

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) DENGAN MENGGUNAKAN C# DAN ARDUINO

Agung Rachmat Raharja¹, Riyanto Setiyono², Ifani Hariyanti³

¹Universitas Bandung

*e-mail korespondensi: agungmat@bandunguniversity.ac.id

²Universitas Langlang Buana

e-mail: Riyanto.setiyono@unla.ac.id

³Universitas Adhirajasa Reswara Sanjaya

e-mail: Ifani@ars.ac.id

Abstrak

*California Bearing Ratio (CBR) adalah suatu cara (metode) untuk menentukan nilai daya dukung suatu tanah dalam menahan atau memikul beban-beban yang bekerja pada tanah, yaitu beban-beban yang bekerja pada permukaan jalan. Untuk mengetahui beban tanah biasanya dilakukan pada sebuah alat uji CBR pada lab, selain itu hasil perolehan yang di dapatkan dari uji tersebut masih manual dan tidak dapat disimpan ke dalam komputer, dengan adanya aplikasi CBR ini hasil yang di dapatkan dapat disimpan ke dalam sebuah komputer dan dapat dilihat berulang sesuai dengan kebutuhan. Metode penelitian yang digunakan adalah R&D dan menghasilkan sebuah produk yaitu *software* dan *hardware*. Perangkat lunak menggunakan C# dan perangkat kerasnya menggunakan Arduino. Dengan menggunakan aplikasi ini operator hanya memasukkan data yang sudah di siapkan pada aplikasi dan secara otomatis akan menghasilkan nilai yang dapat dilihat oleh operator, selain itu terdapat grafik yang dapat dilihat dan hasilnya disimpan ke dalam komputer dan hasil ini berupa file *excel* dan PDF. *Hardware* menggunakan arduino untuk menyambungkan ke dalam mekanik. Dengan adanya aplkasi ini pencarian perhitungan CBR menjadi terkomputerisasi.*

Kata Kunci: CBR, C#, Arduino.

Abstract

California Bearing Ratio (CBR) is a way (method) to determine the value of the carrying capacity of a soil in holding or carrying loads acting on the soil, namely loads acting on the road surface. To find out the soil load is usually done on a CBR test kit in the lab, besides that the results obtained from the test are still manual and cannot be saved to a computer, with this CBR application the results obtained can be saved to a computer and can be viewed repeatedly as needed. The research method used is R&D and produces a product, namely software and hardware. The software uses C# and the hardware uses Arduino. By using this application, the operator only enters the data that has been prepared in the application and will automatically produce a value that can be seen by the operator, besides that there are graphs that can be seen and the results are saved to a computer and these results are in the form of excel and PDF files. Hardware uses Arduino to connect to the mechanic. With this application, the search for CBR calculations becomes computerized.

Keywords: CBR, C#, Arduino.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dan perkembangan di bidang perangkat lunak mengalami kemajuan yang sangat pesat. Hal ini terlihat dari pengambilan data di bidang perangkat lunak diperoleh secara real time dan akurat. Pengembangan perangkat lunak tidak hanya dilakukan pada bidang ilmu komputer saja, namun juga pada bidang lain seperti teknik sipil. Pada Teknik Sipil terdapat pencarian nilai tanah yang di sebut CBR (*california bearing ratio*), California Bearing Ratio (CBR) merupakan salah satu parameter penting yang digunakan untuk menyatakan kekuatan tanah dasar, perkerasan rel kereta api, jalan raya, dan landasan pacu bandara. CBR biasanya ditentukan di laboratorium, yang memerlukan proses yang lama dan memakan waktu. (Bardhan et al., 2021)

Tanah merupakan dasar dari suatu konstruksi bangunan sipil yang menerima dan menahan beban dari suatu struktur yang berada di atasnya. Tanah selalu memiliki peranan yang penting disetiap lokasi pekerjaan konstruksi, tanah juga merupakan elemen dasar dari konstruksi pondasi. Secara umum konstruksi pondasi dibangun di atas tanah dasar. Tanah dasar ini tugasnya adalah untuk memikul beban di atas konstruksi pondasi. Kemampuan tanah untuk memikul beban tersebut dinyatakan sebagai daya dukung tanah yang termasuk kekuatan geser tanahnya. (Harianto et al., 2021)

CBR merupakan standar yang digunakan dalam bidang teknik geoteknik untuk mengukur kekuatan lapisan jalan dan material perkerasan lainnya. CBR biasanya dievaluasi untuk mengetahui kekuatan suatu tanah atau perkerasan yang mampu menopang beban kendaraan tanpa terjadi kegagalan atau deformasi yang berlebihan. Pada pengujian CBR, tanah atau perkerasan ditempatkan dalam bentuk standar dan diberi tekanan dari atas. CBR dihitung sebagai perbandingan beban yang diperlukan untuk menembus sampel tanah pada kedalaman tertentu, dibandingkan dengan beban yang diperlukan untuk material standar yang telah ditentukan.

Menurut (Akbar et al., 2021) California Bearing Ratio (CBR) adalah sebuah metode (cara) untuk menentukan besaran nilai daya dukung tanah dalam menahan/mendukung beban yang bekerja di atasnya, yaitu beban yang bekerja di atas perkerasan jalan. Nilai CBR laboratorium

didapat dengan menggunakan alat yang bernama alat uji CBR sedangkan untuk nilai CBR lapangan didapat dengan menggunakan alat uji CBR lapangan yang menggunakan Dam Truk yang berisi muatan penuh sebagai beban ujinya (beban penetrasi).

Pengujian CBR pada dasarnya dilakukan dengan mengukur beban yang diperlukan oleh batang penekan berukuran standart untuk menembus tanah pada kecepatan tertentu. Dengan demikian, California Bearing Ratio adalah perbandingan antara beban yang diperlukan untuk mendorong batang masuk kedalam tanah dengan beban yang diperlukan untuk mendorong batang masuk ke dalam batu pecah sampai kedalaman tertentu, yang dinyatakan dalam persen. (Sihite et al., 2017)

Dengan menggunakan sebuah software dan hardware dapat memudahkan *control* dari software ke hardware dan nilai uji dari hasil CBR di dapat secara real time, selain itu dengan adanya software dan hardware memudahkan data yang sudah di lakukan dapat disimpan di dalam sebuah komputer dan dapat di keluarkan kembali ketika di butuhkan.

Komunikasi data antara software dan hardware menggunakan komunikasi RS232, RS232 adalah standar yang umum digunakan dalam komunikasi serial yang bekerja dengan baik dalam jarak pendek sekitar 15 meter di mana memadai untuk banyak aplikasi industri dan proses kontrol. (Ruwahida et al., 2023), menurut (Nugroho, 2018) RS232 adalah standar komunikasi serial yang digunakan untuk koneksi periperal ke periperal. Standar ini menggunakan beberapa piranti dalam implementasinya. Piranti yang paling umum dipakai adalah plug / konektor DB9 atau DB25. Prinsip komunikasinya adalah komunikasi asynchronous, dimana sinyal clock pada komunikasi ini tidak disertakan pada frame data. Untuk melakukan sinkronisasi maka setiap kali pengiriman data disertakan sebuah start bit dan sebuah stop bit. Frame data yang dikirimkan disusun dengan urutan start bit, diikuti bit-bit data, paritas dan diakhiri dengan stop bit. Ada dua hal pokok yang diatur pada standar RS232 yaitu bentuk sinyal dan level tegangan yang dipakai.

Implementasi CBR menggunakan C# sebagai pembuatan *software*, software digunakan untuk tampilan dan di dalamnya

terdapat perhitungan CBR yang akan di masukan dalam fungsi, selain itu terdapat sebuah control untuk memulai uji CBR dan terdapat sebuah data logger untuk melihat data dari awal uji sampai dengan uji hasil akhir.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini di ambil dari alat uji CBR yang biasa di lakukan oleh teknik sipil untuk menentukan daya dukung tanah. Pada penelitian tersebut di buatlah sebuah perangkat keras dan perangkat lunak untuk memudahkan menentukan daya dukung tanah.

Adapun metode pengembangan untuk perangkat lunak adalah metode pengembangan *Research and Development* (R&D). Sesuai dengan karakteristik R&D yaitu adanya produk yang dihasilkan dalam penelitian maka tujuan penelitian dengan menggunakan R&D ini berisi dua informasi yaitu masalah yang akan dipecahkan dan menghasilkan sebuah perangkat atau sistem yang akan memecahkan masalah tersebut. (Jamilah & Indana, 2022).

Metode R&D adalah metode penelitian yang menghasilkan inovasi baik suatu produk baru atau mengembangkan produk yang sudah ada untuk lebih menarik yang sesuai dengan tujuan pembelajaran dari pokok bahasan tertentu. (Muqdamien et al., 2021)

Sebelum perangkat keras jadi, maka di buatlah sebuah papan rangkaian tercetak atau printed circuit board (PCB) yang sangat penting dalam perkembangan teknologi elektronika. Printed Circuit Board atau disebut juga PCB adalah sebuah papan sirkuit cetak yang penuh dengan sirkuit dari logam yang menghubungkan komponen elektronik yang berbeda jenis maupun sama satu sama lain tanpa kabel. (Darmawan, 2020). Setelah membuat PCB jadi, maka tinggal memasang semua perangkat keras yang akan digunakan.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada tahapan penelitian ini mendapatkan hasil dan pembahasan yang terdiri dari beberapa uraian penjelasan berikut ini:

3.1 Perangkat lunak

Pembuatan aplikasi menggunakan microsoft visual studio menggunakan C#, C# adalah sebuah platform dari .NET dan mempunyai digunakan untuk pengembangan aplikasi desktop. (Setiawan

et al., 2023). Selain itu C# juga mempunyai sebuah *tools* yang bernama *comport* yang menghubungkan antara *software* dan *hardware*.

3.2 Tampilan Antar Muka

1. Client

Gambar 1. Client

Pada gambar 1 menjelaskan operator harus memasukkan *Name of Agency*, *project name*, *sample ID/Code*, *Operator name* dan *engineer name*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kapan dan dimana uji CBR ini dilaksanakan dan siapa petugas yang bertanggung jawab atas aplikasi yang di jalankan.

Tabel 1. Deskripsi Client

No	Nama Menu	Fungsi
1	<i>Date</i>	Menampilkan hari, tanggal dan bulan
2	<i>Time</i>	Menampilkan waktu
3	<i>Name of Agency</i>	Operator memasukkan <i>name of agency</i>
4	<i>Project name</i>	Operator memasukkan <i>project name</i>
5	<i>Sample ID/ code</i>	Operator memasukkan <i>sample ID/ Code</i>
6	<i>Operator Name</i>	Operator memasukkan nama operator
7	<i>Engineer Name</i>	Operator memasukkan <i>engineer name</i>

Pada tabel 1 menjelaskan nama menu dan fungsi yang di gunakan dalam *client*.

2. Sample Properties

Gambar 2. *Sample Properties*

Gambar 2 digunakan untuk mengetahui nilai *mash* yang akan di masukkan dan pilihan *sample condition* yaitu *soaked* dan *unsoaked*, sementara *time interval* adalah untuk mencatat waktu setiap kali data di masukkan ke dalam sistem.

Tabel 2. Deskripsi *Sample Properties*

No	Nama Menu	Fungsi
1	<i>Mash</i>	Operator memasukkan nilai <i>mash</i>
2	<i>Sample Condition</i>	Operator memasukkan <i>sample condition</i> yaitu <i>soaked</i> dan <i>unsoaked</i>
3	<i>Time Interval</i>	Operator memasukkan <i>time interval</i>

Pada tabel 2 menjelaskan nama menu dan fungsi yang di gunakan dalam *Sample Properties*

3. Result Load and Penetration

Gambar 3. *Result load dan penetration*

Gambar 3 menjelaskan ketika aplikasi sedang berjalan, nilai *load* dengan *penetration* akan berubah ubah dan angka ini akan berubah berdasarkan *time interval*.

Tabel 3. Deskripsi *Load dan Penetration*

No	Nama Menu	Fungsi
1	<i>load</i>	Menampilkan angka <i>load</i>
2	<i>penetration</i>	Menampilkan angka <i>penetration</i>

Pada tabel 3 menjelaskan nama menu dan fungsi yang di gunakan dalam *Load* dan *Penetration*.

4. Result Stress, CBR0,1 dan CBR0,2

Gambar 4. *Result Stress, CBR0.1 dan CBR0.2*

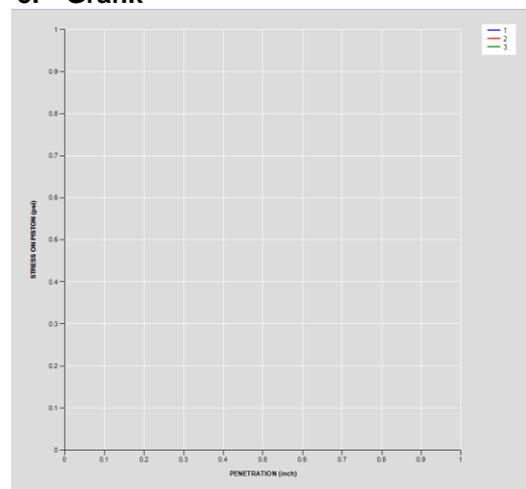
Gambar 4 menjelaskan ketika aplikasi sedang berjalan, *stress* atau daya dukung bahan (Tanah Dasar) dengan satuan *psi* (*pound-force per square inch*), nilai CBR01 dengan nilai CBR02 dengan satuan %.

Tabel 4. *Result Stress*

No	Nama Menu	Fungsi
1	<i>Stress</i>	Menampilkan <i>stress</i>
2	CBR01	Menampilkan angka CBR01
3	CBR02	Menampilkan angka CBR02

Pada tabel 4 menjelaskan nama menu dan fungsi yang di gunakan dalam *Result Stress*

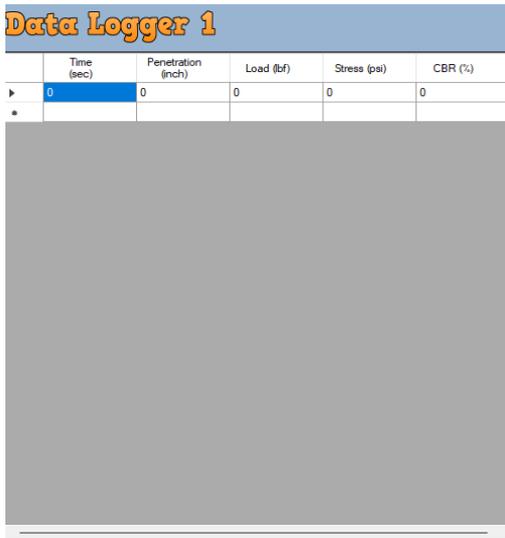
5. Grafik



Gambar 5. Grafik

Gambar 5 menjelaskan untuk melihat hasil perbandingan antara nilai *stress* dengan *penetration* yang sedang berjalan, operator dapat melihat perbandingan grafik antara *stress* dan *penetration*.

6. Data Logger



	Time (sec)	Penetration (inch)	Load (lbf)	Stress (psi)	CBR (%)
▶	0	0	0	0	0
*					

Gambar 6. Data logger

Gambar 6 menjelaskan tentang Data logger yang berfungsi sebagai catatan dari *time*, *penetration*, *load*, *stress* dan CBR yang sedang berjalan, pada data logger ini dapat dilihat mulai dari detik pertama berjalan hingga detik terakhir di jalankan. Hasil data logger ini nantinya akan di simpan pada *output excel* dan pdf ketika operator menekan tombol *save*.

7. Test Time



Test Time
00.00.00

Gambar 7. Test time

Gambar 7 menjelaskan tentang Test time yang berfungsi untuk menghitung waktu dari awal tes di jalankan dan ketika tes berakhir, waktu ini di perlukan untuk melihat berapa lama uji CBR ini akan di jalankan. Untuk menjalankan test time diperlukan menekan *start test* dan untuk menghentikan menekan *stop test*. Waktu ini akan berhenti ketika operator menekan *stop test*.

8. Menu File

Kegunaan *menu file* ini digunakan untuk mengelola file dokumen yang sedang atau sudah di jalankan. Pada menu file ini, terdapat beberapa pilihan seperti pada gambar.



New	Open	Save	Print	Connect	Connection	Exit
-----	------	------	-------	---------	------------	------

Gambar 8. Menu File

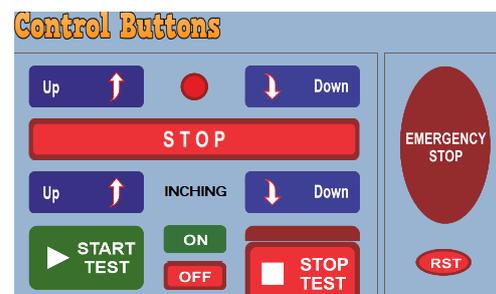
Gambar 8 menjelaskan tentang kegunaan menu file yaitu operator dapat membuat *file* baru, membuka *file* yang sudah di jalankan, menyimpan *file* yang di jalankan dan mencetak *file*. Berikut penjelasan dari *menu file*:

Tabel 5. Menu file

No	Nama Menu	Fungsi
1	New	Membuat file baru dan semua data yang ada di tampilan di hapus seluruhnya
2	Open	Membuka file yang sudah di simpan
3	Save	Menyimpan hasil yang sudah di jalankan
4	Print	Mencetak file
5	Connect	Untuk koneksi kepada comport
6	Connection	Menunjukkan indikator koneksi
7	Combobox	Menampilkan mana saja comport yang sedang terhubung dengan komputer
8	Exit	Keluar program

Pada tabel 5 menjelaskan nama menu dan fungsi yang di gunakan dalam *Result Stress*

9. Control Button



Gambar 9. Control Button

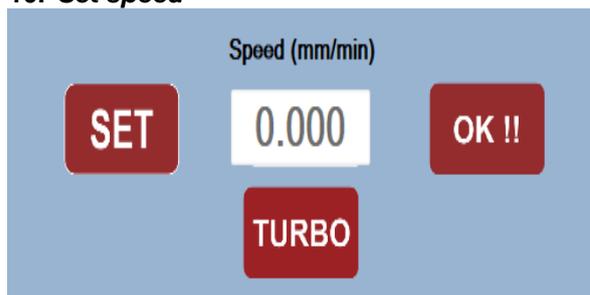
Gambar 9 menjelaskan tentang *control button* digunakan untuk menjalankan ataupun menghentikan program dan perintah lainnya. Selain untuk menjalankan program terdapat tombol *emergency stop* untuk menghentikan seluruh program pada *software* dan *hardware*. Penggunaan tombol RST untuk mengaktifkan kembali seluruh button yang ada pada *control buttons*.

Tabel 6. *Control buttons*

No	Nama Menu	Fungsi
1	<i>Up</i>	Menaikkan <i>control</i> motor servo
2	<i>Down</i>	Menurunkan <i>control</i> motor servo
3	<i>stop</i>	Menghentikan program yang sedang berjalan
4	<i>Up inching</i>	Menaikkan <i>control</i> pompa air
5	<i>Down Inching</i>	Menurunkan <i>control</i> Pompa Air
6	<i>On Inching</i>	Menyalakan pompa air
7	<i>Off Inching</i>	Mematikan pompa air
8	<i>Start test</i>	Menjalankan program CBR
9	<i>Stop Test</i>	Mematikan program yang sedang berjalan
10	<i>Emergency stop</i>	Mematikan seluruh program baik dari <i>software</i> maupun <i>hardware</i>
11	<i>RST</i>	Mengembalikan kondisi awal

Pada tabel 6 menjelaskan nama menu dan fungsi yang di gunakan dalam *Result Stress*.

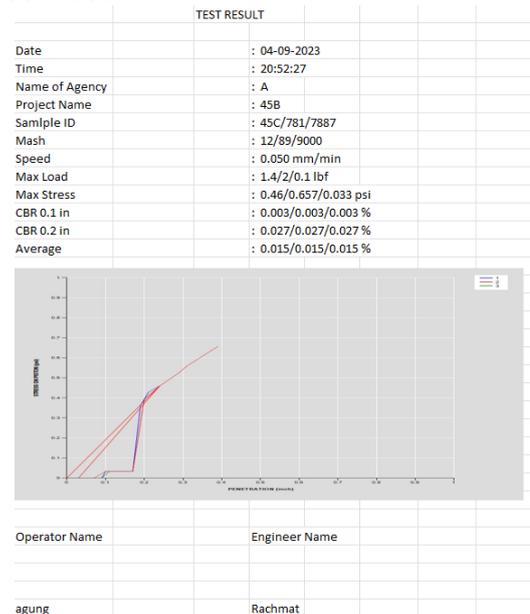
10. *Set speed*

Gambar 10. *Set speed*

Gambar 10 menjelaskan tentang *Set speed* digunakan untuk mengatur kecepatan yang akan digunakan oleh motor servo. Selain itu *set speed* mempunyai pilihan turbo, yaitu menjadikan kecepatan motor servo sangat maksimal.

3.3. Tampilan *Output*

1. *Test Result*

Gambar 11. *Test Result*

Gambar 11 menjelaskan tentang *output* dari hasil uji CBR yang sudah di jalankan dan sudah di simpan ke dalam komputer. *test result* ini terbagi menjadi beberapa bagian yaitu bagian hasil keseluruhan nilai dan bagian data *logger*.

Berikut penjelasan dari gambar di atas:

Tabel 7. *Test Result*

N o	Nama Menu	UJI 1	UJ I 2	UJ I 3	KETERA NGAN
1	<i>DATE</i>	04-09-2023	-	-	Tanggal
2	<i>TIME</i>	20:52:27	-	-	Waktu
3	<i>NAM E OF AGEN CY</i>	a			Nama <i>agency</i>
4	<i>PROJ ECT NAM E</i>	45B	-	-	Nama <i>project</i>
5	<i>SAMP LE ID</i>	45C	781	7887	Nama <i>sample</i>
6	<i>MAS H</i>	12	89	9000	Kode Mash
7	<i>SPEE D</i>	0.050	-	-	Kecepatan
8	<i>MAX LOAD</i>	1.4 lbf	2 lbf	0.1 lbf	<i>Maximal load</i>

9	MAX STRE SS	0.46 psi	0.6 57 psi	0.0 33 psi	Maximal stress
1 0	CBR 0.1	0.00 3 %	0.0 03 %	0.0 03 %	Nilai CBR0.1
1 1	CBR 0.2	0.02 7 %	0.0 27 %	0.0 27 %	Nilai CBR0.2
1 2	AVER AGE	0.01 5 %	0.0 15 %	0.0 15 %	Nilai rata-rata

Pada tabel 7 menjelaskan nama dan fungsi yang di gunakan dalam *Test Result*.

Pada pengujian di atas dilakukan sebanyak 3 kali percobaan. Data seperti *date, time name of agency* hanya di lakukan sekali masukan oleh operator dan mempunyai nilai yang sama pada semua uji. Adapun untuk hasil *max load, max stress* CBR01, CBR01 dan *average* mempunyai perhitungan tersendiri yang sudah di masukkan ke dalam aplikasi ini.

2. Data Logger

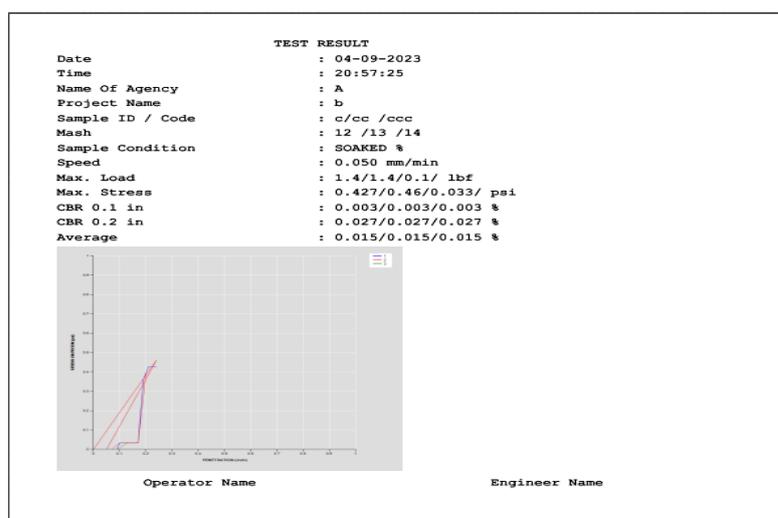
Data logger ini di hasilkan dari pencatatan seluruh aktifitas program yang di jalankan. pada test uji nilai CBR terdapat 3 kali percobaan, setiap percobaan akan di catat pada data logger dari awal sampai dengan akhir, beserta seluruh nilai. Sama seperti uji berikutnya, akan menampilkan nilai.

Tabel 8. Data Logger

Time (sec)	Penetration (inch)	Load (lbf)	Stress (psi)	CBR (%)
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0.116	0	0	0
6	3.22	0	0	0
7	3.705	10	3.286	0
8	4.251	14.8	4.864	0
9	4.631	14.8	4.864	0
10	5.579	14.8	4.864	0
11	5.746	28.3	7.756	0
12	5.746	28.3	9.3	0
13	5.797	28.3	9.3	0
14	5.864	28.3	9.3	0
15	6.539	28.3	9.3	0
16	6.55	28.3	9.3	0
17	6.55	28.3	9.3	0
18	6.55	28.3	9.3	0
19	3.411	28.3	9.3	0

Pada tabel 8 dapat dilihat bahwa uji di lakukan dengan durasi waktu 15 detik, setiap detik dapat di lihat bahwa setiap nilai *penetration, load, stress* dan nilai CBR akan berubah pada setiap detiknya.

1. Ouput PDF

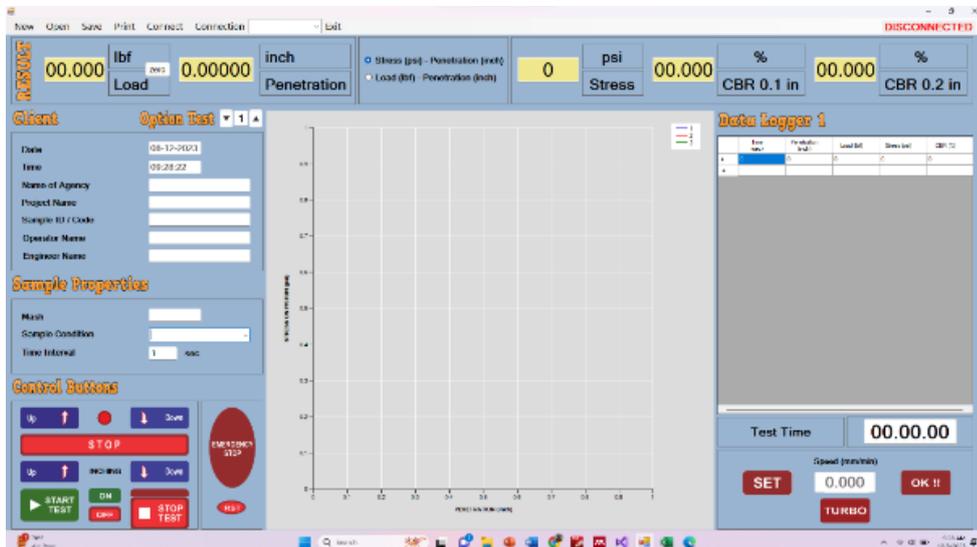


Gambar 12. Test Result PDF

Gambar 12 menjelaskan selain output menggunakan excel, pada aplikasi ini menggunakan *output* dengan menggunakan extensi PDF. Hasil output *excel* dengan PDF

tidak ada bedanya hanya perbedaan file extensi.

3. Tampilan keseluruhan



Gambar 13. Tampilan keseluruhan

Pada gambar 13 adalah hasil dari desain keseluruhan yang di buat, dapat dilihat bahwa tampilan keseluruhan ini adalah saling menyambung satu sama lain,

Untuk *hardware* menggunakan arduino, Arduino UNO adalah merupakan papan elektronik berbasis mikrokontroler ATmega yang memenuhi sistem minimum mikrokontroler agar dapat bekerja secara mandiri (standalone controller) komponen utama didalam papan Arduino adalah sebuah mikrokontroler 8bit dengan merk

ketika salah satu isian tidak di isi, maka program tidak akan berjalan.

3.4. Perangkat Keras

ATMega yang dibuat oleh Atmel corporation. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe Atmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan ATmega328 sedangkan Arduino Mega 2560 yang lebih canggih menggunakan ATmega2560.



Gambar 14. Perangkat keras

Pada gambar 14 adalah perangkat keras yang sudah di desain dan di implementasikan menggunakan arduino, pemilihan arduino karena hardware ini sangat mudah untuk di dapatkan di pasaran dan sudah mempunyai sistem minimum untuk perangkat keras, dan hanya perlu membuat layout PCB (*printed circuit board*) dan memasangkan pada PCB tersebut, setelah itu di sambungkan dengan komponen lain sehingga menyerupai alat uji CBR pada lab. Selain itu untuk penulisan program pada arduino dapat di unduh dengan cara open source pada web arduino dan file hasil dari program arduino dapat di tulis ulang atau copy/write. Rangkaian ini nantinya akan di sambungkan kepada bagian mekanik, sehingga alat uji seperti uji CBR pada lab.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemaparan yang telah di jelaskan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa dengan adanya aplikasi CBR ini permasalahan yang terjadi pada data yang manual dapat berubah menjadi terkomputerisasi, selain itu kontrol dari *software* ke *hardware* sangat mudah di gunakan, operator hanya cukup menekan *button* yang di inginkan, ketika data sudah ada, maka operator bisa menyimpan data hasil dari uji CBR yang di jalankan. selain itu data yang sudah di buat dapat di simpan ke dalam komputer dan dapat di buka kembali untuk di kaji ulang.

Referensi

- Akbar, S. J., Burhanuddin, B., & Jufriadi, J. (2021). Hubungan Nilai Cbr Dan Sand Cone Lapisan Pondasi Bawah Pada Perkerasan Lentur Jalan. *Teras Jurnal*, 5(1), 21–31. <https://doi.org/10.29103/tj.v5i1.4>
- Bardhan, A., Gokceoglu, C., Burman, A., Samui, P., & Asteris, P. G. (2021). Efficient computational techniques for predicting the California bearing ratio of soil in soaked conditions. *Engineering Geology*, 291(December 2020), 106239. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106239>
- Darmawan, I. A. (2020). Faktor - Faktor Kegagalan Pemasangan Komponen Chip Pada Papan PCB Menggunakan Mesin Chip Mounter. *jurnal Untirta*, 3(1), 397–403.
- Harianto, T., Djamaluddin, A. R., Muhiddin, A. B., & others. (2021). Studi Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Timbunan Sebagai Lapisan Tanah Pondasi. *Prosiding Snast*, 36–43.
- Jamilah, N. N., & Indana, L. (2022). Aplikasi Perpustakaan SDN Ciptomulyo 3 Kota Malang Berbasis Desktop Menggunakan Metode Agile. *Seminar Nasional Sistem Informasi*, 2022(September), 3144–3157.
- Muqdamien, B., Umayah, U., Juhri, J., & Raraswaty, D. P. (2021). Tahap Definisi Dalam Four-D Model Pada Penelitian Research & Development (R&D) Alat Peraga Edukasi Ular Tangga Untuk Meningkatkan Pengetahuan Sains Dan Matematika Anak Usia 5-6 Tahun. *Intersections*, 6(1), 23–33. <https://doi.org/10.47200/intersections.v6i1.589>
- Nugroho, R. R. (2018). Perancangan dan Analisis Pengiriman Data Digital Berbasis VLC dengan LED dan Phototransistor Array. *Jurnal Edukasi Elektro*, 2(1).
- Ruwahida, D. R. R., Rachman, I., Widodo, H. A., Adhitya, R. Y., & Irawan, Y. (2023). Sistem Komunikasi Mikrokontroler dan PLC Berbasis Komunikasi Serial Host Link dan Protokol C-Command RS232. *Infotekmesin*, 14(2), 354–361. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v14i2.1924>
- Setiawan, M. L., Arbansyah, A., & Suryawan, S. H. (2023). Penerapan Algoritma A* Dan Behaviour Trees Untuk Perilaku Non-Player Character(NPC) Pada Game “The Last Hope” Berbasis Android Menggunakan Unity 2D. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, 4(2), 451–460. <https://doi.org/10.37859/coscitech.v4i2.5418>
- Sihite, W. A., Study, P., Sipil, T., Teknik, F., & Area, U. M. (2017). *Lapisan Subgrade Jalan Menggunakan Metode California Bearing Ratio Lapangan*. 63.