

SKRIPSI

ANALISIS HUBUNGAN KOMPOSISI MINERAL TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIS PADA BATUAN DASIT

(Studi kasus : Desa Sepee, Kecamatan Barru, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan)

Disusun dan diajukan oleh

RANDI SETIAWAN

D62115512



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS HUBUNGAN KOMPOSISI MINERAL TERHADAP SIFAT
FISIK DAN MEKANIS PADA BATUAN DASIT**

Disusun dan diajukan oleh

RANDI SETIAWAN

D62115512

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 14 April 2021

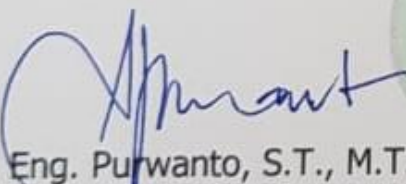
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.


UNIVERSITAS HASANUDDIN

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

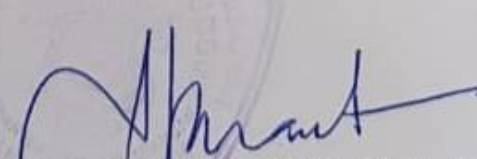

Dr. Eng. Purwanto, S.T., M.T., IPM.


Nirmana Fiqra Qaidahiyani, S.T., M.T.

NIP. 197111282005011002

NIP. 199304222019032018

Ketua Program Studi,


Dr. Eng. Purwanto, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197111282005011002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Randi Setiawan
NIM : D62115512
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Hubungan Komposisi Mineral Terhadap Sifat Fisik dan Mekanis Pada
Batuan Dasit

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

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 14 April 2021

Yang menyatakan



Tanda tangan

Randi Setiawan

ABSTRAK

Kekuatan batuan merupakan kriteria yang sangat penting dalam klasifikasi batuan agar dapat mengoptimalkan penggunaan material konstruksi dan desain struktur permukaan dan bawah permukaan. Mineral pada batuan dapat memengaruhi kekuatan batuan sehingga perlu dilakukan penelitian agar rekayasa dan penggunaan batuan dapat sesuai dengan karakteristik batuan tersebut. Batuan yang diteliti merupakan jenis batuan dasit yang diambil dari lokasi tambang rakyat di Daerah Sepee, Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan. Dalam mengidentifikasi mineral yang terkandung dalam batuan dasit dilakukan analisis petrografi dan analisis XRD serta dalam menganalisis hubungan komposisi mineral terhadap batuan dasit dilakukan analisis korelasi linear sederhana. Mineral yang terkandung dalam batuan mempengaruhi sifat fisik dan sifat mekanis batuan. Dari penelitian ini, diperoleh hasil bahwa mineral primer yang terkandung dalam batuan dasit, memiliki tingkat hubungan yang kuat terhadap kekuatan batuan, yaitu albit yang berkorelasi positif dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,71. Untuk mineral sekunder yang berkorelasi negatif dengan tingkat hubungan kuat terhadap kekuatan batuan ialah kuarsa dengan nilai koefisien korelasi sebesar -0,72.

Kata kunci: Dasit, mineral, kekuatan batuan, material konstruksi, tambang rakyat

ABSTRACT

Rock strength is a very important criterion in rock classification in order to optimize the use of the construction and design of surface and subsurface structures. The minerals in the rock can affect the strength of the rock so that research needs to be done so that the engineering and use of the rock can match the characteristics of the rock. The rock studied is a type of dacite rock taken from community mining sites in the Sepee area, Barru Regency, South Sulawesi. In identifying the minerals contained in dacitic rock, petrographic analysis and XRD analysis were carried out and in analyzing the relationship between mineral composition and dacite rock, a simple linear correlation analysis was carried out. The minerals contained in rocks affect the physical and mechanical properties of the rock. From this research, it was found that the primary minerals contained in dacite rocks had a strong level of relationship to rock strength, namely albit which was positively correlated with a correlation coefficient value of 0.71. For secondary minerals that have a negative correlation with a strong level of relationship to rock strength is quartz with a correlation coefficient value of -0.72.

Keywords: Dacite, mineral, compressive strength test, construction material, people's mine

KATA PENGANTAR

Puja dan puji syukur penulis panjatkan atas keha dirat Allah *subhanahu wa ta'ala* karena senantiasa diberikan petunjuk serta kemudahan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Analisis hubungan komposisi mineral terhadap kekuatan batuan menggunakan uji kuat tekan uniaksial pada batuan dasit (Studi Kasus: Desa Sepee, Kecamatan Barru, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan)".

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana di Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Proses perkuliahan dari awal hingga penyusuna skripsi merupakan pendewasaan diri yang terlampau berharga sehingga tidak dapat dinilai secara materi. Penyelesaian penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada:

1. Dr. Eng. Purwanto, S.T., M.T selaku Ketua Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin sekaligus dosen pembimbing 1 penulis yang telah memberikan arahan dan tuntutan dalam menyelesaikan tugas akhir penulis;
2. Nirmana Fiqra Qaidahiyani, S.T., M.T selaku dosen pembimbing 2 penulis yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan skripsi ini;
3. Dr. Sufriadin, S.T., M.T yang juga ikut serta membantu dan mengarahkan mulai dari pengambilan sampel sampai dengan proses analisis sampel penelitian ini;
4. kedua orang tua yang senantiasa menyayangi, mendoakan dan memberikan *support* yang tidak ternilai dalam proses kehidupan penulis sampai hari ini;
5. kawan-kawan di STABILITY 2015 (Teknik Pertambangan Unhas 2015), tanpa kalian saya tidak akan bisa sampai pada titik ini. Terima kasih atas bantuannya; dan

6. teman-teman yang ada di Laboratorium Geomekanik yang telah banyak membantu selama proses penyusunan tugas akhir ini.

Penulis berharap semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan tugas akhir ini diberikan kemudahan dalam hal apa pun. Akhir kata, Penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan penulisan dan tata bahasa.

Makassar, 09 April 2021

Randi Setiawan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Lokasi Penelitian.....	3
1.6 Tahapan Penelitian.....	3
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Batuan Dasit.....	5
2.2 Keterkaitan Komposisi Mineral dengan Sifat Fisik dan Mekanis Batuan.....	6
2.3 Uji Laboratorium.....	7
2.3.1 Uji Sifat Fisik	8
2.3.2 Uji Kuat Tekan Uniaksial	10
2.4 Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	15
2.5 Analisis Sayatan Tipis	17
2.6 Analisis Korelasi Komposisi Mineral terhadap Kekuatan Batuan.....	18
METODE PENELITIAN	19
3.1 Kondisi Umum Wilayah Penelitian.....	19
3.2 Pengambilan Sampel Batuan	20
3.3 Preparasi Sampel.....	20

3.3.1	Sampel Uji Sifat Fisik	21
3.3.2	Sampel Uji Kuat Tekan (UCS).....	21
3.3.3	Sayatan Tipis.....	22
3.3.4	Sampel Analisis XRD	24
3.4	Pengujian Sifat Fisik	25
3.5	Uji Kuat Tekan Uniaksial	26
3.6	Pengujian Petrografi.....	28
3.7	Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	28
ANALISIS HUBUNGAN KOMPOSISI MINERAL TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIS PADA BATUAN DASIT		31
4.1	Batuan Dasit.....	31
4.1.2	Hasil Uji Kuat Tekan Sampel Batuan	31
4.1.2	Pengamatan Mikroskopis	32
4.1.3	Hasil analisis XRD.....	34
4.1.1	Hasil Uji Sifat Fisik Sampel Batuan	38
4.2	Korelasi komposisi mineral terhadap kuat tekan batuan.....	39
Pengelompokkan persentase komposisi mineral dan nilai-nilai dari uji kuat tekan uniaksial (UCS) dapat dilihat pada Tabel 4.8.		43
4.2	Korelasi Komposisi Mineral terhadap Sifat Fisik Batuan	43
4.2.1	Korelasi komposisi mineral terhadap densitas natural batuan.....	43
4.2.2	Korelasi antara komposisi mineral terhadap densitas kering batuan	44
4.2.3	Korelasi antara komposisi mineral terhadap densitas jenuh batuan	44
4.2.4	Korelasi antara komposisi mineral terhadap kadar air batuan.....	45
4.2.5	Korelasi antara komposisi mineral terhadap derajat kejenuhan batuan.....	46
4.2.6	Korelasi antara komposisi mineral terhadap porositas batuan	47
4.2.7	Korelasi antara komposisi mineral terhadap nisbah rongga batuan.....	48
KESIMPULAN		50
5.1	Kesimpulan	50
DAFTAR PUSTAKA		52
LAMPIRAN		55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta lokasi penelitian.....	3
Gambar 2.1 Kenampakan batuan dasit.....	6
Gambar 2.2 Mesin pengujian kuat tekan	11
Gambar 2.3 Kurva tegangan regangan.....	13
Gambar 2.4 Diagram mekanis XRD	16
Gambar 3.1 Pengambilan sampel batuan.....	20
Gambar 3.2 Sampel batuan uji sifat fisik	21
Gambar 3.3 (a) Proses pengeboran inti bongkah batuan (b) Sampel UCS	22
Gambar 3.4 Sampel sayatan tipis	23
Gambar 3.5 Sampel batuan untuk kebutuhan penggerusan.....	24
Gambar 3.6 Alat penggerus (Mortar)	24
Gambar 3.7 Alat timbang sampel.....	25
Gambar 3.8 (a) Desikator & Pompa hisap, (b) Alat timbang, (c) Neraca Ohaus, (d) Oven ...	26
Gambar 3.9 (a) Sampel uji, (b) Mesin uji kuat tekan, (c) Timbangan, (d) Jangka sorong ...	27
Gambar 3.10 Pengamatan sampel petrografi	28
Gambar 3.11 Peletakkan sampel pada pelat baja	29
Gambar 3.12 Sampel yang telah diletakkan di pelat baja	29
Gambar 3.13 Difraktormeter sinar x.....	29
Gambar 3.14 Diagram alir penelitian.....	30
Gambar 4.1 Kenampakan mikroskopis sampel sayatan tipis.....	33
Gambar 4.2 Difraktogram sampel 1	35
Gambar 4.3 Difraktogram sampel 2	35
Gambar 4.4 Difraktogram sampel 3	36
Gambar 4.5 Difraktogram sampel 4	37
Gambar 4.6 Difraktogram sampel 5	37
Gambar 4.7 Kolerasi komposisi mineral primer terhadap kuat tekan batuan	39
Gambar 4.8 Kolerasi komposisi mineral sekunder terhadap kuat tekan batuan	40
Gambar 4.9 Kolerasi komposisi mineral terhadap modulus Young	41
Gambar 4.10 Kolerasi komposisi mineral terhadap nisbah Poisson.....	42
Gambar 4.11 Kolerasi komposisi mineral terhadap densitas natural.....	43

Gambar 4.12 Kolerasi komposisi mineral terhadap densitas kering	44
Gambar 4.13 Kolerasi komposisi mineral terhadap densitas jenuh.....	45
Gambar 4.14 Kolerasi komposisi mineral terhadap kadar air	46
Gambar 4.15 Kolerasi komposisi mineral terhadap derajat kejenuhan.....	47
Gambar 4.16 Kolerasi komposisi mineral terhadap porositas.....	48
Gambar 4.17 Kolerasi komposisi mineral terhadap nisbah rongga	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Syarat-syarat mutu kuat tekan batuan menurut SNI.....	12
Tabel 2.2 Klasifikasi korelasi pearson	18
Tabel 4.1 Hasil pengujian kuat tekan batuan	31
Tabel 4.2 Kemampuan batuan dasit sebagai bahan bangunan berdasarkan SNI	32
Tabel 4.3 Persentase komposisi mineral primer dan sekunder pada batuan dasit	34
Tabel 4.4 Hasil uji sifat fisik pada sampel batuan dasit.....	38
Tabel 4.5 Nilai korelasi antara komposisi mineral terhadap kuat tekan.....	40
Tabel 4.6 Nilai korelasi antara komposisi mineral terhadap modulus Young.....	41
Tabel 4.7 Nilai korelasi antara komposisi mineral terhadap nisbah Poisson.....	42
Tabel 4.8 Persentase komposisi mineral dan nilai-nilai dari uji kuat tekan uniaksial.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN

A Peta lokasi penelitian.....	56
B Pengolahan data sifat fisik	57
C Pengolahan data uji kuat tekan	58
D Pengelompokan persentase mineral, sifat fisik dan uji (UCS).....	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelurahan Sepee sebagai lokasi penelitian merupakan bagian wilayah Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan. Kabupaten Barru adalah salah satu kabupaten yang terletak di pesisir barat Sulawesi Selatan yang terletak pada koordinat $40^{\circ}5'49''$ - $40^{\circ}47'35''$ Lintang Selatan dan $119^{\circ}35'00''$ - $119^{\circ}49'16''$ Bujur Timur atau berada ± 100 km sebelah utara Kota Makassar dan 50 km sebelah selatan Kota Pare-Pare dengan garis pantai sepanjang 78 km dan luas wilayah 1.174,72 km².

Bahan galian batuan beku pada Kecamatan Barru yaitu batuan dasit yang sebagian besar digunakan untuk kegiatan sipil seperti bahan atau material bangunan. Batuan dasit merupakan jenis batuan beku vulkanik yang mempunyai tekstur afanitik hingga porfiritik dan memiliki komposisi intermediet antara andesit dan riolit. Tekstur yang kasar (afanitik) serta sifat yang keras dan masif menjadikan batuan beku banyak diambil sebagai bahan galian untuk tambang kuari yang dimanfaatkan untuk keperluan bahan bangunan atau material timbunan. Hal ini didukung oleh ketersediaan batuan beku di alam yang melimpah.

Batuan dasit yang ada di lokasi penelitian sebagian besar diambil untuk digunakan dalam keperluan sipil untuk pembangunan fasilitas dan permukiman warga karena lokasinya dekat dengan area perkotaan. Pemanfaatan batuan dasit pada daerah penelitian secara umum hanya didasarkan pada identifikasi fisik batuan yang kuat dan masif serta ketersediaannya yang melimpah, sedangkan kekuatan batuan dasit dari hasil uji laboratorium dan identifikasi dari mineral penyusun batuan dasit masih kurang dilakukan.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka pengujian laboratorium dianggap perlu untuk mengetahui dan mengidentifikasi komposisi mineral, sifat fisik, dan sifat mekanis batuan dasit pada daerah penelitian. Selain itu, dapat pula dilakukan analisis hubungan komposisi mineral terhadap sifat fisik dan mekanis pada batuan dasit di daerah Sepee, Kecamatan Barru, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. adanya variasi kandungan mineral serta kadarnya yang secara langsung memengaruhi sifat-sifat batuan, baik sifat fisik maupun sifat mekanis;
2. kekuatan dan karakteristik batuan sangat dipengaruhi oleh jenis mineral yang terkandung di dalam batuan tersebut.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya kegiatan penelitian ini adalah:

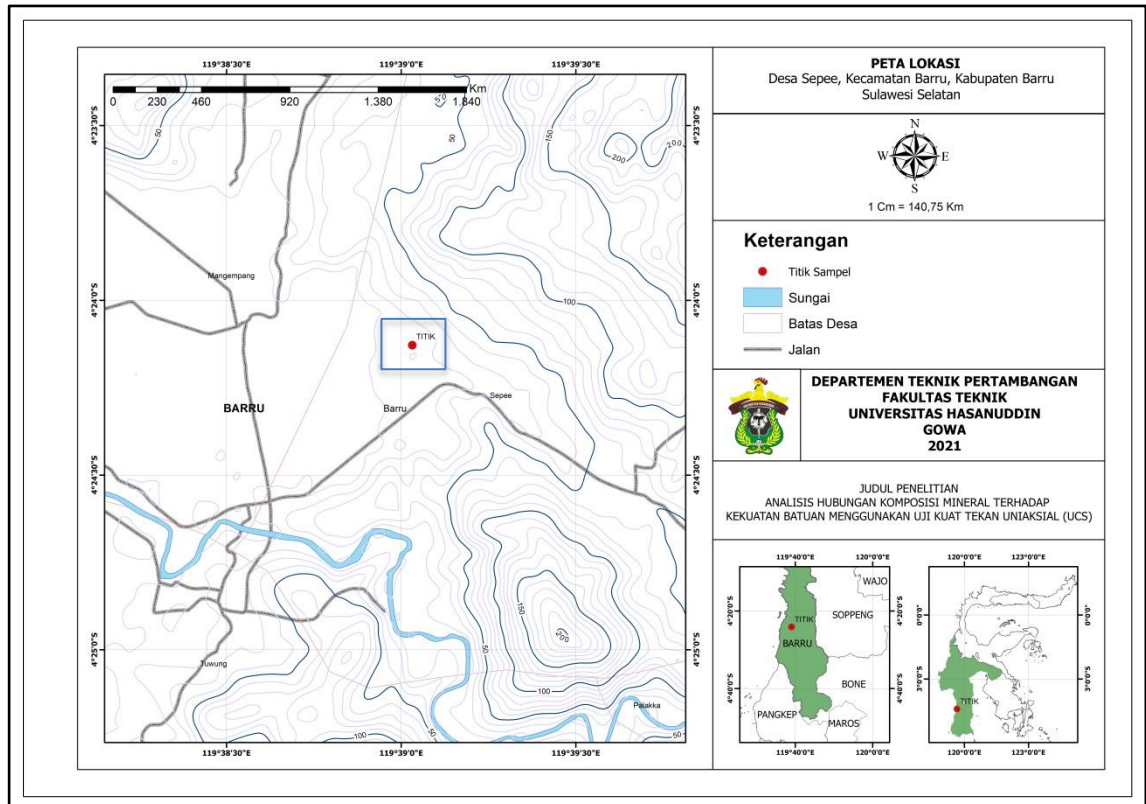
1. mengidentifikasi mineralogi batuan dasit di daerah penelitian melalui analisis petrografi dan *X-Ray Diffraction* (XRD);
2. mengetahui tingkat kekuatan batuan dasit di daerah Sepee melalui uji kuat tekan uniaksial (uji UCS);
3. menganalisis hubungan komposisi mineral terhadap kuat tekan uniaksial batuan dasit di daerah penelitian.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini berupa informasi hubungan komposisi mineral terhadap kuat tekan batuan di daerah Sepee, Kecamatan Barru, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan.

1.5 Lokasi Penelitian

Penelitian ini berada di lokasi penambangan material konstruksi di Daerah Sepee, Kecamatan Barru, Kabupaten Barru. Titik pengambilan sampel terletak pada kordinat S $04^{\circ}24'33.77''$ dan E $199^{\circ}39'45.45''$.



1.6 Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan penelitian sebagai berikut.

1. Persiapan

Persiapan merupakan tahapan awal penelitian yang mencakup penyiapan berkas-berkas administrasi, pengurusan izin, serta konsultasi dengan penasihat akademik dan kepala laboratorium.

2. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari buku-buku, jurnal, ataupun jenis referensi lainnya yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan sehingga dapat menjadi acuan dalam penelitian dan penyusunan draf skripsi.

3. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan melalui beberapa kegiatan berikut.

- a. Pengambilan sampel batuan
- b. Pengujian sifat fisik batuan untuk mendapatkan parameter sifat fisik sampel batuan
- c. Pengujian kuat tekan uniaksial untuk mendapatkan nilai kuat tekan uniaksial, modulus Young, dan nisbah Poisson
- d. Analisis XRD dan petrografi untuk mendapatkan komposisi mineral pada batuan.

4. Pengolahan Data

Data-data penelitian yang telah terkumpul dari hasil pengujian di laboratorium kemudian dianalisis untuk menyelesaikan masalah dan menarik kesimpulan dari permasalahan yang ada.

5. Kesimpulan

Hasil analisis dalam penelitian ini kemudian disimpulkan untuk menjawab permasalahan yang ada. Adapun saran diberikan pada akhir penelitian agar penelitian ini dapat berkembang menjadi lebih baik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batuan Dasit

Batuan adalah kumpulan dari mineral sejenis atau tak sejenis yang terikat secara lunak maupun padat. Bedanya dengan mineral, batuan tidak memiliki susunan kimiawi yang tetap, biasanya tidak homogen. Lebih dari 700 tipe batuan beku telah berhasil dideskripsikan, sebagian besar terbentuk di bawah permukaan kerak bumi (Wang, 2010). Batuan mempunyai komposisi mineral, sifat-sifat fisik, dan umur yang beraneka ragam. Pada umumnya batuan merupakan gabungan dari dua mineral atau lebih. Sangat jarang didapati batuan yang terdiri dari satu mineral saja. Biasanya batuan berupa padatan keras yang terdiri atas agregat-agregat, baik berukuran besar maupun kecil atau tersusun oleh benda gelas saja (Noor, 2009).

Berdasarkan petrogenesis, dasit merupakan batuan beku yang termasuk dalam jenis vulkanik karena dalam proses pembentukannya dasit mengalami pendinginan magma yang cepat. Dasit terbentuk pada suhu sekitar 900°C-1200°C (Bishop & Hamilton, 1999). Dalam pembentukannya, dasit sering ditemukan bergabung dengan andesit dan membentuk aliran lava (Suharwanto, 2014).

Dalam proses pembentukannya dasit adalah batuan ekstrusi felsik yang menengah dalam komposisi antara andesit dan riolit (James, 2009). Warna pada dasit ini adalah jenis felsik yaitu putih keabu-abuan. Dasit memiliki struktur yang masif karena tidak terdapat aliran atau jejak gas. Derajat kristalin pada dasit ini adalah holokristalin karena dasit seluruhnya tersusun oleh massa kristal (Sukandarrumidi, 2009). Komponen penting dari batuan dasit antara lain plagioklas (dikategorikan, dengan komposisi dari labradorit hingga oligoklas), kuarsa, biotit, brownhornblenda

dan untuk aksesoris: *magnetite*, *ilmenite*, *sanidine*, *orthopyroxene*, *clinopyroxene*, *glass* (Simon dan Schusters Guide, 1978). Granularitas pada dasit yaitu fanerik karena butir-butir kristal mineralnya dapat dibedakan dengan mata telanjang. Bentuk butir pada dasit ini adalah subhedral karena bentuk kristal dari butiran mineral dibatasi oleh sebagian bidang kristal yang sempurna (Gautama, 2012). Relasi pada dasit ini adalah *inequigranular* karena ukuran butirnya tidak sama.



Gambar 2.1 Kenampakan batuan dasit

Dasit banyak dipergunakan sebagai batu ornamen pada dinding maupun lantai bangunan gedung atau sebagai batu belah untuk fondasi bangunan. Persebaran dasit di Indonesia yaitu di daerah Gorontalo, Lampung, dan daerah Tandung Kecamatan Pamboang, Kabupaten Majene (Nouval, 2009).

2.2 Keterkaitan Komposisi Mineral dengan Sifat Fisik dan Mekanis Batuan

Mineral merupakan benda padat dan homogen yang mempunyai sifat fisik dan kimia tertentu, biasanya ditemukan dalam bentuk kristalin, dan merupakan zat anorganik. Keterdapatannya di bumi ini dapat membentuk batuan atau berasosiasi dengan mineral lain dalam membentuk batuan. Pemahaman karakteristik dan genesis mineral, khususnya melalui sifat optis suatu mineral, dalam melakukan deskripsi

mineral, baik itu sendiri ataupun asosiasi mineral tersebut dalam batuan, memberikan kemudahan dalam melakukan klasifikasi batuan dengan memperhatikan komposisi batuan tersebut serta mempertimbangkan tekstur batuan yang berkembang. Irfan pada tahun 1996 mengatakan, sifat-sifat batuan dipengaruhi oleh komposisi mineral, tekstur (ukuran dan bentuk butiran), kain (susunan mineral dan rongga) dan kondisi pelapukan (Yusof, 2015).

Sifat mekanis batuan dipengaruhi oleh banyak faktor. Fjær et al. pada tahun 2008 mengusulkan bahwa, sifat elastis batuan bergantung pada tiga faktor berikut: (i) jumlah relatif dari setiap komposisi mineral yang ada; (ii) sifat elastis setiap mineral; (iii) distribusi geometri setiap mineral. Lindqvist et al. pada tahun 2007 mempelajari hubungan antara sifat intrinsik, seperti mineralogi dan mikrostruktur, dan sifat fungsional dan daya tahan batu dan batuan. Mereka mempertimbangkan pengaruh mineralogi, ukuran butir, dan pengaruh bentuk batas butir. Selain itu, pengaruh orientasi mineral dan distribusi spasial serta pengaruh porositas dan retakan juga dipertimbangkan (Pan et al., 2016).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Chang et al. (2006), menunjukkan bahwa pada batuan sedimen, kuat tekan, dan modulus elastisitas batuan meningkat seiring dengan komposisi mineral kekuatan tinggi seperti kuarsa. Kandungan, struktur, dan sifat mineral memiliki pengaruh penting terhadap sifat fisik dan mekanis batuan (Fjær et al., 2008).

2.3 Uji Laboratorium

Pengujian laboratorium merupakan kegiatan yang harus dilakukan untuk mendapatkan karakteristik batuan utuh, terdiri atas uji sifat fisik dan mekanis. Uji sifat fisik laboratorium dilakukan untuk mengetahui densitas, berat jenis, kadar air, derajat kejenuhan, porositas, dan nisbah pori. Uji sifat mekanis batuan yang paling sering dilakukan dalam uji laboratorium adalah uji kuat tekan uniaksial, uji kuat tarik tak

langsung (uji Brazilian), dan uji geser langsung.

Pengambilan contoh batuan dapat dilakukan di laboratorium ataupun di lapangan (*in situ*). Pengambilan contoh batuan di laboratorium dilakukan dengan melakukan pengeboran inti pada sampel batuan yang diambil dari lapangan. Ketentuan diameter dan panjang sampel bergantung pada jenis uji yang akan dilakukan.

2.3.1 Uji Sifat Fisik

Sifat fisik batuan yang ditentukan untuk kepentingan penelitian karakteristik batuan adalah: bobot isi asli (*natural density*), bobot isi kering (*dry density*), bobot isi jenuh (*saturated density*), berat jenis semu (*apparent specific gravity*), berat jenis sejati (*true specific gravity*), kadar air asli (*natural water content*), kadar air jenuh (*absorption*), derajat kejenuhan, porositas (*n*), dan nisbah rongga (*e*) (Rai dkk., 2011).

Uji sifat fisik berguna sebagai data pendukung dari batuan yang akan diuji. Apabila hasil dari uji sifat fisik batuan yang diuji menunjukkan ketidakseragaman, maka hal ini dapat menjadi indikasi tidak meratanya kekuatan batuan, atau dengan kata lain batuan yang diuji sangat bervariasi atau heterogen (Arif, 2016).

Pengujian sifat fisik batuan di laboratorium mengacu pada *ISRM Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties* (1977). Parameter yang diperoleh dari uji sifat fisik adalah sebagai berikut.

1. Bobot isi asli, merupakan perbandingan massa batuan asli dengan volume total

$$\text{batuan} = \frac{W_n}{W_w - W_s} \dots \dots \dots (2.1)$$

2. Bobot isi kering, merupakan perbandingan massa batuan kering dengan volume

$$\text{totalnya} = \frac{W_o}{W_w - W_s} \dots \dots \dots (2.2)$$

3. Bobot isi jenuh, merupakan perbandingan massa batuan jenuh dengan volume

$$\text{total batuan} = \frac{W_w}{W_w - W_s} \dots \dots \dots (2.3)$$

4. Kadar air asli, merupakan persentase perbandingan antara berat air dalam kondisi natural dengan berat butiran batuan = $\frac{W_n - W_o}{W_o} \times 100\%$(2.4)
5. Derajat kejenuhan, persentase perbandingan kadar air asli dan kadar air jenuh. $\frac{W_n - W_o}{W_w - W_o} \times 100\%$(2.5)
6. Porositas, perbandingan volume rongga dalam batuan dengan volume total batuan. $\frac{W_n - W_o}{W_w - W_s} \times 100\%$(2.6)
7. Nisbah rongga (*void rasio*), perbandingan volume rongga dalam batuan dengan volume butiran batuan.

Penentuan sifat fisik batuan menurut Rai dkk (2011) memerlukan peralatan sebagai berikut.

1. Pemanas (oven) yang mampu mempertahankan temperatur pada 100°C selama 24 jam dan mempunyai tutup yang kedap udara.
2. Wadah contoh yang terbuat dari material yang tidak korosif.
3. Desikator dengan ukuran secukupnya.
4. Pompa vakum sehingga contoh batuan utuh dapat direndam air di dalam wadah yang bisa diberikan tekanan vakum sebesar 800 Pa maksimal selama 1 (satu) jam.
5. Wadah berukuran secukupnya untuk merendam contoh batuan utuh yang dimasukkan ke dalam wadah berongga dan dapat digantung bebas sehingga berat contoh batuan utuhnya dapat ditimbang untuk menentukan berat jenuh terendam air.
6. Timbangan dengan ketepatan sebesar 0,001% dari berat contohnya.

Prosedur uji sifat fisik batuan yang dilakukan untuk memperoleh data sifat fisik batuan adalah sebagai berikut (Arif, 2016).

1. Timbang massa batuan natural yang belum diberi perlakuan apapun: (W_n).

2. Batuan dijenuhkan dengan menggunakan desikator selama 24 jam lalu ditimbang: (W_w).
3. Timbang massa batuan jenuh yang tergantung dalam air: (W_s).
4. Contoh batuan jenuh dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 100°C .
5. Timbang massa batuan kering: (W_o).
6. Volume batuan tanpa pori-pori: $W_o - W_s$.
7. Volume batuan total: $W_w - W_s$.

2.3.2 Uji Kuat Tekan Uniaksial

Kuat tekan adalah kapasitas material untuk menahan gaya tekan secara aksial. Tujuan uji kuat tekan adalah untuk mengukur kuat tekan uniaksial sebuah sampel batuan dalam geometri yang beraturan, baik dalam bentuk silinder balok atau prisma, dalam satu arah (uniaksial). Menurut Indian Bureau of Mines (2014), uji kuat tekan merupakan salah satu pengujian yang digunakan untuk menentukan sifat mekanik batuan dalam rangka melakukan desain dan evaluasi mengenai stabilitas struktur bawah tanah dan permukaan (Yurdakul et al., 2011). Nilai kuat tekan uniaksial diukur pada saat batuan mencapai beban puncaknya sehingga mengalami keruntuhan yang diekspresikan sebagai perbandingan pembebanan puncak (*peak load*) terhadap luas permukaan sampel (Prasetya, 2013 dan Rai dkk., 2014).

Hasil uji ini berupa beberapa informasi, seperti kurva tegangan-regangan, kuat tekan uniaksial, modulus elastisitas, nisbah *Poisson*, energi fraktur, dan energi fraktur spesifik Arif, 2016). Pengujian dilakukan menggunakan mesin tekan (*compression machine*) dan dalam pembebanannya mengikuti standar dari *Suggested Methods for determining the Uniaxial Compressive Strength and deformability of Rock Materials* (ISRM, 1979).



Gambar 2.2 Mesin pengujian kuat tekan

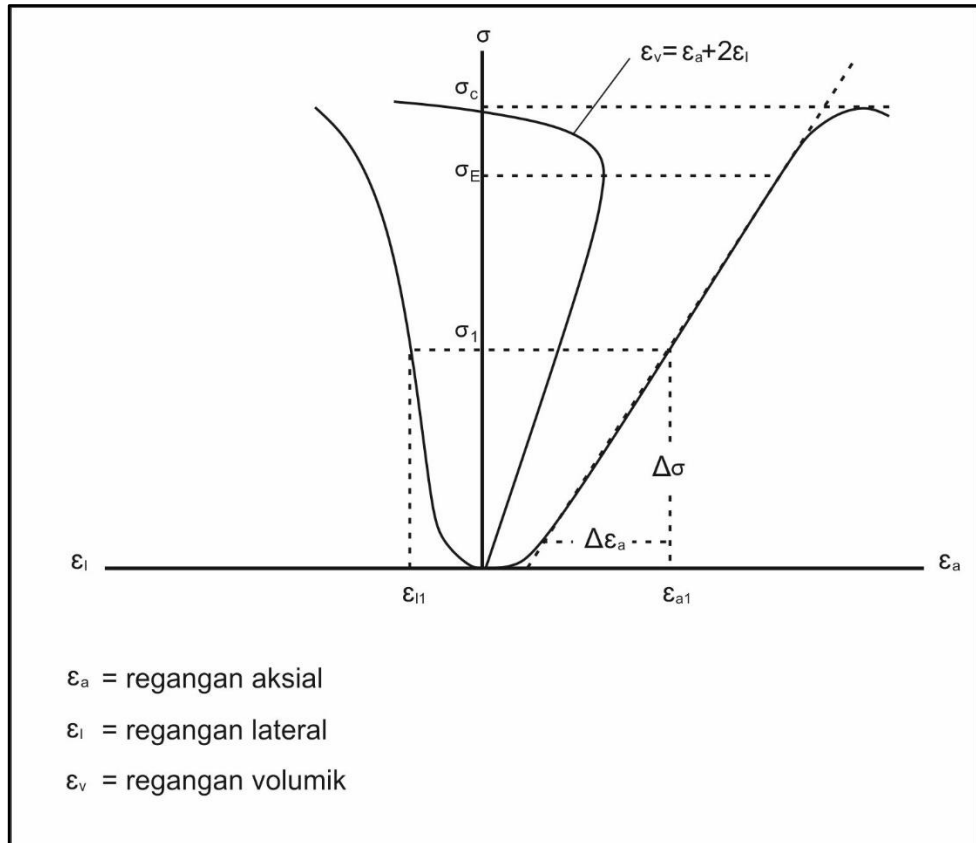
Kuat tekan batuan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti ukuran atau dimensi benda uji (ISRM), pelapukan (Basu et al., 2009), kandungan mineral (Fjær et al., 2008), dan kadar air (Lashkaripour, 2015; Vasarhelyi, 2005). Menurut ISRM (International Society Rock Mechanics) sampel yang digunakan dalam pengujian kuat tekan uniaksial harus berbentuk silinder dengan perbandingan atau rasio antara panjang dan diameter sampel berkisar antara 2,5 sampai dengan 3. Standar kuat tekan batuan untuk bahan bangunan yang dipergunakan sebagai fondasi, penutup lantai, batu tempel/batu hias, dan batu tonggak dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Kuat tekan batuan menjadi salah satu parameter yang penting sehingga beberapa peneliti mengklasifikasikan kekuatan batuan untuk kepentingan desain struktur.

Tabel 2.1 Syarat mutu kuat tekan batu alam untuk bahan bangunan menurut SNI
0378-80

No.	Jenis Bangunan	Kuat Tekan Minimum (MPa)
1	Fondasi berat	147
2	Fondasi sedang	98
3	Fondasi ringan	78,4
4	Penutup lantai atau trotoar	58,8
5	Tonggak dan batu tepi jalan	49
6	Batu hias atau tempel	19,6

Pengujian ini dilakukan menggunakan mesin tekan (*compression machine*) dan pembebanannya mengikuti standar dari *International Society for Rock Mechanics* (ISRM, 1981). Secara teoretis, penyebaran tegangan di dalam contoh batuan searah dengan gaya yang dikenakan pada contoh batuan tersebut. Akan tetapi, pada kenyataannya arah tegangan tidak searah dengan gaya yang dikenakan pada contoh. Hal ini terjadi karena ada pengaruh dari plat penekan pada mesin tekan yang membentuk bidang pecah yang searah dengan gaya, berbentuk "*cone*" (Arif, 2016).



Gambar 2.3 Kurva tegangan-regangan uji UCS (ASTM D2166 / D2166M, 2016)

Pengujian kuat tekan uniaksial (Prasetya, 2013) adalah suatu cara pengujian sifat mekanis yang bertujuan untuk mengetahui parameter-parameter berikut.

1. Kuat Tekan Uniaksial

Nilai kuat tekan uniaksial dari percontoh batuan merupakan tegangan yang terjadi pada percontoh batuan saat percontoh tersebut mengalami keruntuhan (*failure*) akibat pembebanan.

2. Regangan

Pada saat percontoh batuan yang diuji menerima beban yang meningkat secara teratur, maka kondisi percontoh batuan cenderung mengalami perubahan bentuk. Perubahan bentuk ini akan terjadi dalam arah lateral dan aksial sehingga pada percontoh batuan juga mengalami perubahan bentuk secara volumetrik.

3. Batas Elastis

Nilai batas elastis ini dinotasikan dengan σ_{yp} , di mana pada grafik diukur pada saat grafik regangan aksial meninggalkan keadaan linier pada suatu titik tertentu. Titik ini dapat ditentukan dengan membuat sebuah garis singgung pada daerah linier dari grafik tersebut sehingga pada suatu kondisi jelas terlihat grafik meninggalkan keadaan linier dengan kelengkungan tertentu hingga mencapai puncak.

4. Modulus Young

Nilai modulus Young dapat ditentukan sebagai perbandingan antara selisih nilai tegangan aksial ($\Delta\sigma$) dengan selisih regangan aksial ($\Delta\epsilon$), diambil pada perbandingan tertentu pada grafik regangan aksial, dihitung pada rata-rata kemiringan kurva dalam kondisi linier atau bagian linier yang terbesar dari kurva sehingga diperoleh nilai modulus Young rata-rata.

5. Nisbah Poisson

Nisbah Poisson didefinisikan sebagai perbandingan antara regangan lateral dan regangan aksial pada kondisi tegangan tertentu yang diukur pada titik singgung antara grafik regangan volumetrik dengan garis sejajar sumbu tegangan aksial pada saat grafik regangan volumetrik mulai berubah arah.

Nilai kuat tekan suatu benda dapat diketahui dengan menggunakan persamaan: $\sigma_c = P/A$ (1)

dengan: σ_c = kuat tekan (kPa)

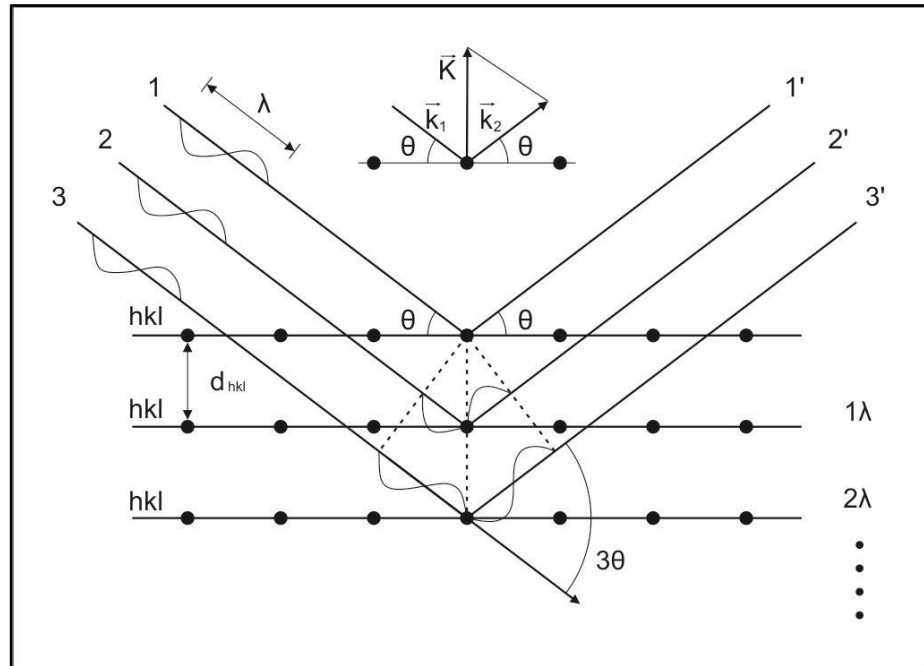
P = beban maksimum (kN)

A = luas penampang (m^2)

2.4 Analisis *X-Ray Diffraction* (XRD)

X-Ray Diffraction (XRD) merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit maupun nonkristalit, contoh adalah identifikasi struktur kristalit (kualitatif) dan fase (kuantitatif) dalam suatu bahan dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar X. Selain itu, alat ini juga dimanfaatkan untuk mengetahui rincian lain, seperti susunan berbagai jenis atom dalam kristal, kehadiran cacat, orientasi, dan cacat kristal (Smallman dan Bishop, 2000).

Setiap senyawa terdiri dari susunan atom-atom yang membentuk bidang tertentu. Jika sebuah bidang memiliki bentuk yang tertentu, maka partikel cahaya (foton) yang datang dengan sudut tertentu hanya akan menghasilkan pola pantulan ataupun pembiasan yang khas. Dengan kata lain, tidak mungkin foton yang datang dengan sudut tertentu pada sebuah bidang dengan bentuk tertentu akan menghasilkan pola pantulan ataupun pembiasan yang bermacam-macam. Sebagai gambaran, bayangan sebuah objek akan membentuk pola yang sama seandainya cahaya berasal dari sudut datang yang sama. Kekhasan pola difraksi yang tercipta inilah yang dijadikan landasan dalam analisis kualitatif untuk membedakan suatu senyawa dengan senyawa yang lain menggunakan instrumen XRD. Pola unik yang terbentuk untuk setiap difraksi cahaya pada suatu material, seperti halnya sidik jari, dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa yang berbeda (Agus., dkk, 2012). Secara umum teknik XRD dapat digambarkan seperti diagram pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Diagram mekanisme XRD

Sinar datang (1, 2, 3) dengan panjang gelombang (λ) mengenai rangkaian atom yang membentuk pola teratur pada bidang hkl dengan jarak antar bidang d_{hkl} akan menghasilkan sinar pantul (1', 2', 3'). Sinar x dapat terbentuk bilamana suatu logam sasaran ditembaki dengan berkas elektron berenergi tinggi. Dalam eksperimen digunakan sinar x yang monokromatis. Kristal akan memberikan hamburan yang kuat jika arah bidang kristal terhadap berkas sinar x (sudut θ) memenuhi persamaan Bragg, seperti ditunjukkan dalam persamaan berikut (Callister, et., al 2003).

$$n\lambda = 2d \sin \theta \dots \dots \dots (2)$$

- di mana :
- d = Jarak antar bidang dalam kristal
 - θ = Sudut deviasi
 - n = Orde (1,2,3...)
 - λ = Panjang gelombang

Terdapat tiga kemungkinan yang bisa terjadi ketika berkas sinar x berinteraksi dengan suatu mineral, yaitu absorpsi (penyerapan), difraksi (penghamburan), atau fluoresensi, yakni pemancaran kembali sinar x dengan energi yang lebih rendah.

Informasi yang dapat diperoleh dari data difraksi sinar x yang dirunjukkan pada Gambar 2.5, yaitu (1) posisi puncak difraksi yang memberikan gambaran tentang parameter kisi (a), jarak antar bidang (d_{hkl}), struktur kristal, dan orientasi dari sel satuan; (2) intensitas relatif puncak difraksi yang memberikan gambaran tentang posisi atom dalam sel satuan; (3) bentuk puncak difraksi yang memberikan gambaran tentang ukuran kristalit dan ketidaksempurnaan kisi (Munasir dkk., 2012).

2.5 Analisis Sayatan Tipis

Sayatan tipis adalah potongan batuan atau material yang dilekatkan pada kaca preparat mikroskop menggunakan media khusus atau *mounting agent* (lem epoksi atau balsam kanada) kemudian ditipiskan hingga mencapai ketebalan $\pm 0,03$ mm. Pada ketebalan tersebut, kaca penutup dilekatkan pada bagian permukaan untuk kemudian diamati menggunakan mikroskop polarisasi dengan sinar transmisi (Setiawan dkk., 2016).

Analisis sayatan tipis ini merupakan analisis yang sangat penting dalam penelitian. Semua hasil dan tujuan yang hendak dicapai sebagian besar berasal dari analisis petrografi. Analisis sayatan tipis dilakukan untuk mengetahui komposisi batuan, termasuk di dalamnya mineral penyusun batuan tersebut atau jenis butiran penyusun batuan yang terdapat pada sayatan tipis (*thin section*) dan tekstur dari batuan sedimen seperti ukuran butir, derajat pembundaran, derajat pemilahan, dan kemas (Sundawa 2012).

Sebagai objek yang sangat penting dalam penelitian yang berbasis batuan atau material, pembuatan sayatan tipis batuan yang berkualitas dan memiliki standar riset mutlak yang dibutuhkan dalam setiap kegiatan penelitian. Secara khusus, teknik pembuatan sayatan tipis telah dibahas oleh Hutchison (1974), Humphries (1992), dan Nesse (2013). Setiap penulis memiliki metode dan teknik tersendiri tergantung alat dan bahan yang dimiliki oleh laboratorium. Kesamaan di antara mereka adalah jenis media

untuk merekatkan batuan pada kaca preparat yang harus memiliki standar indeks refraksi yang mendekati balsam kanada, yaitu 1,54 – 1,55 dan ketebalan hasil 0,03 mm (Setiawan dkk., 2016).

2.6 Analisis Korelasi Komposisi Mineral terhadap Kekuatan Batuan

Metode yang digunakan dalam menetapkan korelasi antara komposisi mineral dan nilai sifat fisik yaitu menggunakan analisis regresi. Nilai koefisien korelasi nantinya akan diklasifikasikan dan menghasilkan tingkat hubungan antar variabel sebagaimana yang diatur pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi korelasi Pearson (Sugiyono, 2018)

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,80-1,00	Sangat kuat
0,60-0,79	Kuat
0.40-0,59	Cukup kuat
0.20-0.39	Rendah
0,00-0,19	Sangat rendah
