

METODE KUAT TEKAN BETON DALAM ANALISIS MODULUS ELASTISITAS PENGUJIAN CAMPURAN CTB (*CEMENT TREATED BASE*) BERBASIS ANDROID

Slamet Budirahardjo¹, Setyoningsih Wibowo², Ibnu Toto Husodo³

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas PGRI Semarang

²Program Studi Informatika, Universitas PGRI Semarang

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas PGRI Semarang

slametbudiraharjo@upgris.ac.id

ABSTRACT

In rigid pavement planning, the estimated stiffness value of this CTB mixture must be known to determine the thickness of the rigid pavement. There are several types of CTB aggregate mixture gradations that are formed from quarry aggregate material, namely the type of fine gradation and rough gradation. Mixed data processing is needed based on CTB mixture laboratory test data smartly, one of which is the main focus to determine the amount of use of cement binding materials and additional water needed in optimum water content conditions. This research builds an Android -based application to calculate CTB mixed characteristics. From the results of the CTB aggregate compaction laboratory testing the weight compaction method with the addition of cement variations of 6%, 7% and 8% of the dry weight of the CTB aggregate mixture obtained the optimum characteristics of compaction as follows, at the cement content of 6% optimum water content (ω_{opt}) = 8.6% and maximum dry weight weight (γ_{maks}) = 2.165 gr/cc, for cement content 7% value ω_{opt} = 8.4% and γ_{maks} = 2,170 gr/cc and for cement content 8% value ω_{opt} = 8.0% and γ_{maks} = 2.185 gr/cc. The compressive strength and the modulus of elasticity of the CTB mixture after the treatment period for 7 days and 28 days is as follows, during the treatment period for 7 days for the cement level 6% the compressive strength value (Σ) = 36.54 kg/cm² and Modulus value of elasticity (E) = 32.78 kg/cm², for cement levels 7% value Σ = 44.23 kg/cm² and the value of E = 39.94 kg/cm² and for cement levels 8% value Σ = 46.16 kg/cm² and the value of E = 51.49 kg/cm². While for the treatment period for 28 days at cement levels 6% value Σ = 54.81 kg/cm² and the value of E = 53.04 kg/cm², at cement content 7% value Σ = 69.24 kg/cm² and the value of E = 79.33 kg/cm² and at 8% cement content Σ = 74.04 kg/cm² and the value of E = 92.21 kg/cm². This application implements MITT App Inventory as an Android -based application platform, more efficient in data processing compared to analyzing manually and can reduce the possibility of errors in data input, test results get 100% results from the black box test by 5 respondents, so it can be concluded that This application is very feasible to be used by students who are doing practicum and learning about road pavement and are suitable for use by practitioners of road pavement laboratories as well as in accordance with the needs of information regarding the compressive strength analysis and strain of CTB samples, from the results of testing aspects The ease of Android-based applications gets an average percentage of 96.11 % so that the use of this application is categorized as very suitable for use. The output of this study is a computer program that has been certified from the intellectual property database with the URL address is <https://bit.ly/48ijtr>

Keywords: *application, android, marshall*

ABSTRAK

Dalam perencanaan perkerasan kaku, estimasi nilai kekakuan campuran CTB ini harus diketahui guna menentukan tebal perkerasan kaku. Ada beberapa tipe gradasi campuran agregat CTB yang terbentuk dari quarry material agregat, yaitu tipe gradasi halus dan gradasi kasar. Dibutuhkan pengolahan data campuran berdasar data uji laboratorium campuran CTB secara *smart* salah satunya hal yang menjadi fokus utama untuk mengetahui jumlah penggunaan bahan pengikat semen dan tambahan air yang diperlukan pada kondisi kadar air optimum. Penelitian ini membangun suatu aplikasi berbasis android untuk menghitung karakteristik campuran CTB. Dari hasil pengujian laboratorium pemadatan campuran agregat CTB metode pemadatan berat dengan penambahan variasi semen sebesar 6%, 7% dan 8% terhadap berat kering campuran agregat CTB didapat karakteristik optimum pemadatannya sebagai berikut, pada kadar semen 6% nilai kadar air optimum (ω_{opt}) = 8,6% dan berat isi kering maksimum (γ_{maks}) = 2,165 gr/cc, untuk kadar semen 7% nilai ω_{opt} = 8,4% dan γ_{maks} = 2,170 gr/cc serta untuk kadar semen 8% nilai ω_{opt} = 8,0% dan γ_{maks} = 2,185 gr/cc. Nilai kuat tekan dan nilai modulus

elastisitas dari sampel campuran CTB setelah dilakukan masa perawatan selama 7 hari dan 28 hari adalah sebagai berikut, pada masa perawatan selama 7 hari untuk kadar semen 6% nilai kuat tekan (σ) = 36,54 kg/cm² dan nilai modulus elastisitas (E) = 32,78 kg/cm², untuk kadar semen 7% nilai σ = 44,23 kg/cm² dan nilai E = 39,94 kg/cm² serta untuk kadar semen 8% nilai σ = 46,16 kg/cm² dan nilai E = 51,49 kg/cm². Sedang untuk masa perawatan selama 28 hari pada kadar semen 6% nilai σ = 54,81 kg/cm² dan nilai E = 53,04 kg/cm², pada kadar semen 7% nilai σ = 69,24 kg/cm² dan nilai E = 79,33 kg/cm² serta pada kadar semen 8% nilai σ = 74,04 kg/cm² dan nilai E = 92,21 kg/cm². Aplikasi ini mengimplementasikan *mitt app* inventori sebagai platform pembuatan aplikasi berbasis android, lebih efisien dalam pengolahan data dibandingkan dengan menganalisa secara manual serta dapat mengurangi kemungkinan kesalahan dalam penginputan data, hasil pengujian mendapatkan hasil 100% dari uji *black box* oleh 5 responden, sehingga dapat disimpulkan bahwa aplikasi ini sangat layak untuk digunakan oleh mahasiswa yang sedang melakukan praktikum dan belajar tentang perkerasan jalan serta layak digunakan oleh para praktisi laboratorium perkerasan jalan serta sesuai dengan kebutuhan informasi mengenai analisa kuat tekan dan regangan sampel CTB, dari hasil pengujian segi kemanfaatan, segi tampilan dan segi kemudahan dari aplikasi berbasis android mendapatkan persentase rata-rata sebesar 96.11 % sehingga penggunaan aplikasi ini dikategorikan sangat layak digunakan. Luaran dari penelitian ini adalah sebuah program komputer yang telah bersertifikat dari Pangkalan Data Kekayaan Intelektual dengan alamat url adalah <https://bit.ly/48ijtTR>

Kata Kunci: *aplikasi, android, marshall*

PENDAHULUAN

Susunan perkerasan jalan kaku terdiri dari tanah dasar (*subgrade*), lapis fondasi agregat kelas A/B (*optional*) dan plat beton. Semua sifat fisik dan sifat mekanik bahan penyusun lapisan perkerasan kaku harus mengacu pada persyaratan yang ditetapkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 diantaranya tentang pemenuhan nilai kuat tekan dari campuran CTB yang telah dipadatkan dan dilakukan masa perawatan pada masa tertentu. Dalam perencanaan perkerasan jalan kaku penggunaan lapisan CTB dimaksudkan guna meningkatkan nilai modulus reaksi efektif dari lapis tanah dasarnya. Adapun nilai modulus reaksi dari lapis CTB dapat diestimasi dari hubungan hasil uji kuat tekan dan regangan yang terjadi pada sampel CTB. Rasio analisis dari hasil uji kuat tekan dan regangan ini disebut sebagai nilai modulus elastisitas.[1] Nilai-nilai sifat campuran CTB sangat dipengaruhi oleh gradasi agregat penyusunnya. Perancangan rancangan campuran CTB dimaksudkan untuk menentukan nilai kadar air optimum (ω_{opt}), kadar semen dan kuat tekan (σ) CTB. Pengujian tambahan tentang besaran nilai regangan (ϵ) pada campuran CTB yang sudah dipadatkan dan dilakukan masa perawatan pada waktu tertentu diperlukan guna

mengestimasi nilai Modulus Elastisitas (E). Analisis sifat campuran CTB dilakukan dengan cara mengolah data-data yang diperoleh dari hasil uji sampel campuran CTB di laboratorium secara komputerisasi melalui Ms Excel. Hal ini sangat lazim digunakan oleh teknisi laboran teknik sipil atau mahasiswa peserta didik di laboratorium yang tersedia komputer atau laptop. Namun akan menjadi kendala jika ada permasalahan di komputer atau laptop saat akan digunakan terjadi kerusakan, maka dibutuhkan perangkat bantu lain yang dengan mudah untuk menentukan sifat campuran tersebut. [2] Ketika mahasiswa mengalami kesulitan dalam menganalisis karakteristik campuran CTB karena dalam menganalisa tersebut memiliki rumus yang berkesinambungan satu dengan yang lain dan cukup memakan waktu ketika dilakukan secara konvensional. Penggunaan *smartphone* android oleh mahasiswa sebagai media komunikasi menjadi salah satu potensi yang bisa dikembangkan untuk menunjang pembelajaran bergerak secara *virtual* di perguruan tinggi. Dengan semakin majunya perkembangan dunia digital khususnya pada penggunaan aplikasi yang semakin memudahkan untuk mengatasi setiap permasalahan, atas dasar inilah aplikasi siMoke berbasis android ini dibuat untuk memudahkan perhitungan dan menganalisa karakteristik campuran CTB sesuai dengan data yang diperoleh dari laboratorium. Dari latar belakang tersebut kami tim penelitian membuat sebuah aplikasi untuk menganalisis sifat campuran CTB berbasis android dengan tujuan untuk memudahkan analisis tanpa perlu memasukkan sebuah rumus dalam kalkulator maupun komputer/laptop, dalam aplikasi ini terdapat inputan berupa menu-menu seperti kadar air optimum CTB, kadar semen, berat agregat kelas A, kadar air kering matahari agregat, diameter sampel CTB, gaya tekan dan bacaan regangan sampel CTB.

Landasan Teori Modulus Kekakuan

Syarwan, Mulizar dkk, 2022, Modulus kekakuan campuran beton aspal adalah merupakan kemiringan dari garis lurus gambar hubungan antara tegangan dan regangan pada

saat awal pembebanan. Dari grafik tersebut didapatkan persamaan regresi linear, nilai modulus diperoleh dari variabel x yaitu kemiringan garis regresi yang merupakan laju perubahan y saat x berubah dengan satuan nilai kg/cm^2 . Kemudian nilai tersebut dikonversikan ke satuan modulus yaitu Megapascal (Mpa). Setiadji, dkk, 2020, Metode penelitian yang dilakukan adalah eksperimental dengan skala laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Diponegoro, Semarang. Benda uji yang digunakan adalah silinder beton dengan diameter 150 x 300 mm berdasarkan SNI 2847: 2013 yang diuji untuk menentukan kuat tekan pada umur 28 hari. Komposisi benda uji adalah agregat kasar, agregat halus, semen dan air. Semen disubstitusi bertahap dengan semen slag sebesar 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%, dimana benda uji dengan semen tanpa substitusi semen slag (atau substitusi 0%). Digunakan sebagai benda uji kontrol.

Cement Treated Base (CTB)

Agung Nusantoro dkk, 2018, meneliti tentang Analisis Kekuatan Cement Treated Base (CTB) dengan Bahan Tambah Zat Aditif Menggunakan Variasi Kandungan Tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan CTB guna lapis pondasi atas jalan dengan menggunakan bahan tambah (*soil stabilizer*) dan variasi kandungan tanah serta pasir. Hasil kuat tekan CTB pada umur 7 hari dengan bahan tambah zat aditif pada persentase kandungan tanah 10%, pasir 30% ($= 56,406 \text{ kg/cm}^2$) dan kandungan tanah 20%, pasir 25% ($= 53,680 \text{ kg/cm}^2$) nilai kuat tekannya diatas 45 kg/cm^2 sesuai dengan Spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum 2010 : Divisi 5 – perkerasan berbutir dan beton semen dan dapat digunakan sebagai lapis pondasi atas jalan.

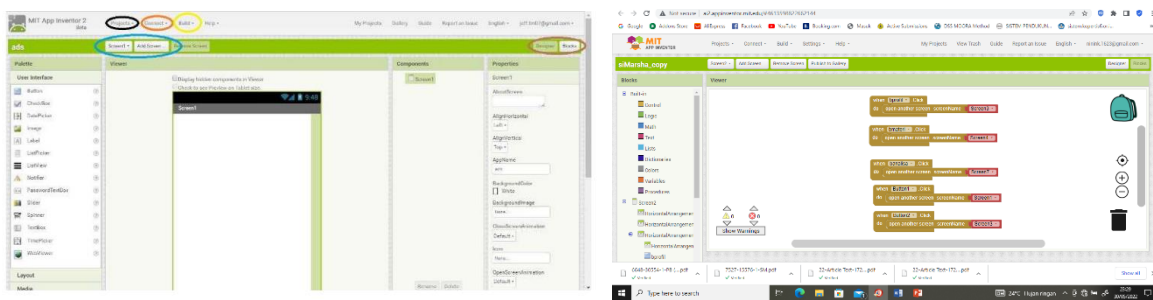
Media Pembelajaran

Yekti, Resti dan Jaslin Ikhsan, 2016, Penggunaan media dalam pembelajaran dapat membantu keterbatasan pendidik dalam menyampaikan informasi maupun keterbatasan jam

pelajaran di kelas. Media berfungsi sebagai sumber informasi materi pembelajaran maupun sumber soal latihan. (Yekti, dkk, 2016) Media pembelajaran dapat dibuat dan dirancang sesuai dengan perkembangan teknologi saat ini, diantaranya dikolaborasikan dengan memanfaatkan smartphone atau yang dikenal dengan istilah *mobile learning (m-Learning)*. Matlubah, Anekawati, & Ngadi, 2016. Hasil analisis kebutuhan tersebut menjadi dasar untuk mengembangkan *m-learning* melalui *mobile learning* berbasis android pada mata kuliah strategi pembelajaran di Program Studi Teknologi Pendidikan Universitas Baturaja. Di Indonesia, pengembangan *mobile learning* berbasis android di perguruan tinggi telah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya adalah aplikasi *mobile learning* berbasis smartphone android sebagai sumber belajar mahasiswa program studi pendidikan IPA Universitas Wiraraja Sumenep, (Matlubah, dkk, 2016) dan Khomarudin, Efriyanti, & Tafsir, 2018 media pembelajaran *mobile learning* berbasis android pada mata kuliah kecerdasan buatan [9]. Kedua penelitian tersebut menghasilkan produk *mobile learning* berbasis android yang layak untuk digunakan di perguruan tinggi (Khomarudin, dkk, 2018)

APP Inventor

App Inventor adalah pembuat aplikasi untuk Android. Pengembangan aplikasi ini sangat mudah karena berbasis *block programming* yaitu proses pembuatan aplikasi tanpa menggunakan kode/coding. System yang digunakan adalah *visual block programming* yaitu kita hanya melihat, menggunakan, menyusun hanya dengan *drag and drop* blok sesuai dengan aplikasi yang akan kita bangun. Keunggulan MIT App Inventor adalah bahasa pemrogramannya berbasis blok visual yang disusun dalam bentuk puzzle, aplikasi mudah dibuat dengan mengakses appinventor.mit.edu, dan hasil aplikasi yang dibuat mudah dikembangkan menggunakan emulator yang ada. dan perangkat seluler dapat diunduh (android). menu platform ini terlihat pada gambar 1a.



Gambar 1. (a) Menu MIT App Inventor dan (b) block puzzle

Block puzzle adalah block yang disusun untuk menjadi rangkaian kode/puzzle, contoh tampilan block puzzle terlihat pada gambar 1b. Editor blok adalah kumpulan blok yang berisi instruksi untuk cabang, iterasi, variabel, pakaian, dan kelas yang bertindak sebagai kelas statis publik, sehingga kita dapat menggunakan metode ini tanpa harus menamainya secara langsung.

Metode, Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil, Kampus 3 UPGRIS, Jl. Pawiyatan Luhur III Bendan Duwur, Semarang Barat dan di Laboratorium Komputer Program Studi Informatika, Kampus 1 Gedung Utama UPGRIS, Jl. Lontar, Semarang Timur

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dalam 2 (dua) tahap yaitu tahap penelitian laboratorium teknik sipil dan pembuatan aplikasi mobile learning berbasis android di laboratorium prodi informatika. Penelitian ini dilaksanakan dalam 2 (dua) tahap yaitu tahap penelitian laboratorium teknik sipil dan pembuatan aplikasi mobile learning berbasis android. Dalam tahap penelitian laboratorium perkerasan jalan langkah-langkah pengujiannya meliputi : pengujian gradasi campuran agregat CTB, pemadatan campuran agregat CTB, pengujian kuat tekan sampel CTB dan pengujian regangan sampel CTB dengan mesin tekan hidrolis.

Pengujian gradasi agregat penyusun campuran CTB dan kuat tekan CTB sesuai Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga.

Dalam tahap penelitian laboratorium langkah-langkah pengujiannya meliputi : pengujian gradasi masing-masing agregat penyusun campuran CTB, pengkomposisian campuran CTB, penentuan kadar air optimum akibat pemadatan sampel CTB dengan beberapa target kadar semen, masa perawatan sampel CTB dan pengujian kuat tekan serta regangan CTB dengan alat mesin tekan beton. Pengujian agregat penyusun campuran CTB dan semen mengacu pada persyaratan uji agregat dan semen sesuai Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga.

Pengujian gradasi agregat dimaksudkan untuk menentukan komposisi penggunaan masing-masing agregat penyusun dalam campuran CTB, dari komposisi gradasi agregat ini akan dilakukan pengontrolan gradasi agregat gabungan yang masuk dalam persyaratan teknis sesuai campuran CTB yang diinginkan. Berdasarkan dari hasil gradasi agregat gabungan CTB yang diperoleh dilanjutkan dengan pemadatan gradasi gabungan dengan target kadar semen tertentu serta penggunaan variasi jumlah air guna mendapatkan nilai berat isi kering maksimum dan kadar air. Standar Nasional Indonesia SNI 1743:2008, tahun 2008, dalam bahasan Cara Uji Kepadatan Berat untuk Tanah guna menentukan nilai berat isi kering digunakan rumusan sebagai berikut.

$$\rho_d = \frac{\rho}{(100+\omega)} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Berdasarkan Sukirman, Silvia, 2004, hubungan nilai berat isi kering dengan kadar air ini selanjutnya dibuat grafik untuk menentukan nilai kadar air optimum campuran CTB. Dari hasil kadar air optimum (ω_{opt}) ini dibuat sampel CTB yang selanjutnya dilakukan perawatan

sampel sesuai peraturan yang berlaku kemudian dilaksanakan pengujian kuat tekan dan regangan dengan menggunakan metode uji alat tekan beton.

Hasil uji kuat tekan dan regangan terhadap variasi kadar semen pada sampel CTB tersebut selanjutnya akan divisualisasikan dalam nilai kuat tekan kriteria karakteristik jenis campuran CTB yang diinginkan. Dari beberapa kriteria karakteristik uji kuat tekan sampel CTB, kemudian dilanjutkan untuk menentukan kadar semen dan kadar air optimum yang digunakan. Rancangan kolaborasi antara kadar semen dan nilai ω_{opt} ini digunakan sebagai *Design Mix Formula* (DMF) CTB laboratorium. Hasil DMF laboratorium ini selanjutnya akan diaplikasikan di lokasi pekerjaan lapangan. Jika hasil penghampanan dan pemadatan DMF CTB di lapangan sesuai dengan persyaratan kepadatan kering maksimum dan kadar air yang diinginkan, maka DMF akan disetujui sebagai *Job Mix Formula* (JMF) guna acuan pekerjaan penghampanan dan pemadatan campuran CTB di lapangan selanjutnya. DMF laboratorium ini digunakan juga untuk pengontrolan tingkat kepadatan hasil pemadatan campuran CTB di lokasi pekerjaan.

Rumus analisa sampel CTB (*Cement Treated Base*)

$$C = \frac{A}{\left(1 + \frac{W_A}{100}\right)} \times \frac{W_C}{100} \dots\dots\dots (2)$$

$$B = A + C \dots\dots\dots (3)$$

$$D = \left[\frac{\left(\frac{W_{opt}}{100}\right) - \left(\frac{W_A}{100}\right)}{1 + \left(\frac{W_A}{100}\right)} \right] \times B \dots\dots\dots (4)$$

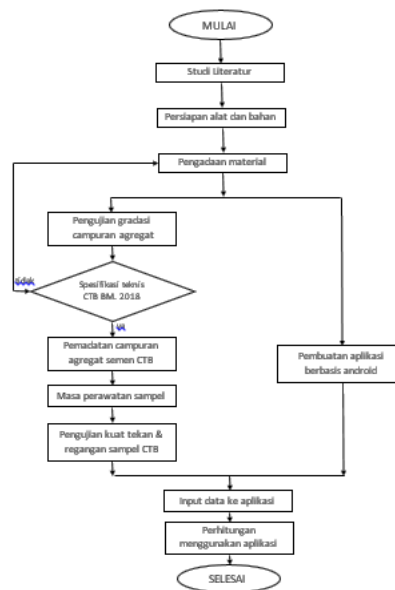
Rumus kuat tekan CTB (*Cement Treated Base*)

$$\sigma = \frac{P \times 102}{\left[0,25 \times \left(\frac{22}{7}\right) \times (\phi)^2\right]} \dots\dots\dots (5)$$

$$E = \frac{\sigma}{0,1 \times \epsilon} \dots\dots\dots (6)$$

Awal tahapan penelitian dimulai dengan 1) studi literatur 2) pengadaan material penelitian 3)

persiapan alat pengujian 4) pengujian laboratorium (pengujian gradasi campuran agregat, pengujian pemadatan campuran agregat semen CTB, pembuatan campuran CTB pada kadar air optimum, perawatan hasil pemadatan campuran agregat semen CTB, pengujian kuat tekan dan regangan benda uji CTB) 5) pembuatan program aplikasi android 6) input data ke dalam program aplikasi 7) perhitungan oleh program. Gambar 2 memperlihatkan tahapan dari penelitian yang dilakukan.



Gambar 2. Tahapan penelitian

Perancangan System

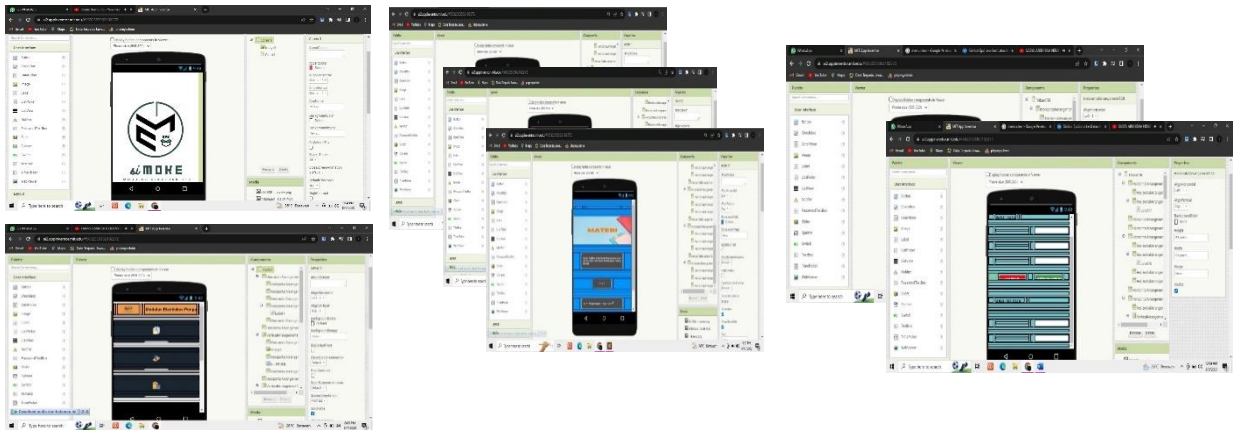
Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan dasar metode pengujian mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI), tentang Tata Cara Uji untuk Analisis Saringan, Tata Cara Uji Kepadatan Berat untuk Tanah dan Tata Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan benda uji silinder. Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan secara bertahap yaitu terdiri atas:

- Pengujian sifat-sifat bahan (campuran agregat CTB dan semen), hal ini dilakukan agar diperoleh bahan-bahan yang memenuhi spesifikasi, yang terdiri dari pemeriksaan agregat

- meliputi analisis saringan dan penyerapan air. Untuk semen terdiri atas pengujian modulus kehalusan.
- b. Pengujian tahap pertama yaitu untuk mencari kadar air kering matahari campuran agregat, menentukan kebutuhan semen terhadap berat kering campuran agregat sesuai target kadar semen, pemadatan proktor modified campuran agregat semen dengan variasi kadar air yang berbeda. Untuk menentukan kadar air optimum dengan cara dari grafik hubungan antara nilai kadar air dengan nilai berat isi kering campuran agregat semen, ditarik garis horisontal dari parameter berat isi kering (sumbu-y) yang memotong puncak grafik kemudian ditarik garis lurus vertikal ke bawah yang memotong parameter kadar air (sumbu-x).
 - c. Pengujian tahap kedua adalah pengujian pemadatan modified material campuran agregat semen pada kondisi kadar air optimum dan pengujian kuat tekan serta regangan sampel CTB dengan menggunakan mesin tekan hidrolis.

Desain User Interface

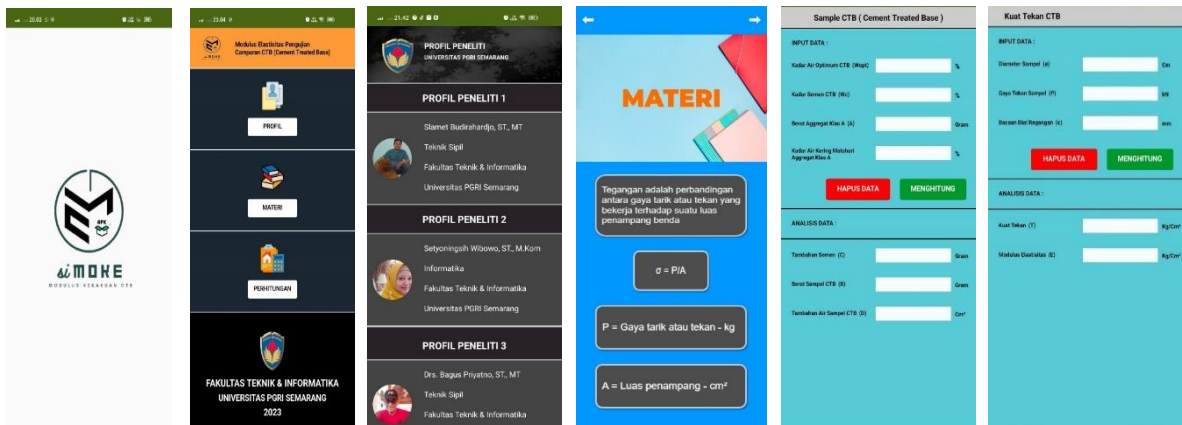
Terdapat lima desain tampilan yang dikerjakan dalam penelitian seperti terlihat pada gambar 3 yaitu (1) desain untuk tampilan halaman pertama yang berisi perintah awal untuk memulai aplikasi (2) desain halaman utama berisi menu profil, menu materi dan menu perhitungan (3) desain pada menu profil menampilkan profil tim peneliti yang terdiri dari 4 dosen kolaborasi dari teknik sipil dan informatika (4) desain menu halaman materi berisi materi-materi pendukung seperti tegangan, regangan dan modulus elastisitas berupa rumus dan penjelasannya (5) desain menu halaman perhitungan yaitu untuk memasukkan nilai-nilai yang telah didapatkan dari hasil uji laboratorium, adapun menu-menu tersebut adalah menu perhitungan untuk pengujian sampel CTB (Cement Treated base) dan menu perhitungan untuk pengujian kuat tekan CTB.



Gambar 3. Desain User Interface

Implementasi User Interface

Implementasi adalah tahap finalisasi dari hasil perancangan system dimana rancangan yang dibuat menjadi sebuah alat berupa kalkulator yang digunakan dalam aplikasi analitis modulus elastisitas pengujian campuran CTB (*Cement Treated Base*) (siMOKE) terlihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Implementasi User Interface

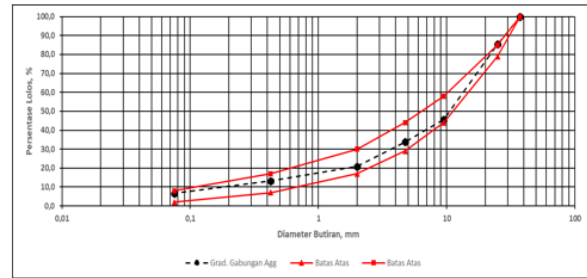
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Campuran Agregat CTB

Hasil pemeriksaan gradasi campuran agregat CTB dengan mengacu pada pelaksanaan pengujian SNI dan AASHTO, dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini.

Hasil Pengujian Gradasi Campuran Agregat CTB

| Diameter | | Pengujian | | | Rerata | Spesikasi | |
|----------|-------|-----------|-------|-------|--------|-----------|------|
| ASTM | mm | 1 | 2 | 3 | | Min. | Max. |
| 1,5" | 37,5 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100 | 100 |
| 1" | 25 | 84,6 | 85,9 | 85,6 | 85,4 | 79 | 85 |
| 3/8" | 9,5 | 44,4 | 47,2 | 45,2 | 45,6 | 44 | 58 |
| # 4 | 4,75 | 34,2 | 35,3 | 32,0 | 33,8 | 29 | 44 |
| # 10 | 2,00 | 21,2 | 22,4 | 18,8 | 20,8 | 17 | 30 |
| # 40 | 0,425 | 12,7 | 14,9 | 11,9 | 13,2 | 7 | 17 |
| # 200 | 0,075 | 7,9 | 4,4 | 7,6 | 6,6 | 2 | 8 |

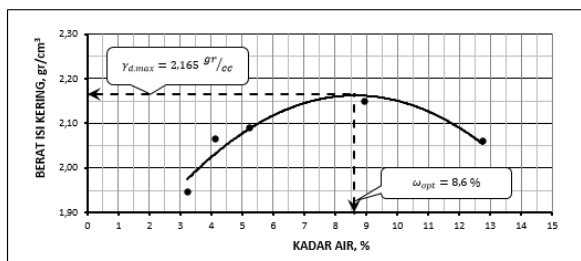


Grafik Gradasi Campuran Agregat CTB

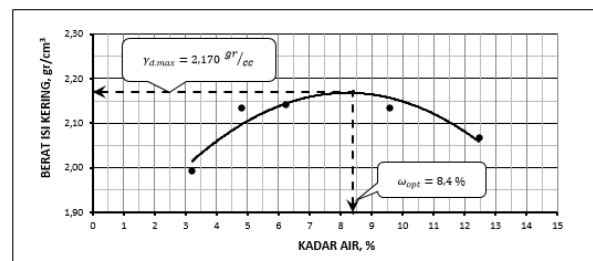
Gambar 5. Hasil Pemeriksaan Campuran Agregat CTB

Hasil Pemeriksaan Pemadatan Proktor Modified Campuran Agregat CTB

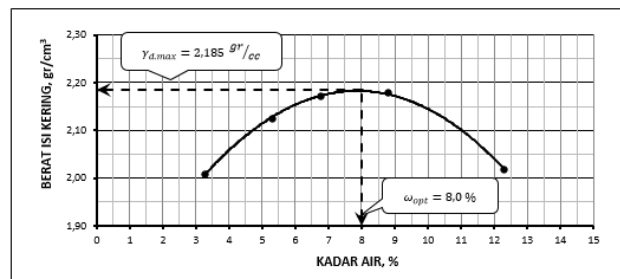
Berikut hasil pemadatan metode proktor modified dengan berbagai target variasi persentase bahan tambah semen. Terlihat pada Gambar 6 hasil pemadatan proktor modified campuran



Grafik hasil pemadatan proktor modified CTB, kadar semen 6%



Grafik hasil pemadatan proktor modified CTB, kadar semen 7%



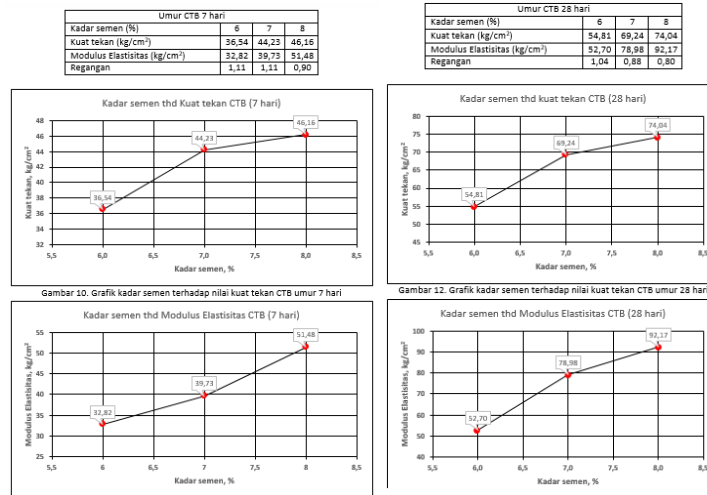
Grafik hasil pemadatan proktor modified CTB, kadar semen 8%

agregat CTB dengan variasi kadar semen 6%, 7% dan 8%.

Gambar 6. Hasil Pemadatan Proktor Modified Campuran Agregat CTB

Hasil Pemeriksaan Uji Kuat Tekan dan Regangan Campuran Agregat CTB

Hasil pemeriksaan uji kuat tekan dan regangan sampel CTB pada kondisi kadar air optimum untuk umur perawatan CTB selama 7 hari dan 28 hari dapat dilihat pada gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Hasil uji kuat tekan, uji regangan dan nilai Modulus Elastisitas CTB

Hasil Pengujian Pengujian *Black Box*

Berdasarkan pengujian *Black Box* dari pengujian fungsionalitas pada aplikasi siMOKE yang didapat dari 10 responden dan melalui beberapa pengujian yaitu pengujian *black box* menu splash screen, pengujian *black box* menu profil, pengujian *black box* menu materi, pengujian *black box* menu materi halaman pertama, pengujian *black box* menu materi halaman ke 2, pengujian *black box* menu halaman ke 3, pengujian *black box* menu perhitungan, pengujian *black box* menu hitung dan pengujian *black box* menu clear, maka hasil dari pengujian tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian Pertama Tercapai = $95/95 \times 100\% = 100\%$
 Gagal = $0/95 \times 100\% = 0\%$
- b. Pengujian Kedua Tercapai = $95/95 \times 100\% = 100\%$
 Gagal = $0/95 \times 100\% = 0\%$
- c. Pengujian Ketiga Tercapai = $95/95 \times 100\% = 100\%$

$$\text{Gagal} = 0/95 \times 100\% = 0\%$$

Hasil Pengujian *User Acceptance*

Tabel 1. Hasil dari pengujian

| Segi Kemanfaatan | Segi Tampilan | Segi Kemudahan | Rata-rata |
|------------------|---------------|----------------|-----------|
| 97,33 | 95,00 | 96,00 | 96,11 |

Didapatkan persentase rata-rata sebesar 96.11 % sehingga penggunaan aplikasi ini dapat dikategorikan sangat layak digunakan.

Pengujian Kapabilitas Perangkat

Tabel 2. Pengujian Perangkat Aplikasi siMOKE.

| NO | NAMA PERANGKAT | SPESIFIKASI | KETERANGAN |
|----|------------------------|--|--|
| 1. | Xiomi Redmi Note 11 | Snapdragon 680 Memori internal 128 GB RAM 6 GB OS Android 11 Ukuran layar 6.43 inches | Aplikasi dapat diinstal dan semua fitur dapat dijalankan dengan baik |
| 2. | Vivo Y19 | Versi OS 10.5 Memori internal 128 GB RAM 6 GB CPU Octa-core 2.0 GHz Ukuran layar 6.53 inches | Aplikasi dapat diinstal dan semua fitur dapat dijalankan dengan baik |
| 3. | Samsung Galaxy J8 2018 | Versi OS 8 (Orea) Memori internal 64 GB RAM 4 GB CPU Octa-core 1.6 GHz Cortex-A53 Ukuran layar 6 inches | Aplikasi dapat diinstal dan semua fitur dapat dijalankan dengan baik |
| 4 | Vivo V20 | Versi OS 12 | Aplikasi dapat diinstal dan |

| | |
|------------------------|------------------------------|
| Memori internal 128 GB | semua fitur dapat dijalankan |
| RAM 8 GB | dengan baik |
| CPU 2.2 GHz Snapdragon | |
| 730, octa-core | |
| Ukuran layar 7 inches | |

Analisis Hasil

Campuran agregat kelas A yang ditambahkan bahan pengikat semen dalam campurannya disebut sebagai campuran Lapis Fondasi Agregat Semen Kelas A (*Cemen Treated Base*, CTB). Perkerasan jalan tipe perkerasan kaku (*rigid pavement*) dalam pelaksanaannya di lapangan sebelum penempatan lapisan plat beton diberi lapisan CTB. Dalam perencanaan perkerasan kaku, estimasi nilai kekakuan campuran CTB ini harus diketahui guna menentukan tebal perkerasan kaku. Ada beberapa tipe gradasi campuran agregat CTB yang terbentuk dari quarry material agregat, yaitu tipe gradasi halus dan gradasi kasar. Dibutuhkan pengolahan data campuran berdasar data uji laboratorium campuran CTB secara *smart* salah satunya hal yang menjadi fokus utama untuk mengetahui jumlah penggunaan bahan pengikat semen dan tambahan air yang diperlukan pada kondisi kadar air optimum. Hal ini merupakan tantangan teknologi bagi dosen teknik sipil bidang perkerasan jalan dan dosen informatika untuk menciptakan suatu aplikasi *smart* yang sewaktu-waktu digunakan tanpa menggunakan bantuan pengolah data Ms Excel. Penelitian ini membangun suatu aplikasi berbasis android untuk menghitung karakteristik campuran CTB. Dari hasil pengujian laboratorium pemadatan campuran agregat CTB metode pemadatan berat dengan penambahan variasi semen sebesar 6%, 7% dan 8% terhadap berat kering campuran agregat CTB didapat karakteristik optimum pemadatnya sebagai berikut, pada kadar semen 6% nilai kadar air optimum (ω_{opt}) = 8,6% dan berat isi kering maksimum (γ_{maks}) = 2,165 gr/cc, untuk kadar semen 7% nilai ω_{opt} =

8,4% dan $\gamma_{maks} = 2,170$ gr/cc serta untuk kadar semen 8% nilai $\omega_{opt} = 8,0\%$ dan $\gamma_{maks} = 2,185$ gr/cc. Nilai kuat tekan dan nilai modulus elastisitas dari sampel campuran CTB setelah dilakukan masa perawatan selama 7 hari dan 28 hari adalah sebagai berikut, pada masa perawatan selama 7 hari untuk kadar semen 6% nilai kuat tekan (σ)= 36,54 kg/cm² dan nilai modulus elastisitas (E) = 32,78 kg/cm², untuk kadar semen 7% nilai $\sigma = 44,23$ kg/cm² dan nilai E = 39,94 kg/cm² serta untuk kadar semen 8% nilai $\sigma = 46,16$ kg/cm² dan nilai E = 51,49 kg/cm². Sedang untuk masa perawatan selama 28 hari pada kadar semen 6% nilai $\sigma = 54,81$ kg/cm² dan nilai E = 53,04 kg/cm², pada kadar semen 7% nilai $\sigma = 69,24$ kg/cm² dan nilai E = 79,33 kg/cm² serta pada kadar semen 8% nilai $\sigma = 74,04$ kg/cm² dan nilai E = 92,21 kg/cm².

Aplikasi siMOKE dibuat dengan metode waterfall. Realisasi aplikasi ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu analisis dan perancangan sistem, desain, pembuatan aplikasi, implementasi dan pengujian aplikasi. Pada tahap analisis sistem analisis keutuhan sistem meliputi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak, analisis kebutuhan data dan analisis keutuhan fungsional. Hasil pengujian *Black Box* menunjukkan bahwa tingkat kelulusan dengan persentase 100% dan tingkat kegagalan dengan persentase 0%. Oleh karena itu kesimpulan yang diperoleh dari hasil pengujian *Black Box* adalah aplikasi telah menjalankan fungsinya dengan baik dan memberikan hasil yang diharapkan yaitu sesuai dengan fungsi yang ditampilkan. Dalam pengujian *user acceptance test* atau uji penerimaan pengguna dilakukan tiga pengujian, yaitu segi kemanfaatan, segi tampilan dan segi kemudahan yang sudah dilakukan pengujian oleh 5 orang responden. Adapun hasil pengujian dari segi kemanfaatan diperoleh nilai 97,33, segi tampilan diperoleh nilai 95,00 dan dari segi kemudahan memperoleh nilai 96,00. Didapatkan persentase rata-rata dari ketiga pengujian tersebut sebesar 96.11 % sehingga penggunaan aplikasi ini dapat dikategorikan sangat layak digunakan dan dapat diartikan bahwa Aplikasi siMOKE berbasis android ini sesuai kebutuhan

mengenai informasi dan hasil perhitungan yang layak digunakan oleh mahasiswa yang sedang melakukan praktikum dan belajar tentang modulus elastisitas pada sampel CTB serta layak digunakan oleh para praktisi laboratorium perkerasan jalan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Pematatan campuran agregat CTB metode pematatan berat dengan penambahan variasi semen sebesar 6%, 7% dan 8% terhadap berat kering campuran agregat CTB didapat karakteristik optimum pematatannya sebagai berikut, pada kadar semen 6% nilai kadar air optimum (ω_{opt}) = 8,6% dan berat isi kering maksimum (γ_{maks}) = 2,165 gr/cc, untuk kadar semen 7% nilai ω_{opt} = 8,4% dan γ_{maks} = 2,170 gr/cc serta untuk kadar semen 8% nilai ω_{opt} = 8,0% dan γ_{maks} = 2,185 gr/cc.
2. Nilai kuat tekan dan nilai modulus elastisitas dari sampel campuran CTB setelah dilakukan masa perawatan selama 7 hari dan 28 hari adalah sebagai berikut, pada masa perawatan selama 7 hari untuk kadar semen 6% nilai kuat tekan (σ)= 36,54 kg/cm² dan nilai modulus elastisitas (E) = 32,78 kg/cm², untuk kadar semen 7% nilai σ = 44,23 kg/cm² dan nilai E = 39,94 kg/cm² serta untuk kadar semen 8% nilai σ = 46,16 kg/cm² dan nilai E = 51,49 kg/cm². Sedang untuk masa perawatan selama 28 hari pada kadar semen 6% nilai σ = 54,81 kg/cm² dan nilai E = 53,04 kg/cm², pada kadar semen 7% nilai σ = 69,24 kg/cm² dan nilai E = 79,33 kg/cm² serta pada kadar semen 8% nilai σ = 74,04 kg/cm² dan nilai E = 92,21 kg/cm².
3. Pembuatan aplikasi berbasis android mengimplementasikan mitt app inventori sebagai platform Aplikasi si-MOKE.

4. Hasil pengujian *black box* yang dilakukan oleh 10 responden menghasilkan 100% sehingga disimpulkan bahwa aplikasi ini layak untuk digunakan oleh mahasiswa yang sedang melakukan praktikum dan belajar tentang perkerasan jalan serta layak digunakan oleh para praktisi laboratorium perkerasan jalan serta sesuai dengan kebutuhan.
5. Berdasarkan hasil pengujian dari segi kemanfaatan diperoleh nilai 97.33 segi tampilan diperoleh nilai 95.00 dan dari segi kemudahan memperoleh nilai 96.00 didapatkan persentase rata-rata dari ketiga pengujian tersebut sebesar 96.11 % yang berarti mudah dalam menggunakan aplikasi.

Saran dari penelitian ini terdapat beberapa kekurangan antara lain:

1. Adanya penambahan fitur, perubahan desain yang ditampilkan pada Aplikasi si-MOKE dan menambahkan grafik hasil perhitungan pada menu perhitungan.
2. Diharapkan aplikasi dapat dikomersilkan sesuai dengan kemanfaatannya melalui playstore.

DAFTAR PUSTAKA

- Sukirman, Silvia, 2004, *Beton Aspal Campuran Panas, Granit*, Jakarta.
- Sukirman, Silvia, 1997, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit NOVA.
- Wolber, D., et, al. 2011. *App Inventor, Create Your Own Android Apps*. Gravenstein Highway North: O'Reilly Media, Inc.
- Syarwan, Mulizar dkk, 2022, Nilai Modulus Kekakuan Beton Aspal Ac–Wc Dengan Tambahan Variasi Diameter Wiremesh, *Bisnis, Sosial dan Teknologi*, Vo. 12, No.2, hal. 118 – 124.
- Setiadji, dkk, 2020, Penggunaan Semen Slag sebagai Substitusi Semen Portland pada Beton, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 6, No. 2, Oktober 2020, hal. 117-128.
- Nuswantoro, dkk, 2018, Analisis Kekuatan *Cement Treated Base (CTB)* dengan Bahan Tambah *Zat Aditif* Menggunakan Variasi Kandungan Tanah, *Jurnal Orecol*, Vol 7, University Research Colloquium 2018STIKES PKU Muhammadiyah Surakarta, hal 30 – 38.
- Yekti, Resti dan Jaslin Ikhsan, 2016, Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Android pada Materi Kelarutan untuk Meningkatkan Performa Akademik Peserta Didik SMA, *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(1), hal. 89.
- Matlubah, H., Anekawati, A., & Ngadi. (2016). Aplikasi Mobile learning Berbasis Smartphone Android Sebagai Sumber Belajar Mahasiswa Program Studi Pendidikan IPA Universitas Wiraraja Sumenep. *Jurnal Lentera Sain*, 85-98.

- Khomarudin, A. N., Efriyanti, L., & Tafsir, M. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Mobile learning Berbasis Android pada Mata Kuliah Kecerdasan Buatan. *Journal of Educational Studies (Educative)*, 72-87.
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfa Beta.
- Warsita, B. (2008). *Teknologi Pembelajaran Landasan dan Aplikasinya*. Jakarta: Rineka Cipta.