

**SKRIPSI**

**PENENTUAN KARAKTERISTIK BATUAN SEDIMEN  
BERDASARKAN UJI PETROGRAFI DAN UJI KECEPATAN  
GELOMBANG ULTRASONIK (UPV)**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**MUHAMMAD ZUHRY ILHAM  
D011 18 1520**



**PROGRAM STUDI SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**



**KEMENTERIAN RISET PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

Jl. Poros Malino km. 6 Bontomarannu, 92172, Kab. Gowa, Sulawesi Selatan  
☒ <http://civil.unhas.ac.id> ☒ [civil@eng.unhas.ac.id](mailto:civil@eng.unhas.ac.id)

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

Judul

**PENENTUAN KARAKTERISTIK BATUAN SEDIMEN BERDASARKAN UJI  
PETROGRAFI DAN KECEPATAN GELOMBANG P**

Disusun dan diajukan oleh

**MUHAMMAD ZUHRY ILHAM**

**D011 18 1520**

Telah memenuhi syarat untuk melaksanakan

**SEMINAR HASIL**

pada tanggal

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng

NIP: 196805292002121002

Dr.Eng. Muhammad Akbar Caronge, ST, M.Eng

NIP: 198604092019043001

Mengetahui,  
Ketua Departemen Teknik Sipil

Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, MEng

NIP: 196805292002121002

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI****PENENTUAN KARAKTERISTIK BATUAN SEDIMEN  
BERDASARKAN UJI PETROGRAFI DAN UJI KECEPATAN  
GELOMBANG ULTRASONIK (UPV)**

Disusun dan diajukan oleh

**MUHAMMAD ZUHRY ILHAM**  
**D011 18 1520**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian  
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Hasamuddin  
Pada tanggal 10 Januari 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing I.



**Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng**  
NIP: 196805292002121002

Pembimbing II.



**Dr. Eng. Muhammad Akbar Caronge, ST, M.Eng**  
NIP: 198604092019043001

Ketua Program Studi,



**Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng**  
NIP: 196805292002121002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;  
Nama : Muhammad Zuhry Ilham  
NIM : D011181520  
Program Studi : Teknik Sipil  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{ PENENTUAN KARAKTERISTIK BATUAN SEDIMEN BERDASARKAN  
UJI PETROGRAFI DAN UJI KECEPATAN GELOMBANG ULTRASONIK  
(UPV)}

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.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 8 Januari 2024



## ABSTRAK

**MUHAMMAD ZUHRY ILHAM.** *PENENTUAN KARAKTERISTIK BATUAN SEDIMEN BERDASARKAN UJI PETROGRAFI DAN UJI KECEPATAN GELOMBANG ULTRASONIK (UPV)* (dibimbing oleh Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, S.T., M.T. dan Dr. Eng. M. Akbar Caronge, S.T., M.T.)

Indonesia sebagai negara berkembang terus berusaha untuk memenuhi kebutuhan pembangunan dengan membangun infrastruktur yang dapat memberikan kesejahteraan rakyat yang lebih baik. Kebutuhan infrastruktur Indonesia untuk bahan bangunan terutama didorong oleh pesatnya urbanisasi dan pertumbuhan ekonomi negara ini. Indonesia telah mengalami pertumbuhan populasi yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, terutama di daerah perkotaan, yang telah menciptakan permintaan yang tinggi untuk infrastruktur seperti jalan, jembatan, bandara, dan gedung. Hal ini menyebabkan bertambahnya kebutuhan untuk perumahan yang layak dan berkelanjutan. Selain itu, kebutuhan tersebut seiring dengan efisiensi biaya dalam konstruksi. Penelitian ini menggunakan sampel material konstruksi yang terbentuk secara alami tergolong material inorganik berupa batuan sedimen yang diambil dari lokasi pengambilan di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur yang secara geologi termasuk dalam Formasi Lati. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk menganalisis kandungan mineral penyusun sampel batuan sedimen ini beserta kondisi porositas yang menyusunnya, menganalisis kecepatan gelombang ultrasonik (UPV) yang melalui sampel batuan sedimen serta menganalisis hubungan antara tingkat kekerasan dan kecepatan gelombang ultrasonik (UPV) yang melalui sampel batuan sedimen dengan uji kekerasan Schmidt Hammer Test.

Kata Kunci: material konstruksi alami, batuan sedimen, batupasir, uji petrografi dan porositas, UPV dan Schmidt Hammer Test

## ABSTRACT

**MUHAMMAD ZUHRY ILHAM.** *Determining Sedimentary Rocks Characteristics based on Petrographic Test and Ultrasonic Pulse Velocity Test* (supervised by Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, S.T., M.T. and Dr. Eng. M. Akbar Caronge, S.T., M.T.)

Indonesia as a developing country continues to strive to meet development needs by building infrastructure that can provide better people's welfare. Indonesia's infrastructure needs for building materials are mainly driven by the country's rapid urbanization and economic growth. Indonesia has experienced significant population growth in recent years, especially in urban areas, which has created high demand for infrastructure such as roads, bridges, airports and buildings. This causes an increasing need for adequate and sustainable housing. In addition, this need is in line with cost efficiency in construction. This study used a sample of naturally formed construction material classified as inorganic material in the form of sedimentary rock taken from a collection location in Berau Regency, East Kalimantan which is geologically included in the Lati Formation. The purpose of this study was to analyze the mineral content that makes up this sedimentary rock sample along with the porosity conditions that compose it, analyze the ultrasonic wave velocity (UPV) passing through the sedimentary rock sample and analyze the relationship between the hardness level and the ultrasonic wave velocity (UPV) passing through the sedimentary rock sample. with Schmidt Hammer Test hardness test.

Keywords: natural construction materials, sedimentary rocks, sandstones, petrographic and porosity tests, UPV and Schmidt Hammer Test

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
BAB I PENDAHULUAN .....	10
1.1 Latar Belakang .....	10
1.2 Rumusan Masalah .....	12
1.3 Tujuan Penelitian .....	12
1.4 Manfaat Penelitian .....	12
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	14
2.1 Tinjauan Material Bahan Konstruksi .....	14
2.1 Batu Pasir .....	14
2.2 Agregat.....	15
2.3 Pengujian Petrografi.....	18
2.4 Pengujian Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) .....	18
2.5 Pengujian <i>Schmidt Hammet Test</i> .....	21
2.6 Penelitian Terdahulu .....	22
BAB III METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Bagan Alir Penelitian .....	26
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	27
3.3 Metode Penelitian dan Sumber Data.....	29
3.4 Alat dan Bahan Penelitian.....	29
3.5 Prosedur Penelitian.....	29
3.6 Pengujian Petrografi.....	30
3.7 Pengujian Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) .....	35
3.8 Pengujian Schmidt Hammer Test .....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	40
4.1 Tampilan Visual Benda Uji.....	40
4.2 Petrografi.....	41
4.3 Uji Porositas .....	51
4.4 Pengujian Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) .....	52
4.4 Pengujian <i>Schmidt Hammer Test</i> .....	54
4.5 Hubungan <i>Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)</i> dengan Schmidt Hammer Test.....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
5.1 Kesimpulan .....	57
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA .....	58

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skematik Pengujian UPV .....	20
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian .....	29
Gambar 3.2 Peta Lokasi pengambilan sampel batuan .....	30
Gambar 3.3. Kenampakan Batuan sedimen di lokasi pengambilan sampel .....	30
Gambar 3.4. Sampel di potong untuk persiapan sayatan tipis .....	32
Gambar 3.5. Proses penghilangan kadar air .....	33
Gambar 3.6. Pemotongan sampel dengan mesin pemotong besar .....	33
Gambar 3.7. Preparasi sampel menjadi batuan <i>chip</i> .....	34
Gambar 3.8. Persiapan pemasangan chip dengan kaca preparat.....	34
Gambar 3.9. Persiapan sayatan tipis dengan menggunakan gerinda putar .....	35
Gambar 3.10. Pengamatan sampel melalui mikroskop.....	35
Gambar 3.11. Hasil analisis Petrografi tiap sampel .....	36
Gambar 3.12. Sampel yang akan diuji .....	37
Gambar 3.13. Persiapan alat UPV.....	38
Gambar 3.14. Memasang gemuk pada sampel.....	38
Gambar 3.15. Pembacaan data uji Ultrasonik.....	39
Gambar 3.16. Mencatat hasil data.....	39
Gambar 3.17. Mempersiapkan benda uji dengan mencatat titik pantulan .....	40
Gambar 3.18. Pemasangan Clamp (Penjepit) .....	41
Gambar 3.19. Proses pengujian tes Schmidt hammer.....	41
Gambar 4.1. Kumpulan 7 sampel batuan yang diklasifikasi menjadi 3 jenis .....	42
Gambar 4.2 Kenampakan sampel batuan yang telah dipotong .....	43
Gambar 4.3. Foto sayatan tipis yang dipreparasi dari sampel batuan sedimen.....	43
Gambar 4.4 Foto sayatan tipis Sampel A.....	44
Gambar 4.5 Foto sayatan tipis Sampel C.....	46
Gambar 4.6 Foto sayatan tipis Sampel H.....	48
Gambar 4.7 Foto sayatan tipis Sampel J.....	50
Gambar 4.8 Foto sayatan tipis Sampel L.....	52
Gambar 4.9 Foto sayatan tipis Sampel M.....	54
Gambar 4.10 Foto sayatan tipis Sampel Q.....	56
Grafik 4.11. Hasil UPV Quartz Arenite ( <i>Sampel A</i> ).....	59
Grafik 4.12. Hasil UPV Mudstone (Sampel L).....	59
Grafik 4.13. Hasil UPV Quartz Wacke (Sampel M).....	60
Grafik 4.14. Nilai rata-rata pengujian UPV tiap sampel sampel).....	60
Grafik 4.15. Hasil nilai rata-rata pengujian schmidt hammer .....	61
Grafik 4.16. Hubungan antara nilai UPV dan nilai Schmidt Hammer Test.....	62

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Batas-batas gradasi agregat halus .....	19
Tabel 4.1. Tabel hasil pengamatan porositas.....	58

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Hasil Pengujian UPV.....	66
Lampiran 2. Tabel Hasil uji Schimidt Hammer Test .....	67
Lampiran 3. Hasil pengamatan Petrografis .....	68

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur ke hadirat Allah ﷻ yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, Salawat serta salam selalu tercurahkan kepada محمد ﷺ dan semoga kita semua mendapat syafa'atnya di hari kemudian hari. Alhamdulillah, akhirnya tugas akhir skripsi sebagai syarat kelulusan menjadi sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dengan judul “PENENTUAN KARAKTERISTIK BATUAN SEDIMEN BERDASARKAN UJI PETROGRAFI DAN UJI KECEPATAN GELOMBANG ULTRASONIK (UPV)” akhirnya dapat diselesaikan.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, tentu ada hambatan yang harus penulis hadapi. Namun, dibalik itu ada pihak yang telah membantu dan mendukung penyusunan tugas akhir ini. Sehingga tak lupa penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak yang telah memberi bantuan serta dukungan baik berupa tenaga maupun pemikirannya. Tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. H. M Wihardi Tjaronge, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Eng. M. Akbar Caronge, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan kontribusi waktu dan tenaga untuk membantu menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini. Tak lupa saya ucapkan juga terima kasih kepada Bapak Dr. Eng. Bambang Bakri, ST., MT serta Ibu Dr. Ir. Ulva Ria Irfan, ST., MT yang bersedia menjadi penguji.

Penulis tentu menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena mungkin saja terdapat kesalahan serta kekurangan di dalamnya. Oleh karena itu, penulis menerima kritik serta saran dari pembaca agar nantinya dapat menjadi tugas akhir yang lebih baik di masa yang akan datang.

Gowa, 18 April 2023

Penulis

Muhammad Zuhry Ilham

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia sebagai negara berkembang terus berusaha untuk memenuhi kebutuhan pembangunan dengan membangun infrastruktur yang dapat memberikan kesejahteraan rakyat yang lebih baik. Kebutuhan infrastruktur Indonesia untuk bahan bangunan terutama didorong oleh pesatnya urbanisasi dan pertumbuhan ekonomi negara ini. Indonesia telah mengalami pertumbuhan populasi yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, terutama di daerah perkotaan, yang telah menciptakan permintaan yang tinggi untuk infrastruktur seperti jalan, jembatan, bandara, dan gedung.

Untuk mendukung pertumbuhan ini, pemerintah Indonesia telah mencanangkan program pembangunan infrastruktur yang ambisius, termasuk pembangunan jalan tol baru, rel kereta api, bandara, dan pelabuhan. Proyek-proyek ini membutuhkan sejumlah besar bahan bangunan, termasuk semen, baja, dan bahan bangunan lainnya. Dalam pembangunan konstruksi diperlukan biaya yang lebih efisien dalam anggarannya. Material pembangunan merupakan item dengan biaya terbesar dalam sebuah proyek salah satunya ialah material agregat untuk konstruksi. Dalam *World Economic Forum (2021)*, berbagai negara di dunia seperti Belanda, Swiss, Jerman, Perancis, dan Inggris sepakat untuk menggunakan bahan agregat ramah lingkungan yang dapat membantu memperbaiki kerusakan lingkungan yang telah terjadi. Penggunaan bahan agregat ramah lingkungan ini juga diiringi dengan evaluasi kekuatan tekan yang dihasilkan. Maka dari itu, perlunya rancangan campuran bahan agregat yang mengandung material dari alam yang sudah tersedia sebagai agregat kasar yang dapat memiliki kuat tekan yang tinggi sesuai rencana yang dapat menjamin penggunaannya dalam pembangunan di berbagai konstruksi proyek. Menindaklanjuti permasalahan tersebut, diperlukan penelitian terhadap rancangan campuran bahan agregat yang tidak hanya memiliki kuat tekan dan kecepatan gelombang ultrasonik (*UPV*) yang baik tetapi juga berkelanjutan dengan menggunakan material daur ulang yang ramah lingkungan demi mewujudkan tujuan ke-11 dari *Sustainable Development Goals* yaitu terwujudnya kota dan pemukiman yang berkelanjutan.

Selain mendukung pembangunan infrastruktur negara, industri bahan konstruksi juga berperan penting dalam perekonomian Indonesia. Industri ini menyediakan kesempatan kerja dan memberikan kontribusi terhadap PDB negara. Oleh karena itu, terdapat kebutuhan bagi

pemerintah Indonesia dan sektor swasta untuk berinvestasi di industri bahan bangunan guna memenuhi permintaan infrastruktur yang terus meningkat dan mendukung pertumbuhan ekonomi negara. Pusat Kajian Strategis Departemen Pekerjaan Umum (PU) memperkirakan kebutuhan bahan sebagai input pembangunan infrastruktur PU tahun depan cukup besar. Bahan input tersebut antara lain semen 3,3 juta ton, pasir 2,9 juta m<sup>3</sup>, kerikil 4,6 juta m<sup>3</sup>, besi beton 1 juta ton, besi lainnya 1,6 juta m dan aspal 306,4 juta m<sup>2</sup>.

Dengan latar belakang kebutuhan bahan konstruksi inilah maka diversifikasi material diupayakan di lingkungan perguruan tinggi dengan kajian teknologi bahan konstruksi di laboratorium laboratorium dengan mencari bahan konstruksi baru yang diinovasi dari percobaan laboratorium maupun bahan konstruksi yang dapat diperoleh dan tersedia secara alami di lingkungan kita.

Tidak dapat dipungkiri pula bahwa ketersediaan bahan galian alami yang dapat dijadikan bahan konstruksi cukup banyak tersedia di negara kita. Dengan mengetahui karakteristik bahan galian ini maka kita dapat memastikan bahwa bahan ini dapat digunakan sebagai salah satu alternatif bahan konstruksi yang memungkinkan untuk ditambang sesuai dengan karakteristik yang dimilikinya. Di daerah Kalimantan Timur terdapat satu formasi batuan yang mengandung batuan sedimen yang dapat diperhitungkan sebagai salah satu jenis "*laterite stone*" atau batuan yang kaya akan kandungan besi dan warnanya merah khas.

Laterit adalah jenis tanah yang kaya akan besi dan aluminium, dan ditemukan di daerah tropis di seluruh dunia. Batu laterit merupakan bahan bangunan yang berasal dari jenis tanah ini. Batu itu terbentuk ketika tanah mengalami pelapukan yang intens dalam jangka waktu yang lama, dan oksida besi dan aluminium di dalam tanah bergabung membentuk bahan yang keras dan tahan lama. Batu laterit sering digunakan sebagai bahan bangunan di daerah yang melimpah, seperti di beberapa bagian India, Asia Tenggara, khususnya di India banyak ditemukan *Laterite Stone* ini yang digunakan sebagai alternatif bahan konstruksi atau Bahan Bangunan. Ini sangat populer untuk digunakan dalam membangun rumah, kuil, dan bangunan keagamaan lainnya, serta untuk keperluan dekoratif. Warna merah khas batu dan tekstur alami menjadikannya pilihan populer untuk desain interior dan eksterior. Salah satu alternatif bahan konstruksi diambil dari salah satu jenis batuan sedimen yang ada di daerah ini. Andi Marewangi et.al 2020 melalui disertasinya telah menggunakan bahan uji bersama dengan campuran bahan uji lain dalam pembuatan agregat bahan konstruksi.

Berdasarkan latar belakang ini maka penelitian untuk skripsi ini saya beri judul “Penentuan Karakteristik Batuan Sedimen berdasarkan Uji Petrografi dan Uji Gelombang Ultrasonik (UPV)”

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil berdasarkan latar belakang di atas sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik sampel batuan sedimen berdasarkan kandungan mineral dan sifat porositasnya?
2. Bagaimana kecepatan gelombang ultrasonik (*UPV*) yang melalui sampel batuan sedimen ini sebagai pengganti parsial agregat kasar?
3. Bagaimana tingkat kekerasan dari sampel batuan sedimen ini sebagai pengganti parsial agregat kasar?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diambil, maka tujuan dari penelitian ini ialah sebagai berikut.

1. Untuk menganalisis kandungan mineral penyusun sampel batuan sedimen ini sebagai pengganti parsial agregat kasar
2. Untuk menganalisis kecepatan gelombang ultrasonik (*UPV*) yang melalui sampel batuan sedimen sebagai pengganti parsial agregat kasar
3. Untuk menganalisis hubungan antara tingkat kekerasan dan kecepatan gelombang ultrasonik (*UPV*) yang melalui sampel batuan sedimen sebagai pengganti parsial agregat kasar dengan uji kekerasan Schmidt Hammer Test.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah hasil pengujiannya dapat menjadi acuan karakteristik batuan sedimen yang diuji dengan uji petrografi dengan respon jenis bahan ini terhadap kecepatan gelombang ultrasonik dan tingkat kekerasannya dengan uji kekerasan Hammer Test. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan hasil uji yang dapat digunakan sebagai acuan standar dari jenis sampel batuan yang diperoleh dari alam untuk dijadikan sebagai bahan campuran dalam pencarian alternatif pengganti agregat kasar. Bahan uji ini sebenarnya telah digunakan sebagai bahan eksperimen campuran dengan bahan alami lainnya yaitu River stone atau batuan endapan sungai, namun secara spesifik belum dilakukan pengujian geoteknik

tersendiri. Olehnya itu penelitian ini diharapkan dapat memberikan tindak lanjut dari penelitian sebelumnya.

### **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Untuk berjalannya penelitian ini dengan baik dan sesuai dengan rencana, maka ruang lingkup dari penelitian ini ialah sebagai berikut.

1. *Penelitian ini terbatas hanya pada penentuan sifat fisik dari sampel batuan sedimen ini*
2. Tidak dilakukan uji kandungan geokimia
3. Hanya terfokus pada sampel batuan sedimen yang diambil di lokasi penelitian di Berau, Kalimantan Timur.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam Bab ini akan dibahas tinjauan beberapa teori dan jenis uji dalam topik material bahan konstruksi.

### **2.1 Tinjauan Material Bahan Konstruksi**

Menurut buku ajar teknologi bahan konstruksi (Irmawaty, dkk, 2022), material atau bahan baku adalah bahan yang dapat digunakan untuk membentuk atau memproduksi material lain yang terdiri dari material rekayasa atau engineered materials dan bahan produk industri yang telah banyak digunakan melalui produksi yang sudah mapan yang disebut engineering materials. Material dapat dibagi menjadi 4 macam yaitu logam/metals, material anorganik seperti semen, material organik dan material gabungan atau composite material seperti beton. Material Inorganik terdiri dari Semen (Cement), Lempung (Clay), Batuan (Stone), Batu Bata (Brick) dan Material Alam (Earth Materials). Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah tergolong dalam jenis batuan sedimen sehingga termasuk dalam klasifikasi Material Inorganik berupa earth materials.

Tinjauan terkait batuan sedimen ini dalam ilmu geologi termasuk dalam petrologi atau ilmu tentang batuan. Secara garis besar batuan di alam dibagi dalam 3 jenis berdasarkan proses pembentukannya yaitu batuan beku yang terbentuk dari proses pembekuan magma, batuan sedimen yang terbentuk dari proses pelapukan, sedimentasi dan pematuan, dan batuan metamorf yang terbentuk akibat proses metamorfisme atau proses yang terjadi dalam mantel bumi dengan tekanan temperatur yang tinggi. Sampel yang dijadikan sebagai bahan uji adalah sampel batuan sedimen yang terbentuk dari proses pengendapan dan pematuan sehingga memperlihatkan kesan butiran dan perlapisan. Secara makroskopis dan sesuai dengan ukuran butir dari batuan ini dinamakan batupasir (Sandstone) dan batu lempung (Mudstone).

### **2.1 Batu Pasir**

Berdasarkan SNI, batu pasir diatur dalam standar SNI 03-6829-2002 tentang Batu Pasir. Standar ini mengatur tentang batu pasir yang digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi, seperti beton, aspal, dan tanah liat.

Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh batu pasir berdasarkan SNI 03-6829-2002 antara lain:

1. Gradasi (ukuran butir) batu pasir harus sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan dalam standar.
  2. Kadar air dalam batu pasir tidak boleh melebihi 2%.
  3. Batu pasir tidak boleh mengandung bahan organik yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan.
  4. Batu pasir harus bersih dan tidak mengandung kotoran seperti tanah, lumpur, dan bahan-bahan asing lainnya.
  5. Batu pasir harus tahan terhadap pengaruh cuaca, seperti hujan, angin, dan sinar matahari. Dalam hal aplikasi khusus, seperti pembuatan pasangan batu bata atau pembuatan mortar, terdapat standar SNI yang khusus mengatur persyaratan batu pasir untuk aplikasi tersebut.
- Selain batupasir dan batu lempung, dalam bab ini juga dibahas tentang agregat sebagai pembanding dari material alam.

## **2.2 Agregat**

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% dari volume mortar atau beton. Pemilihan agregat merupakan bagian yang sangat penting karena karakteristik agregat akan sangat mempengaruhi sifat-sifat mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 1996). Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat ini pun menjadi penting. Karena itu perlu dipelajari karakteristik agregat yang akan menentukan sifat mortar atau beton yang akan dihasilkan.

Berdasarkan sumbernya, agregat dapat dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu agregat yang berasal dari alam dan agregat buatan (artificial aggregates). Contoh agregat yang berasal dari sumber alam adalah pasir alami dan kerikil, sedangkan contoh agregat buatan adalah agregat yang berasal dari stone crusher, hasil residu terak tanur tinggi (blast furnace slag), pecahan genteng, pecahan beton, fly ash dari residu PLTU, extended shale, expanded slag dan lainnya.

Secara umum agregat penyusun beton ada dua macam yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus biasanya dalam bentuk alami berupa pasir, sedang agregat kasar yang alami berupa kerikil. Sebagai bahan pengisi pada beton, agregat mempunyai peran penting bagi sifat beton keras dan sifat beton segar. Perubahan gradasi, ukuran butir maksimum, berat jenis dan kadar air adalah sifat agregat yang dapat mempengaruhi sifat beton. Oleh karena itu, pemilihan agregat dengan tepat akan menghasilkan kualitas beton yang baik. Selain itu, Karakteristik agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton, salah satu karakteristik agregat dapat

dilihat pada gradasi agregat tersebut, Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran agregat. Dapat juga disebut pengelompokan agregat dengan ukuran yang berbeda sebagai persentase dari total agregat atau persentase kumulatif butiran yang lebih kecil atau lebih besar dari masing-masing seri saringan. Gradasi agregat akan mempengaruhi luas permukaan agregat yang sekaligus akan mempengaruhi jumlah pasta/air yang lebih sedikit karena luas permukaan lebih kecil. Apabila ditinjau dari volume pori (ruang kosong) antara agregat, maka butir yang bervariasi akan mengakibatkan volume pori lebih kecil dengan kata lain kemampuan menjadi tinggi. Hal ini berbeda dengan ukuran agregat yang seragam, yaitu mempunyai volume ruang kosong yang lebih besar. Dalam pembuatan beton, yang paling banyak digunakan adalah agregat normal dengan gradasi yang harus memenuhi syarat standar. Namun untuk beberapa keperluan yang khusus sering digunakan agregat ringan maupun agregat berat. Ukuran agregat dalam prakteknya secara umum digolongkan ke dalam tiga kelompok yaitu, Batu, jika ukuran butiran lebih dari 40 mm; Kerikil, jika ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm; Pasir, jika ukuran butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.

### **2.2.1 Agregat Kasar**

Menurut SNI – 03 – 2847 – 2012 agregat kasar merupakan kerikil sebagai hasil disintegrasi 'alami' dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. agregat kasar dapat dibedakan menjadi dua yaitu agregat kasar tak dipecahkan dan agregat kasar dipecahkan, Agregat kasar tak dipecahkan merupakan agregat alami berupa batu kerikil alami yang banyak ditemukan di daerah pegunungan, endapan aliran sungai dan juga pesisir pantai. Bentuk agregat kasar ini dipengaruhi oleh proses geologi batuan. Agregat kasar dipecahkan artinya agregat yang diperoleh dengan cara menggunakan mesin pemecah batu (stone crusher) melalui hasil residu terak tanur tinggi, pecahan beton, extended shale, expanded slag, dan lain sebagainya.

Agregat kasar yang digunakan pada campuran beton Agregat harus mempunyai gradasi yang baik, artinya harus terdiri dari butiran yang beragam besarnya, sehingga dapat mengisi rongga-rongga akibat ukuran yang besar, sehingga akan mengurangi penggunaan semen atau penggunaan semen yang minimal. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no. 200), tidak boleh melebihi 1% (terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat harus dicuci. Kekerasan butiran agregat kasar jika diperiksa dengan mesin Los Angeles dimana tingkat kehilangan berat lebih kecil dari 50%.

### 2.2.2 Agregat Halus

Menurut SNI – 03 – 2847 – 2012 agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi 'alami' batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm.

SNI 03 – 2834 – 1992 Mengklasifikasikan distribusi ukuran butiran agregat halus menjadi empat daerah atau zone yaitu : zona I (kasar), zona II (agak kasar), zona III (agak halus) dan zona IV (halus), batas-batas gradasi dapat dilihat pada Tabel 2

**Tabel 2.1** Batas-batas gradasi agregat halus

No saringan	Ukuran saringan (mm)	Presentase Berat yang lolos saringan (%)			
		Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
3/8"	9,6	100	100	100	100
No.4	4,8	90-100	90-100	90-100	90-100
No.8	2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
No.16	1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
No.30	0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
No.50	0,3	0-20	8-30	12-40	15-50
No.100	0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Tabel 2 menunjukkan batas-batas gradasi untuk agregat halus yang terbagi dalam beberapa zona yang menunjukkan klasifikasi agregat halus.

Gradasi agregat diperoleh dengan metode analisa saringan atau sieve analysis yang dilakukan dengan memasukkan agregat pada satu set saringan. Agregat halus yang dipakai harus mempunyai gradasi yang baik, karena akan mengisi ruang-ruang kosong yang tidak dapat diisi oleh material lain sehingga menghasilkan beton yang padat dan untuk mengurangi penyusutan. Analisa saringan akan memperlihatkan jenis dari agregat halus tersebut. Melalui analisa saringan maka akan diperoleh angka Fine Modulus. Klasifikasi Fine modulus dapat di golongkan menjadi tiga jenis pasir yaitu :

- a. Pasir Kasar :  $2.9 < FM < 3.2$
- b. Pasir Sedang :  $2.6 < FM < 2.9$
- c. Pasir Halus :  $2.2 < FM < 2.6$ .

### 2.3 Pengujian Petrografi

Petrografi adalah studi tentang sifat-sifat mineral, tekstur, dan struktur batuan di bawah mikroskop. SNI yang terkait dengan petrografi adalah SNI 03-6828-2002 tentang Batuan dan Mineral.

Standar ini mencakup petunjuk untuk mengidentifikasi mineral dan tekstur dalam batuan menggunakan mikroskop polarisasi. Beberapa aspek yang diatur dalam standar ini antara lain:

1. Klasifikasi batuan: Standar ini membagi batuan menjadi tiga kelompok utama, yaitu batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf.
2. Identifikasi mineral: Standar ini memberikan panduan untuk mengidentifikasi mineral yang umum ditemukan dalam batuan, seperti feldspar, kuarsa, mika, piroksen, amfibol, olivin, dan magnetit.
3. Deskripsi tekstur: Standar ini memberikan panduan untuk deskripsi tekstur dalam batuan, seperti ukuran butir, bentuk, dan distribusi mineral dalam batuan.
4. Deskripsi struktur: Standar ini memberikan panduan untuk deskripsi struktur dalam batuan, seperti kehadiran celah, lipatan, dan patahan.

Selain itu, standar ini juga memberikan petunjuk untuk melakukan pengamatan dengan mikroskop polarisasi dan mengevaluasi kualitas sampel batuan yang dianalisis. Standar ini penting bagi para geolog dan petrolog untuk memahami sifat-sifat batuan dan memperkirakan karakteristik fisik dan mekanik batuan yang berguna dalam perencanaan konstruksi dan eksplorasi sumber daya mineral.

Dalam klasifikasi aggregate, secara petrografi dibagi ke dalam beberapa kelompok batuan yang memiliki karakteristik tertentu yaitu, Kelompok Basalt, Gabbro, Gritstone, Limestone, Quartzite, Flint, Granit, Hornfels, Porphyry dan Schist.

Aggregat juga dapat diklasifikasi berdasarkan sumbernya yaitu Natural Aggregate yang bersumber secara alami, seperti river sand, river gravel, mountain sand atau mountain gravel dan Artificial Agregat seperti pecahan batubata, tanah liat, dll.

### 2.4 Pengujian Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)

Dalam SNI ASTM C597:2012 tentang Metode Uji Kecepatan Rambat Gelombang melalui Beton dimana pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)* dilakukan dengan merambatkan gelombang longitudinal yang dipancarkan oleh transduser elektro akustik yang berhubungan dengan salah satu permukaan beton yang diuji. Setelah melalui beton, rambat gelombang diterima dan dikonversikan menjadi energi listrik oleh transduser kedua yang

berjarak  $L$  dari transduser pemancar. Waktu tempuh  $T$  diukur secara elektronik. Kecepatan rambat gelombang  $V$  dihitung dengan membagi  $L$  dengan  $T$ . Kecepatan rambat gelombang,  $V$ , dari gelombang longitudinal dalam suatu massa beton berhubungan dengan sifat elastisitas dan kerapatan, sesuai dengan persamaan (2).

$$v = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}} \quad (2)$$

Keterangan:

$E$  adalah modulus elastisitas dinamis

$\mu$  adalah rasio poisson dinamis

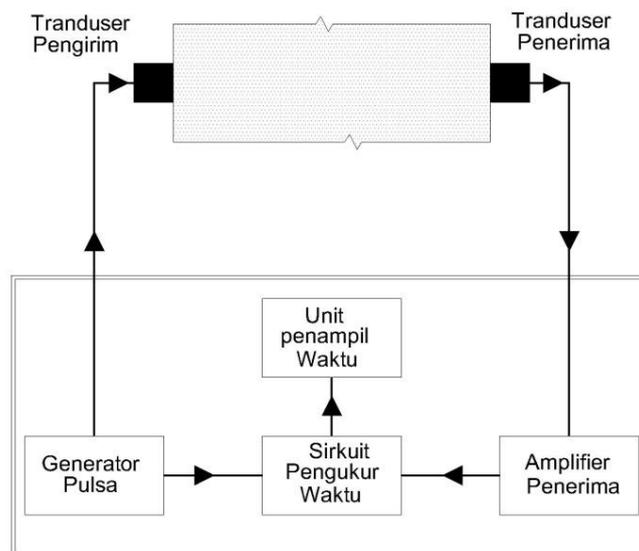
$\rho$  adalah kerapatan beton

Pengujian kecepatan rambat gelombang melalui beton ini digunakan untuk menilai atau mengetahui keseragaman dan mutu relatif beton, mendeteksi adanya rongga dan retak, dan untuk mengevaluasi efektivitas perbaikan retak. Pengujian ini juga dapat digunakan untuk mengetahui adanya perubahan sifat-sifat beton dan pada pemeriksaan suatu struktur untuk memperkirakan tingkat kerusakan atau retakan pada beton. Apabila digunakan untuk mengamati perubahan-perubahan kondisi pada periode tertentu, lokasi uji harus diberi tanda pada struktur untuk memastikan pengujian dapat diulang pada posisi yang sama.

Tingkat kejenuhan beton mempengaruhi kecepatan rambat gelombang, dan faktor ini harus dipertimbangkan jika mengevaluasi hasil uji. Sebagai tambahan, kecepatan rambat gelombang pada beton yang jenuh air kurang sensitif terhadap perubahan-perubahan mutu beton relatif. Kecepatan rambat gelombang pada beton yang jenuh air dapat mencapai 5 % lebih tinggi daripada beton yang kering. Kecepatan rambat gelombang tidak tergantung pada ukuran obyek pengujian, pantulan gelombang dari sisi benda uji tidak berpengaruh pada waktu tiba dari kecepatan rambat gelombang yang dipancarkan langsung. Dimensi terkecil dari objek pengujian harus lebih besar dari panjang gelombang getaran ultrasonik.

Ketelitian pengukuran bergantung dari kemampuan operator dalam menentukan jarak yang tepat antara transduser pengirim dan transduser penerima dan kemampuan peralatan untuk mengukur dengan tepat waktu tempuh kecepatan rambat gelombang. Kuat sinyal yang diterima dan waktu tempuh yang terukur dipengaruhi oleh penempatan pasangan transduser pada permukaan beton. Bahan perantara (coupling agent) dan tekanan yang cukup harus diaplikasikan pada transduser untuk menjamin waktu tempuh yang stabil. Kuat sinyal yang diterima juga dipengaruhi oleh jarak tempuh serta tingkat keretakan atau penurunan mutu beton yang diuji.

Peralatan untuk pengujian, ditunjukkan secara skematik pada **Gambar 2.1** terdiri dari generator kecepatan rambat gelombang, sepasang alat tranduser (pengirim dan penerima), amplifier, sirkuit pengukur waktu, unit untuk menampilkan waktu, dan kabel penghubung.



**Gambar 2.1** Skematik Pengujian UPV

Dalam perhitungan nilai kecepatan rambat gelombang dapat dihitung menggunakan persamaan (3) sebagai berikut.

$$V = \frac{L}{T} \quad (3)$$

Keterangan:

V adalah kecepatan rambat gelombang, meter per sekon (m/s)

L adalah jarak antara pusat permukaan tranduser, meter (m)

T adalah waktu tempuh, sekon (s) Menurut SNI 03-1974-1990, kuat tekan beton yaitu besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Selanjutnya Mulyono (2006) mengemukakan bahwa kuat tekan beton mengidentifikasi mutu sebuah struktur di mana semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.

Nilai kuat benda uji dapat dihitung dengan membagi beban maksimum yang diterima oleh benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang rata dan dinyatakan dengan

dibulatkan ke 1 (satu) desimal dengan satuan 0,1 MPa (SNI 1974 2011), yang dinyatakan dalam persamaan (1)

$$\text{Kuat Tekan Beton} = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dengan pengertian:

Kuat tekan beton dengan benda uji silinder, dinyatakan dalam MPa atau N/mm<sup>2</sup>

P adalah gaya tekan aksial, dinyatakan dalam Newton (N)

A adalah luas penampang melintang benda uji, dinyatakan dalam mm<sup>2</sup>

Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton. Ada empat bagian utama yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton, antara lain sebagai berikut:

1. Proporsi bahan-bahan penyusunnya.
2. Metode perancangan.
3. Perawatan.
4. Keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan, yang terutama dipengaruhi oleh lingkungan setempat.

## **2.5 Pengujian *Schmidt Hammet Test***

Schmidt hammer adalah alat untuk mengukur kekerasan batuan dengan cara mengetuk permukaannya menggunakan palu khusus yang dilengkapi dengan sensor. SNI yang terkait dengan penggunaan Schmidt hammer adalah SNI 03-6827-2002 tentang Pengukuran Kekerasan Batuan dengan Alat Uji Schmidt.

Standar ini memberikan panduan untuk melakukan pengukuran kekerasan batuan dengan menggunakan Schmidt hammer. Beberapa hal yang diatur dalam standar ini antara lain:

1. Persiapan: Standar ini memberikan petunjuk tentang persiapan sampel batuan, termasuk penghilangan permukaan karat atau lapisan mineral yang tidak diinginkan pada permukaan batuan yang akan diuji.
2. Pengukuran: Standar ini memberikan panduan untuk penggunaan alat uji Schmidt, termasuk teknik pengukuran, frekuensi pengukuran, dan jumlah pengukuran yang harus dilakukan.
3. Interpretasi hasil: Standar ini memberikan panduan untuk menginterpretasi hasil pengukuran kekerasan batuan dengan menggunakan skala rebound yang terdapat pada Schmidt hammer.

4. Pelaporan: Standar ini memberikan petunjuk tentang cara melaporkan hasil pengukuran kekerasan batuan, termasuk penyimpanan data pengukuran dan persyaratan kualitas data. Penerapan standar ini sangat penting dalam penilaian kestabilan lereng, perencanaan pekerjaan konstruksi, penilaian potensi sumber daya mineral, dan penelitian geologi.

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan terhadap batuan sampel uji berupa batuan sedimen dari Formasi Lati pada Lembar Geologi 1: 250.000 Tanjung Redeb, 1918, yang secara administrative masuk dalam wilayah Kabupaten Berau Kalimantan Timur ini adalah sebagai berikut:

Sigit Maryanto di tahun 2009 telah melakukan penelitian Diagenesis dan Batuan Sumber Batupasir Formasi Lati di Daerah Berau, Kalimantan Timur. Formasi Batuan utama pembawa batubara adalah Formasi Lati. Formasi Lati ini tersebar di 5 (lima) Kecamatan yaitu : Kecamatan Tanjung Redeb, Sambaliung, Gunung Tabur, Teluk Bayur dan Segah. Pada Formasi Lati ini telah diusahakan penambangan batubara melalui perizinan PKP2B PT. Berau Coal dengan luas keseluruhan konsesi seluas 11.480 Ha, dengan lokasi penambangan meliputi Site Sambaratta, Site Lati dan Binungan. Produksi batubara pada tahun 2014 sebesar 24.58 Juta Metrik Ton. Batubara termasuk pada golongan *bituminous-sub bituminous* dengan spesifikasi yang baik untuk bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap (PLTU).

Hasil pengujian petrografi terhadap dua puluh dua sampel batupasir Formasi Lati di daerah Berau, Kalimantan Timur memperlihatkan bahwa jenis batupasir yang dijumpai termasuk kelas litharenite, feldspathic litharenite, sublitharenite, feldspathic wacke, dan lithic wacke yang beberapa bersifat gampingan. Analisis petrografi telah dilakukan terhadap 22 (dua puluh dua) sampel batupasir yang diambil dari tiga lintasan stratigrafi tersebut di atas. Dengan menggunakan penggolongan batupasir menurut Pettijohn (1975), kelompok batupasir penyusun. Rekaman proses diagenesis yang teramati pada pengujian petrografi meliputi penggantian, pendolomitan, penyemenan, dan pemampatan. Perajahan pada diagram segitiga memperlihatkan bahwa batuan sumber dikuasai oleh batuan granitan yang berasal dari lingkungan tektonik tepian benua dan terangkut ke arah selatan-timur.

Winda Kurniati dan Sugeng Supto Sarjono. 2014. Melakukan analisis Sedimentologi Batupasir Formasi Lati berdasarkan Data Permukaan di Daerah Berau, Kalimantan Timur, menemukan bahwa Formasi Lati di daerah Berau tersusun terutama oleh batupasir yang

merupakan reservoir yang sudah terbukti di Sub-Cekungan Tarakan, yang dikenal sebagai Formasi Meliat. Di Daerah Berau yang masuk dalam Cekungan Sub- Berau, Cekungan Tarakan, Formasi Latih tersingkap baik di daerah Tanjung Redeb. Memahami karakteristik dan sedimentologi Formasi Latih di daerah penelitian diharapkan dapat diterapkan pada Formasi Meliat, sehingga kegiatan eksplorasi dapat lebih terarah. Untuk mencapai tujuan tersebut, dua lintasan stratigrafi sepanjang jalan Tanjung Redeb di Sangatta dan Tanjung Redeb di Tepian telah diukur untuk mengidentifikasi suksesi vertikal dari Formasi Latih bagian bawah dengan ketebalan total terukur mencapai 190m. Analisis lanjut di laboratorium meliputi tiga belas sampel untuk petrografi, enam sampel untuk analisis granulometri dan tiga sampel untuk analisis paleontologi. Karakter batupasir di bawah analisis mikroskop menunjukkan dominasi arenit dengan semen oksida besi hematit. Analisis granulometri menunjukkan ukuran rata-rata batupasir adalah berukuran pasir sedang, bersortasi buruk, dengan morfologi butir subrounded dan sphericity very equant. Berdasarkan analisis paleontologi, diketahui bahwa Formasi Latih terendapkan pada paleobatimetri neritik tengah sampai transisi selama Miosen Tengah (N8-N10). Lingkungan pengendapan adalah delta yang menunjukkan kombinasi ombak dan pasang surut mendominasi sekuen bagian bawah Formasi Latih ini.

Selain Formasi Lati yang mengandung batupasir pembara endapan batubara di daerah Kalimantan ini, Muhammad Algadri Nafian dan Yan Rozal. 2021, telah melakukan studi Geologi Batubara Daerah Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan yang juga memperlihatkan satuan Batupasir yang mirip dengan yang ada di Daerah Berau. Keduanya dianggap sebagai satuan batuan pembawa batubara. Penelitian dilakukan dalam areal seluas 52,8 km<sup>2</sup>. Satuan batuan yang dijumpai dapat dibagi atas enam satuan batuan, yaitu Satuan Batupasir, Satuan Batulempung termasuk tujuh lapisan batubara utama didalamnya (lapisan batubara A1, A2, B, B1, B2, C, D). Satuan Batupasir – Batulanau termasuk empat lapisan batubara gantung didalamnya, Satuan Batupasir – Tuf, Satuan Intrusi Andesit, dan Satuan Endapan Alluvial. Satuan Batulempung dan Satuan Batupasir – Batulanau memiliki kesetaraan dengan Formasi Muaraenim yang merupakan formasi pembawa batubara di daerah penelitian. Batubara di daerah penelitian diendapkan pada lingkungan Lower delta plain – Transitional lower delta plain – Upper delta plain. Peningkatan kematangan batubara pada beberapa contoh dari lapisan batubara utama disebabkan oleh pengaruh panas intrusi yang terdapat didalam daerah penelitian

Berikut ini adalah beberapa jurnal yang membahas karakteristik batu pasir pada pengujian petrografi, p-wave, dan kuat tekan:

Jurnal-jurnal tersebut membahas tentang karakteristik batu pasir pada pengujian petrografi, p-wave, dan kuat tekan yang dapat digunakan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik dari batu pasir. Salah satu contohnya adalah penelitian oleh **Ghafur et al. (2019)** yang membahas tentang karakteristik petrofisik batu pasir di daerah utara Irak dengan menggunakan pengujian p-wave dan kuat tekan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan rambat P-wave dan kuat tekan batu pasir sangat dipengaruhi oleh orientasi butiran mineral di dalam batuan. Sementara itu, penelitian oleh **Fielitz et al. (2020)** membahas tentang karakteristik batu pasir di graben Rhine atas di Eropa Tengah dengan menggunakan pengujian petrografi, p-wave, dan kuat tekan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran butiran mineral, kepadatan, dan porositas batu pasir sangat mempengaruhi sifat mekanik batu pasir.

Dari beberapa jurnal tersebut, beserta dari penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa pengujian petrografi, p-wave, dan kuat tekan dapat memberikan informasi yang penting dalam mengetahui sifat fisik dan mekanik dari batu pasir, sehingga dapat digunakan untuk menentukan kemampuan dan kelayakan batu pasir dalam aplikasi teknik sipil.

Bima dkk, 2016, telah melakukan Analisis Petrografi Agregat Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Perkerasan Kayu. Analisis petrografi dari agregat yang diuji menunjukkan bahwa agregat eks. Ampel tergolong sebagai jenis basalt yang mengandung mineral plagioklas (40%), piroksen (8%), hornblende (2%), Kalsium feldspar (5%), mineral opak (10%) dan massa dasar gelas vulkanik (35%). Sedangkan agregat eks. Kramat tergolong sebagai jenis andesit yang mengandung mineral plagioklas (40%), piroksen (15%), mineral opak (3%) dan massa dasar gelas vulkanik (42%). Berdasarkan kandungan mineral agregat serta pengaruhnya terhadap sifat fisik agregat, dapat disimpulkan bahwa beton pada nilai faktor air semen terbaik (0,4) yang menggunakan agregat jenis basalt memiliki nilai kuat tekan 3,49% lebih baik dan nilai kuat lentur 22,44% lebih besar bila dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan agregat jenis andesit.

Beberapa penelitian yang secara spesifik menggunakan Hammer Test untuk menentukan kuat tekan adalah Weka Indra Dharmawan, dkk, 2016, melakukan Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton menggunakan Hammer Test dan Compression Testing Machine terhadap Beton Pasca Bakar serta Angga Josua Sumajouw. 2018, melakukan Perbandingan Kuat Tekan Menggunakan Hammer Test pada Benda Uji Portal Beton Bertulang dan Menggunakan Mesin Uji Kuat Tekan Pada Benda Uji Kubus.

Penelitian yang menggunakan uji petrografi pada batuan sedimen khususnya pada batupasir telah dilakukan di beberapa tempat di dunia di antara lain oleh González Santamaría,

M. Á., et al. 2015. Yang meneliti karakteristik Batuoasir yang terdapat di Palung Mid-Atlantic, di Samudera Atlantik Utara, Fielitz, W., et al. 2020. Meneliti petrografi dan karakteristik geomekanik dari Batupasir berumur Jura yang ditemukan di Graben bagian atas Sungai Rhine di Eropa Tengah serta Ghafur, H. A., et al. 2019. Yang mempelajari karakteristik sifat fisika batuan dari batuan reservoir batupasir di Iraq bagian Utara.

Terkait tinjauan pada studi porositas batuan sedimen, Erniati, Tjaronge, dkk, 2015, telah meneliti porositas dan ukuran pori menggunakan uji petrografi serta menggunakan air laut utk melakukan uji kuat kompresi dari beton.