumpang Bitu dan Leang Bulu Sumi. Kedua leang ini letaknya berjauhan, dibatasi oleh bukit kapur. Leang Sumpang Bitu, memiliki langit-langit yang tinggi dan melandai ke belakang. Mulut gua menghadap ke timur ( $N.90^{\circ} E$ ). Leang ini terletak 150 m dari permukaan tanah atau 280 m diatas permukaan laut. Kelembaban dan hasil pelapukan 40% dengan ph 6,6.



Gambar 2.4 Penampakan Gua Sumpang Bitu

(Sumber: Arsyad, 2020)

Ukuran mulut Leang adalah tinggi 10 m dan lebar 14 m, sedangkan dalamnya 50 m. Temuan di Leang Sumpang Bitu didominasi oleh lukisan dinding gua (*rock art*) yang cukup banyak dan tidak ditemukan sampah dapur (*kitchen midden*) serta alat litik yang representative maka dapat dikatakan bahwa Leang Sumpang Bitu adalah tempat upacara sakral. Pada ruang bagian utara terdapat sebuah lukisan berupa babi rusa (*Elaphurus davidanus*) yang sedang meloncat. Di depan lukisan tersebut terdapat



sejumlah lukisan cap tangan. Ada pula lukisan sampan yang di atasnya terdapat lukisan dua ekor babirusa dengan posisi kepala ke bawah, seperti pada Gambar 2.4.

#### 5. Kawasan Gua Leang Lonrong

Kawasan Gua Leang Londrong memiliki luas 51,57 ha dengan panjang sekitar  $\pm 5.893$  m. Mulut gua dipenuhi oleh ornamen khas gua berupa stalaktit, stalaktit dan pilar, dari dalam gua terdapat aliran air yang mengalir sepanjang tahun. Debit air sangat dipengaruhi oleh kondisi curah hujan. Pada bulan basah debit air meningkat dengan sangat drastis sebaliknya pada bulan kering debit air sangat kecil.



Gambar 2.5 Penampakan Gua Leang Lonrong Bagian Dalam  
(Sumber: Arsyad, 2017)

Pengukuran debit air yang dilakukan pada bulan Juli 2020 menunjukkan  $2,5-2,7 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$ , hal ini terjadi karena pengukuran debit air dilakukan pada bulan kering dengan curah hujan  $< 50$  mm. Penampakan Gua Leang Lonrong seperti ditunjukkan Gambar 2.5.

Selanjutnya, profiling bawah permukaan secara umum terbagi menjadi tiga lapisan dengan nilai resistivitas secara berturut-turut  $15,5 \Omega\text{m}$  dengan jenis mineral yaitu lempung, air tanah, pasir dan magnetit,  $20-21,3 \Omega\text{m}$  dengan jenis mineral yaitu lempung, air tanah, batu tulis, dan magnetit dan  $4,28-9,29 \Omega\text{m}$  dengan jenis mineral yang mungkin yaitu lempung, air tanah, pasir dan magnetik.

## **B. Massa Batuan dan kaitannya dengan Kekuatan Lereng**

Secara geologi, proses pelapukan bekerja relatif lambat (*long-term processes*) akan tetapi keberadaannya menjadi penting dari sudut pandang keteknikan. Adanya pelapukan pada batuan sering mengakibatkan rencana desain rekayasa menjadi khas . Suatu hal penting yang tidak banyak didiskusikan dalam pelapukan atau profil pelapukan adalah penjelasan tentang pelapukan material batuan (*weathering of rock material*) dan pelapukan massa batuan (*weathering of rock mass*). Kedua istilah tersebut memiliki arti dan implikasi berbeda pada penyelidikan geologi teknik. Deskripsi material batuan dilakukan pada conto berukuran kecil (*scale of hand specimen*), sedangkan deskripsi massa batuan dilakukan pada skala ukuran yang lebih besar. Perbedaan keduanya menjadi penting dalam karakterisasi profil pelapukan untuk tujuan geologi teknik yaitu sebagai penentu tingkat pekerjaan keteknikan yang memerlukan pengenalan pelapukan material batuan dasar dan pelapukan massa batuan dasar. Massa batuan sering didefinisikan sebagai susunan blok-blok material batuan yang dipisahkan oleh berbagai tipe ketidakmenerusan geologi. Penanda Mutu Batuan (*Rock Quality Designation*, RQD) adalah salah satu parameter yang mencerminkan kekuatan dan kemantapan massa batuan. Nilai RQD diperlukan dalam kegiatan eksploitasi mineral bijih dan kegiatan geoteknik pada perancangan struktur untuk teknik sipil. Parameter ini dipengaruhi oleh densitas (kerapatan) retakan/ kekar yang selalu terdapat pada massa batuan. Sebelum tahun 1960-an, parameter densitas retakan dikelompokkan menggunakan perolehan inti pemboran (*core recovery*) yang diperoleh pada waktu kegiatan pemboran. Parameter perolehan inti pemboran adalah nisbah panjang.

Batuan mempunyai sifat-sifat tertentu yang perlu diketahui dalam mekanika batuan dan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu sifat fisik batuan seperti bobot isi, berat jenis, porositas dan absorpsi. Sifat fisik batuan ini bukan hanya dapat menentukan struktur batuan dari segi fisiknya, namun dapat juga mengungkapkan sifat intrinsik batuan yang berkaitan dengan kekuatan batuan. Kekuatan batuan juga ditentukan oleh sifat mekanik batuan. Sifat mekanik batuan seperti kuat tekan, kuat tarik, modulus elastisitas, dan nisbah *Poisson*. Menurut Novianti (2013) terdapat beberapa jenis kekuatan batuan, yaitu:

1. Kuat kompresif tak tertekan (*uniaksial*) yang diuji oleh suatu silinder atau prisma terhadap titik pecahnya.
2. Kuat tarik (*tensile strength*) ditentukan dengan uji *Brazilian* dimana suatu piringan ditekan sepanjang diameter atau dengan uji langsung yang mengikuti tarikan sebenarnya atau bengkokan dari prisma batuan.
3. Kuat geser (*shear strength*) yang diuji secara langsung dalam suatu “*shear box*” atau diukur sebagai komponen pecahan kompresi.

Menurut ISRM (1978), dari hasil pengujian kuat tekan batuan, maka dapat diperoleh kualitas dari suatu batuan berdasarkan nilai kuat tekan batuan yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Klasifikasi Kualitas Batuan Berdasarkan Nilai Kuat Tekan Batuan

Kualitas	$\sigma_c$ (MPa)
<i>Soil</i>	$\sigma_c < 0,25$
<i>Extremely low strength</i>	0,25 – 1
<i>Very low strength</i>	1 – 5
<i>Low strength</i>	5 – 25
<i>Medium strength</i>	25 – 50
<i>High strength</i>	50 – 100
<i>Very high strength</i>	100 – 250
<i>Extremely high strength</i>	$\sigma_c > 250$

Sumber : ISRM (1978)

Untuk itu, diperlukan kajian berupa deskriptif kuantitatif. Deskripsi ini memiliki prospek di masa mendatang untuk mengungkapkan seluruh karakter material batuan dan ketidak menerusan geologi akan dinyatakan dalam bentuk bobot (nilai) sehingga dapat mudah dihitung. Tujuan klasifikasi massa batuan, yakni: (1) mengelompokkan jenis massa batuan berdasar perilakunya, (2) dasar untuk pahami karakter tiap-tiap kelas, (3) memberikan data kuantitatif untuk rancangan rekayasa batuan, dan (4) sebagai dasar komunikasi diantara para perancang dan ahli rekayasa batuan.

Selanjutnya, metode rancangan untuk rekayasa batuan dapat dilakukan dengan langkah-langkah: (1) analitik, dengan menerapkan prinsip analisis tegangan dan deformasi di sekitar penggalian terowongan (Gua), (2) observasional, dengan merancang berdasarkan pemantauan aktual terhadap perpindahan batuan selama penggalian (melihat ketidak stabilan terukur, analisis batuan-penyangga), (3)

empirik, dengan menguji berdasarkan analisis statistika. (klasifikasi massa batuan). Deere (1969) dalam Singh dan Goel (1999) mengusulkan penggunaan satu parameter yang diperoleh dari inti pemboran (gerudi) yang dapat digunakan sebagai standar mutu massa batuan untuk kepentingan geoteknik. Tatacara yang dilakukan adalah mengemas ulang perolehan inti batuan dengan memilih inti-inti yang panjangnya lebih besar atau sama dengan 10cm. Parameter inilah yang disebut Penanda Mutu Batuan (*Rock Quality Designation*) dapat dituliskan:

$$RQD = \frac{\text{panjang kumulatif inti-inti pemboran}}{10 \text{ cm panjang segmen pemboran}} \quad (2-1)$$

Beberapa pada setiap jenis media peneliti telah melakukan kajian untuk menghitung nilai RQD menggunakan metoda seismik biasan. Seperti yang diketahui, bahwa gelombang seismik mempunyai kecepatan yang berbeda untuk jenis medium yang berbeda. Kecepatan gelombang seismik bukan saja sebagai perubah bebas, tetapi juga merupakan fungsi dari sifat-sifat massa batuan seperti densitas, porositas, densitas retakan dan tingkat pelapukan (Beavis, 1985). Singh dan Goel (1999) telah mengusulkan penggunaan rumus:

$$RQD = \frac{V_p}{V_L} \times 100\% \quad (2-2)$$

di mana  $V_F$  adalah kecepatan gelombang P menggunakan metoda seismik refraksi

$V_L$  adalah kecepatan gelombang pada inti batuan menggunakan metoda ultrasonik.

Tabel 2.2 Hasil Analisis Pengukuran *Schmidt Hammer* dan *Point Load*

Lokasi	Derajat pelapukan	Nilai pengukuran <i>Schmidt hammer</i>				Jumlah pengukuran	Nilai pengukuran <i>point load</i>				Jumlah pengukuran
		Min	Maks	Rata-rata	St. dev.		Min	Maks	Rata-rata	St. dev.	
G. Patapan	IV	10	21	14.22	2.87	45	0.18	0.48	0.32	0.14	2
	III	10	28	19.00	4.59	89	0.53	0.96	0.73	0.14	10
	II	10	32	20.73	5.43	241	1.13	1.32	1.23	0.10	7
	I	19	34	26.83	4.06	38	1.88	2.51	2.13	0.33	7
G. Kacapi	IV	11	21	13.75	2.36	19	0.19	0.82	0.43	0.25	5
	III	11	31	18.53	4.43	225	1.02	1.26	1.20	0.22	2
	II	11	34	21.80	4.78	129	1.31	1.76	1.49	0.20	10
	I	30	40	34.00	4.18	5	1.78	2.96	2.19	0.74	7
G. Cupu	III	12	23	18.39	2.76	31	0.58	0.84	0.74	0.14	2
	II	10	30	20.61	5.29	33	1.03	1.37	1.20	0.19	5
	I	22	35	27.00	2.64	41	1.70	2.17	1.94	0.33	2

*Discoloration* hanya dijumpai pada *rind weathering* dan sepanjang bidang diskontinu. Nilai *Schmidt hammer* dan *point load* berada dalam kategori menengah. Pada batuan segar (*fresh rock*) gejala *discoloration* dan diskontinuitas tidak

dijumpai dan hasil pengujian dengan *Schmidt hammer* dan *point load* menunjukkan hasil yang cukup tinggi. Hasil analisis pengujian *Schmidt hammer* dan *point load* diberikan dalam Tabel 2.2. Hasil pengujian *in-situ*, dengan menggunakan *Schmidt hammer* dan *point load*, memperlihatkan pola yang hampir mirip. Hasil pengujian kekerasan dan kekuatan massa batuan berkurang secara linear dengan bertambahnya derajat pelapukan.

#### 1. Uji Kuat Tekan

Kuat tekan adalah kemampuan batuan untuk menerima beban hingga pecah bila diberi beban dan tekanan. Pengujian kuat tekan dimaksudkan untuk menentukan ketahanan material batuan bila diberikan beban. *Uniaxial Compressive Strength* (UCS) atau biasa juga disebut dengan *Unconfined Compressive Strength* pada batuan dianggap sebagai parameter penting dalam analisis masalah geoteknik seperti peledakan batuan dan terowongan. Meskipun uji laboratorium UCS adalah metode yang paling dapat diandalkan, namun metode uji UCS di laboratorium memakan waktu dan mahal. Metode lain yang dapat digunakan untuk menentukan kuat tekan batuan adalah menggunakan alat *Schmidt Hammer*. Pengujian dengan *Schmidt Hammer* dapat dilaksanakan secara langsung di lapangan maupun di laboratorium. *Schmidt hammer* atau palu Schmidt dikembangkan di akhir tahun 1940-an sebagai indeks peralatan untuk pengujian non-destruktif dari beton (Purwanto, Abdul Muhaimin, Djameluddin, Ratna Husain, 2017).

Penelitian yang dilakukan oleh Schmidt (1951), dilanjutkan oleh Deere dan Miller (1966), Aufumuth (1973), Aggistalis (1966), Fener, dkk (2005), Kilic dan Teymen (2008), Torabi (2010), dan Brencich, dkk (2013) dengan menggunakan UCS dan *Schmidt Hammer*, pada berbagai jenis batuan dengan kondisi yang sama tanpa memperhatikan kondisi pelapukan dan menggunakan contoh batuan yang terdapat di luar negeri (Purwanto, Abdul Muhaimin, Djameluddin, Ratna Husain, 2017).

Tabel 2.3 Klasifikasi Kuat Tekan dan Skala Mohs

Klasifikasi	Kuat Tekan	
	Bieniawski, 1973	Tamrock, 1988
Sangat Keras	250-700	200 [7]
Keras	100-250	120-200 [6-7]
Keras Sedang	50-100	60-120 [4,5-6]
Cukup Lunak	-	30-60 [3-4,5]
Lunak	25-50	10-30 [2-3]
Sangat Lunak	1 s/d 25	-10

(Sumber: Bieniawski (1973); Tamrock (1988))

Beberapa peneliti mengenai klasifikasi batuan berdasarkan nilai kuat tekan batuan.

Tabel 2.3 menjelaskan tentang klasifikasi batuan.

Tabel 2.4 Kekerasan Mineral menurut skala Mohs dan Sifat Toughness

Mineral	Skala Mohs	Toughness
Talk	1	Buruk
Gypsum	2	Buruk
Kalsit	3	Buruk-Baik
Malasit	3,5-4	Buruk
Florit	4	Buruk
Apatit	5	Fair

Skala Mohs mengklasifikasikan resistansi goresan terhadap berbagai mineral melalui kemampuan suatu bahan keras menggores bahan yang lebih lunak. Tabel 2.4 memberikan klasifikasi kekerasan mineral menurut skala Mohs dan Sifat Toughness.

Tabel 2.5 Klasifikasi Kekerasan Batuan (Attewell & Farmer 1976)

Klasifikasi	Kuat Tekan (MPa)	Tipikal Jenis Batuan
Sangat Lemah	10 s/d 20	Lapuk dan batuan sedimen terkompaksi – lemah
Lemah	20-40	Batuan sedimen tersemenetasi – lemah, skis
Medium	40-80	Batuan sedimen kompeten, beberapa batuan beku dengan bobot isi rendah berbutir kasar
Kuat	80-160	Batuan beku kompeten, beberapa batuan metamorfosa dan batu pasir berbutir halus
Sangat Kuat	160-320	Quarzit; batuan beku dengan dengan bobot isi berat – berbutir halus

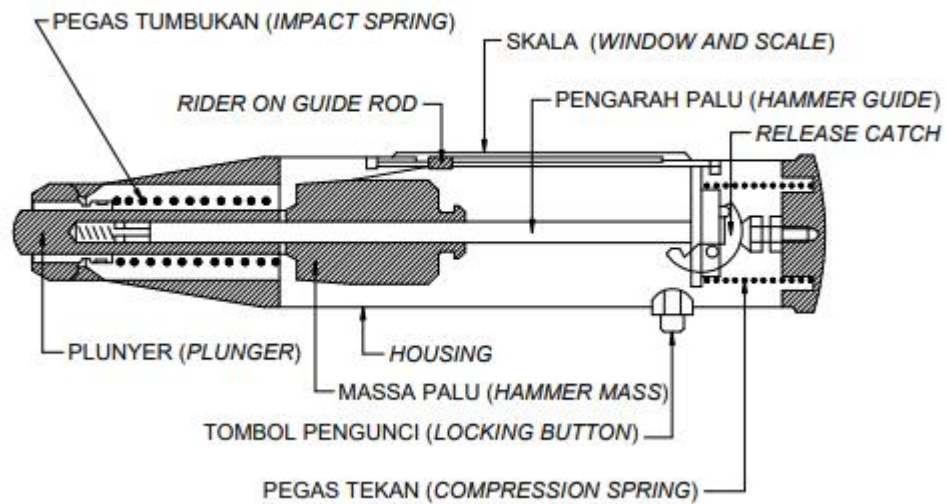
Selanjutnya Tabel 2.5 selain membuat klasifikasi kekerasan batuan, peneliti-peneliti terdahulu telah banyak melakukan pengelompokkan sifat-sifat fisik maupun mekanik dari berbagai jenis batuan utuh. Attewell and Farmer (1976)

menyatakan bahwa nilai kuat tekan uniaksial batu gamping adalah sebesar 30-250 MPa. Secara umum, nilai ini dapat digunakan sebagai pengetahuan awal dari kekuatan batu gamping (Winonazada *et al.*, 2020).

*Schmidt Hammer* merupakan alat untuk mengukur sifat elastis atau kekuatan beton atau batu, terutama kekerasan permukaan batuan. Menurut Hencer dan Martin (1982), penentuan tingkat pelapukan batuan dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan manual text index test (*Schmidt Rebound*), yang meliputi : (1) *Fresh*; (2) *Slightly weathered* (*Schmidt rebound* “N” > 45); (3) *Moderately weathered* (25 < “N” < 45); (4) *Highly weathered* (“N” < 25); (5) *Completed weathered* (< 250 KPa); dan (6) *Residual soil*.

Insinyur Swiss Ernst Schmidt, pertama kali mengembangkan uji *rebound* yang praktis pada akhir 1940-an, AMD versi modern. Dari jenis palu N, yang beratnya kurang dari 2 kg, dan memiliki energi dampak sekitar 2,2 Nm yang dikendalikan pegas massa slide pada *plunger* dalam perumahan *tubular*. Pegas menarik *plunger* ketika alat ditekan terhadap permukaan beton dan pegas ini secara otomatis dilepaskan ketika sepenuhnya berversi, menyebabkan massa palu berdampak terhadap beton melalui *plunger*. Ketika rebound massa yang dikendalikan pegas, dapat terlihat dengan indikator berapa skala yang meluncur melalui jendela kecil di sisi casing. Indikator dapat ditahan dalam posisi pada skala dengan menekan tombol penguncian. Peralatan ini sangat mudah digunakan, dan dapat dioperasikan baik horizontal atau vertical baik ke atas atau ke bawah seperti pada Gambar 2.3.

Hammer test merupakan alat yang ringan dan praktis dalam penggunaannya. Prinsip kerjanya adalah dengan memberikan beban berupa tumbukan pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan menggunakan energi yang besarnya tertentu. Karena timbul tumbukan antara massa tersebut dengan permukaan beton, massa tersebut akan dipantulkan kembali. Jarak pantulan massa yang terukur memberikan indikasi kekerasan permukaan beton.



Gambar 2.6 Sketsa Alat *Schmidt Hammer Test* (ASTM C 805-02, 2010)

Kekerasan beton dapat memberikan indikasi kuat tekannya. Kesederhanaan alat ini, pengujiannya menggunakan waktu sangat cepat, sehingga dapat mencakup area pengujian yang luas dalam waktu yang singkat. Alat ini sangat peka terhadap variasi yang ada pada permukaan beton, misalnya keberadaan partikel batu pada bagian bagian tertentu dekat permukaan. Beberapa pengujian yang dilakukan dapat dikemukakan seperti berikut.

a. Evaluasi Kuat Tekan Beton Melalui Pengujian Beton Inti (*Core Drilled Test*)

Pengujian kuat tekan beton inti hasil pemboran bertujuan untuk memperkirakan nilai kuat tekan beton pada komponen struktur terpasang. Benda uji beton inti ialah benda uji beton berbentuk silinder hasil pengeboran beton pada struktur yang sudah ada.

b. Kuat Tekan Beton Inti

Kuat tekan benda uji beton inti dihitung dengan menggunakan rumus:

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (2.7)$$

Metode pengambilan dan pengujian beton inti, ketelitiannya bisa mencapai 0,5 MPa, dimana :

$f'_c$  = Kuat tekan (MPa)

P = Beban uji hancur yang ditunjukkan oleh mesin uji tekan (N)



A = Luas penampang uji ( $mm^2$ )

c. Kuat Tekan Beton Inti Terkoreksi

Dalam penentuan kuat tekan beton inti terkoreksi, terdapat beberapa faktor pengali untuk koreksi kuat tekan benda uji yang ada. Adapun faktor-faktor pengali tersebut adalah:

1) Faktor Pengali  $C_0$

Faktor pengali ini berhubungan dengan arah pengambilan benda uji beton inti pada struktur yang ada. Ketentuan mengenai faktor pengali  $C_0$  diperlihatkan seperti berikut.

Tabel 2.6 Faktor Pengali  $C_0$

Arah Pengambilan Benda Uji Beton Inti	$C_0$
Horizontal (tegak lurus pada arah tinggi dari struktur beton)	1
Vertikal (sejajar dengan arah tinggi dan struktur beton)	0,92

2) Faktor Pengali  $C_1$

Faktor pengali yang berhubungan dengan rasio Panjang sesudah diberi lapisan untuk kaping dengan diameter benda uji. Digunakan faktor koreksi  $C_1$  apabila rasio Panjang dan diameter benda uji:  $\frac{t}{D} < 1,94$ , kuat tekan beton inti harus dikalikan dengan faktor pengali  $C_1$  seperti yang tercantum pada tabel dibawah ini. Apabila tidak terdapat pada tabel berikut, maka dapat dicari dengan cara interpolasi. Tabel yang disajikan hanya berlaku untuk beton normal dan beton ringan dengan berat isi antara 1600-1900  $kg/m^3$  dan untuk beton dengan kuat tekan antara 13.8 - 41.4 MPa, seperti Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Faktor Pengali  $C_1$

$\frac{l}{D}$	$C_1$
1,75	0,98
1,5	0,96
1,25	0,93
1,00	0,87

Sumber: (Wallah *et al.*, 2015)

Sejalan dengan itu, SNI 03-4430-1997, pengujian Hammer test dilakukan dengan memberikan beban impact (tumbukan) pada permukaan beton menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan menggunakan energi pada besaran tertentu. Jarak pantulan yang timbul dari massa tersebut pada saat terjadi tumbukan akan memberikan indikasi kekerasan. *Uji hammer* sangat peka terhadap variasi yang ada pada permukaan beton. Misalnya keberadaan partikel batu pada bagian-bagian tertentu dekat permukaan akan memberikan nilai kuat tekan beton yang relatif lebih besar dari pada bagian yang jauh dari partikel batu. Dengan demikian diperlukan pengambilan beberapa kali di sekitar lokasi pengukuran. *Hammer* yang akan digunakan untuk pengujian harus dikalibrasi terlebih dahulu dengan cara memantulkan pada anvil. Nilai pantulan yang diperoleh dicatat untuk kemudian dibandingkan dengan angka standar yang diberikan produsen *Hammer*. Angka kalibrasi diperoleh dengan cara sebagai berikut :

$$Ak = \frac{80}{R} \quad (2.8)$$

di mana:

$Ak$  = Angka kalibrasi *Hammer*

80 = Nilai pantulan standar *Hammer* yang digunakan

$R$  = Rata-rata nilai pantul *Hammer* pada *Anvil*

Nilai pantulan *Hammer* yang digunakan :

$$\underline{R} = R - 1,64 Sd \times Ak \times Fd \quad (2.9)$$

dimana

$\underline{R}$  = Angka pantulan terkoreksi

$Sd$  = Standar deviasi

$Fd$  = Faktor koreksi jumlah data pada Tabel 2.8

Tabel 2.8 Faktor Pengali untuk Jumlah Data

Jumlah Data	Faktor Pengali ( $Fd$ )
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

Kuat tekan *Hammer* diambil dari tabel yang tertera pada alat *Hammer* yang disediakan produsen dan tergantung sudut pengambilan data. Nilai kuat tekan yang diperoleh tersebut harus dikalikan faktor koreksi yang diberikan oleh Sudarmadi yaitu :

$$y = 0,04612x + 58,6 \quad (2.10)$$

Di mana y adalah kuat tekan terkoreksi dan x adalah kuat tekan pembacaan Tabel 2.8. (Surya & Ardika, 2016).

Studi karakteristik massa batuan menghasilkan hubungan persamaan empiris antara kuat tekan uniaksial dan SH *Rebound* (R) yang ditunjukkan oleh gambar 2.4. persamaan empiris yang digunakan untuk mengestimasi UCS terhadap batuan lemah pada lapisan batubara pada formasi Warukin adalah:

$$UCS = 0,308 \times R^{1,327} \quad (2.11)$$

di mana:

UCS = Kuat Tekan Uniaksial ( MPa)

R = Lenting Palu *Schmidt Hammer*

Tabel 2.9 Perkiraan Klasifikasi Kuat Tekan Batuan

Deskripsi	Kuat Tekan Uniaksial MPa	Kekuatan Beban Titik $I_{s(50)}$ , MPa	Schmidt Hammer N-Type, 'R'	Karakteristik Batuan
Batuan yang sangat rapuh	1-25	0,04-1,0	10-35	Lapuk dan batuan sedimen terkompaksi-lemah
Batuan yang rapuh	25-50	1,0-1,5	35-40	Batuan sedimen tersedimentasi – lemah, skis
Batuan yang cukup keras	50-100	1,5-4,0	40-50	Batuan sedimen kompeten, beberapa batuan beku dengan bobot isi rendah berbutir kasar
Batuan yang keras	100-200	4,0-10,0	50-60	Batuan beku kompeten, beberapa batuan metamorfosa dan batu pasir berbutir halus
Batuan yang sangat keras	>200	>2	>60	Quarzit: batuan beku dengan bobot isi berat – berbutir halus

Sebagai contoh, dari Tabel 2.9. ketika kuat tekan batuan 50-100 MPa, deskripsi batuan yang cukup keras yang mempunyai karakteristik batuan sedimen kompeten, beberapa batuan beku dengan bobot isi rendah berbutir kasar. Untuk kuat tekan >200 dengan batuan yang sangat keras, maka karakteristik batuan yakni kuarzit: batuan beku dengan bobot isi berat – berbutir halus, dan seterusnya.

Penelitian sebelumnya memberikan persamaan empiris hubungan kuat tekan uniaksial dan rebound hammer Schmidt dengan fungsi variasi, fungsi logaritma, eksponensial, daya dan linear seperti pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Korelasi antara Schmidt Hammer Rebound dan Kuat Tekan Uniaksial dan Modulus Young (Goudie, 2006)

Persamaan	R <sup>2</sup>	Sumber	Litologi
UCS UCS = $6,9 \times 10^{(0,0087\gamma R+0,16)}$	0,94	Deere and Miller (1966)	Bervariasi
UCS = $6,9 \times 10^{(1,348\gamma-1,32)}$	-	Aufmuth (1973)	Bervariasi
UCS = $0,447\exp(0,045(R+3,5)+\gamma)$	-	Kidybinski (1980)	Batu bara, batu serpih, batu lumpur
UCS = 2R	0,72	Singh et al. (1983)	Batu pasir, batu lanau
UCS = $0,4RLM - 3,6$	0,94	Sheorey et al. (1984)	Batu bara
UCS = $0,994R - 0,383$	0,70	Haramy and De Marco (1985)	Batu bara
UCS = $702R - 1104$	0,77	O'Rourke (1989)	Batu pasir
UCS = $2,208e^{0,067R}$	0,96	Katz et al. (2000)	Batu kapur, batu pasir
UCS = $\exp(0,818 + 0,059R)$	0,98	Yilmaz and Sendir (2002)	Gypsum
UCS = $2,75R - 36,83$	-	Dincer et al (2004)	Andesit, Basalt, tufa
UCS = $2,22R - 47,67$	-	Aggistalls et al (1996)	Gabro, Basalt
UCS = $6,9 \times 10^{1,06\log(\gamma R)+1,86}$	0,88	Deere and Miller (1966)	Bervariasi
E = $6,9 \times 10^{1,06\log(\gamma R)+1,86}$	-	Aufmuth (1973)	Bervariasi
E = $2,208^{3,09074}$	0,99	Katz et al. (2000)	Syenite, granid
E = $\exp(1,146 + 0,054R)$	0,91	Yimaz and Sendir (2002)	Gypsum

Tabel 2.10 menunjukkan hubungan antara uji kuat tekan (UCS) dengan pantulan palu *Schmidt Hammer* (R) untuk berbagai jenis batuan. Selanjutnya menjelaskan hubungan antara modulus young (E) dengan pantulan palu *Schmidt Hammer* (R) untuk berbagai jenis batuan.

### **BAB III**

## **METODE PENELITIAN**

Bab ini merupakan bab yang berisi tentang metode yang dilakukan dalam penelitian ini. Bab ini dimulai dengan lokasi, waktu penelitian, pengumpulan dan analisis data yang berturut-turut dikemukakan seperti berikut.

#### **A. Lokasi Penelitian**

Penelitian ini melakukan pengukuran sampel batuan Kawasan Karst Maros Pangkep dan membagi atas 6 (enam) lokasi, yakni : (1) Leang Lonrong, (2) Sumpang Bitu, (3) Taman Batu Rammang-Rammang, (4) Taman Batu Leang-Leang, (5) TP Leang-Leang, dan (6) Kawasan Bantimurung.

#### **B. Waktu Penelitian**

Kegiatan penelitian dilaksanakan selama 7 (tujuh) bulan mulai dari perencanaan (penyusunan proposal), pelaksanaan penelitian, dan pembuatan laporan, yakni bulan April sampai Oktober 2022.

#### **C. Pengumpulan Data**

Penelitian dilakukan dalam dua tahap utama, yakni pengukuran di lapangan, analisis di laboratorium, dan analisis data.

##### **a. Pengukuran Lapangan**

Pengukuran lapangan meliputi desain peta lintasan, pengamatan geometri lereng, deskripsi batuan penyusun lereng, pengambilan sampel batuan representatif, dan survey *scanline* (dilakukan oleh **Husain. Mardianti**, dan **Sri Refiani**). Pengukuran kuat tekan dan jumlah pukulan (dilakukan oleh seluruh tim peneliti **Muhammad Arsyad, Helmi, Husain, Mardianti dan Sri Refiani**) secara bergantian. Uji ini menggunakan alat uji kuat tekan *Schmidt Hammer Test*. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan langkah-langkah seperti berikut.

1. Alat *Schmidt Hammer* dipegang dengan kuat dan tegap.
2. Memposisikan palu tegak lurus dengan permukaan media yang akan diuji.
3. Tekan alat secara perlahan menghadap ke arah permukaan medan uji sampai palu menumbuk hulu palu.
4. Setelah menumbuk, tahan tekanan dan jika perlu kunci hulu pada posisinya, dengan cara menekan tombol pada bagian sisi.

5. Lihat angka hasil pengujian yang tertera di alat dan catat.
6. Lakukan 10 titik bacaan pada setiap daerah pengujian dengan jarak masing-masing titik bacaan tidak boleh kecil dari 25 mm.
7. Selalu cek permukaan media pengujian, jika benturan palu menghancurkan batuan, sebab adanya rongga udara di dalamnya maka batalkan. Lakukan pengujian pada titik bacaan yang lainnya.

b. Analisis di Laboratorium

Analisis di laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Fisika Bumi Jurusan Fisika FMIPA UNM Makassar dengan menggunakan computer. Analisis ini dilakukan untuk melakukan kesesuaian antara hasil pengukuran *Hammer test* di lapangan dengan faktor koreksi yang diperkenankan sesuai dengan faktor koreksi yang dijelaskan di Analisis data.

c. Analisis data

Langkah-langkah yang dilakukan dalam perhitungan Kuat Tekan Uniaksial adalah sebagai berikut:

- a) Mengkalibrasi alat *Hammer test*, alat dipukulkan pada alat kalibrasi (*Anvil*). Lakukan minimal 10 kali pengambilan data dan catat *rebound number* setiap kali pukulan (ASTM C – 805).

Misalnya: Hasil pengujian rata-rata kalibrasi *anvil* = 80,05

Kalibrasi alat = 80

- b) Angka kalibrasi diperoleh dengan cara sebagai berikut :

$$Ak = \frac{80}{R} \quad (3.5)$$

di mana :

*Ak* = Angka kalibrasi *Hammer*

80 = Nilai pantulan standar *Hammer* yang digunakan

*R* = Rata-rata nilai pantulan *Hammer* pada *Anvil*

- c) Koreksi hasil pukulan

Koreksi alat yang diperkenankan sesuai dengan Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Koreksi Sudut Pukulan *Rebound Hammer*

Nilai rata-rata pukulan	Koreksi Sudut Pukulan			
	Arah Atas		Arah Bawah	
	90	45	-45	-90
	1	2	3	4
10			2,4	3,2
20	-5,4	-3,5	2,5	3,4
30	-4,7	-3,1	2,3	3,1
40	-3,9	-2,6	2	2,7
50	-3,1	-2,1	1,6	2,2
60	-2,3	-1,6	1,3	1,7

(Sumber : *Schmidt Concrete Test Hammer*, 1954)

Untuk  $\alpha = 0^\circ$  tidak ada koreksi sudut

Untuk  $\alpha = -90^\circ$  vertikal arah ke bawah maka dapat dikoreksi pada Tabel 3.1.

Dengan cara:

Contoh, data terbaca= 29,25

$$20 = +3,4 \text{ (untuk } \alpha = -90^\circ \text{)}$$

$$30 = +3,1$$

$$\text{Selisih} = (+3,4 - 3,1) / 10 = 0,03 \times 29,25 = 0,28$$

$$\text{Koreksi} = 29,25 + (3,4 - 0,28) = 32,2$$

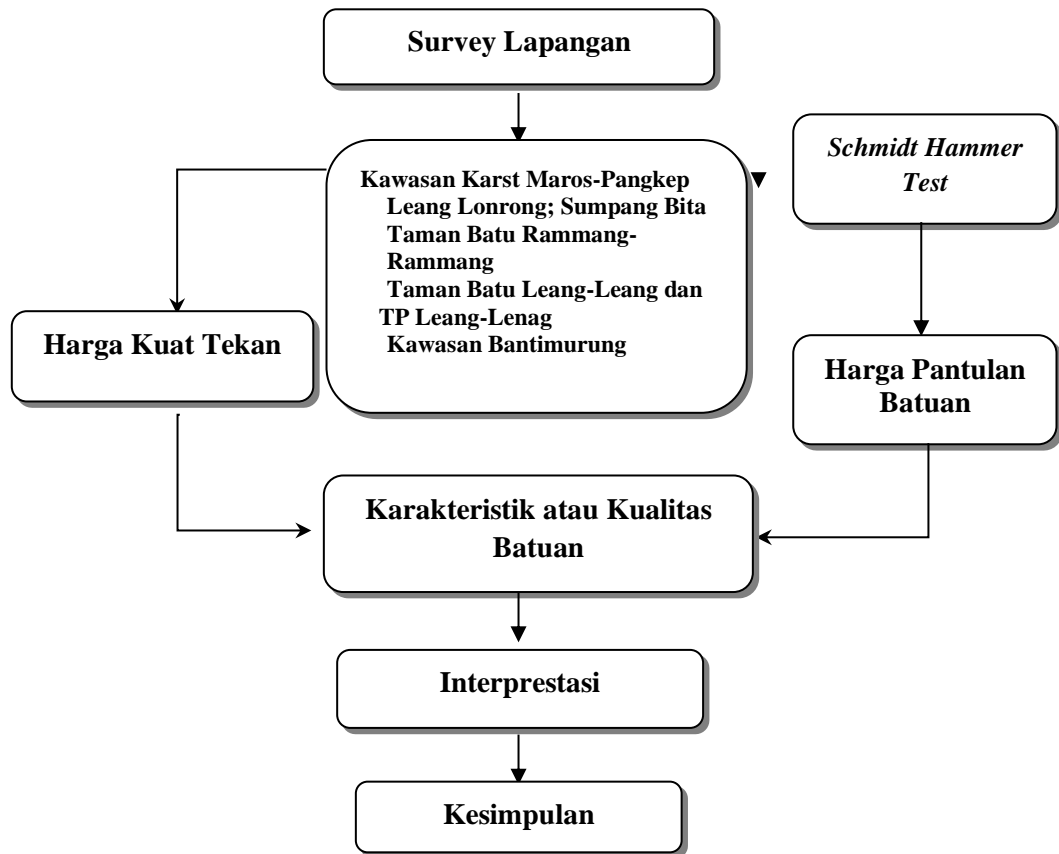
d) Mengestimasi nilai kuat tekan berdasarkan rumus dibawah :

$$\text{UCS} = 2,208e^{0,067R} \quad (3.6)$$



#### D. Diagram Alir Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dijelaskan seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

### A. Hasil Penelitian

Bab ini merupakan bab berisi tentang hasil dan pembahasan penelitian yang dilakukan. Hasil penelitian merupakan jawaban dari rumusan masalah yang dikemukakan pada bab sebelumnya. Pembahasan dilakukan untuk memberikan elaborasi terhadap hasil penelitian yang berturut-turut dikemukakan seperti berikut,

#### 1. Angka Pantulan (R) Batuan pada Setiap Lokasi di Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung

Tabel 4.1 menunjukkan besar harga pantulan (R) di Taman Batu Leang-Leang yang dikemukakan seperti berikut.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran *Hammer Test* Taman Batu Leang-Leang

No. Titik	Koordinat Titik		Sudu t	Angka Pantulan (R)										R Rata-rata
	Longitude	Latitude		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	119°39'49.5	4°58'19.5	-90	5	5	6	5	5	5	5	6	5	5	56,10
	"	"		3	9	0	3	5	5	8	0	2	6	
2	119°39'49.2	4°58'19.6	-90	5	5	-	5	5	5	5	5	5	5	53,22
	"	"		6	3		0	2	2	5	3	2	6	
3	119°39'48.9	4°58'20.0	-90	5	6	5	6	5	5	5	5	5	5	55,40
	"	"		1	0	3	0	5	6	3	7	5	4	
4	119°39'49.1	4°58'20.2	0	-	-	5	4	5	5	4	5	5	5	50,75
	"	"				0	6	1	1	8	4	3	3	
5	119°39'49.9	4°58'19.4	-90	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5	55,50
	"	"		6	5	6	4	5	0	8	2	4	5	
6	119°39'51.5	4°58'19.3	0	4	4	4	-	5	4	4	5	4	4	48,11
	"	"		9	8	5		2	9	5	3	5	7	
7	119°39'51.9	4°58'19.6	0	4	3	3	4	4	4	4	-	3	4	42,33
	"	"		2	9	8	8	3	0	7		9	5	
8	119°39'51.7	4°58'19.3	0	-	4	4	4	4	4	5	4	-	4	48,88
	"	"			8	9	9	8	8	3	8		8	
9	119°39'51.9	4°58'18.9	0	4	4	4	5	4	4	5	-	5	5	51,22
	"	"		8	8	9	6	9	9	2		4	6	
10	119°39'51.7	4°58'18.7	0	5	5	5	5	4	-	5	-	5	5	53,50
	"	"		5	5	3	5	9		3		5	3	

Tabel 4.1 menunjukkan, bahwa pengambilan data dilakukan pada jarak sekitar 200 m, dengan rata-rata pantulan berada pada selang 42,33-55,50 jumlah pantulan. Rata-rata pantulan terendah pada 42,3, dan terendah berada pada titik koordinat ketujuh dan tertinggi sekitar 55,50 berada pada titik koordinat ketiga. Pada titik koordinat keempat dan kedelapan untuk pengambilan data pertama tidak terjadi pantulan, bahkan pada titik keempat sampai pada pengambilan data kedua.

Tabel 4.2 menunjukkan besar harga pantulan (R) di Leang Londrong yang dikemukakan seperti berikut.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran *Hammer Test* Leang Londrong

No. Titik	Koordinat Titik		Sudut	Angka Pantulan (R)										R Rata-rata
	Longitude	Latitude		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	119°38'03.1 "	4°51'43.3 "	0	5 1	5 1	4 6	4 4	45	4 2	4 8	-	4 8	4 3	46,4 4
2	119°38'03.8 "	4°51'46.4 "	0	-	4 5	4 6	4 7	47	4 5	4 0	4 2	4 7	4 1	44,4 4
3	119°38'03.8 "	4°51'46.4 "	0	-	4 8	5 0	5 3	45,5	4 8	4 7	5 0	4 4	4 9	48,2 8
4	119°38'03.5 "	4°51'43.5 "	0	4 4	4 3	4 6	-	47	4 5	4 8	4 1	5 1	4 9	46,0 0
5	119°38'02.2 "	4°51'44.8 "	- 90	5 1	4 7	5 2	4 7	46	4 8	-	4 8	-	4 5	48,0 0
6	119°38'0.1.6 "	4°51'47.0 "	0	4 5	5 0	5 3	4 9	50	4 5	5 1	5 2	-	5 3	49,7 8
7	119°38'02.5 "	4°51'46.3 "	0	-	5 1	-	4 9	51	5 2	5 0	4 9	4 5	5 3	50,0 0
8	119°38'00.8 "	4°51'46.7 "	0	4 5	5 0	4 6	4 5	47	5 0	4 9	-	5 0	4 6	47,5 6
9	119°37'59.7 "	4°51'45.6 "	0	4 6	-	4 0	4 1	46	4 0	4 5	4 6	4 9	4 2	43,8 9

Tabel 4.2 menunjukkan, bahwa pengambilan data dilakukan pada jarak sekitar 300 m, dengan rata-rata pantulan berada pada selang 43,89-50,00 jumlah pantulan. Rata-rata pantulan terendah pada 42,33 berada pada titik koordinat titik kesembilan dan tertinggi sekitar 50,00 MPa berada pada koordinat titik ketujuh.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran *Hammer Test* Sumpang Bitu

No. Titik	Koordinat Titik		Sudut	Angka Pantulan (R)										R Rata-rata
	Longitude	Latitude		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	119°38'47.5 "	4°54'51.0 "	0	4 5	4 8	4 5	-	4 8	4 7	-	5 1	5 0	4 8	47,75
2	119°38'47.7 "	4°54'51.5 "	0	2 2	2 2	1 9	2 8	2 5	2 6	2 5	-	2 2	2 2	23,44
3	119°38'47.2 "	4°54'51.7 "	0	4 7	4 7	-	4 6	4 8	5 0	5 1	5 2	-	4 8	48,63
4	119°38'46.6 "	4°54'52.3 "	0	4 7	4 4	4 9	4 5	4 7	4 6	4 9	5 0	5 0	5 3	48,00
5	119°38'46.4 "	4°54'53.0 "	0	-	4 2	4 6	4 7	3 9	4 0	4 7	4 2	4 4	3 9	42,89
6	119°38'46.3 "	4°54'53.6 "	0	4 4	4 3	4 2	3 9	4 6	-	3 9	4 2	-	3 9	41,75
7	119°38'46.2 "	4°54'54.4 "	0	-	3 6	-	3 6	3 9	3 9	3 7	3 7	3 6	4 3	37,88
8	119°38'45.8 "	4°54'55.2 "	0	3 9	4 2	4 4	4 0	4 2	4 6	4 0	3 8	-	4 1	41,33
9	119°38'46.6 "	4°54'56.0 "	0	3 6	3 6	3 6	3 6	3 0	3 8	3 4	3 2	3 6	3 6	35,00
10	119°38'47.4 "	4°54'54.6 "	0	4 6	4 7	4 0	4 0	4 2	4 2	4 2	4 5	-	4 8	43,56

Pada titik koordinat kedua, ketiga dan ketujuh untuk pengambilan data pertama tidak terjadi pantulan, bahkan pada setiap titik terdapat pengukuran yang tidak tercatat jumlah pantulan.

Tabel 4.3 menunjukkan besar harga pantulan (R) di Sumpang Bitu seperti yang dikemukakan di atas. Tabel 4.3 menunjukkan, bahwa pengambilan data dilakukan pada jarak sekitar 200 meter, dengan rata-rata pantulan berada pada selang 23,33-48,63 jumlah pantulan. Rata-rata pantulan terendah pada 23,33 berada pada koordinat titik kedua dan tertinggi sekitar 48,63 berada pada titik koordinat titik ketiga. Pada titik koordinat kelima dan ketujuh untuk pengambilan data pertama tidak terjadi pantulan.

Tabel 4.4 menunjukkan besar harga pantulan (R) di Taman Batu Rammang-Rammang seperti berikut.

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran *Hammer Test* Taman Batu Rammang-Rammang

No. Titik	Koordinat Titik		Sudu t	Angka Pantulan (R)										R Rata-rata
	Longitude	Latitude		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	119°35'52.9 "	4°55'32.1 "	0	4 8	4 6	4 5	- 9	4 2	5 2	52	- 6	4 6	4 6	48,00
2	119°35'52.7 "	4°55'31.6 "	0	-	5 5	5 8	5 2	5 3	5 3	52	4 9	5 8	4 9	53,22
3	119°35'52.8 "	4°55'31.6 "	0	3 8	-	4 1	3 6	4 3	4 0	38	4 5	4 2	4 0	40,33
4	119°35'53.0 "	4°55'31.5 "	0	5 2	5 6	6 0	5 5	5 9	5 2	-	5 3	5 0	5 8	55,00
5	119°35'54.0 "	4°55'31.5 "	-90	-	5 8	5 8	5 5	5 6	5 6	-	5 9	5 3	5 0	56,88
6	119°35'54.1 "	4°55'31.1 "	0	5 1	4 8	5 6	4 8	5 2	5 4	56	5 4	5 6	5 0	52,50
7	119°35'54.1 "	4°55'30.9 "	-90	5 6	5 6	5 4	5 2	4 9	5 3	58	5 7	5 3	5 0	53,80
8	119°35'54.2 "	4°55'30.7 "	0	5 3	4 9	4 9	5 2	5 4	5 3	52	- 9	4 7	5 7	52,00
9	119°35'54.8 "	4°55'30.6 "	-90	5 5	5 4	6 2	6 3	5 6	5 6	59	5 9	5 7	6 3	58,40
10	119°35'54.6 "	4°55'31.1 "	0	4 0	4 7	4 8	4 2	4 9	4 3	44, 0	4 0	4 3	4 3	43,90

Tabel 4.4 menunjukkan, bahwa pengambilan data dilakukan pada jarak sekitar 200 meter, dengan rata-rata pantulan berada pada selang 40,33-58,40 jumlah pantulan. Rata-rata pantulan terendah pada 40,33 berada pada titik koordinat ketiga. Sedangkan tertinggi sekitar 58,40, berada pada titik koordinat kesembilan. Pada titik koordinat kedua dan kelima untuk pengambilan data pertama tidak terjadi pantulan.

Tabel 4.5 menunjukkan besar harga pantulan (R) di Taman Leang-Leang seperti yang dikemukakan seperti berikut.

Tabel 4.5. Hasil Pengukuran Hammer Test Taman Leang-Leang

No. Titik	Koordinat Titik		Sudu t	Angka Pantulan (R)										R Rata-rata
	Longitude	Latitude		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	119°40'29.5 "	4°58'41.4 "	0	4 6	4 6	-	3 8	3 9	4 2	4 2	3 9	4 3	4 2	41,89
2	119°40'30.0 "	4°58'41.0 "	0	4 8	-	5 2	-	5 1	4 9	4 5	5 0	4 4	4 4	47,88
3	119°40'30.4 "	4°58'41.1 "	-45	-	4 7	4 4	4 3	4 5	4 6	4 6	-	4 9	4 1	45,13
4	119°40'31.3 "	4°58'40.0 "	0	3 8	4 7	4 0	3 9	3 -	4 0	4 6	4 4	4 6	3 9	42,11
5	119°40'32.6 "	4°58'39.7 "	0	3 4	3 8	3 2	3 3	3 9	4 0	4 1	-	3 3	-	36,25
6	119°40'33.7 "	4°58'39.1 "	0	4 1	4 0	3 6	3 5	4 0	-	3 9	3 4	3 4	3 2	36,78
7	119°40'34.1 "	4°58'44.2 "	0	-	4 0	4 2	4 2	3 8	3 8	4 6	3 9	3 9	-	40,50
8	119°40'34.4 "	4°58'43.3 "	0	-	4 6	4 0	4 0	4 2	4 6	4 8	4 2	4 6	-	43,75
9	119°40'33.1 "	4°58'43.0 "	0	4 4	3 9	4 3	4 2	3 8	4 3	4 6	4 8	4 5	4 2	43,00

Tabel 4.5 menunjukkan, bahwa pengambilan data dilakukan pada jarak sekitar 200 meter, dengan rata-rata pantulan berada pada selang 36,25-47,88 jumlah pantulan. Rata-rata pantulan terendah pada 36,25 berada pada titik koordinat kelima dan tertinggi sekitar 47,88 berada pada titik koordinat kedua. Pada titik koordinat ketiga, ketujuh dan kedelapan untuk pengambilan data pertama tidak terjadi pantulan.

Tabel 4.6 menunjukkan besar harga pantulan (R) di Taman Nasional Bantimurung seperti dikemukakan berikut. Tabel 4.6 menunjukkan, bahwa pengambilan data dilakukan pada jarak sekitar 200 meter, dengan rata-rata pantulan berada pada selang 34,22-46,40 jumlah pantulan. Rata-rata pantulan terendah berada pada berada pada titik koordinat titik ketujuh dan tertinggi sekitar 46,40 berada pada titik koordinat kedelapan. Hanya pada titik koordinat kesembilan pengambilan data pertama tidak terjadi pantulan.

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Hammer Test Taman Nasional Bantimurung

No. Titik	Koordinat Titik		Sudut	Angka Pantulan (R)										R Rata-rata
	Longitude	Latitude		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	119°41'22.6	5°00'40.8	-45	4	4	-	4	4	-	4	3	3	3	40,25
	"	"		0	2		0	5		1	8	8	8	
2	119°41'16.2	5°00'47.2	0	3	3	-	3	4	3		4	4	3	40,38
	"	"		9	9		8	2	8		4	4	9	
3	119°41'15.8	5°00'49.2	0	4	4	3	3	3	3	4	3	4	3	39,20
	"	"		0	2	8	7	8	9	3	5	4	6	
4	119°41'16.4	5°00'50.0	0	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3	36,80
	"	"		7	7	1	7	3	4	3	0	0	6	
5	119°41'16.1	5°00'50.9	0	4	4	4	-	4	4	3	-	4	4	41,50
	"	"		1	3	3		5	0	8		0	2	
6	119°41'15.5	5°00'51.4	0	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	38,80
	"	"		0	9	8	8	6	8	9	0	0	0	
7	119°41'21.1	5°00'53.8	0	3	3	3	3	3	3	3	3	-	3	34,22
	"	"		8	7	0	0	3	8	7	2		3	
8	119°41'12.1	5°00'54.9	-90	4	4	5	4	5	4	5	4	4	4	46,40
	"	"		4	6	0	9	0	2	0	2	2	9	
9	119°41'10.8	5°00'55.8	0	-	4	3	4	4	4	4	4	4	4	43,11
	"	"			3	9	1	2	1	4	5	6	7	
10	119°41'10.4	5°00'56.6	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	45,40
	"	"		5	6	2	8	8	3	2	6	8	6	

## 2. Harga Kuat Tekan Batuan pada Setiap Lokasi di Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung

Kuat tekan batuan diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan alat *Schmidt-Hammer* pada setiap lokasi yang berturut-turut dikemukakan seperti berikut.

### a. Kawasan Gua Leang Lonrong

Kuat tekan batuan di Kawasan Gua Leang Lonrong diperlihatkan seperti Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan Uniaksial (UCS) di Kawasan Gua Leang Londrong

Lokasi	Sampel Batuan	Jumlah Pantulan (R)	Kuat Tekan Uniaksial (UCS) (MPa)
Leang Londrong	1	46,44	49,59
	2	44,44	43,37
	3	48,28	56,08
	4	46,00	48,14
	5	48,00	56,16
	6	49,78	62,00
	7	50,00	62,93
	8	47,56	53,43
	9	43,89	41,79

Tabel 4.7 memperlihatkan bahwa kuat tekan *uniaxial* (UCS) berbanding lurus dengan jumlah pantulan (R). Jumlah pantulan terendah berada pada titik pengukuran kesembilan sebesar 43,89 dan terbesar pada titik pengukuran ketujuh sebesar 50,00. Hasil pengukuran jumlah pantulan (R) berada pada selang 43,89-50,00. Kuat tekan *uniaxial* (UCS) terbesar berada pada koordinat ketujuh, yakni 62,93 MPa dan terendah pada koordinat kesembilan, yakni 41,79 MPa. Hasil pengukuran berada pada selang 41,79-62,93 MPa.

Selanjutnya Kuat tekan batuan di Sumpang Bitu diperlihatkan seperti Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan Uniaksial (UCS) di Sumpang Bitu

Lokasi	Sampel Batuan	Jumlah Pantulan (R)	Kuat Tekan Uniaksial (UCS) (MPa)
Sumpang Bitu	1	47,75	54,13
	2	23,44	10,62
	3	48,63	57,40
	4	48,00	55,04
	5	42,89	39,08
	6	41,75	36,21
	7	37,88	27,93
	8	41,33	35,21
	9	35,00	23,04
	10	43,56	40,87

Tabel 4.8 memperlihatkan bahwa kuat tekan *uniaxial* (UCS) berbanding lurus dengan jumlah pantulan (R). Jumlah pantulan terendah berada pada titik pengukuran kedua sebesar 23,44 dan terbesar pada titik pengukuran ketiga sebesar 48,63. Hasil pengukuran jumlah pantulan (R) berada pada selang 23,44-48,63. Kuat tekan *uniaxial* (UCS) terbesar berada pada koordinat ketiga, yakni 57,40 MPa dan terendah pada koordinat kedua, yakni 10,62 MPa. Hasil pengukuran berada pada selang 10,62-57,40 MPa.

Kuat tekan batuan di Kawasan Rammang-Rammang diperlihatkan seperti Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan Uniaksial (UCS)  
di Kawasan Rammang-Rammang

Lokasi	Sampel Batuan	Jumlah Pantulan (R)	Kuat Tekan Uniaksial (UCS) (MPa)
Taman Batu Rammang-Rammang	1	48,00	55,04
	2	53,22	78,10
	3	40,33	32,93
	4	55,00	87,98
	5	56,88	95,54
	6	52,50	74,41
	7	53,80	78,56
	8	52,00	71,96
	9	58,40	105,28
	10	43,90	41,82

Tabel 4.9 memperlihatkan bahwa kuat tekan *uniaxial* (UCS) berbanding lurus dengan jumlah pantulan (R). Jumlah pantulan terendah berada pada titik pengukuran ketiga sebesar 40,33 dan terbesar pada titik pengukuran kesembilan sebesar 50,00. Hasil pengukuran jumlah pantulan (R) berada pada selang 43,89-58,40 Kuat tekan *uniaxial* (UCS) terbesar berada pada koordinat kesembilan, yakni 105,28 MPa dan terendah pada koordinat ketiga, yakni 32,93 MPa. Hasil pengukuran berada pada selang 32,93-105,28 MPa.

Kuat tekan batuan di Kawasan Gua Leang Lonrong diperlihatkan seperti Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan Uniaksial (UCS)  
di Taman Batu Leang-Leang

Lokasi	Sampel Batuan	Jumlah Pantulan (R)	Kuat Tekan Uniaksial (UCS) (MPa)
Taman Batu Leang-Leang	1	56,10	90,94
	2	53,22	75,72
	3	55,40	86,98
	4	50,75	66,18
	5	55,50	87,54
	6	48,11	55,45
	7	42,33	37,65
	8	48,88	58,36
	9	51,22	68,30
	10	53,50	79,57



Tabel 4.10 memperlihatkan bahwa kuat tekan *uniaxial* (UCS) berbanding lurus dengan jumlah pantulan (R). Jumlah pantulan terendah berada pada titik pengukuran ketujuh sebesar 42,33 dan terbesar pada titik pengukuran kesatu sebesar 56,10. Hasil pengukuran jumlah pantulan (R) berada pada selang 42,33-56,10. Kuat tekan *uniaxial* (UCS) terbesar berada pada koordinat kesatu, yakni 90,94 MPa dan terendah pada koordinat ketujuh, yakni 37,65 MPa. Hasil pengukuran berada pada selang 37,65-90,94 MPa.

Kuat tekan batuan di Leang-Leang diperlihatkan seperti Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan Uniaksial (UCS) di Leang-Leang

Lokasi	Sampel Batuan	Jumlah Pantulan (R)	Kuat Tekan <i>Uniaksial</i> (UCS) (MPa)
Taman Leang Leang	1	41,89	36,55
	2	47,88	54,58
	3	45,13	45,99
	4	42,11	37,10
	5	36,25	25,05
	6	36,78	25,95
	7	40,50	33,30
	8	43,75	41,40
	9	43,00	39,37

Tabel 4.11 memperlihatkan bahwa kuat tekan *uniaxial* (UCS) berbanding lurus dengan jumlah pantulan (R). Jumlah pantulan terendah berada pada titik pengukuran kelima sebesar 36,25 dan terbesar pada titik pengukuran kedua sebesar 47,88. Hasil pengukuran jumlah pantulan (R) berada pada selang 36,25-47,88. Kuat tekan *uniaxial* (UCS) terbesar berada pada koordinat kedua, yakni 54,58 MPa dan terendah pada koordinat kelima, yakni 25,95 MPa. Hasil pengukuran berada pada selang 25,95-54,58 MPa.

Kuat tekan batuan di Bantimurung diperlihatkan seperti Tabel 4.12. Tabel 4.12 memperlihatkan bahwa kuat tekan *uniaxial* (UCS) berbanding lurus dengan jumlah pantulan (R). Jumlah pantulan terendah berada pada titik pengukuran ketujuh sebesar 34,22 dan terbesar pada titik pengukuran kedelapan sebesar 46,40. Hasil pengukuran jumlah pantulan (R) berada pada selang 34,22-46,40. Kuat tekan

*uniaxial* (UCS) terbesar berada pada koordinat kedelapan, yakni 50,72 MPa dan terendah pada koordinat ketujuh, yakni 21,87 MPa. Hasil pengukuran berada pada selang 21,87-50,72 MPa.

Tabel 4.12 Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan Uniaksial (UCS) di Bantimurung

Lokasi	Sampel Batuan	Jumlah Pantulan (R)	Kuat Tekan <i>Uniaksial</i> (UCS) (MPa)
Taman Nasional Bantimurung	1	40,25	33,61
	2	40,38	33,02
	3	39,20	30,52
	4	36,80	25,99
	5	41,50	35,61
	6	38,80	29,72
	7	34,22	21,87
	8	46,40	50,72
	9	43,11	39,67
	10	45,40	46,24

Selanjutnya, dari Tabel 4.7 sampai Tabel 4.8 dilakukan rekapitulasi perhitungan jumlah pantulan untuk Kawasan Karst Pangkep. Ini dilakukan, untuk memudahkan pembaca memperoleh informasi pada setiap lokasi pengukuran. Lokasi pengukuran berada pada satu kawasan dengan ketersediaan batu yang terus tumbuh dan berkembang sejak zaman *miosen* tengah sampai sekarang. Proses ini berkaitan dengan aktivitas geologi yang terjadi, aktivitas manusia di sekitar kawasan, termasuk penggunaan lahan dan perubahan tata guna lahan. Hasil pengukuran tersebut diperlihatkan seperti pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 memperlihatkan bahwa kuat tekan *uniaxial* (UCS) berbanding lurus dengan jumlah pantulan (R). Kuat tekan *uniaxial* (UCS) terbesar berada pada koordinat ketujuh, yakni 62,93 MPa di daerah Leang Lonrong dan terendah pada koordinat kedua, yakni 10,62 MPa di daerah Sumpang Bitu. Hasil pengukuran berada pada selang 10,62-62,93 MPa.

Tabel 4.13 Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan *Uniaksial* (UCS) di Kawasan Karst Pangkep

<b>Lokasi</b>	<b>Sampel Batuan</b>	<b>Jumlah Pantulan (R)</b>	<b>Kuat Tekan <i>Uniaksial</i> (UCS) (MPa)</b>
Leang-Lonrong	1	46,44	49,59
	2	44,44	43,37
	3	48,28	56,08
	4	46,00	48,14
	5	48,00	56,16
	6	49,78	62,00
	7	50,00	62,93
	8	47,56	53,43
	9	43,89	41,79
Sumpang Bitu	1	47,75	54,13
	2	23,44	10,62
	3	48,63	57,40
	4	48,00	55,04
	5	42,89	39,08
	6	41,75	36,21
	7	37,88	27,93
	8	41,33	35,21
	9	35,00	23,04
	10	43,56	40,87

Selanjutnya, dari Tabel 4.9 sampai Tabel 4.12 dilakukan rekapitulasi perhitungan jumlah pantulan untuk Kawasan Karst Maros. Lokasi pengukuran berada pada satu kawasan dengan ketersediaan batu yang terus tumbuh dan berkembang sejak zaman *miosen* tengah sampai sekarang. Proses ini berkaitan dengan aktivitas geologi yang terjadi, aktivitas manusia di sekitar kawasan, termasuk penggunaan kawasan sebagai destinasi wisata, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 memperlihatkan bahwa kuat tekan *uniaxial* (UCS) berbanding lurus dengan jumlah pantulan (R). Kuat tekan *uniaxial* (UCS) terbesar berada pada koordinat kesembilan, yakni 105,28 MPa di daerah Taman Batu Rammang-Rammang dan terendah pada koordinat kelima, yakni 25,05 MPa di daerah Leang-Leang. Hasil pengukuran berada pada selang 25,05-105,28 MPa.

Tabel 4.14 Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan *Uniaksial* (UCS) di Kawasan Karst Maros

<b>Lokasi</b>	<b>Sampel Batuan</b>	<b>Jumlah Pantulan (R)</b>	<b>Kuat Tekan <i>Uniaksial</i> (UCS) (MPa)</b>
Taman Batu Rammang-Rammang	1	48,00	55,04
	2	53,22	78,10
	3	40,33	32,93
	4	55,00	87,98
	5	56,88	95,54
	6	52,50	74,41
	7	53,80	78,56
	8	52,00	71,96
	9	58,40	105,28
	10	43,90	41,82
Taman Batu Leang-Leang	1	56,10	90,94
	2	53,22	75,72
	3	55,40	86,98
	4	50,75	66,18
	5	55,50	87,54
	6	48,11	55,45
	7	42,33	37,65
	8	48,88	58,36
	9	51,22	68,30
	10	53,50	79,57
Taman Leang Leang	1	41,89	36,55
	2	47,88	54,58
	3	45,13	45,99
	4	42,11	37,10
	5	36,25	25,05
	6	36,78	25,95
	7	40,50	33,30
	8	43,75	41,40
	9	43,00	39,37
Taman Nasional Bantimurung	1	40,25	33,61
	2	40,38	33,02
	3	39,20	30,52
	4	36,80	25,99
	5	41,50	35,61
	6	38,80	29,72
	7	34,22	21,87
	8	46,40	50,72

Lanjutan Tabel 4.14 Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan *Uniaksial* (UCS) di Kawasan Karst Maros

	9	43,11	39,67
	10	45,40	46,24

Selanjutnya, Hasil pengukuran di Kawasan Karst Maros Pangkep ditunjukkan seperti Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan *Uniaksial* (UCS) di Kawasan Karst Maros Pangkep

Lokasi	Sampel Batuan	Jumlah Pantulan (R)	Kuat Tekan <i>Uniaksial</i> (UCS) (MPa)
Leang Londrong	1	46,44	49,59
	2	44,44	43,37
	3	48,28	56,08
	4	46,00	48,14
	5	48,00	56,16
	6	49,78	62,00
	7	50,00	62,93
	8	47,56	53,43
	9	43,89	41,79
Sumpang Bitu	1	47,75	54,13
	2	23,44	10,62
	3	48,63	57,40
	4	48,00	55,04
	5	42,89	39,08
	6	41,75	36,21
	7	37,88	27,93
	8	41,33	35,21
	9	35,00	23,04
	10	43,56	40,87
Taman Batu Rammang-Rammang	1	48,00	55,04
	2	53,22	78,10
	3	40,33	32,93
	4	55,00	87,98
	5	56,88	95,54
	6	52,50	74,41
	7	53,80	78,56
	8	52,00	71,96
	9	58,40	105,28

Lanjutan Tabel 4.15 Jumlah Pantulan (R) dan Kuat Tekan *Uniaksial* (UCS) di Kawasan Karst Maros Pangkep

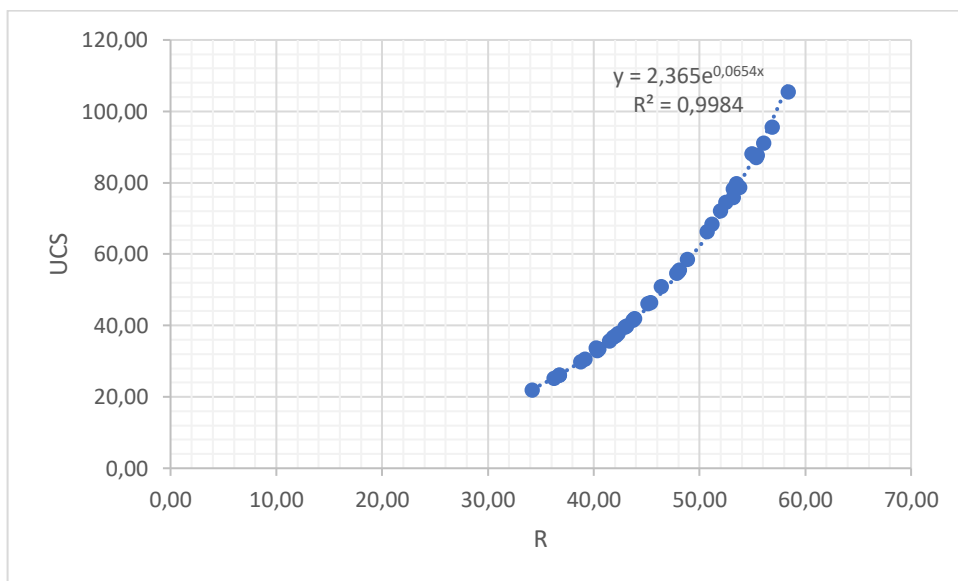
	10	43,90	41,82
Taman Batu Leang-Leang	1	56,10	90,94
	2	53,22	75,72
	3	55,40	86,98
	4	50,75	66,18
	5	55,50	87,54
	6	48,11	55,45
	7	42,33	37,65
	8	48,88	58,36
	9	51,22	68,30
	10	53,50	79,57
Taman Leang Leang	1	41,89	36,55
	2	47,88	54,58
	3	45,13	45,99
	4	42,11	37,10
	5	36,25	25,05
	6	36,78	25,95
	7	40,50	33,30
	8	43,75	41,40
	9	43,00	39,37
Taman Nasional Bantimurung	1	40,25	33,61
	2	40,38	33,02
	3	39,20	30,52
	4	36,80	25,99
	5	41,50	35,61
	6	38,80	29,72
	7	34,22	21,87
	8	46,40	50,72
	9	43,11	39,67
	10	45,40	46,24

Tabel 4.15 memperlihatkan bahwa kuat tekan *uniaxial* (UCS) berbanding lurus dengan jumlah pantulan (R). Kuat tekan *uniaxial* (UCS) terbesar berada pada angka 105,28 MPa di daerah Rammang-Rammang Kawasan Karst Maros dan terendah pada angka 10,62 MPa di daerah Sumpang Bitu Kawasan Karst Pangkep. Hasil pengukuran berada pada selang 10,62-105,28 MPa.

### 3. Karakteristik Batuan di Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung

Kawasan Karst Maros-Pangkep mempunyai keunikan, baik yang berada pada lapisan epikarst maupun lapisan endokarst/ Keunikan ini disebabkan karena adanya struktur batuan yang berbeda dengan kawasan non karst. Karakteristik batuan tersebut dikemukakan berturut-turut seperti berikut.

Gambar 4.1 memperlihatkan karakteristik batuan di Kawasan Karst Maros seperti berikut.



Gambar 4.1 Karakteristik Batuan di Kawasan Karst Maros

Gambar 4.1 menunjukkan, bahwa kuat tekan *uniaxial* (UCS) berada pada rentang antara 20,00 MPa - 100,20 MPa pada  $R^2=0,9991$  dengan jumlah pukulan (R ) mulai 30 - 60. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa batuan mempunyai kuat tekan *uniaxial* (UCS) yang bervariasi. Kuat tekan *uniaxial* (UCS) sehingga mempunyai hubungan dengan jumlah pantulan (R) seperti yang ditunjukkan oleh persamaan:

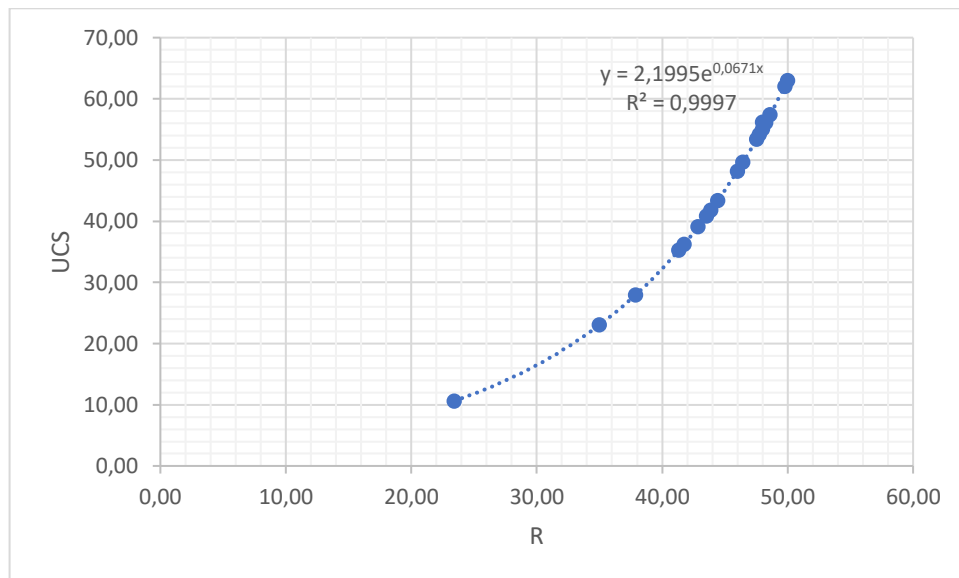
$$Y = 2,365 e^{0,065X} \quad (4.1)$$

Ungkapan pada persamaan (4-1) menunjukkan bahwa hubungan itu dalam bentuk eksponensial, artinya semakin banyak pengukuran yang dilakukan, maka kuat tekan *uniaxial* (UCS) semakin besar. Untuk memudahkan dalam perhitungan, maka dilakukan perhitungan dalam bentuk logaritma natural (ln atau log) seperti pada persamaan:

$$y(x) = 0,065 x + 0,811 \quad (4-2)$$

Artinya setiap kenaikan jumlah pukulan (x) satu satuan, maka kuat tekan *uniaxial* (UCS) bertambah 0,876 MPa.

Gambar 4.2 menunjukkan karakteristik batuan di Kawasan Karst Pangkep.



Gambar 4.2 Karakteristik Batuan di Kawasan Karst Pangkep

Gambar 4.2 menunjukkan, bahwa kuat tekan *uniaxial* (UCS) berada pada rentang antara 10,00 MPa - 65,00 MPa pada  $R^2=0,9999$  dengan jumlah pukulan (R) berada pada selang 20,00 – 50,00. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa batuan mempunyai kuat tekan *uniaxial* (UCS) yang bervariasi. Kuat tekan *uniaxial* (UCS)



sehingga mempunyai hubungan dengan jumlah pantulan (R) seperti yang ditunjukkan oleh persamaan:

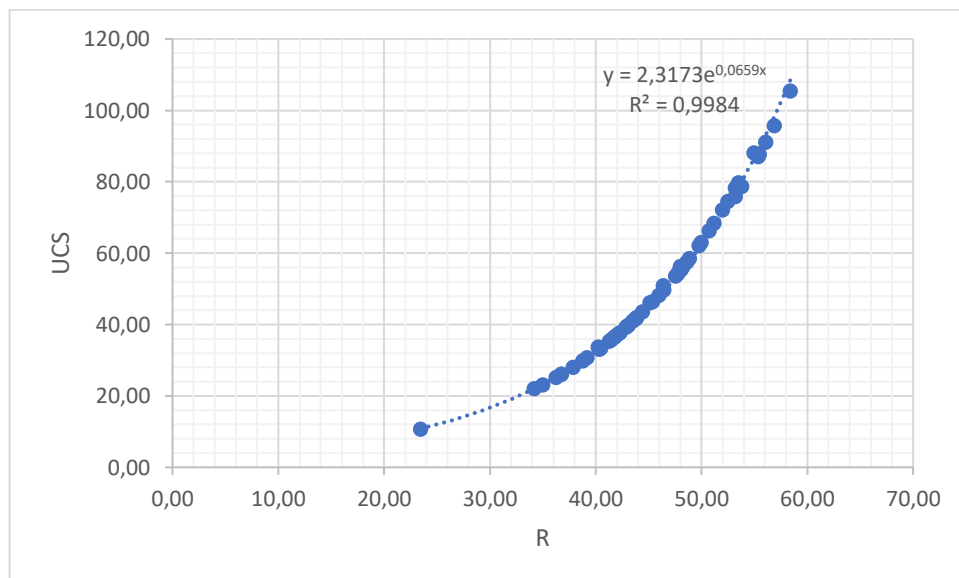
$$Y = 2,200 e^{0,067X} \quad (4.3)$$

Ungkapan pada persamaan (4-3) menunjukkan bahwa hubungan itu dalam bentuk eksponensial, artinya semakin banyak pengukuran yang dilakukan, maka kuat tekan *uniaxial* (UCS) semakin besar. Untuk memudahkan dalam perhitungan, maka dilakukan perhitungan dalam bentuk logaritma natural (ln atau log) seperti pada persamaan:

$$y(x) = 0,067 x + 0,855 \quad (4.4)$$

Artinya setiap kenaikan jumlah pukulan (x) satu satuan, maka kuat tekan *uniaxial* (UCS) bertambah 0,922 MPa.

Gambar 4.3 menunjukkan karakteristik batuan di Kawasan Karst Maros-Pangkep.



Gambar 4.3 Karakteristik Batuan di Kawasan Karst Maros Pangkep

Gambar 4.3 menunjukkan, bahwa kuat tekan *uniaxial* (UCS) berada pada rentang antara 10,00 MPa - 100,20 MPa dengan jumlah pukulan (R) berada pada selang 20,00 – 60,00 pada  $R^2=0,9992$ . Hasil pengukuran menunjukkan bahwa batuan mempunyai kuat tekan *uniaxial* (UCS) yang bervariasi. Kuat tekan *uniaxial* (UCS) sehingga mempunyai hubungan dengan jumlah pantulan (R) seperti yang ditunjukkan oleh persamaan:

$$Y = 2,365 e^{0,065X} \quad (4.5)$$

Ungkapan pada persamaan (4-5) menunjukkan bahwa hubungan itu dalam bentuk eksponensial, artinya semakin banyak pengukuran yang dilakukan, maka kuat tekan *uniaxial* (UCS) semakin besar. Untuk memudahkan dalam perhitungan, maka dilakukan perhitungan dalam bentuk logaritma natural (ln atau log) seperti pada persamaan:

$$y(x) = 0,065 x + 0,860 \quad (4-6)$$

Artinya setiap kenaikan jumlah pukulan (x) satu satuan, maka kuat tekan *uniaxial* (UCS) bertambah 0,925 MPa. Dari ungkapan persamaan (4-1) sampai persamaan (4-6), maka kualitas batuan dapat diklasifikasikan dalam tabel, seperti pada Tabel 4.16 berikut,

Tabel 4.16 menunjukkan, bahwa kualitas massa batuan di Kawasan Maros Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung didominasi oleh karakteristik batuan berupa batuan sedimen kompeten, beberapa batuan beku dengan bobot isi rendah berbutir kasar yang diselingi oleh batuan yang tersedimentasi, sehingga pada beberapa batuan yang rapuh, terutama dijumpai pada kawasan yang dijadikan sebagai destinasi wisata, seperti Sumpang Bitu di Pangkep dan Taman Leang-Leang dan Bantimurung di Kawasan Karst Maros.

Tabel 4.16 Kualitas Massa Batuan di Kawasan Karst Maros  
Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung

Lokasi	Kuat Tekan Uniaksial MPa	Schmidt Hammer N- Type, 'R'	Karakteristik Batuan	Deskripsi
Leang Lonrong	41,79-62,93	43,89-50,00	Batuan sedimen kompeten, beberapa batuan beku dengan bobot isi rendah berbutir kasar	Batuan yang cukup keras
Sumpang Bitu	10,62-57,40	23,44-48,63	Batuan sedimen tersedimentasi – lemah, skis	Batuan yang rapuh
Taman Batu Rammang-Rammang	32,93-105,28	43,89-58,40	Batuan sedimen kompeten, beberapa batuan beku dengan bobot isi rendah berbutir kasar	Batuan yang cukup keras
Taman Batu Leang-Leang	37,65-40,94	42,33-56,10	Batuan sedimen kompeten, beberapa batuan beku dengan bobot isi rendah berbutir kasar	Batuan yang cukup keras
Taman Leang-Leang	25,95-54,58	36,25-47,88	Batuan sedimen tersedimentasi – lemah, skis	Batuan yang rapuh
Bantimurung	25,87-50,72	34,22-46,40	Batuan sedimen tersedimentasi – lemah, skis	Batuan yang rapuh

Sumber: Adaptasi dari Selby, 1993: Saptono 2012

### C. Pembahasan Penelitian

Kawasan karst di Indonesia meliputi Aceh sampai dengan Papua. Kawasan ini sangat rentan dengan tekanan dari luar karena struktur medium yang berbeda dengan kawasan non karst. Kawasan ini terdiri dari batu gamping yang terbentuk atas pelarutan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  rentan terhadap faktor curah hujan dan tekanan lainnya. Struktur medium seperti ini memperoleh perhatian dari para peneliti untuk

mengungkapkan karakteristik medium, termasuk sifat batuan di kawasan ini. Sifat ini jika teramati di kawasan karst Maros Pangkep Sulawesi Selatan.

Penelitian di Kawasan Karst Maros Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung terus dikembangkan. Pada awalnya, kawasan karst diasosiasikan dengan sungai bawah tanah, gua, dan keanekaragaman hayati yang dikandung nya saja, Namun, dalam satu dekade terakhir, penelitian kawasan karst dikembangkan dengan menelusuri kandungan mineral pada batuan. Batuan di kawasan karst juga diukur sifat fisik dan sifat mekaniknya untuk mendeskripsikan dan mengevaluasinya.

Sifat fisik batuan meliputi densitas, porositas, permeabilitas dan permitivitas, dapat dilakukan pengukuran secara statis dan dinamik. Namun, dalam pelaksanaannya tidak semudah yang dipikirkan, karena sampel batu yang mudah berubah karena deformasi akibat gaya luar dan struktur mediumnya. Untuk itu, diperlukan metode yang dapat mengungkapkan karakteristik batuan langsung di lapangan. Pengukuran kuat tekan batuan yang selama ini dilakukan dengan cara statik, dikembangkan dengan melakukan pengukuran *Schmidt Hammer test*. Alat ini mudah digunakan untuk melakukan pengukuran dan dibawa ke lapangan, sehingga bisa menjangkau lapangan dengan daerah struktur topografi yang rumit.

*Schmidt Hammer test* menggunakan pegas di dalam strukturnya, sehingga setiap diberikan tekanan pada alat pemantulnya akan kembali ke keadaan semula Pegas menarik *plunger* ketika alat ditekan terhadap permukaan batu dan pegas ini secara otomatis dilepaskan, menyebabkan massa palu berdampak terhadap beton melalui *plunger*. Ketika rebound massa yang dikendalikan pegas, dapat terlihat dengan indikator berapa skala yang meluncur melalui jendela kecil di sisi casing. Indikator dapat ditahan dalam posisi pada skala dengan menekan tombol penguncian. Sifat elastis ini tentu membuat alat ini harus diberikan kalibrasi setiap dilakukan pengukuran. Begitu juga dengan faktor koreksi seperti yang dikemukakan pada bab sebelumnya.

Kuat tekan batuan memberikan informasi tentang seberapa kuat satu sampel batu untuk menahan tekanan dari luar, sehingga dapat dilakukan pengukuran kualitas batuan seperti pada Tabel 4.16. Kualitas massa batuan dengan mengklasifikasikannya pada deskripsi batuan, dengan batuan sedimen kompak atau

sudah mengalami proses pelapukan. Tabel 4.16 adalah evaluasi dari pada Tabel 4.15 dan Gambar 4.3 tentang karakteristik Batuan di Kawasan Karst Maros Pangkep.

Tabel 4.15 menjelaskan bahwa kuat tekan *uniaxial* (UCS) berbanding lurus dengan jumlah pantulan (R). Kuat tekan *uniaxial* (UCS) terbesar berada pada angka 105,28 MPa dan terendah pada harga 10,62 MPa Terlihat pula, bahwa jumlah pantulan (R) berbanding lurus dengan kuat tekan *uniaxial* (UCS). Semakin besar jumlah pantulan (R), maka kuat tekan *uniaxial* (UCS). semakin besar. Sebaliknya, jika jumlah pantulan (R) kecil, maka kuat tekan *uniaxial* (UCS).

Tabel 4.16 menunjukkan, bahwa evaluasi kuat tekan *uniaxial* (UCS) di Kawasan Karst Maros Pangkep berada pada tiga kelompok utama, yakni: (1) batuan sedimen kompeten, (2) beberapa batuan beku dengan bobot isi rendah berbutir kasar, dan (3) batuan sedimen tersedimentasi – lemah. Ketiga kelompok batuan ini menunjukkan, bahwa batuan di Kawasan Karst Maros Pangkep dideskripsikan sebagai batuan yang cukup keras dan batuan yang rapuh. Penelitian ini juga mengungkapkan bahwa walaupun batuan mempunyai jenis yang sama, namun ada beberapa kelompok batuan yang rapuh, terutama batuan yang memperoleh tekanan lebih besar dari gaya luar. Gaya luar itu berupa kemungkinan interaksi yang besar dengan kegiatan manusia sehari-hari seperti batuan yang berada di TP Leang-Leang dan Sumpang Bitu. Kedua lokasi ini terutama lokasi yang berada di bagian luar, lebih banyak memperoleh interaksi dari pengunjung wisata.

Kuat tekan batuan besarnya tergantung kepada kekompakan dan rigiditas batuan dalam struktur batuan tersebut. Semakin kompak antar butiran dan kekakuan butirannya, makin besar jumlah pantulan yang diberikan jika ada gaya luar yang bekerja terhadap batuan tersebut. Jumlah pantulan ini bekerja per satuan luas, sehingga kekekaran antar batuan akan memberikan reaksi yang besar terhadap gaya yang mengenai gaya persatuan luas batuan tersebut.

Hal lain, adalah faktor iklim dan unsur cuaca yang berinteraksi dengan lingkungan batuan itu berada. Faktor cuaca yang bekerja terhadap batuan akan memberikan rongga antar batuan walaupun membutuhkan waktu yang lama.

Penelitian Arsyad (2021) menunjukkan, bahwa curah hujan di TP Leang-Leang Kawasan Karst Maros TN Bantimurung Bulusaraung selama 10 tahun (2011-2020) berfluktuasi, tetapi harganya tidak terlalu berbeda pada setiap tahunnya. Tahun 2013 mempunyai curah hujan lebih dari 4.000 mm/tahun, sehingga rata-rata curah hujannya berkisar 333,44 mm/bulan. Curah hujan terendah terjadi pada Tahun 2019 sebesar 1.941,00 mm, dengan rata-rata 161,75 mm/bulan. Curah hujan tahun 2013 mempunyai curah hujan tertinggi selama 10 tahun. Curah hujan untuk bulan Januari dan Februari berada di atas normal, karena berada di atas rata-rata, yakni 1.280,33 mm dan 601,33 mm. Bulan April, bulan November dan bulan Desember juga berada di atas normal, karena curah hujannya di atas rata-rata (BMKG, 2013). Namun, bulan Agustus mempunyai curah hujan sekitar 12,33 mm, yang merupakan curah hujan terendah tahun 2013 dan mengalami kenaikan pada bulan September sekitar 17,00 mm, berada di bawah normal.

Curah hujan merupakan faktor penting dalam mempengaruhi keadaan sekitarnya, karena berakibat langsung. Curah hujan di atas normal dapat merubah struktur batuan yang mengalami proses pelapukan, bahkan mempercepat prosesnya. Selama 10 tahun (2011-2012) TP Leang-Leang terus mengalami tekanan dari lingkungan sekitar dengan proses pembentukan batuan yang sudah terjadi ribuan tahun. Curah hujan dengan intensitas tinggi mempunyai daya penetrasi yang lebih tinggi dari pada curah hujan dengan intensitas rendah. Penetrasi tersebut menembus rongga-rongga batuan yang awalnya hanya merupakan lubang kecil dengan diameter kurang dari 1 mm, namun lama kelamaan akan bertambah besar dan memberi efek besar pada proses pelapukan batuan yang pada akhirnya akan membentuk pola tertentu pada batuan, dan merubah warna asli batuan dan malahan dapat membuat rekahan besar, sehingga batang pohon dapat tumbuh dan berkembang, sehingga mempercepat perekahan batuan. Kawasan karst selalu diasosiasikan dengan ciri khas warna yang kemerah-merahan dan tanah liat (Durn, 2003; Merino and Banerjee, 2008; Muhs *et al.*, 2010). Ciri khas ini menunjukkan, bahwa kawasan karst banyak mengandung mineral yang berasal dari unsur-unsur pengiring dari unsur induk mengalami metamorphosis dalam pembentukannya. Proses pembentukan ini akan bergantung kepada sumber sekitar

dengan perbedaan dalam mode transportasi dan dalam kondisi pengendapan. Proses pengendapan ini akan mengakibatkan terjadinya proses perlapisan atau proses sedimentasi yang pada gilirannya akan membentuk batuan sedimen. Batuan sedimen diklasifikasikan menjadi tiga kelompok utama berdasarkan asal-usul komponen utama, yaitu klastik, biogenik, dan kimia.

Perubahan struktur tersebut, bukan hanya membentuk pola dan warna saja, tetapi perubahan itu mengakibatkan rigiditas batuan dan lingkungan akan berubah, sehingga akan mengakibatkan longsoran. Longsoran ini bisa membentuk pola atau tidak terbentuk pola. Pembentukan pola aliran air yang diakibatkan oleh curah hujan akan merusak batuan menjadi lemah dan akhirnya terdapat ruang-ruang besar di dalam antar batuan besar, yang disebut dengan Gua. Gua ini merupakan peristiwa erosi yang terjadi di bawah permukaan karst dan terjadi secara spontan akibat gaya penahan antar batuan berkurang. Gaya penahan berkurang mengakibatkan gaya kohesi antar batuan semakin lemah dan mempengaruhi gaya lainnya sehingga saling melemahkan. Proses ini berlangsung terus menerus dengan skala waktu geologi dan terjadilah proses pembentukan Gua di kawasan karst seperti di TP Leang-Leang ini.

Batuan yang mengalami perubahan bentuk (deformasi) atau perubahan warna akan menyebabkan mineral yang tumbuh dalam batuan juga dapat bermetamorfosis dan terjadi perubahan perilaku dan struktur mineral. Akibatnya kawasan karst sebagai sumberdaya akan mengalami transformasi dari permukaan karst (efikasi karst) ke dalam permukaan. Kekayaan di bawah permukaan, bukan hanya meliputi jenis ornamen gua yang sering dijumpai, seperti *stalagtit*, *stalagmit*, *hornblende*, dan lainnya, tetapi juga kekayaan lainnya di dalam tanah. Kekayaan mineral batu gamping dan sumberdaya air yang tersedia sepanjang tahun adalah modal besar yang menarik investor. Material lempung (*clay*) pada kawasan karst menjadi dominan karena sifat fisik dari mediumnya tersusun dari batu gamping. Akibat dari curah hujan yang membasahi permukaan, maka terjadi pelarutan yang secara pelan namun pasti akan merubah struktur batuan tersebut. Perubahan struktur batuan dapat menyebabkan batuan mengalami perubahan sifat fisika, yang berdampak pada sifat mineral tersebut (Arsyad, 2018). Perubahan fisika pada

mineral meliputi bentuk kristal, bidang belah (*cleavage*), kekerasan, warna, tekstur dan berat jenis. Harga resistivitas yang bervariasi dari 16,0  $\wedge$ m, 188,0  $\wedge$ m dan 503  $\wedge$ m dengan mineral berupa konglomerasi, serpih mengandung granit, dan batu pasir lempung dengan selingan serpih, menunjukkan bahwa material atau mineral yang terkandung di TP Lenang-Leang tidak berbeda jauh dengan bahagian Kawasan Karst Maros TN Bantimurung Bulusaraung lainnya. Penelitian Arsyad (2014) menunjukkan bahwa untuk karakteristik bawah permukaan sekitar kedalaman sampai 15,70 m dengan harga 279–1.612  $\wedge$ m, jenis material berupa pasir, lempung, batutulis, air permukaan, dan air tanah. Harga 1.612–6.196  $\wedge$ m untuk jenis kuarsa, granit, basalt, dan batugamping. Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Sulistiawaty (2014) pada uji sampel tanah di sekitar Rammang-Rammang Kawasan Karst Maros memberikan hasil urutan molar oksida yang dominan adalah SiO<sub>2</sub> (39.55  $\pm$  1.97) wt.%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (27.72  $\pm$  1.78) wt.%, FeO (10.81  $\pm$  0.76) wt.% dan SO<sub>3</sub> (10.25  $\pm$  0.48) wt.%, sedangkan urutan nilai atom yang tampak pada sampel tanah tersebut adalah silicon 14.28 at.%, aluminium 11.80 at.%, *iron* 3.26 at.% dan sulfur 2.78 at.%.

Jenis batuan yang berkembang di TP Leang-Leang Kawasan Karst Maros TN Babul mendorong proses alienasi batuan yang muncul di permukaan akan terus beradaptasi dengan keadaan lingkungannya, terutama faktor curah hujan. Perubahan batuan akan menyebabkan struktur dan morfologi batuan yang dideteksi dengan berubahnya kuat tekan batuan persatuan luas. Makin besar harga kuat tekannya, maka rigiditas batuan semakin besar atau tetap kaku antara gaya kohesi partikel batuan. Gaya kohesi yang besar ini akan menyebabkan batuan memerlukan gaya luar yang besar untuk mengalami deformasi. Jika batuan sukar untuk mengalami deformasi, maka mineral asli pada batuan itu masih terjaga dengan baik. Mineral yang terkandung dalam tanah sebagaimana hasil penelitian ini akan menjadi sumber hara bagi flora dalam melakukan adaptasi lingkungan agar tetap menjaga kelestariannya. Mineral tersebut akan menjadi pupuk alami bagi flora tertentu untuk mempertahankan hidup dan kehidupannya. Ini akan memberikan sumbangsih besar dalam menyesuaikan adaptasi jenis tanaman untuk menjadikan kawasan karst sebagai paru-paru dunia.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dan pembahasan, maka kesimpulan dari penelitian ini yang merupakan jawaban dari rumusan masalah seperti yang diungkapkan pada bab sebelumnya adalah:

1. Harga angka pantulan (R) batuan pada setiap lokasi di Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung berada pada selang 23,44-58,40. Harga terendah sekitar 23,44 di daerah Sumpang Bitu Kawasan Karst Pangkep dan tertinggi sekitar 58,40 di daerah Rammang-Rammang Kawasan Karst Maros.
2. Harga kuat tekan *uniaxial* (UCS) batuan di Kawasan Karst Maros-Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung berada pada selang 10,62-105,28 MPa. Harga terbesar berada pada angka 105,28 MPa di daerah Rammang-Rammang di Kawasan Karst Maros dan terendah pada harga 10,62 MPa di daerah Sumpang Bitu Kawasan Karst Pangkep.
3. Kualitas massa batuan di Kawasan Maros Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung didominasi oleh karakteristik batuan berupa batuan sedimen kompeten, beberapa batuan beku dengan bobot isi rendah berbutir kasar yang diselingi oleh batuan yang tersedimentasi, sehingga pada beberapa batuan yang rapuh, terutama dijumpai pada kawasan yang dijadikan sebagai destinasi wisata, seperti Sumpang Bitu di Pangkep dan Taman Leang-Leang dan Bantimurung di Kawasan Karst Maros.

#### **B. Saran**

Dari kesimpulan yang diperoleh penelitian ini, maka saran yang diberikan kepada:

1. Tim Peneliti untuk melakukan penelitian lebih lanjut di daerah destinasi wisata untuk menelaah lebih lanjut kualitas batuan yang rendah di daerah tersebut.
2. Pengelola Taman Prasejarah untuk melakukan evaluasi Standar Operasional Pelaksanaan (SOP) di lapangan agar pengunjung wisata tetap menaati regulasi untuk menjaga keberlangsungan keberadaan Taman Leang-Leang.

3. Penyelenggara Travel baik domestik maupun asing agar mengingatkan pengunjung menjaga kelestarian wisata di Kawasan Karst Maros Pangkep.
4. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) untuk terus memonitor Kawasan Karst Maros Pangkep untuk menghindari kerusakan yang lebih parah di masa yang akan datang.
5. Pihak lainnya, agar menjaga titipan anak cucu kita Kawasan Karst Maros agar tetap lestari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, M., Mardianti Rukmana,, Pariabti Palloan., 2022., Evaluation of physical properties of rocks in the Maros-Pangkep karst area., *Journal of Research in Science Education*, e-ISSN:2407-795x P-isn:P2460-2582. Vo,u,e 8 Issue 4: Oktober.
- Arsyad, M., 2017., *Kawasan Karst Maros: Sumber daya Air dan Potensinya.*, Global RCI: Makassar
- Arsyad., M., Helmi, Jasruddin., 2018., *Sintesa Mineral Sedimen Di Daerah Bekas Tambang Kawasan Karst Maros Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung.*, Laporan Penelitian PNBP Pascasarjana (tidak dipublikasikan): Makassar
- Arsyad, M., Sulistiawati, Vistarini Arini Tiwow., 2016., *Analisis Karakteristik Sedimen di Daerah Bekas Tambang Kawasan Karst Maros.*, Laporan Penelitian PNBP FMIPA UNM (tidak dipublikasikan): Makassar
- Arsyad, M., 2013., *Analisis Debit Air Sungai Bawah Tanah Berdasarkan Data Sifat Fisik Medium di Kawasan Karst Maros Sulawesi Selatan.*, Makalah pada Seminar HFI: Malang
- Arsyad, M. 2013. *Estimasi Ketersediaan Air Sungai Bawah Tanah dan Pemanfaatan Berkelanjutan di Kawasan Karst Maros Sulawesi Selatan.* Bogor: IPB Bogor.
- ASTM C 805-02. 2010. RSNI 4803:20xx Metode uji angka pantul beton keras (ASTM C 805-02). *Astm C 805-02*, 1–10.
- Beavis, F. C., 1985, *Engineering Geology*. Sydney: Blackwell Scientific Publications.
- Daryanto, A. dan Oktariadi. 2009. *Klasifikasi Kawasan Karst Maros Sulawesi Selatan untuk Menentukan Kawasan Lindung dan Budidaya.* Pusat Lingkungan Geolog, Badan Geologi. Vol. 19 No. 2: 67-81
- Goodman, R.E., 1976, *Methods of Geological Engineering in Discontinuous Rocks*. West: St.Paul.
- Goudie, A. S. (2006). The Schmidt Hammer in Geomor-phological Research. *Progress in Physical Geogrphy*, 703–718.
- Gucunski, N., Ganji, V. & Maher, M.H., 1996, Effects of soil Nonhomogeneity on Spectral

- Haryono, E. 2001. *Nilai Hidrologi Bukit Karst*. Yogyakarta: Makalah di Fakultas Teknik Sipil UGM .
- ISRM. 1978. International Society for Rock Mechanics Commission on Standardization of Laboratory and Field Test, *Vol.15*, Great Britain, Pergamon Press Ltd.
- Novianti, H. 2013. *Mekanika Batuan*. Jurusan Teknik : Universitas Mulawarman Samarinda.
- Oktariadi, A. D.. 2009. *Pusat Lingkungan Geologi Badan Geologi* , 67-81, Vol. 19.
- Purwanto, Abdul Muhaimin, Djameluddin, Ratna Husain, B. (2017). Pengaruh Derajat Pelapukan Terhadap Kekuatan Batuan Pada Batuan Basal. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Iv, November*, 27–34.
- Selby, M. J. (1984). A rock mass strength classification for geomorphic purpose: with test from Antarctica and New Zealand. *Zeitschrift Fur Geomorphologie*, 21, 39–42.
- Singh, B. & Goel, R.K., 1999, Rock Mass Classification. Amsterdam: Elsevier.
- Spigolon, S.J., 2001, *Geotechnical Engineering*. New York: Mc Graw Hill.
- Suharsono, Abdul Rahim Samsudin, Abdul Ghani Md Rafek, dan Heru Sigit Purwanto., 2005., Korelasi Antara Nilai Rqd (*Rock Quality Designation*) Massa Batuan Menggunakan Metoda Analisis Spektral Gelombang Permukaan Dengan Inti Pemboran (Gerudi), Proceedings Joint Convention Surabaya., The 30<sup>th</sup> HAGI, The 34<sup>th</sup> IAGI, and The 14<sup>th</sup> PERHAPI Annual Conference and Exhibition: Surabaya
- Sukanto, R., 1982., Peta Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat, *Sulawesi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: Bandung.
- Surya, F., & Ardika, I. N. (2016). *Penyelidikan Struktur untuk Mendapatkan Data bagi Analisis Peningkatan Kapasitas Gedung*. 15(1).
- Van Leeuwen, T.M. 1981., The Geology of Southwest Sulawesi with Special Reference to the Biru Area. In: A.J. Barber and S. Wiryosujono (eds.) *The Geology and Tectonics of Eastern Indonesia*. Geological Research and Development Centre, Bandung, Special Publication, 2, 277-304.
- Wallah, S. E., Pandaleke, R., & Stilvan Karundeng, V. (2015). Penerapan Metode Schmidt Hammer Test dan Core Drilled Test untuk Evaluasi Kuat Tekan Beton pada Ruang IGD RSGM UNSRAT Guna Alih Fungsi Bangunan. *Sipil Statik*, 3(4), 221–227. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/8206>

- Winonazada, R., Nugraha, L., & Koesnaryo, S. 2020. *Klasifikasi Kekerasan Batugamping Berdasarkan Nilai Kuat Tekan di Kecamatan Ponjong , Kecamatan Semanu , dan Kecamatan. 2020*, 5–6.
- Wilson, M.A.J. and D.W.J. Bosence., 1996., The Tertiary Evolution of South Sulawesi: a Record in Redeposited Carbonates of the Tonasa Limestone Formation. In: R. Hall and D. Blundell (eds.) *Tectonic Evolution of Southeast Asia*, Geological Society Special Publication, **106**, 365-389.
- Williams, D. F. 1989. *Karst Geomorphology and Hydrology*. London: Chapman and Case Studies.
- Wyllie, D.C., Mah, C.W., 2004. *Rock Slope Engineering: Civil and Mining*, 4 ed. Spon Press, New York. doi: 10.2113/gseegeosci.13.4369

## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran 1. BIODATA PENELITI

#### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Dr. Muhammad Arsyad, M.T
2	Jenis Kelamin	L
3	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	196408281990031001
5	NIDN	0028086402
6	Tempat, Tanggal Lahir	Ele, 28 Agustus 1964
7	E-mail	<a href="mailto:m_arsyad288@yahoo.co.id">m_arsyad288@yahoo.co.id</a>
8	Nomor Telepon/HP	0411 884323/08124272894
9	Alamat Kantor	Jl. Dg. Tata Kampus UNM Parangtambung Makassar, 90224
10	Nomor Telepon/Faks	0411 867262
11	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1 = 150 orang; S-2 = 10 orang; S-3 = 1 orang
12	Nomor Telepon/Faks	
13	Mata Kuliah yang Diampu	Fisika Geologi
		Fisika Matematika
		Geohidrologi Karst
		Fisika Ekosistem Karst

#### B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	IKIP Ujungpandang	ITB Bandung	IPB Bogor
Bidang Ilmu	Pendidikan Fisika	Geofisika Terapan	(PSL)
Tahun Masuk-Lulus	1983-1989	1997-1999	2008-2013
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	Studi Analisis Hubungan Antara Kemampuan Berpikir	Simulasi Aliran Fluida Nonnewtonian Melalui Media	Estimasi Ketersediaan Air Sungai Bawah Tanah di Kawasan Karst

	Divergen dan Hasil Belajar Fisika Siswa SMA Negeri Kabupaten Barru	Pori dengan Gas Kisi Boltzman	Maros Sulawesi Selatan
Nama Pembimbing/Promotor	Prof. Dr. M. Sidin Ali, M.Pd	Prof. Dr. Ir. Lilik Hendrajaya, M.Sc	Prof. Dr. Ir. Hidayat Pawitan, M.Sc

### C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2021	Karakteristik Massa Batuan Di Taman Purbakala Leang-Leang Kawasan Karst Maros Tn Bantimurung Bulusaraung	PNBP PPs UNM	65.000.000
2	2020	Pengembangan Materi Ajar Berbasis Eksperimen pada Mk Fisika Umum Mahasiswa Magister Prodi Pendidikan Fisika	PNBP PPs UNM	55.079.000
3	2019	Rekonstruksi Mineral Sedimen Di Daerah Bekas Tambang Kawasan Karst Maros TN Babul Berbasis Data Geolistrik	PNBP PPs UNM	50.452.000.,
4	2018	Sintesa Mineral Sedimen di Daerah Bekas Tambang Kawasan Karst Maros Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung	PNBP PPs UNM	50.000.000.-
5	2017	Pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) Pada Matakuliah Fisika Matematika Berbasis Metode Inquiri Terbimbing Mahasiswa Pascasarjana Prodi Pendidikan Fisika UNM Makassar	PNBP PPs UNM	28.000.000

### D. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor/ Tahun	Nama Jurnal
1	Grain Size and its Influence on Transport Properties of Soils in the Dream Cave, Bantimurung–Bulusaraung National Park, Maros Regency, South Sulawesi	2022	Research Developments in Science and Technology
2	Relationships of Magnetic Properties and Heavy Metals Content of Guano in Bat Cave, South Sulawesi, Indonesia	2022	Jornal of Modern Sciences

3	Analysis of the subsurface mineras of Bantimurung Bulusaraung National Geopark Leang Lonrong Cave in Maros-Pangkep regencies based on its characteristics of rainfall intensity	2021	Journal of Physics Conferences Series
4	Analysis of susceptible disaster region based on the peak ground acceleration and earthquarke intensity in Mamasa 2018	2021	Journal of Physics Conferences Series
5	Analysis Mineral Sediment Characteristics of Bantimurung Bulusaraung National Park Karst Maros Region	2020	Journal of Physics Conferences Series
6	Analysis of physical properties and mechanics of rocks in the karst region of Pangkep Regency	2020	AIP Conference Proceeding
7	Estimation of underground river water availability based on rainfall in the Maros karst region	2018	AIP Conference Proceeding
8	Analysis of Magnetic Minerals of Iron Sand Deposit in Sampulungan Beach, Takalar Regency, South Sulawesi Using X-Ray Diffraction	2018	Journal of Physics Conferences Series
9	<b>Analysis of</b> medium characteristic based on grain size Gua Mimpri Maros Karst Region Bantimurung Bulusaraung National Park	2018	Journal of Physics Conferences Series

**E. Pemakalah Seminar Ilmiah (*Oral Presentation*) dalam 5 Tahun Terakhir**

No	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	The 9 <sup>th</sup> International Conference on Theoretical and Applied Physics (ICTAP)	Analysis Mineral Sediment Characteristics of Bantimurung Bulusaraung National Park Karst Maros Region	Oktober Lampung, 2019
2	The 8 <sup>th</sup> International Conference on Theoretical and Applied Physics (ICTAP)	Analysis of Magnetic Minerals of Iron Sand Deposit in Sampulungan Beach, Takalar Regency, South Sulawesi Using X-Ray Diffraction	Oktober Medan, 2018
3	The 4 <sup>th</sup> International Conference on Theoretical and Applied Physics (ICTAP)	Analysis of Subsurface Materials Based on The Price of Medium Permeability in The Karst Region Pangkep	16-17 October 2014 Denpasar-Bali
4	Seminar International ICMSTEA	Analisis of Water Discharge, Rainfall, Evaporation and Sustainable Agriculture in The Karst Maros	UNM Makassar



F. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1	Kawasan Karst Maros Sumberdaya Air dan Potensinya	2017	283	Global RCI Makassar
2	Ilmu Kebumian	2016	198	Badan Penerbit UNM

G. Penghargaan dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1	PSI Cabang Teraktif	Ketua PSI Pusat	2020
2	Satya Lencana Kesetiaan 20 tahun	Presiden RI	2015

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Makassar, November 2022.-

Ketua Peneliti

**Dr. Muhammad Arsyad, MT**

## Biodata Peneliti

### A. IDENTITAS DIRI

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Dr. Helmi, M.Si
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala
4	NIP	196609021991031003
5	NIDN	0002096601
6	Tempat Tanggal Lahir	Makassar, 2 September 1966
7	E-mail	<a href="mailto:drshelmimsi@gmail.com">drshelmimsi@gmail.com</a>
8	Nomor Telp/HP	(0411)845027/081242884515
9	Alamat Kantor	Gedung Fisika FMIPA UNM d/a Kampus UNM Parangtambung Jalan Daeng Tata Raya, Makassar, 90224
10	No.Telp/Fax	(0411)840622/(0411)840622
11	Lulusan Yang Telah Dihasilkan	S-1 = 40 orang, S-2 = 5 orang, S-3 =0
12	Mata Kuliah Yang Diampu	1. Fisika Dasar-1 2. Gelombang 3. Komprehensif 4. Kapita Selekta

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	IKIP U.Pandang	ITB	UNM
Bidang Ilmu	Pend.Fisika	Fisika	Pendidikan
Tahun Masuk-Lulus	1985-1990	1992-1995	2010-2014
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	Penerapan Pembelajaran Resitasi terstruktur Proses Informasi	Magnetostruksi Kristal MnAs	Pengembangan Bahan Pembelajaran Fisika berbasis Pengetahuan Metakognitif
Nama pembimbing/ Promotor	Prof. Dr. H.Baharuddin	Prof.Dr. Waloejo Loeksmento	Prof.Dr. Patta Bundu, M.Ed

C. PENGALAMAN PENELITIAN (5 TAHUN TERAKHIR)

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jum (Rp)
1	2021	Karakteristik Massa Batuan Di Taman Purbakala Leang-Leang Kawasan Karst Maros Tn Bantimurung Bulusaraung	PNBP PPs UNM	65.000.000
2	2020	Pengembangan Materi Ajar Berbasis Eksperimen pada Mk Fisika Umum Mahasiswa Magister Prodi Pendidikan Fisika	PNBP PPs UNM	55.079.000
3	2019	Rekonstruksi Mineral Sedimen Di Daerah Bekas Tambang Kawasan Karst Maros TN Babul Berbasis Data Geolistrik	PNBP PPs UNM	50.452.000.,
4	2018	Sintesa Mineral Sedimen di Daerah Bekas Tambang Kawasan Karst Maros Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung	PNBP PPs UNM	50.000.000.-
5	2017	Pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) Pada Matakuliah Fisika Matematika Berbasis Metode Inquiri Terbimbing Mahasiswa Pascasarjana Prodi Pendidikan Fisika UNM Makassar	PNBP PPs UNM	28.000.000

D. PENGALAMAN PENGABDIAN PADA MASYARAKAT

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jum (Rp)
1	2014	Implementasi Model Bahan Pembelajaran IPA Berbasis Kearifan Lokal	PNBP	8.500.0000

E. PUBLIKASI ARTIKEL ILMIAH DALAM JURNAL (5 TAHUN TERAKHIR)

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/ Tahun
1	The Use of Metacognitive Knowledge Patterns to Compose Physics Higher Order Thinking Problems	Asia-Pasific Forum on Science Learning and Teaching	2013, Article 9, Vol. 14, Issue 2, Desember
2	Problem Solving of Newton Second Law Through a System of Total Mass Motion	Asia-Pasific Forum on Science Learning and Teaching	2014, Article 15, Vol. 15, Issue 2, December

F. PEMAKALAH SEMINAR ILMIAH (Oral Presentation) dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Pertemaun Ilmiah/Seminar	Jurnal Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
----	-------------------------------	-----------------------	------------------

1	Seminar Internasional FMIPA		
2	Seminar Nasional		

**G. KARYA BUKU DALAM 5 TAHUN TERAKHIR**

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit

**H. PEROLEHAN HKI DALAM 5-10 TAHUN TERAKHIR**

No	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID

**I. PENGALAMAN MERUMUSKAN KEBIJAKAN PUBLIK/REKAYASA SOSIAL**

No	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang telah diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat

**J. PENGHARGAAN DALAM 10 TAHUN TERAKHIR**

No		Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Penelitian PNB P Pascasarjana .

Makassar, November, 2022.-

Anggota Peneliti

**Dr. Helmi, M.Si**

## Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Dr. Husain S.Si., M.Pd
2	Jenis Kelamin	Laki-Laki
3	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	198710182014041001
5	NIDN	18108701
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Manding, 18 Oktober 1987
7	E-mail	husain.physics@unm.ac.id
9	Nomor Telepon/HP	081342712344
10	Alamat Kantor	Jurusan Fisika, Lt. 5 Kampus UNM Parangtambambung, Makassar
11	Nomor Telepon/Faks	-

### 1. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
<b>Nama Perguruan Tinggi</b>			
Bidang Ilmu	Fisika	Pendidikan Fisika	Fisika
Tahun Masuk-Lulus	2006-2010	2011-2013	2016-2020
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	Pengaruh rasio molar (x) terhadap struktur kristal dan morfologi bahan oksida Nd <sub>1+x</sub> Ba <sub>2</sub> .	Implementasi Lesson study pada Mahasiswa PPG Fisika.	Studi struktur dan sifat magnetic core-shell Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SiO <sub>2</sub> yang disintesis dari bahan alam sebagai penyerap gelombang mikro.
Nama Pembimbing/Promotor	1. Prof. Dr. Eko Hadi Sujiono, M.Si. 2. Dra. Hj. Nurhayati M.Si	1. Prof. Dr. Muris, M.Si. 2. Dra. Hj. Nurhayati M.Si	1. Prof. Suminar Pratapa Pd.D. 2. Prod. Dr. Darminto M.Si.

### 2. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1.	2021	Studi Struktur Nanokomposit $\alpha$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /rGO dan Potensi plikasinya Sebagai Anoda Baterai	PNBP FMIPA UNM	16,2

### 3. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1.	-	-	-	-

### 4. Publikasi Artikel Ilmiah di Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/Tahun
1.	Technical aspects of EXAFS data analysis using Artemis software	Materials today, Proceidings	<a href="https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.530">https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.530</a>
2.	The effect of precipitation pH on structural	AIP Conference Proceidings	<b>2256</b> , 030014 (2020); <a href="https://doi.org/10.1063/5.0015422">https://doi.org/10.1063/5.0015422</a>

	properties of magnetite nanoparticles		
3.	The structural and magnetic characterization of ironstone-derived magnetite ceramic nanopowders	Journal of Materials Science: Materials in Electronics (2020)	<a href="https://doi.org/10.1007/s10854-020-03786-w">https://doi.org/10.1007/s10854-020-03786-w</a>
4.	Structure and magnetic properties of silica-coated magnetite-nanoparticle composites	Materials Research Express (2019)	<a href="https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab29af">https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab29af</a>
5.	Examination of natural and standard Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> powders using x-ray absorption near-edge spectroscopy (XANES)	Materials Science Forum (2018)	<a href="https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.964.40">doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.964.40</a>
6.	Local structure examination of mineral-derived Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> powder by Fe K-edge EXAFS and XANES	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (2018)	<a href="https://doi.org/10.1088/1757-899X/367/1/012027">10.1088/1757-899X/367/1/012027</a>
7.	Deformation Pattern of Nickel Slag Bonding on the Development of Concrete Construction	Journal of Physics: Conference Series (2017)	<a href="https://doi.org/10.1088/1742-6596/846/1/012017">Doi:10.1088/1742-6596/846/1/012017</a>
8.	The influence of nickel slag aggregate concentration to compressive and flexural strength on fly ash-based geopolymer composite	AIP Conference Proceedings (2016)	<a href="http://dx.doi.org/10.1063/1.4945537">http://dx.doi.org/10.1063/1.4945537</a>
9.	Study on physical-chemical properties of furnace-nickel-slag powder for geopolymer application	Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia 12 (2) (2016) 177-182	<a href="https://doi.org/10.15294/jpfi.v12i2.4728">doi:10.15294/jpfi.v12i2.4728</a>

**5. Pemakalah Seminar Ilmiah (Oral Presentation) dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1.	ICAMST 2017	Local structure examination of mineral-derived Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> powder by Fe K-edge EXAFS and XANES	Makassar, September 2017
2	ICAMST 2019	<b>Technical aspects of EXAFS data analysis using Artemis software</b>	Bandung, September 2019

3	Seminar Nasional PPS UNM 2020 (Invited Speaker)	Pemanfaatan material alam sebagai material penyerap gelombang radar	Makassar, 2020
---	---	---	----------------

**6. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1.				

**7. Perolehan HKI dalam 5–10 Tahun Terakhir**

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1.				

**8. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
1.				

**9. Penghargaan dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)**

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1.			

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Penelitian PNBPA Pasca.

Makassar, 24 Februari 2022  
Pengusul,

Dr. Husain, S.Si., M.Pd.  
NIP. 198710182014041001

### **Biodata Tim Peneliti**

Nama : Mardianti Rukmana  
NIM : 201052601001  
Tempat dan Tanggal Lahir : Gowa, 18 Oktober 1997  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Status Perkawinan : Kawin  
Agama : Islam  
Jabatan Akademik : Mahasiswa  
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Makassar  
Alamat : Jl. Mustafa Dg. Bunga No.43  
Alamat e-mail : mardiantirukmana27@gmail.com

### **I. Pengalaman Penelitian**


Skripsi dengan judul "Analisis Perubahan Pola Cuaca Berdasarkan Data Curah Hujan, Suhu Udara, dan Lama Penyinaran Matahari di Bandara Sultan Hasanuddin dan Sekitarnya.

### **II. Keahlian**

1. Operasi Microsoft Office (Ms. Word, Ms. Excel, Ms. Power Point)
2. Bahasa Inggris

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Proposal Penelitian Pascasarjana UNM tahun 2022. .

Makassar, 24 Februari 2022  
Mahasiswa,



Mardianti Rukmana



### **Biodata Tim Peneliti**

Nama : Sri Refiani Valeria  
NIM : 201052601005  
Tempat dan Tanggal Lahir : Makassar, 24 Juni 1998  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Status Perkawinan : Belum Kawin  
Agama : Katholik  
Jabatan Akademik : Mahasiswa  
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Makassar  
Alamat : Jl. Lasuloro Dalam V No 46  
Alamat e-mail : srirefi15@gmail.com

### **I. Pengalaman Penelitian**

Judul Skripsi dan Makalah lainnya

- Analisis Perubahan Garis Pantai Dengan Menggunakan Citra Penginderaan Jauh Di Kecamatan Malunda Sulawesi Barat
- Model Prediktif Curah Hujan Bulanan Dan Debit Air Di Kawasan Karst Maros Sulawesi Selatan

### **II. Keahlian**

1. Operasi Microsoft Office (Ms. Word, Ms. Excel, Ms. Power Point)
2. Bahasa Inggris

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Proposal Penelitian Pascasarjana UNM tahun 2022.

Makassar, 23 Februari 2022

Mahasiswa,



Sri Refiani Valeria

## Lampiran 2. Susunan Organisasi Kepanitiaan

### SUSUNAN ORGANISASI PENELITIAN

No	Nama Tim Peneliti	Pekerjaan	Tugas
1.	Dr. Muhammad Arsyad, MT	Ketua	Melakukan koordinasi terhadap semua kegiatan dalam penelitian ini; melakukan survey lapangan, menandatangani persuratan; melakukan interpretasi data; menyiapkan laporan kemajuan, laporan akhir dan ikut ICTAP di Makassar 2022; dan menyusun buku ajar;
2.	Dr. Helmi, M. Si	Anggota	Melakukan pengukuran di lapangan, melakukan interpretasi data; menyiapkan laporan kemajuan, ikut ICTAP di Makassar 2021, laporan akhir. Dan menyusun artikel;
3.	Dr. Husain,S.Si, M.Pd	Anggota	Melakukan interpretasi data menyiapkan laporan kemajuan, laporan akhir dan ikut diskusi; menyusun dan submit artikel ke ICTAP 2021.

### **Lampiran 3. Ketersediaan Sarana dan Prasana Penelitian**

S2 Sains Fisika PPs UNM Makassar mulai tahun 2017 sampai saat ini selalu memperoleh dana penelitian dari Dikti dan Lembaga lainnya, karena mempunyai sarana dan prasarana yang mendukung, diantaranya:

1. Seperangkat alat RMR.

RMR (*Rocks Mass Rating*) digunakan untuk mengukur kualitas massa batuan dengan skala tertentu. Pengukuran dapat dijadikan indikator untuk menentukan kualitas massa batuan pada kedalaman tertentu, sehingga kelerengan dan pelapukan tanah dapat diinterpretasi.

2. Beberapa buah Laptop dan Komputer

Laptop dan komputer digunakan sebagai alat untuk analisis data dan membuat laporan.

3. Kerjasama dengan lembaga lain

Sejak tahun 2000 Jurusan Fisika telah melakukan kerjasama dengan beberapa lembaga, misalnya BMKG Wilayah IV Makassar dan Kawasan Lindung Bulusaraung. Kedua institusi ini dapat dijadikan sumber data sekunder di samping Kementerian PU Propinsi Sulawesi Selatan.



**SURAT KETERANGAN**  
Nomor:2980/UN36.11/LP2M/2022

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Prof. Dr. Ir. H. Bakhrani A. Rauf, M.T., IPU.  
NIP : 19611016198803 1 006  
Jabatan : Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNM

Dengan ini menerangkan bahwa,

Nama : Dr. Muhammad Arsyad, M.T.  
NIP : 196408281990031001  
Fakultas : FMIPA UNM

Benar telah melaksanakan penelitian dengan judul:

***“Estimasi Kuat Tekan Batuan Kawasan Karst Maros - Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung Berdasarkan Nilai Pantulan Schmidt Hammer Test ”***

Penelitian ini dilaksanakan selama 7 bulan (Mei s.d. November 2022)

Skema Penelitian: Penelitian PNB PASCASARJANA UNM Tahun Anggaran 2022

Anggota Peneliti: Dr. Helmi, M.Si. & Dr. Husain, S.Si., M.Pd.

Demikian surat keterangan dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 08 November 2022



Prof. Dr. Ir. H. Bakhrani A. Rauf, M.T., IPU.  
NIP 19611016198803 1 006



**KONTRAK PENELITIAN  
PNBP PPS UNM  
TAHUN ANGGARAN 2022  
NOMOR : 982/UN36.11/LP2M/2022**

Pada hari ini Rabu tanggal Dua Puluh bulan April tahun Dua Ribu Dua Dua, kami yang bertanda tangan di bawah ini:

- 1 **Prof. Dr. Ir. H. Bakhrani A. Rauf, M.T., IPU.** : Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M), Universitas Negeri Makassar, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Universitas Negeri Makassar, yang berkedudukan di Jl. Andi Pangerang Pettarani Makassar, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**;
- 2 **Dr. Muhammad Arsyad, M.T.** : Dosen FMIPA Universitas Negeri Makassar, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Tim Pelaksana Penelitian PNBP PPS UNM Tahun Anggaran 2022 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

**PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak Penelitian, dengan ketentuan dan syarat sebagai berikut:

**PASAL 1  
RUANG LINGKUP KONTRAK**

**PIHAK PERTAMA** memberi pekerjaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima pekerjaan tersebut dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan Penelitian PNBP PPS UNM Tahun Anggaran 2022 dengan judul:

**"Estimasi Kuat Tekan Batuan Kawasan Karst Maros - Pangkep TN Bantimurung Bulusaraung Berdasarkan Nilai Pantulan Schmidt Hammer Test"**

**PASAL 2  
DANA PENELITIAN**

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar **Rp. 65,000,000 (enam puluh lima juta rupiah)** sudah termasuk pajak, sesuai Surat Keputusan Rektor Universitas Negeri Makassar Nomor : 574/UN36/HK/2022 tanggal 08 April 2022
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Negeri Makassar Nomor : SP DIPA - 023.17.2.677523/2022, tanggal 27 Juli 2022



**PASAL 3  
TATA CARA PEMBAYARAN DANA PENELITIAN**

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberikan pendanaan penelitian sebesar: **Rp.65,000,000 (enam puluh lima juta rupiah)** (jumlah keseluruhan) yang dibebankan kepada DIPA Universitas Negeri Makassar.
- (2) Pendanaan penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap:
  - a. Pembayaran Tahap Pertama sebesar **70%** dari total dana penelitian yaitu **70% X Rp.65,000,000 = Rp.45,500,000 (empat puluh lima juta lima ratus ribu rupiah)** yang akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK KEDUA** telah melengkapi proposal penelitian yang memuat judul penelitian, pendekatan dan metode penelitian yang digunakan, data yang akan diperoleh, anggaran yang akan digunakan, dan tujuan penelitian berupa luaran yang akan dicapai dan setelah Kontrak Penelitian ini ditandatangani oleh kedua belah pihak.
  - b. Pembayaran Tahap Kedua sebesar **30%** dari total dana penelitian yaitu **30% X Rp.65,000,000 = Rp.19,500,000 (sembilan belas juta lima ratus ribu rupiah)** setelah menyerahkan Laporan Lengkap Penelitian dan Luaran Wajib Penelitian ke Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Negeri Makassar
- (3) Pendanaan Kontrak Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** ke rekening sebagai berikut:

Nama pada rekening	: MUHAMMAD ARSYAD
Nomor Rekening	: 809477292
Nama Bank	: Bank BNI

- (4) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan data peneliti, nama bank, nomor rekening, dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

**PASAL 4  
JANGKA WAKTU**

- (1) Kontrak Penelitian ini dilaksanakan dalam jangka waktu 1 (satu) tahun
- (2) Kontrak Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilaksanakan untuk Jangka waktu pelaksanaan penelitian sampai selesai 100%, adalah paling lambat tanggal **30 November 2022**

**PASAL 5  
TARGET LUARAN**

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib penelitian sebagaimana yang dijanjikan dalam proposal penelitian
- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan pencapaian target luaran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA**

**PASAL 6  
HAK DAN KEWAJIBAN PARA PIHAK**

- (1) Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA**:
  - a. **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) dan dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3.
  - b. **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** luaran penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5;
  - c. **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** *Hardcopy* dan *Softcopy* Laporan Akhir, Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) dan luaran penelitian.

- (2) Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA**:
- PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1);
  - PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk bertanggungjawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui;
  - PIHAK KEDUA** berkewajiban mengikuti seminar hasil penelitian baik Nasional maupun Internasional;
  - PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan *Hardcopy* Laporan Akhir Penelitian, Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB), Luaran Penelitian kepada **PIHAK PERTAMA**, paling lambat **30 November 2022** sebanyak 2(dua) eksemplar ke LP2M UNM.
  - PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah *softcopy* Laporan Akhir Penelitian, Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB), Luaran Penelitian yang telah dilaksanakan ke laman <https://simlp2m.unm.ac.id>, paling lambat **30 November 2022**.

#### **PASAL 7 LAPORAN PELAKSANAAN PENELITIAN**

- PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa laporan akhir, luaran penelitian dan Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA** yang tersusun secara sistematis sesuai pedoman yang ditentukan oleh **PIHAK PERTAMA**.
- Laporan Akhir/hasil Penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 ayat (2.d) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
  - Bentuk/ukuran kertas A4 ditulis dalam format font Times New Romans Ukuran 12 Spasi 1,5, Warna sampul muka Coklat Tua dan Cetak Punggung
  - Di bawah bagian cover ditulis:

Dibiayai oleh:  
DIPA Universitas Negeri Makassar  
Nomor: SP DIPA - 023.17.2.677523/2022, tanggal 27 Juli 2022  
Sesuai Surat Keputusan Rektor Universitas Negeri Makassar  
Nomor: 574/UN36/HK/2022 tanggal 08 April 2022

#### **PASAL 8 MONITORING DAN EVALUASI**

**PIHAK PERTAMA** dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi Internal pada bulan Oktober 2022 terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2022.

#### **PASAL 9 PENILAIAN LUARAN**

Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/*Reviewer* Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

#### **PASAL 10 PERUBAHAN SUSUNAN TIM PELAKSANA DAN SUBSTANSI PELAKSANAAN**

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Penelitian ini dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Negeri Makassar.

#### **PASAL 11 PENGANTIAN KETUA PELAKSANA**

- Apabila **PIHAK KEDUA** selaku ketua pelaksana tidak dapat melaksanakan Penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**.
- Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud pada ayat (1), maka **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.
- Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**



## PASAL 12 PEMBATALAN PERJANJIAN

- (1) Apabila dikemudian hari terhadap judul Penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ditemukan adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dari atau dilakukan oleh **PIHAK KEDUA**, maka perjanjian Penelitian ini dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya akan disetor ke Kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

## PASAL 13 PAJAK-PAJAK

Hal-hal dan/atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa

- a. Pembelian barang dan jasa dikenai PPN sebesar 10% dan PPh 22 sebesar 1,5%
- b. Belanja honorarium PPh Pasal 21 sebesar: 5% bagi yang memiliki NPWP untuk golongan III, untuk golongan IV sebesar 15% dan 6% bagi yang tidak memiliki NPWP
- c. Pajak-pajak lain sesuai ketentuan menjadi tanggungjawab **PIHAK KEDUA** dan harus dibayarkan oleh **PIHAK KEDUA** ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai ketentuan yang berlaku.

## PASAL 14 KEKAYAAN INTELEKTUAL

- (1) Hak kekayaan Intelektual yang dihasilkan dari pelaksanaan penelitian diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan
- (2) Setiap publikasi, makalah, dan/atau ekspos dalam bentuk apapun yang berkaitan dengan hasil penelitian ini wajib mencantumkan Universitas Negeri Makassar
- (3) Hasil penelitian berupa peralatan adalah milik Negara dan dapat dihibahkan kepada institusi/lembaga melalui Berita Acara Serah Terima (BAST)

## PASAL 15 PERALATAN DAN/ALAT HASIL PENELITIAN

Hasil Pelaksanaan Penelitian ini yang berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari pelaksanaan Penelitian ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada Universitas Negeri Makassar sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan

## PASAL 16 INTEGRITAS AKADEMIK

- (1) Pelaksana penelitian wajib menjunjung tinggi integritas akademik yaitu komitmen dalam bentuk perbuatan yang berdasarkan pada nilai kejujuran, kredibilitas, kewajaran, kehormatan, dan tanggung jawab dalam kegiatan penelitian yang dilaksanakan.
- (2) Penelitian dilakukan sesuai dengan kerangka etika, hukum dan profesionalitas, serta kewajiban sesuai dengan peraturan yang berlaku.
- (3) Penelitian dilakukan dengan menjunjung tinggi standar ketelitian dan integritas tertinggi dalam semua aspek penelitian

## PASAL 17 KEADAAN KAHAR

- (1) **PARA PIHAK** dibebaskan dari tanggung jawab atas keterlambatan atau kegagalan dalam memenuhi kewajiban yang dimaksud dalam Kontrak Penelitian disebabkan atau diakibatkan oleh peristiwa atau kejadian diluar kekuasaan **PARA PIHAK** yang dapat digolongkan sebagai keadaan memaksa (*force majeure*).
- (2) Peristiwa atau kejadian yang dapat digolongkan keadaan memaksa (*force majeure*) dalam Kontrak Penelitian ini adalah bencana alam, wabah penyakit, kebakaran, perang, blockade, peledakan, sabotase, revolusi, pemberontakan, huru-hara, serta adanya tindakan pemerintah dalam bidang ekonomi dan moneter yang secara nyata berpengaruh terhadap pelaksanaan Kontrak Penelitian ini.



- (3) Apabila terjadi keadaan memaksa (*force majeure*) maka pihak yang mengalami wajib memberitahukan kepada pihak lainnya secara tertulis, selambat-lambatnya dalam waktu 7 (tujuh) hari kerja sejak terjadinya keadaan memaksa (*force majeure*), disertai dengan bukti-bukti yang sah dari pihak yang berwajib, dan **PARA PIHAK** dengan itikad baik akan segera membicarakan penyelesaiannya.

### PASAL 18 PENYELESAIAN PERSELISIHAN

- (1) Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan Kontrak Penelitian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat,
- (2) Dalam hal tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat sebagaimana dimaksud pada ayat (1) maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum yang berlaku dengan memilih domisili hukum di Pengadilan Negeri.

### PASAL 19 AMANDEMEN KONTRAK

Apabila terdapat hal lain yang belum diatur atau terjadi perubahan dalam Kontrak Penelitian ini, maka akan dilakukan Amandemen Kontrak Penelitian

### PASAL 20 SANKSI

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Kontrak Penelitian telah berakhir, **PIHAK KEDUA** tidak melaksanakan kewajiban sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 ayat (2), maka **PIHAK KEDUA** dikenai sanksi administratif;
- (2) Sanksi administratif sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dapat berupa penghentian pembayaran dan Ketua Tim Pelaksana Penelitian tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.

### PASAL 21 LAIN-LAIN

- (1) **PIHAK KEDUA** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas belum pernah dibiayai dan/atau diikuti sertakan pada Pendanaan Penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri.
- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam Perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.

### PASAL 22 PENUTUP

Kontrak Penelitian ini berlaku sejak tanggal ditandatangani, dibuat dalam rangkap 3 (tiga), memiliki kekuatan hukum yang sama, bermaterai cukup, dan biaya materai dibebankan kepada **PIHAK KEDUA**

**PIHAK PERTAMA**

**PIHAK KEDUA**



Prof. Dr. Ir. H. Bakhrani A. Rauf, M.T., IPU.  
NIP: 196110161988031006

Dr. Muhammad Arsyad, M.T.  
NIP: 196408281990031001