

RINGKASAN

Perilaku struktur beton pada gedung sangat dipengaruhi oleh mutunya. Salah satu penyebab turunnya mutu beton adalah panas hidrasi. Panas hidrasi menyebabkan peningkatan suhu drastis pada beton sehingga beton mengalami perubahan volume akibat susut dan tegangan termal yang tidak dapat ditahan utamanya pada umur awal beton. Penurunan mutu ini penting untuk diketahui dengan cara evaluasi indeks kematangan beton. Evaluasi ini membutuhkan data *monitoring* kenaikan suhu yang dibandingkan dengan pengetesan kuat tekan beton. Selain itu, *monitoring* susut juga dilakukan sebagai tambahan informasi yang dapat menurunkan mutu beton. Sayangnya, *Monitoring* suhu dan susut saat ini masih menggunakan sistem akuisisi yang menggunakan *data logger* yang harus tersambung tiga kali 24 jam ke komputer atau dicatat secara manual. Hal ini, memiliki potensi data hilang akibat banyak gangguan. Oleh sebab itu, inovasi yang diberikan untuk permasalahan tersebut adalah perancangan sistem *monitoring* dengan automasi transfer data ke *cloud database* sebagai wadah penyimpanan dan pengolahan data. Transfer data dari penyimpanan internal dapat dilakukan secara otomatis atau dikendalikan oleh pengguna saat terdapat jaringan internet. Adapun, Modifikasi pada instrumen susut yang menggunakan prinsip sinyal impuls pada kaliper digital yang bekerja bersamaan dengan pengukuran suhu oleh sensor *thermocouple*. Hasil yang dicapai dari *prototype* yang berasal dari gagasan tersebut, yaitu alat dapat berfungsi untuk sampel beton 25 MPa yang dibuat. Akan tetapi, dari hasil evaluasi diperoleh nilai eror rata-rata pembacaan suhu sebesar 0.8025°C dan eror pembacaan susut sebesar 0,25mm dibandingkan dengan alat yang terkalibrasi. Berdasarkan, hasil ini kami optimis *prototype* ini memiliki potensi untuk dikembangkan dan dapat mencapai tingkat kesiapan teknologi (TKT) pada level 5.

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	iii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat Program.....	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	2
2.1 Panas Hidrasi.....	2
2.2 Parameter Evaluasi Mutu Beton Akibat Efek Panas Hidrasi	3
2.3 Sistem Akuisisi Data Berbasis Wireless	3
2.4 Mikrokontroler ESP32	3
2.5 Sensor Temperatur	4
2.6 Kaliper Digital.....	4
BAB 3. TAHAP PELAKSANAAN.....	4
3.1 Studi Literatur dan Penyusunan Standardisasi	4
3.2 Perancangan Alat	4
3.3 Pengetesan dan Evaluasi Alat	5
3.4 Penyusunan Laporan	6
BAB 4. HASIL YANG DICAPAI DAN POTENSI KHUSUS.....	6
4.1 Hasil Yang Dicapai	6
4.2 Potensi Khusus	9
BAB 5. PENUTUP	10
5.1 Kesimpulan	10
5.2 Saran.....	10
DAFTAR PUSTAKA	10
LAMPIRAN	11
Lampiran 1. Penggunaan Dana	11
Lampiran 2. Dokumentasi Kegiatan	22
Lampiran 3. Perancangan <i>Prototype</i>	28
Lampiran 4. Hasil Kalibrasi <i>Prototype</i>	32
Lampiran 5. Implementasi <i>Prototype</i>	34
Lampiran 6. Video Pengenalan <i>Prototype</i>	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 Skema <i>Wiring</i> Tes Pengukuran	5
Gambar 4. 2 Visualisasi desain 3D Prototype.....	6
Gambar 4. 3 Prototype Yang Berhasil Dirancang.....	7
Gambar 4. 4 Tampilan <i>Login Website</i>	7
Gambar 4. 5 Tampilan <i>Board</i> Prediksi <i>Maturity</i>	7
Gambar 4. 6 Kalibrasi Pengukuran Suhu	8
Gambar 4. 7 Kalibrasi Pengukuran Susut	8
Gambar 4. 8 Hasil <i>Monitoring Suhu Beton</i>	9
Gambar 4. 9 Hasil Ploting Grafik Indeks Kematangan Beton	9
Gambar 4. 10 Hasil Monitoring Susut Beton.....	9
Gambar A. 1 Desain 3D Awal Perancangan <i>Prototype</i>	28
Gambar A. 2 Perancangan Modul dan Modifikasi Kaliper Digital	28
Gambar A. 3 Penyambungan Perangkat <i>Prototype</i> Keseluruhan	29
Gambar A. 4 Perancangan Algoritma Perhitungan Indeks Kematangan Beton ...	29
Gambar A. 5 Pemrograman yang Dibuat dari Algoritma Sebelumnya	30
Gambar A. 6 Desain Tampilan <i>User Interface Login Website</i>	30
Gambar A. 7 Fitur Perhitungan Indeks Kematangan <i>Website</i>	30
Gambar A. 8 Fitur Penyimpanan Data <i>Record</i> Susut dan Suhu	31
Gambar A. 9 Tampilan <i>Dashboard Website</i>	31
Gambar A. 10 Tampilan <i>Prototype</i> Yang Siap Diimplementasi Pada Beton 1	31
Gambar A. 11 Tampilan Prototype Yang Siap Diimplementasi Pada Beton 2	32
Gambar A. 12 Hasil Kalibrasi <i>Thermocoupe</i> Tipe K Panjang 15 cm.....	32
Gambar A. 13 Hasil Kalibrasi <i>Thermocoupe</i> Tipe K Panjang 10 cm.....	32
Gambar A. 14 Tampilan Uji Sensitivitas Kaliper Digital.....	33
Gambar A. 15 Hasil Kalibrasi Pengukuran Kaliper Digital.....	33
Gambar A. 16 Standar Yang Ditetapkan Berdasarkan Kemampuan <i>Prototype</i> ...	34
Gambar A. 17 Persiapan Desain Campuran Beton Mutu 25 MPa.....	34
Gambar A. 18 Material Yang Diperlukan Untuk Sampel Beton	35
Gambar A. 19 Hasil Implementasi <i>Monitoring Suhu</i> Sampel Beton.....	35
Gambar A. 20 Hasil Perhitungan Indeks Kematangan Beton.....	35
Gambar A. 21 Hasil <i>Monitoring</i> Susut Pada Sampel Beton	36

DAFTAR TABEL

Tabel A. 1 Rekapitulasi Dana Yang Masuk dan Keluar	11
Tabel A. 2 Rekapitulasi Buktu Nota Pengeluaran Dana.....	15
Tabel A. 3 Rekapitulasi Pelaporan Kegiatan PKM KC 2022	22

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perilaku struktur beton pada gedung sangat dipengaruhi oleh mutunya. Salah satu faktor internal beton yang dapat menurunkan kualitas mutu beton adalah panas hidrasi (Lu et al., 2020). Panas akibat proses hidrasi sulit dilepaskan oleh beton karena sifat konduktivitas beton yang rendah sehingga terjadi perbedaan suhu antara beton dan lingkungan yang besar seiring peningkatan suhu hidrasi (Gowripalan, 2020). Perbedaan suhu ini mengakibatkan peristiwa konveksi yang menimbulkan tegangan tarik pada sisi luar dan tegangan tekan di bagian tengah beton. Tegangan ini disebut dengan tegangan *thermal*. Tegangan *thermal* yang tidak mampu diterima pada umur awal beton menyebabkan retak yang terjadi bersamaan dengan susut. Retakan dan susut mengubah sifat mekanik beton sehingga terjadi penurunan mutu beton (Gowripalan, 2020).. Mutu beton yang berubah penting untuk diketahui dengan cara evaluasi yang ditinjau dengan Indeks kematangan beton. Evaluasi ini didasari oleh hasil monitoring kenaikan suhu dan perubahan susut beton sebagai efek dari panas hidrasi sejak umur awal.

Monitoring kenaikan suhu dan perubahan susut merupakan hal yang penting diperhatikan dalam mengevaluasi mutu beton. Namun, sistem akuisisi yang digunakan untuk *monitoring* masih menggunakan transfer data dari *data logger* menuju komputer atau bahkan dicatat secara manual. Akuisisi data dengan sistem ini berisiko mudah mengalami kehilangan data *record* karena pada kondisi *monitoring realtime* terdapat banyak gangguan dan kurang praktis karena data tidak dapat dipantau secara jarak jauh serta memerlukan komputer yang harus menyala ketika *monitoring*, yang mana *monitoring* dilakukan selama 24 jam.

Inovasi yang diberikan untuk permasalahan tersebut adalah perancangan sistem monitoring dengan automasi transfer data ke *cloud database* sebagai wadah penyimpanan dan pengolahan data. Transfer data dari penyimpanan internal dapat dilakukan secara otomatis atau dikendalikan oleh pengguna saat terdapat jaringan internet. Data *input* yang telah ditransfer, diolah dalam pemrograman untuk mendapatkan *maturity index* berupa grafik yang akan dibandingkan antara data lab dan lapangan sebagai tinjauan evaluasi kematangan beton akibat efek panas hidrasi. Selain itu, perubahan susut dapat diklasifikasikan berdasarkan waktu yang berjalan dan kondisi kenaikan suhu. Adapun, Modifikasi pada instrumen susut yang menggunakan prinsip sinyal impuls pada kaliper digital yang bekerja bersamaan dengan pengukuran suhu oleh sensor *thermocouple*. Implementasi ide ini diharapkan dapat menjawab masalah tersebut yang mana proses perwujudan ide akan dijelaskan dalam laporan ini.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang dapat dirumuskan dari latar belakang di atas adalah sebagai berikut.

1. Merancang purwarupa dan algoritma sistem untuk mengukur parameter evaluasi mutu beton (suhu dan susut) pada umur awal akibat efek panas hidrasi berbasis *wireless*?
2. Bagaimana cara kerja sistem akuisisi data sehingga dapat menjadi indikator evaluasi mutu beton pada umur awal akibat efek panas hidrasi?
3. Bagaimana menciptakan visualisasi dari sistem akuisisi data parameter evaluasi mutu beton pada umur awal akibat efek panas hidrasi berbasis *wireless*?

1.3 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dari Program Kreativitas Mahasiswa ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang purwarupa dan algoritma sistem untuk mengukur parameter evaluasi mutu beton (suhu dan susut) pada umur awal akibat efek panas hidrasi berbasis *wireless*.
2. Mengetahui cara kerja sistem akuisisi data sehingga dapat menjadi indikator evaluasi mutu beton pada umur awal akibat efek panas hidrasi.
3. Menciptakan visualisasi sistem akuisisi data parameter evaluasi mutu beton pada umur awal akibat panas hidrasi berbasis *wireless*.

1.4 Manfaat Program

Manfaat dari program Kreativitas Mahasiswa ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi Pelaksana
Tercapainya peran dan fungsi mahasiswa untuk berperan pada masyarakat dan bidang keilmuannya.
2. Bagi Akademisi
Menunjang riset terkait inovasi beton yang mengkaji panas hidrasi sebagai *properties* beton.
3. Bagi Industri Konstruksi
 - a. Mempermudah *monitoring* dan evaluasi mutu beton dengan sistem yang lebih akurat dan praktis.
 - b. Adanya riwayat pengujian pada penyimpanan awan akan membantu dalam pencarian problem pada sistem struktural pekerjaan konstruksi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Panas Hidrasi

Salah satu material penting dalam beton adalah semen. Semen mengandung senyawa kimia yang tidak stabil secara termodinamika saat bereaksi hidrasi dengan air, sehingga pembentukan produk hidrasi akan menghasilkan panas (*Exotherm*) yang disebut panas hidrasi (Nugraha & Antoni, 2007).

Komposisi kimia semen kenaikan suhu hidrasi (Nugraha & Antoni, 2007). Panas yang terjadi pada bagian tengah beton lebih tinggi dari daerah sekeliling muka beton. Panas hidrasi semen pada beton sulit untuk turun, terutama pada

beton dicor dengan volume yang massif. Hal ini disebabkan oleh sifat “*Poor Thermal Conductivity*” (American Concrete Institute (ACI), 2008).

2.2 Parameter Evaluasi Mutu Beton Akibat Efek Panas Hidrasi

Indikator panas hidrasi yang umum adalah suhu. Pengukuran suhu beton yang ideal mengikuti kaidah dasar pada ASTM C 1064. Untuk mendapatkan hasil pengukuran ideal tersebut, beton diisolasi dalam *styrofoam box*. (Awal & Hussin, 2010). Peningkatan suhu internal terjadi bersamaan dengan perubahan susut beton, sehingga perubahan susut diukur juga bersamaan dengan suhu dalam satu spesimen yang sama.

Susut dan suhu mempengaruhi penurunan mutu beton. Penurunan mutu beton dapat diketahui dengan menganalisis kematangan beton. Estimasi kematangan beton (*Maturity Indeks*) merupakan salah satu metode non destruktif dalam evaluasi mutu beton. Metode ini didasari oleh standar ASTM C1074. Konsep mengestimasi didasari oleh historis suhu internal akibat panas hidrasi, kuat tekan beton, dan umur beton (Lim et al., 2018). Secara matematis *Maturity Index* diperoleh dari persamaan berikut..

$$M(t) = \sum (T_a - T_0) \Delta t \quad (\text{Persamaan 1})$$

Dimana, $M(t)$: *total temperature-time factor* pada umur tertentu (t); Δt : interval waktu dalam hari atau jam; T_a : rata-rata suhu internal sampel beton; T_0 : suhu terendah dari total histori pengukuran suhu.

2.3 Sistem Akuisisi Data Berbasis Wireless

Sistem akuisisi data merupakan sistem instrumentasi elektronik terdiri dari sejumlah elemen yang secara bersamaan bertujuan untuk pengukuran, penyimpanan, dan mengolah hasil pengukuran.

Proses pengambilan data umumnya dilakukan oleh operator dengan cara yang manual. Sistem akuisisi data dapat dilakukan dengan mengolah data analog dan data digital. Pengiriman data secara digital dapat menggunakan komputer atau *microcontroller* dengan memanfaatkan jaringan nirkabel (*wireless*) dengan komunikasi *HTTP Request*. Jaringan internet yang digunakan sangat berpengaruh pada proses pengiriman data. Pada penelitian ini hasil dari pembacaan sensor dikirimkan ke *database* menggunakan *microcontroller* dengan komunikasi *HTTP Request*.

2.4 Mikrokontroler ESP32

ESP32 pada gambar 2.2 adalah mikrokontroler yang terintegrasi dengan modul Wi-Fi dan Bluetooth. Selain itu, ESP32 juga sudah terintegrasi dengan built-in antenna switches, RF balun, power amplifier, low noise receiver, amplifier, filters, and power management modules. sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi Internet of Things. ESP 32 mempunyai memori RAM sebesar 320 kb dan ROM sebesar 448 kb. ESP32 memiliki antarmuka peripheral antara lain 34 pin GPIO (General Purpose Input/Output), 18 pin ADC (Analog Digital Converter), 2 pin DAC (Digital Analog Converter), 16 pin PWM (Pulse Width Modulation), 10 pin capacitive sensing, 2 jalur antarmuka UART,

pin antarmuka I2C, I2S, SPI, dll. Setiap pinout ESP 32 dapat menerima atau memberi tegangan hingga sebesar 3,3V (Espressif Systems, 2021).

2.5 Sensor Temperatur

Thermocouple merupakan salah satu dari jenis sensor suhu. Sensor ini terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan ujungnya digabungkan menjadi satu. Dua kawat memiliki fungsi yang berbeda. Salah satu kawat berfungsi sebagai titik ukur/titik panas. Sedangkan, yang lain sebagai titik referensi, yang mana temperaturnya konstan. Beberapa sensor suhu yang digunakan dalam pengukuran suhu pada beton adalah *Thermocouple* Tipe T, dan K. Sensor dapat membaca perubahan suhu ketika titik referensi dan ukur terdapat perbedaan suhu yang menimbulkan GGL sehingga menghasilkan arus pada rangkaian. Rangkaian yang terhubung pada sebuah alat pencatat akan mendefinisikan perubahan arus (Santoso & Ruslim, 2019).

2.6 Kaliper Digital

Kaliper digital terdiri dari balok utama dan penggeser, rak, dan roda gigi dipasang di balok utama dan penggeser masing-masing. Sistem roda gigi ini mengubah posisi linier pada sumbu-x pada balok utama ke posisi sudut ($\theta + 2N\pi$), dan posisi sudut diukur dengan pengukuran kapasitif perangkat. Alat pengukur kapasitif posisi sudut diisolasi secara tertutup dari rak dan roda gigi dengan rongga segel dan anggota segel. Oleh karena itu, kaliper dapat digunakan di bawah kondisi yang buruk. Inovasi ini khususnya cocok untuk digunakan dalam bidang pekerjaan mekanik (Chen & You, 2010).

BAB 3. TAHAP PELAKSANAAN

3.1 Studi Literatur dan Penyusunan Standardisasi

Pada tahap ini, Studi ini didasari oleh referensi yang merujuk pada beberapa jurnal historis pengukuran yang pernah dilakukan sebelumnya, standardisasi dari *American Standard Testing and Material Concrete* (ASTM C), dan modul terkait elemen elektronika yang digunakan.

3.2 Perancangan Alat

Perancangan alat dibagi menjadi dua proses, yaitu proses *hardware* dan *software*. Perancangan yang harus dilewati pertama adalah *hardware* alat ukur berupa penyusunan komponen kelistrikan dan komponen mekanik alat ukur. Kemudian, proses dilanjutkan dengan melakukan perancangan *software* dalam bentuk pengolahan transfer data dan pengolahan data hingga menghasilkan hasil yang diinginkan.

Komponen Elektronika

Komponen kelistrikan tersusun dari sensor yang terhubung dengan *microcontroller* ESP32. Sensor yang akan digunakan sebagai pengukur suhu perlu ditrial dahulu agar mendapatkan sensor paling optimal saat digunakan. Sensor suhu rencana yang akan ditrial adalah termokopel tipe K dengan panjang yang berbeda. Pengukuran suhu dengan sensor yang telah ditentukan akan dilakukan

bersamaan dengan pengukuran susut. Pengukuran susut dilakukan oleh kaliper digital sehingga kaliper digital juga akan terhubung dengan *microcontroller* ESP32. Modifikasi kaliper digital juga akan masuk dalam proses perancangan mekanik alat ukur. Kaliper akan berperan dalam pengukuran susut.

Komponen Mekanik

Beton uji akan dicetak dalam cetakan persegi berukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm. Cetakan beton akan diberi *styrofoam* untuk mengisolasi panas hidrasi beton. Kaliper digital akan menempel pada cetakan agar pengukuran stabil.

Perancangan Software

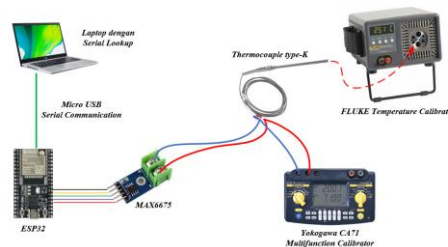
Microcontroller akan diprogram agar data *inputan* dari sensor dan kaliper digital disimpan dalam penyimpanan internal. Data dapat ditransfer menuju *cloud database* saat tersedia jaringan internet yang terhubung dengan *microcontroller*. Transfer dapat dibuat menjadi dua opsi yaitu transfer otomatis atau memerlukan perintah pengguna. Data yang telah ditransfer menuju *database* akan diolah dengan algoritma pemrograman dalam *website* menjadi dua *output* yaitu grafik indeks kematangan beton dengan **persamaan 1**. Grafik inilah yang menjelaskan pengaruh suhu hidrasi terhadap mutu beton seiring bertambahnya umur beton.

3.3 Pengetesan dan Evaluasi Alat

Tahap pengujian yang dilakukan meliputi pengujian *website*, *software* dan *hardware*. Pengujian *website* meliputi uji coba fitur-fitur yang tersedia, dengan memasukkan *input* data tertentu. Selain itu juga dilakukan pemeriksaan setiap script, formulir, dan aspek lainnya untuk menemukan kesalahan pengetikan atau pemrograman. Terdapat beberapa pengujian yang dilakukan terhadap perangkat sistem, meliputi kalibrasi pembacaan temperatur oleh *thermocouple* dengan metode linear *regression*, pengintegrasian *caliper* dan *thermocouple* dengan ESP32, serta integrasi *caliper module*, *thermocouple module* dengan RTC (*Real Time Clock*) *module*.

Data uji temperature di kumpulkan menurut langkah berikut.

1. Menempatkan *probe thermocouple* pada *temperature calibrator* FLUKE (*dry-well*).
2. Pasang instrument pengukur dan *wiring* seperti skema berikut.



Gambar 4. 1 Skema Wiring Tes Pengukuran

3. Nyalakan temperature calibrator dan atur temperature pada setpoint 40, 60, 80, dan 100 celcius secara bertahap.
4. Ambil nilai temperature yang terbaca MAX6675 pada serial communication Ketika nilainya steady state.

5. Ambil nilai temperature pada LCD calibrator CA71 ketika steady state. Plot grafik dan hitung nilai absolute errornya.

Material uji yang akan disiapkan adalah beton dengan mutu 25 MPa yang akan dicor dalam kubus yang terisolasi dan yang lainnya akan dicor dalam silinder dengan diameter 10 cm, dan tinggi 20 cm. Benda uji silinder ini digunakan sebagai penguji parameter keakurasian estimasi kematangan beton.

3.4 Penyusunan Laporan

Pembuatan laporan dilakukan te rogresif dan direkap saat seluruh tahapan selesai sehingga hasil pelaksanaan dapat dikaji dan dibuktikan keasliannya.

BAB 4. HASIL YANG DICAPAI DAN POTENSI KHUSUS

4.1 Hasil Yang Dicapai

Hasil yang dicapai pada pelaksanaan Program Kreativitas Mahasiswa bidang Karsa Cipta ini adalah purwarupa alat sebagai salah satu luaran dari program ini beserta dengan data pendukungnya antara lain:

1. Literatur dan standardisasi untuk perancangan sistem

Tahap paling awal ini memberikan gambaran bahwa sistem akuisisi data yang efisien dan baik penting dalam *monitoring* suhu dan susut pada beton pada umur awal.

Sedangkan, standardisasi yang digunakan dalam pembuatan sistem ini sendiri meliputi:

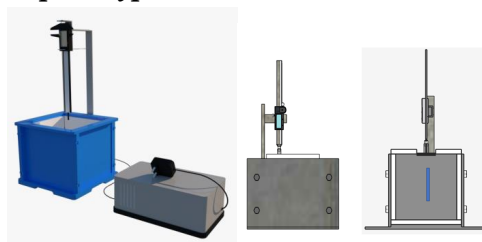
Penyiapan Spesimen Uji

- a. Mix design beton (ACI 211.1.91 dan SNI 03-3449-2002)
- b. Uji konsistensi normal (ASTM C 187-16, SNI 03-6826-2002)
- c. Uji *setting time* semen (ASTM C 191-3, SNI 15-2049-2004)
- d. Uji saringan/lolos ayakan (ASTM C 117-95)
- e. Uji *slump* (SNI 03-1972-1990)
- f. Uji kuat tekan (SNI 03-1974-1990)

Prasyarat Standardisasi Alat

- a. Uji suhu internal beton segar (ASTM C 1064)
- b. Uji *autogenous shrinkage* (ASTM C 1698-09)
- c. Estimasi kematangan beton (ASTM C 1074)

2. Visualisasi desain 3D *prototype*

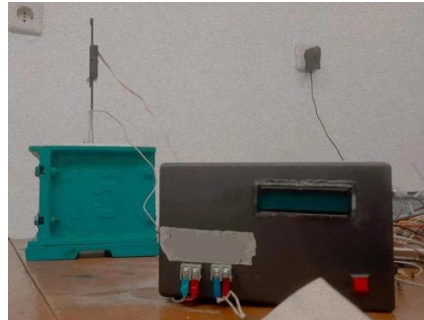


Gambar 4. 2 Visualisasi desain 3D Prototype

Hasil visualisasi desain 3D dari sistem akuisisi yang telah kami buat ditunjukkan pada gambar . Proses desain dilakukan menggunakan *software* Sketchup dengan *plugin* V-ray untuk *rendering*.

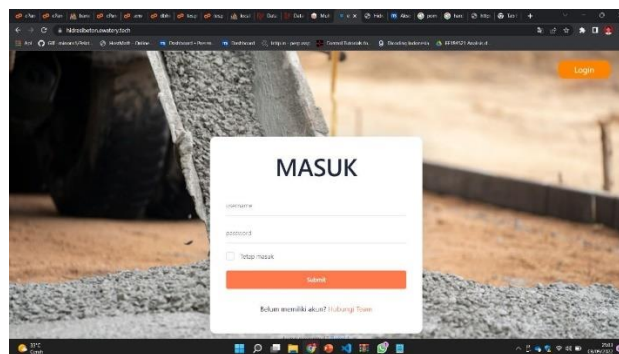
3. Rancang Sistem dan *prototype*

Perwujudan dari hasil perancangan sistem dan *prototype* disajikan sebagai berikut.

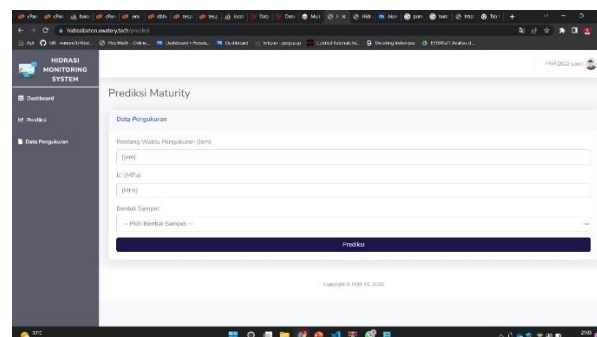


Gambar 4. 3 *Prototype* Yang Berhasil Dirancang

Sedangkan, untuk hasil pembuatan sistem pengolahan data dan penyimpanan berupa *website* melalui figma dengan sistem algoritma menggunakan metode Nurse-Saul untuk mengestimasi kematangan menurut standar ASTM C 1074. Untuk tampilan *User Interface website* dapat diakses melalui link: <https://hidrasibeton.ewatery.tech/dashboard> dan gambar berikut.



Gambar 4. 4 Tampilan *Login Website*

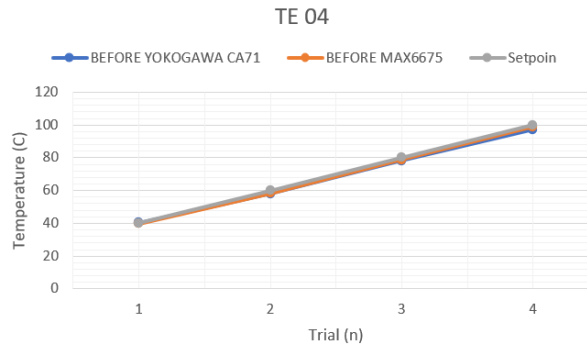


Gambar 4. 5 Tampilan *Board Prediksi Maturity*

4. Hasil pengujian dan evaluasi

Hasil dan evaluasi yang diperoleh dari pengujian alat meliputi:

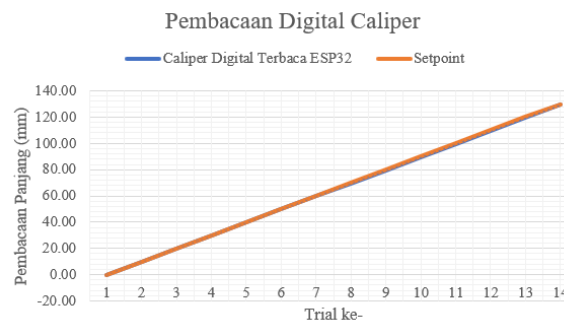
1. Hasil pengambilan data thermocouple tipe K tersaji dalam grafik berikut



Gambar 4. 6 Kalibrasi Pengukuran Suhu

Error thermocouple terukur rata-rata sebesar 0.8025°C (absolute). Hal ini menandakan bahwa standar pengukuran $<5\%$ dari range 60°C sudah terenuhi atau bernilai $< 3^{\circ}\text{C}$.

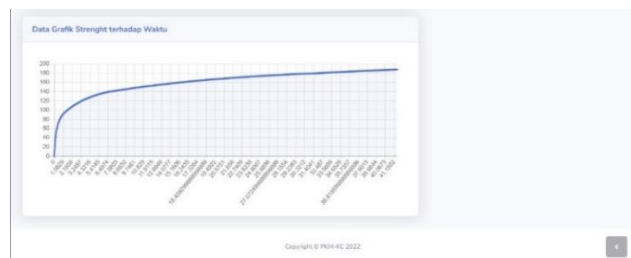
2. Hasil pengujian Panjang susut tersaji pada grafik berikut.



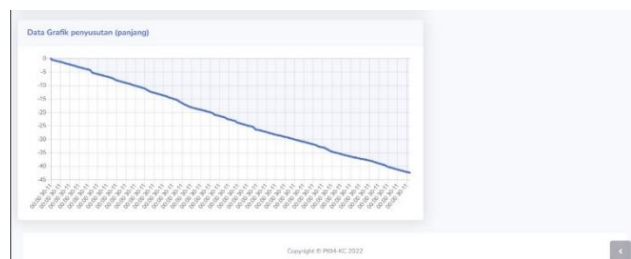
Gambar 4. 7 Kalibrasi Pengukuran Susut

Error pengukuran digital caliper diperoleh sebesar $252.142857 \mu\text{m}$. Nilai error ini masih jauh dari harapan, yakni sesuai standar $10 \mu\text{m}$. Ketidakesesuaian ini dimungkinkan terjadi karena kontak multiple elektrode stator (tembaga) dengan jalur slider (sin-cos plate) pada PCB terkadang bergeser vertikal (normalnya hanya bergeser horizontal sepanjang tuas caliper) sehingga menyebabkan adanya gap antar plate dan timbul noise capacitance. Gap ini dimungkinkan terjadi karena pemasangan caliper dan kabel extender ke modul memakan jalur gerak tuas caliper sehingga jika dilihat dari sisi mekanikal akan sedikit menganga.

3. Hasil percobaan *monitoring* dari sampel beton mutu 25 MPa yang dibuat memperoleh hasil sebagai berikut. Data hasil pengukuran suhu oleh termokopel disajikan pada gambar 4.8 dan data pengukuran susut oleh *digital caliper* disajikan oleh gambar 4.10. Untuk memperoleh prediksi kuat tekan beton digunakan nilai suhu yang dimasukkan kedalam persamaan Nurse-Saul dan diperoleh plot grafik perbandingan kuat tekan terhadap umur beton.

Gambar 4. 8 Hasil *Monitoring Suhu Beton*

Gambar 4. 9 Hasil Ploting Grafik Indeks Kematangan Beton



Gambar 4. 10 Hasil Monitoring Susut Beton

4.2 Potensi Khusus

Potensi khusus dari keberlanjutan hasil Program Kreativitas Mahasiswa ini adalah sebagai berikut.

1. Potensi Pengembangan dan Keberlanjutan

Sistem akuisisi ini memiliki potensi pengembangan dan keberlanjutan untuk tercipta sistem akuisisi data suhu dan susut beton umur awal yang lebih optimal. Adapun pengembangan yang dimaksud adalah penyesuaian, identifikasi dan kalibrasi ulang digital kaliper dengan metode yang lebih baik, untuk didapatkan sistem akuisisi yang lebih teliti dan akurat. Selain itu, pada *software* juga dapat dikembangkan dengan menerapkan konsep maturity beton tertentu, agar sistem mampu memb.

2. TKT (Tingkat Kesiapan Teknologi)

Pada saat alat ini diimplementasikan maka estimasi nilai level TKT (Tingkat Kesiapan Teknologi) adalah 5 dengan penjelasannya adalah alat kami sudah disimulasi dan kami mengasumsikan alat kami bisa diimplementasikan dalam bentuk *prototype* dan komponen-komponen penunjang sistem akuisisi ini bisa dibeli di *marketplace* lokal

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Sistem yang kami buat merupakan sistem akuisisi data berbasis *wireless* untuk evaluasi efek panas hidrasi beton pada umur awal. Data hasil pengukuran dan *monitoring* parameter panas hidrasi akan dikirim pada penyimpanan *cloud*. Sehingga dapat diakses secara *realtime* melalui *website*. Adapun alat yang kami buat berhasil diimplementasikan pada sampel beton mutu 25 MPa. Akan tetapi, dari hasil evaluasi diperoleh nilai eror rata-rata pembacaan suhu sebesar 0.8025°C dan eror pembacaan susut sebesar 0,25mm dibandingkan dengan alat yang terkalibrasi.

5.2 Saran

Saran kami dalam mewujudkan pengembangan alat ini menuju arah yang lebih baik adalah mempertimbangkan sensor dengan ketelitian yang lebih baik atau lebih mendalami cara meningkatkan kualitas pengukuran. Selain itu, perlu adanya kerja sama dengan pihak lain agar pengembangan alat mampu diimplementasikan di lapangan dan potensi khusus dapat tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute (ACI). (2008). Aci 207.2R-07. In *Journal of American Concrete Institute: Vol. C*.
- Awal, A. S. M. A., & Hussin, M. W. (2010). Influence of palm oil fuel ash in reducing heat of hydration of concrete. In *Journal of Civil Engineering (IEB)* (Vol. 38, Issue 2, pp. 153–157).
- Chen, S., & You, N. (2010). (12) *United States Patent*. 1(12).
- Espressif Systems. (2021). ESP32 Series Datasheet. *Espressif Systems*, 1–65.
- Gowripalan, N. (2020). Autogenous Shrinkage of Concrete at Early Ages. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 37(December), 269–276. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7603-0_27
- Lim, J. S., Cruz, H., Pourhomayoun, M., & Mazari, M. (2018). Application of IoT for concrete structural health monitoring. *Proceedings - 2018 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence, CSCI 2018*, 1479–1482. <https://doi.org/10.1109/CSCI46756.2018.00295>
- Lu, T., Li, Z., & van Breugel, K. (2020). Modelling of autogenous shrinkage of hardening cement paste. *Construction and Building Materials*, 264, 120708. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120708>
- Nugraha, P., & Antoni. (2007). *Teknologi Beton Dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi* (First). Andi.
- Santoso, H., & Ruslim, R. (2019). Pembuatan Termokopel Berbahan Nikel (Ni) dan Tembaga (Cu) Sebagai Sensor Temperatur. *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*, 5(1), 59. <https://doi.org/10.26858/ijfs.v5i1.9376>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Penggunaan Dana

Rekapitulasi dana selama pelaksanaan PKM KC 2022 ini disajikan pada tabel, berikut.

Tabel A. 1 Rekapitulasi Dana Yang Masuk dan Keluar

1. Dana yang Masuk					
No.	Keterangan	Total (Rp.)			
1.	Pendanaan PKM 2022 (diterima)	5.200.000			
3.	Pendanaan PKM 2022 Perguruan Tinggi	1.750.000			
Total Dana (Rp.)					6.950.000
2. Penggunaan Dana					
No.	Keterangan	Harga Satuan (Rp.)	Satuan	Kuantitas	Total (Rp.)
1.	Pembelian Jangka Sorong Digital	45,000	item	1	45.000
2.	ESP Dev Kit v1	75,000	item	1	75.000
3.	Pembelian Cetakan Kubus Beton	377,000	item	1	377.000
4.	Jangka sorong digital 2	45,000	item	1	45.000
5.	Paket komponen box kontrol	58,200	paket	1	58.200
6.	K. Pita Gp	4,500	meter	1	4.500
7.	Battery CR2032	2,500	item	2	5.000
8.	Sensor Suhu Max6675 Module Max 6	45,000	item	1	45.000
9.	LM2596S-3.3	3,300	item	1	3.300
10.	ams1117 3.3v	1,000	item	2	2.000
11.	Header female 1x40	1,500	item	1	1.500
12.	Matabor 0.8mm	1,500	item	1	1.500
13.	matabor 1mm		item	1	1.500

		1,500			
14.	IC LM393P LM393 dual	1,000	item	5	5.000
15.	LM324 IC op-amp voltage comparat	1,500	item	3	4.500
16.	Socket USB 2.0 Type A female	1,500	item	1	1.500
17.	22uf 16v capasitor	500	item	2	1.000
18.	3.3uf 50v capasitor	400	item	3	1.200
19.	PCB Single Layer 9x15cm FR4	12,000	item	1	12.000
20.	Header Female 2x20	3,000	item	1	3.000
21.	KF25 2 pin	2,000	item	1	2.000
22.	NTC 10k mf52-103	1,000	item	10	10.000
23.	Jangka Sorong Digital	45,000	item	1	45.000
24.	Kabel Rainbow R1	50	meter	70	3.500
25.	Micro SD Card Module	8,000	item	1	8.000
26.	Tinny RTC DS1307	10,000	item	1	10.000
27.	Thermocouple Type-K Probe 10cm 100mm Kabel 2m Drat M8 Sensor Suhu TC-K	75,000	item	2	150.000
28.	Thermocouple Type-K M8 50mm 5cm Temperature Sensor Probe 1m 1 meter	60,000	item	2	120.000
29.	Sensor Suhu Max6675 Module MAX 6675	45,000	item	1	45.000

30.	1x40 40 Pin 2.54 2.54mm Round Female Pin Header High Quality 40p 40pin	5,000	item	1	5.000
31.	Box Plastik Hitam X6 18x11x6 cm enclosure box	15,000	item	2	30.000
32.	Akrilik Lembaran A4, 2 mm Bening 29,7x21 cm	11,799	item	4	47.196
33.	Acrylic Cutter	25,000	item	1	25.000
34.	Refill Isi Mata Pisau Cutter Akrilik	3,500	item	2	7.000
35.	Ongkos Kirim Pembelian Cutter dan Pisau Akrilik	7,000	-	1	7.000
36.	Ring M5	150	item	12	1.800
37.	Baut M5	300	item	6	1.800
38.	Lem G	7,000	item	1	7.000
39.	Mata Bor	18,000	item	1	18.000
40.	Push Button Square	5,000	item	1	5.000
41.	LCD 16x2 Blue I2C	40,000	item	1	40.000
42.	Adaptor 12V 1A	22,500	item	1	22.500
43.	Solder 40 watt	35,000	item	1	35.000
44.	Soket DL	3,000	item	2	6.000
45.	Kabel Pita 6p	4,500	meter	1	4.500
46.	Timah Kecil	20,000	item	1	20.000


47.	Kabel Tunggal	1,500	meter	2	3.000
48.	Spizer 1cm	1,000	item	6	6.000
49.	Aukey Kabel Micro USB 2.0 30 cm	10,000	item	3	30.000
50.	Biaya Jasa Aplikasi Pembelian Micro USB Aukey	1,000	transaksi	1	1.000
51.	Paket Server (Unlimited S + Domain Registration + PPn 11%)	1,509,600	tahun	1	1.509.600
52.	Gabus 1 cm	7,500	item	1	7.500
53.	Eagle Alat Tembak	40,000	item	1	40.000
54.	Isi Lem Tembak	1,500	item	4	6.000
55.	Micro SD Module D1 Mini	12,000	item	1	12.000
56.	Micro SD Card 4GB	40,000	item	1	40.000
57.	Bak 55 1050	62,000	item	1	62.000
58.	Semen	2,000	kg	10	20.000
59.	Pasir Lumajang	27,000	sak	1	27.000
60.	Koral	27,000	sak	1	27.000
61.	Bensin Pertalite	10,000	liter	6	60.000
62.*	Bensin Pertalite	10,000	liter	5	50.000
63.*	Bensin Pertalite	10,000	liter	5	50.000
64.*	Bensin Pertalite	10,000	liter	9	90.000
65.*	Cetakan Silinder	245,000	item	2	490.000







	Beton				
66.*	Administrasi dan Biaya Ongkir Cetakan Beton	58,800	-	-	58.800
67.*	10 pcs R Resistor 1 Kilo Ohm 1206 1K	4,000	item	2	8.000
68.*	LED 3 mm Diffused Merah Red	400	Item	15	6.000
69.*	Fuse Insert Seat Medium Fuse Chip Board Socket Medium Fuse PCB Board	3,000	item	24	72.000
70.*	Ongkos Kirim + Admin Aplikasi + Asuransi Pengiriman	12,500	-	-	12.500
Total Pengeluaran (Rp.)					4.057.396
3. Saldo					
No.	Keterangan				Total (Rp.)
1.	Total Pemasukan				6.950.000
2.	Total Pengeluaran				4.057.396
Saldo = Dana Masuk - Pengeluaran					2.892.604
Terbilang: Dua Juta Delapan Ratus Sembilan Puluh Dua Ribu Enam Ratus Empat Rupiah					







Catatan (*): Pengeluaran dana menggunakan dana dari Perguruan Tinggi (PT)








Nota Pembayaran







Tabel A. 2 Rekapitulasi Buktu Nota Pengeluaran Dana







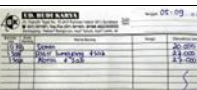
No.	Tanggal	Keterangan	Nilai (Rp.)
1.	14/06/2022	 Jangka Sorong Digital	45.000







2.	14/06/2022		75.000
3.	25/06/2022		377.000
4.	08/07/2022		45.000
5.	08/07/2022		58.200
6.	14/07/2022		4.500
7.	14/07/2022		5.000
8.	14/07/2022		45.000
9.	14/07/2022		3.300
10.	14/07/2022		2.000
11.	14/07/2022		1.500
12.	14/07/2022		1.500
13.	14/07/2022		1.500
14.	14/07/2022		5.000
15.	14/07/2022		4.500
16.	14/07/2022		1.500
17.	14/07/2022		1.000
18.	14/07/2022		1.200


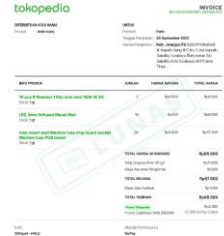


19.	14/07/2022	voltage conparat, Socket USB 2.0 Type A, female, 22uf 16v capasitor, 3.3uf 50v capasitor, PCB Single Layer, 9x15cm FR4	12.000
20.	14/07/2022		3.000
21.	14/07/2022		2.000
22.	14/07/2022		10.000
		Header Female 2x20, KF25 2 pin, NTC 10k mf52-103	
23.	14/07/2022		45.000
		Jangka Sorong Digital	
24.	14/07/2022		3.500
		Kabel Rainbow R1	
25.	15/07/2022		8.000
		Micro SD Card Module	
26.	15/07/2022		10.000
		Tinny RTC DS1307	
27.	23/07/2022		150.000
		Thermocouple Type-K Probe 10cm 100mm Kabel 2m Drat M8 Sensor Suhu TC-K	

28.	23/07/2022	 <p>Thermocouple Type-K M8 50mm 5cm Temperature Sensor Probe 1m</p>	120.000
29.	23/07/2022	 <p>Sensor Suhu Max6675 Module MAX</p>	45.000
30.	23/07/2022	 <p>1x40 40 Pin 2.54 2.54mm Round Female Pin Header High Quality 40p 40 pin</p>	5.000
31.	29/07/2022	 <p>Box Plastik Hitam X6 18x11x6 cm enclosure box</p>	30.000
32.	29/07/2022	 <p>Akrilik Lembaran A4</p>	47.196
33.	02/08/2022	 <p>Acrylic Cutter</p>	25.000
34.	02/08/2022	 <p>Refill Isi Mata Pisau</p>	7.000

35.	02/08/2022	 <p>Cutter Akrilik, Ongkos Kirim Pembelian Cutter dan Pisau Akrilik</p>	7.000
36.	05/08/2022	 <p>Ring M5, Baut M5, Lem G, Mata Bor</p>	1.800
37.	05/08/2022		1.800
38.	05/08/2022		7.000
39.	05/08/2022		18.000
40.	06/08/2022	 <p>Push Button Square</p>	5.000
41.	06/08/2022	 <p>LCD 16x2 Blue I2C</p>	40.000
42.	06/08/2022	 <p>Adaptor 12V 1A, Solder 40 watt, Soket DL, Kabel Pita 6p, Timah Kecil, Kabel Tunggal, Spizer 1cm</p>	22.500
43.	06/08/2022		35.000
44.	06/08/2022		6.000
45.	06/08/2022		4.500
46.	06/08/2022		20.000
47.	06/08/2022		3.000
48.	06/08/2022		6.000
49.	11/08/2022	 <p>Aukey Kabel Micro USB 2.0 30 cm</p>	30.000

50.	11/08/2022	 <p>Biaya Jasa Aplikasi Pembelian Micro USB Aukey</p>	1.000
51.	16/08/2022	 <p>Paket Server (Unlimited S + Domain Registration + PPN 11%)</p>	1.509.600
52.	27/08/2022	 <p>Gabus 1 cm, Eagle Alat Tembak, Isi Lem Tembak</p>	7.500
53.	27/08/2022		40.000
54.	27/08/2022		6.000
55.	27/08/2022	 <p>Micro SD Module D1 Mini</p>	12.000
56.	02/09/2022	 <p>Micro SD Card 4GB</p>	40.000
57.	05/09/2022	 <p>Bak 55 1050</p>	62.000
58.	05/09/2022	 <p>Semen OPC 10 kg, Pasir Lumajang,</p>	20.000
59.	05/09/2022		27.000
60.	05/09/2022		27.000


		Koral	
61.	08/09/2022	 Bensin Peralite	60.000
62.*	14/09/2022	 Bensin Peralite	50.000
63.*	20/09/2022	 Bensin Peralite	50.000
64.*	24/09/2022	 Bensin Peralite	90.000
65.*	26/09/2022	 Cetakan Silinder Beton	490.000
66.*	26/09/2022	 Administrasi dan Biaya Ongkir Cetakan Beton	58.800


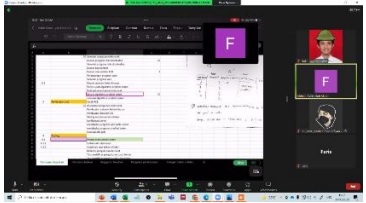
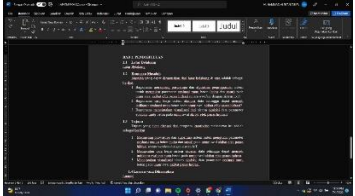
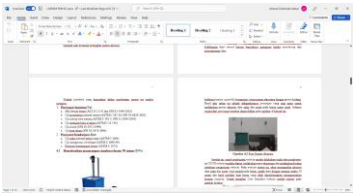

67.*	26/09/2022	 <p>10 pcs R Resistor 1 Kilo Ohm 1206 1K</p>	8.000
68.*	26/09/2022	 <p>LED 3 mm Diffused Merah Red</p>	6.000
69.*	26/09/2022	 <p>Fuse Insert Seat Medium Fuse Chip Board Socket Medium Fuse PCB Board</p>	72.000
70.*	26/09/2022	 <p>Ongkos Kirim + Admin Aplikasi + Asuransi Pengiriman</p>	12.500



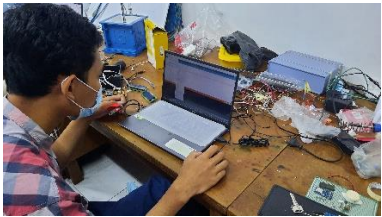


Lampiran 2. Dokumentasi Kegiatan

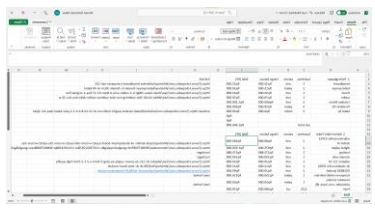



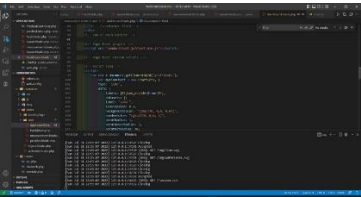
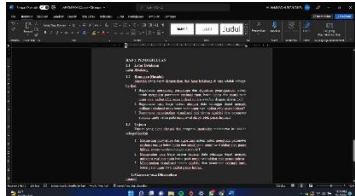

Kegiatan yang terekam selama pelaksanaan PKM KC ini, direkapitulasi dalam tabel berikut.





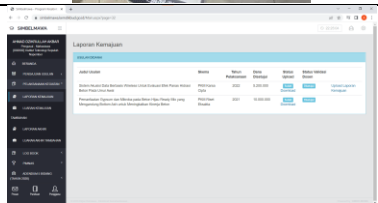
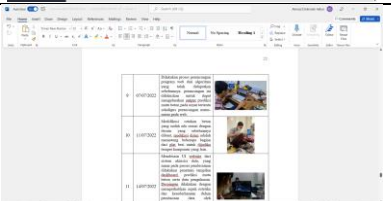
Tabel A. 3 Rekapitulasi Pelaporan Kegiatan PKM KC 2022

No.	Tanggal	Keterangan	Dokumentasi
1.	01/06/2022	Pertemuan pertama kali setelah pengumuman Pendanaan PKM 2022, dilakukan secara online melalui <i>google meet</i> . Dilakukan pembahasan terkait dan rencana <i>timeline</i> dari kegiatan pelaksanaan PKM.	

2.	15/06/2022	Identifikasi dan uji coba Jangka Sorong Digital oleh penanggung jawab teknis setelah dilakukan pembelian alat di hari sebelumnya.	
3.	24/06/2022	Melanjutkan penyusunan dan fiksasi kegiatan PKM KC beserta <i>timelinenya</i> menggunakan software Ms. Project agar lebih detail terkait jam dan hari kerjanya. Kemudian dilanjutkan dengan membahas/melakukan studi literatur untuk menentukan standar yang digunakan dalam sistem akuisisi ini dan bahan acuan untuk menyusun latar belakang pada laporan.	
4	01/07/2022	Penyusunan Bab 1 (Rumusan Masalah, Tujuan, Luaran dan Manfaat) dari laporan kemajuan PKM KC,	
5	02/07/2022	Kegiatan SON 1 oleh tim KSN ITS kepada setiap tim pendanaan PKM, topik pembahasannya adalah progres laporan kemajuan utamanya untuk format, mulai dari BAB 1, 2, 3,4 dan lampiran. Serta mengasistensikan kendala yang dialami oleh tim.	
6	04/07/2022	Simulasi pembacaan <i>caliper</i> , simulasi ini berjalan lancar dan berhasil dibaca oleh sistem. Setelah ini akan dilakukan pembuatan casing dan integrasi dengan ESP.	

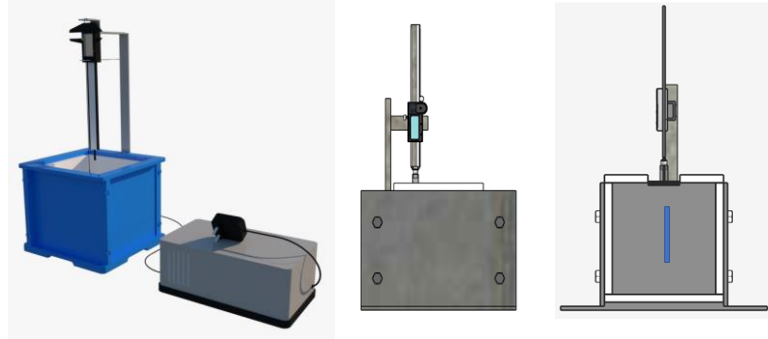
7	07/07/2022	Pendesainan cetakan beton khusus beserta <i>box control</i> dan komponen elektronik lainnya pada <i>existing</i> cetakan beton. Dari desain ini diperlukan modifikasi dan beberapa penyesuaian pada cetakan beton sehingga didapat desain dan posisi masing-masing komponen yang baik.	
8	07/07/2022	Diskusi dan finalisasi terkait algoritma untuk prediksi susut dan mutu beton uji dengan referensi persamaan/ rumus maturity beton untuk diaplikasikan pada pemrograman web.	
9	07/07/2022	Dilakukan proses perancangan program web dari algoritma yang telah didapatkan sebelumnya, perancangan ini difokuskan untuk dapat mengeluarkan output prediksi mutu beton pada umur tertentu sekaligus perancangan menu-menu pada web.	
10	11/07/2022	Modifikasi cetakan beton yang sudah ada sesuai dengan desain yang sebelumnya dibuat, modifikasi disini adalah memotong beberapa bagian dari plat besi untuk dijadikan tempat komponen yang lain.	
11	14/07/2022	Mendesain UI website dari sistem akuisisi data, yang mana pada proses pendesainan dilakukan penataan tampilan dashboard, prediksi mutu beton serta data pengukuran. Desainpun dilakukan dengan memperhatikan aspek estetika dan kesederhanaan dalam pembacaan data oleh pengguna alat. Posisi-posisi data, tombol dan menu lainnya harus sederhana agar mudah dipahami dan diakses.	

12	15/07/2022	Menyusun kebutuhan informasi dan data yang akan digunakan pada database website, serta dilakukan pendesainan database ketika data dan informasi yang dibutuhkan sudah tersedia.	
13	16/07/2022	Melakukan pembuatan script program sesuai dengan desain yang telah dibuat dan teknologi yang telah ditentukan pada proses/tahapan sebelumnya.	
14	17/07/2022	Melanjutkan tahap <i>development website</i> dengan melanjutkan pembuatan script sekaligus terhadap script yang telah dibuat.	
15	23/07/2022	Melakukan pengujian website yang telah dibuat dengan memeriksa script, formulir, ataupun aspek lainnya apakah terdapat kesalahan pengetikan atau kesalahan aturan bahasa yang digunakan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sekaligus memastikan bahwa seluruh fitur website sudah/akan berjalan yang baik.	
16	24/07/2022	Setelah dilakukan pengujian, dan didapati adanya kesalahan pengetikan/bahasa yang digunakan, maka dilakukan revisi pada script. Hal ini bertujuan agar fitur pada website dapat berjalan dengan baik.	
17	29/07/2022	Melanjutkan pengerjaan laporan kemajuan, dengan menambahkan isi pada bagian Bab 3, 4, 5 dan 6. Sekaligus memastikan konten apa saja yang harus ada pada bagian lampiran.	
18	31/07/2022	Melakukan tahap <i>deployment</i> , yang merupakan tahap terakhir dalam pembuatan website. Pada tahap ini dilakukan publikasi web yang telah dibuat ke Internet, agar dapat diakses oleh <i>user</i> .	

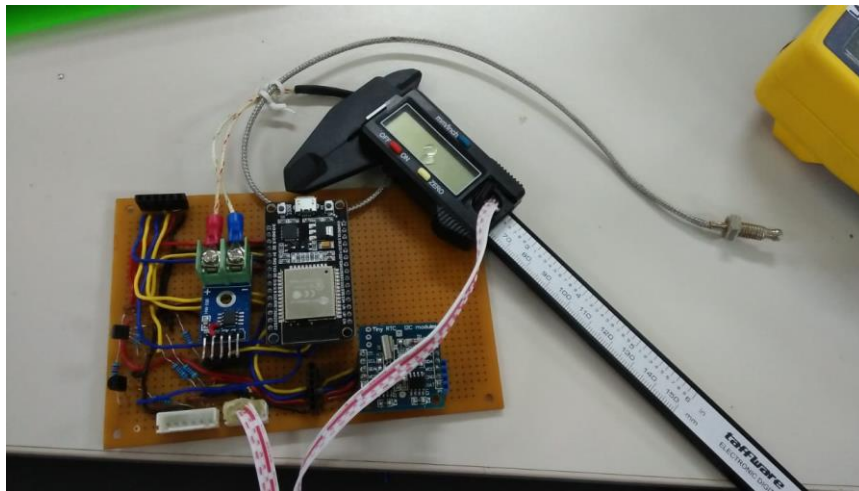
19	05/08/2022	Membuat rangka caliper dan <i>thermocouple</i> yang dipasang /direkatkan pada cetakan beton, rangka dibuat dari bahan akrilik dengan tebal 2 mm.	
20	06/08/2022	Pemasangan <i>thermocouple</i> dan modulnya pada komponen yang telah di-assembly-kan sebelumnya, sekaligus melakukan modifikasi box control sebagai housing dari komponen. Modifikasi meliputi melubangan beberapa bagian untuk penempatan baut, kabel, button, dll.	
21	06/08/2022	Dilakukan modifikasi kembali pada cetakan beton untuk memberikan ruang rangka akrilik, box control dan lubang baut.	
22	13/08/2022	Kalibrasi <i>thermocouple</i> agar pembacaan suhu dapat sesuai dengan suhu real yang ada/terjadi dan pengujian website meliputi pengujian fitur, pengecekan ulang script sekaligus melakukan revisi apabila terdapat kesalahan	
23	08/09/2022	Menyelesaikan laporan kemajuan PKM KC dan memulai menyusun draft artikel ilmiah terkait ide sistem akuisisi ini.	
24	26/09/2022	Pengerjaan dan finalisasi laporan akhir PKM KC	

Lampiran 3. Perancangan *Prototype*

Proses perancangan *prototype* yang didokumentasikan hingga alat siap diuji disajikan dalam tiap gambar berurutan, berikut.



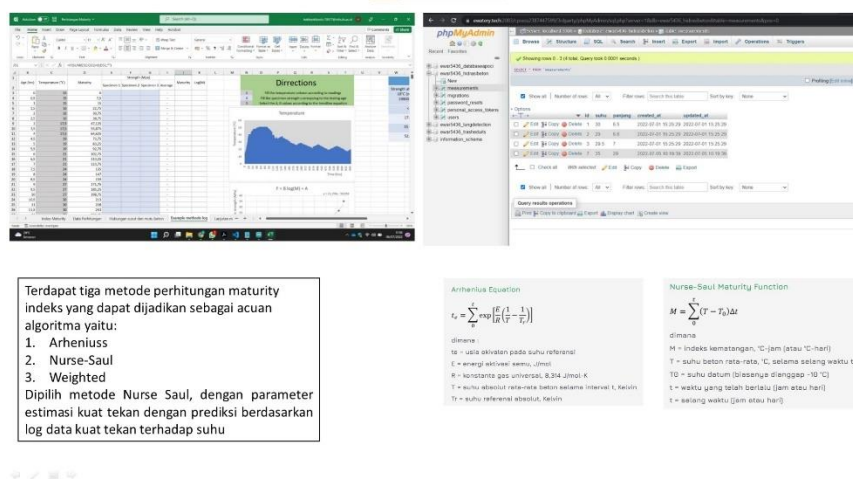
Gambar A. 1 Desain 3D Awal Perancangan *Prototype*



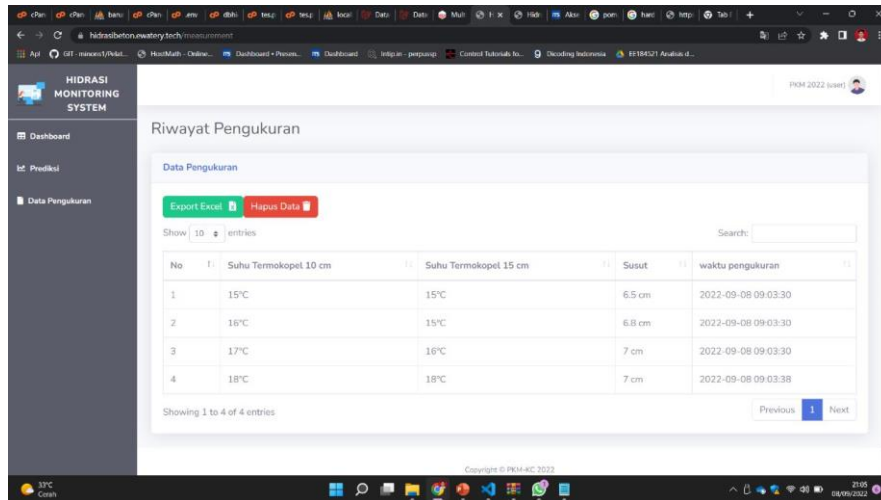
Gambar A. 2 Perancangan Modul dan Modifikasi Kaliper Digital



Gambar A. 3 Penyambungan Perangkat *Prototype* Keseluruhan



Gambar A. 4 Perancangan Algoritma Perhitungan Indeks Kematangan Beton



Riwayat Pengukuran

Data Pengukuran

Export Excel Hapus Data

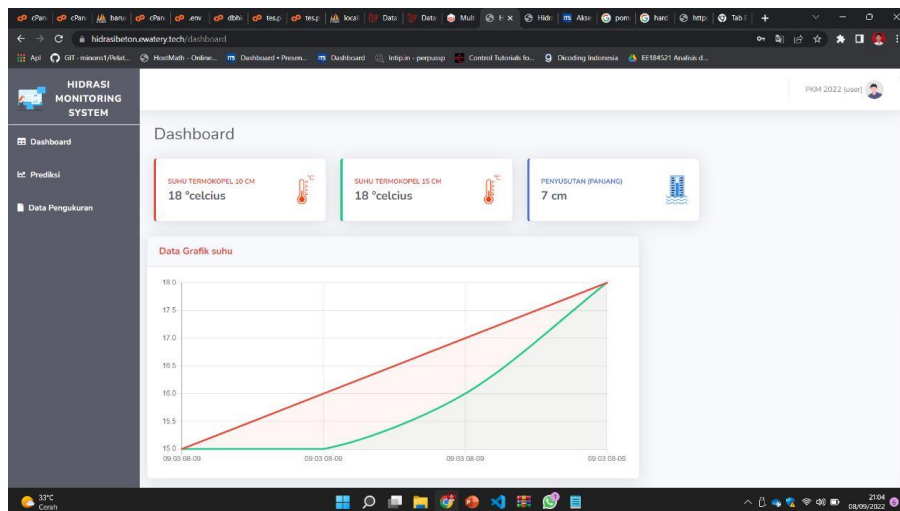
Show 10 entries

No	Suhu Termokopel 10 cm	Suhu Termokopel 15 cm	Susut	waktu pengukuran
1	15°C	15°C	6.5 cm	2022-09-08 09:03:30
2	16°C	15°C	6.8 cm	2022-09-08 09:03:30
3	17°C	16°C	7 cm	2022-09-08 09:03:30
4	18°C	18°C	7 cm	2022-09-08 09:03:38

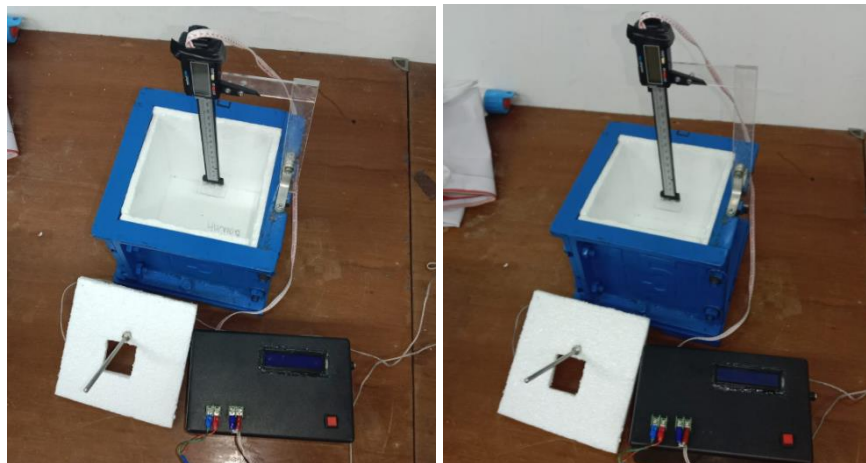
Showing 1 to 4 of 4 entries

Previous 1 Next

Gambar A. 8 Fitur Penyimpanan Data *Record* Susut dan Suhu



Gambar A. 9 Tampilan *Dashboard Website*



Gambar A. 10 Tampilan *Prototype* Yang Siap Diimplementasi Pada Beton 1



Gambar A. 11 Tampilan Prototype Yang Siap Diimplementasi Pada Beton 2

Lampiran 4. Hasil Kalibrasi *Prototype*

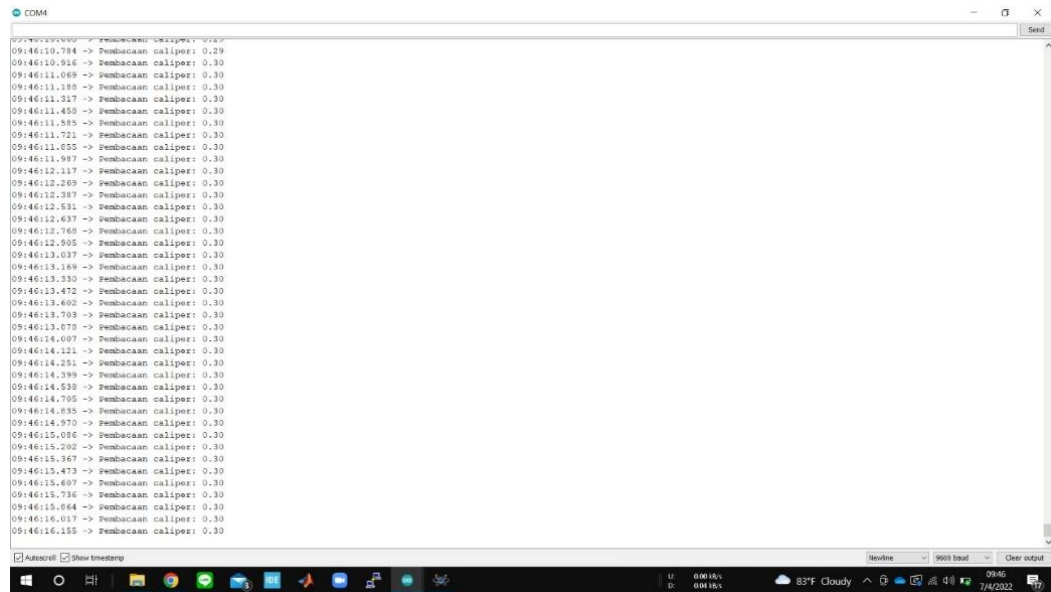
Prototype yang telah dibuat dikalibrasikan dengan data yang diperoleh sebagai berikut.



Gambar A. 12 Hasil Kalibrasi *ThermocoupeL* Tipe K Panjang 15 cm



Gambar A. 13 Hasil Kalibrasi *ThermocoupeL* Tipe K Panjang 10 cm

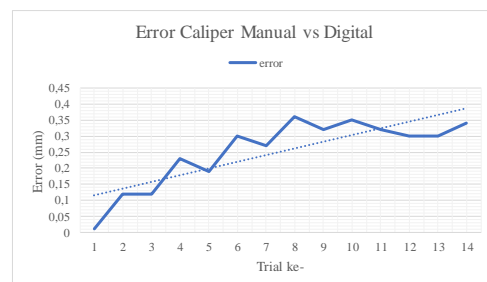
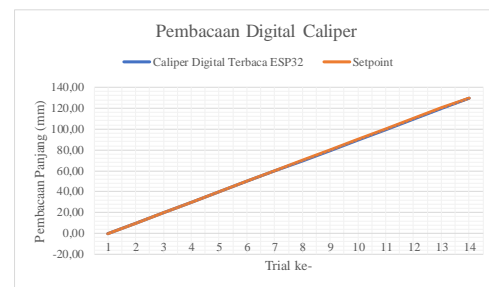


Gambar A. 14 Tampilan Uji Sensitivitas Kaliper Digital

Observasi Alat Ukur dengan digital caliper manual.

length (mm)			
No	Caliper Manual	Caliper Digital Terbaca ESP32	error
1	0,00	0,01	0,01
2	10,00	9,88	0,12
3	20,00	19,88	0,12
4	30,00	29,77	0,23
5	40,00	39,81	0,19
6	50,00	49,70	0,3
7	60,00	59,73	0,27
8	70,00	69,64	0,36
9	80,00	79,68	0,32
10	90,00	89,65	0,35
11	100,00	99,68	0,32
12	110,00	109,70	0,3
13	120,00	119,70	0,3
14	130,00	129,66	0,34

0,252143



Gambar A. 15 Hasil Kalibrasi Pengukuran Kaliper Digital

menit	detik	MOD menit	MOD detik	STATUS
0	0	0	0	----
0	5	0	5	----
0	10	0	10	----
0	15	0	15	----
0	20	0	20	----
0	25	0	25	----
0	30	0	30	----
0	35	0	35	----
0	40	0	40	----
0	45	0	45	----
0	50	0	50	----
0	55	0	55	----
0	60	0	0	----
1	5	1	5	----
1	10	1	10	----
1	15	1	15	----
1	20	1	20	----
1	25	1	25	----
1	30	1	30	----
1	35	1	35	----
1	40	1	40	----
1	45	1	45	----
1	50	1	50	----
1	55	1	55	----
1	60	1	0	----
2	5	0	5	----
2	10	0	10	----
2	15	0	15	----
2	20	0	20	----
2	25	0	25	----
2	30	0	30	----
2	35	0	35	----
2	40		40	----
2	45		45	----
2	50		50	----
2	55		55	----
2	60		0	----

jeda detik
jeda menit

60
2

pilih 1 untuk aktif semua, pilih 60 untuk aktif tiap menit

Gambar A. 16 Standar Yang Ditetapkan Berdasarkan Kemampuan *Prototype*

Lampiran 5. Implementasi *Prototype*

Alat yang terkalibrasi dicoba untuk diimplementasikan terhadap satu sampel beton dengan mutu 25 MPa, selama umur awal beton. Maka, didapatkan proses dan hasil yang disajikan sebagai berikut.

Metode: ACI Modified

Mutu: 25 Mpa

Slump: 7,5 - 10 cm

atau

10 x 2 cm

Ukuran Agregat maks: 20 mm

Tipe Agregat: 5,10, 10,20

Gs (Bakal): 2,6

Gs (Pasir): 2,5

Gs: 2,57

Kebutuhan Agregat: 1811,19 kg/m3

Kadar udara: 2%

Kadar air: 30%

w/c: 0,568

Kadar semen: 361 kg/m3

Tipe Semen: PPC (3 Roads)

Gs: 1,15

Berat Beton Segar (Um): 2372,2 kg/m3

Volume Benda Uji: 2548 cm3

0,002548 m3

Volume silinder 10 x 20: 1570,796327 cm3

0,00157096 m3

Bahan	Gg (1 Benda Uji)
Semen	0,92
air	0,52
pasir	1,46
kerikil	3,08

Persentase Galangan	
pas	0,33
pas	0,67

<

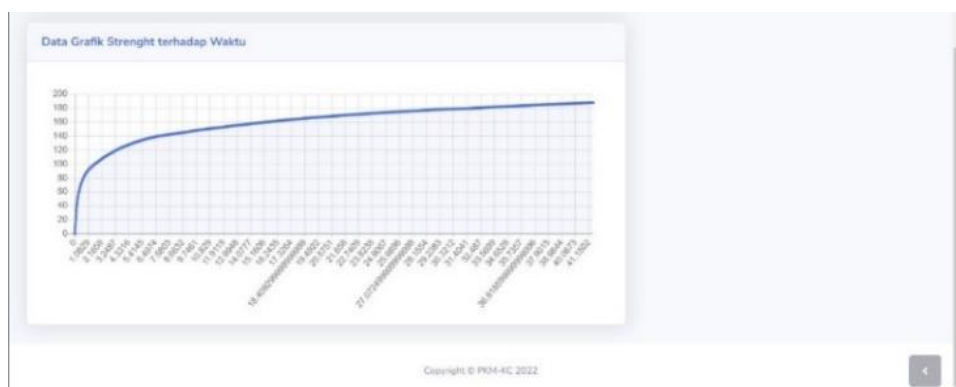
Gambar A. 17 Persiapan Desain Campuran Beton Mutu 25 MPa



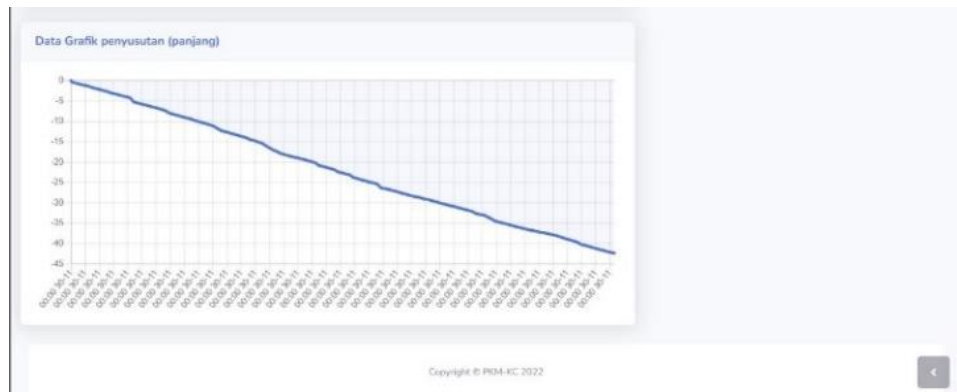
Gambar A. 18 Material Yang Diperlukan Untuk Sampel Beton



Gambar A. 19 Hasil Implementasi *Monitoring* Suhu Sampel Beton



Gambar A. 20 Hasil Perhitungan Indeks Kematangan Beton



Gambar A. 21 Hasil *Monitoring* Susut Pada Sampel Beton

Lampiran 6. Video Pengenalan *Prototype*

Dalam PKM 2020 luaran video yang dihasilkan di-*upload* pada Youtube dan nantinya *link* akan dimasukkan dalam Simbelmawa untuk proses memenuhi keluaran PKM. Video yang dihasilkan mencakup pengenalan tim, latar belakang pengangkatan ide Sistem Akuisisi Data Berbasis *Wireless* Untuk Evaluasi Efek Panas Hidrasi Beton Pada Umur Awal. Adapun *link* video dapat dilihat pada <https://youtu.be/n8fM0wja-JM>