

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	i
DAFTAR GAMBAR .....	ii
DAFTAR TABEL .....	ii
BAB 1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Luaran yang Diharapkan .....	2
1.5 Manfaat Implementasi <i>Prototype</i> .....	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Panas Hidrasi .....	3
2.2 Review Pemodelan Alat .....	5
2.3 <i>Internet of Things</i> (IoT) .....	5
2.4 Mikrokontroller ESP32 .....	5
2.5 Sensor Temperatur .....	6
2.6 Digital Caliper .....	6
BAB 3. TAHAP PELAKSANAAN .....	7
3.1 Studi Literatur dan Penyusunan Standardisasi .....	7
3.2 Perancangan dan Pemrograman Alat Ukur .....	7
3.3 Pengetesan dan Evaluasi Alat .....	8
3.7 Penyusunan Laporan .....	9
BAB 4. BIAYA DAN JADWAL KEGIATAN .....	9
4.1 Anggaran Biaya .....	9
4.2 Jadwal Kegiatan .....	9
DAFTAR PUSTAKA .....	9

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Mekanisme Panas Hidrasi .....	3
Gambar 2. 2 Model Mikrokontroller ESP32.....	6
Gambar 2. 3 Model Kaliper Digital .....	6
Gambar 3. 1 Skema Alur Pelaksanaan Pembuatan Prototype .....	7
Gambar 3. 2 Pemodelan Alat Ukur <i>Autogenous Shrinkage</i> .....	8
Gambar 3. 3 Skema Pemodelan Alat Ukur .....	8

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Utama Semen.....	3
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya.....	9
Tabel 4. 2 Format Jadwal Kegiatan.....	9

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sistem konstruksi beton seringkali berada pada kondisi lingkungan tidak terkendali yang menyebabkan kerusakan struktur seiring berjalannya waktu, sehingga diperlukan mutu material, pelaksanaan, dan perawatan yang baik. Kontruksi beton dengan kebutuhan material beton mutu tinggi, umumnya memiliki masalah akibat terjadinya panas hidrasi yang tinggi. Utamanya, apabila dilaksanakan pengecoran dengan volume yang masif. Beton akan kesulitan menurunkan suhu hidrasi karena memiliki sifat “*Poor Thermal Conductivity*”. Pada saat bersamaan dengan peningkatan suhu, beton mengalami penyusutan volume internal akibat hidrasi semen yang disebut dengan *Autogenous Shrinkage*. Perbedaan suhu yang besar yang terjadi antara bagian tengah beton dan bagian sekelilingnya mengakibatkan susut semakin membesar (Lura et al., 2003; Sioulas & Sanjayan, 2000). Susut yang tidak dibatasi akan menyebabkan tegangan tarik yang memunculkan retak micro atau macro pada beton. Kualitas mutu beton akan menurun dengan adanya keretakan ini, terutama ketika retak terjadi sejak umur awal beton. (Springenschmid, 2004). *Monitoring* suhu dan susut yang terjadi sebagai efek dari panas hidrasi di umur awal beton penting sebagai evaluasi kematangan dan kualitas mutu beton.

Pengukuran suhu beton yang ideal memiliki akurasi  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ , nilai simpangan (*noise*) akibat pengaruh lingkungan yang kecil, dan kemampuan ukur alat minimum  $50^{\circ}\text{C}$  (Astm C1064/C1064M-04, 2004). Peningkatan suhu hidrasi pada sistem adiabatik menyebabkan panas internal beton terisolasi sempurna. Akan tetapi, pada kondisi sebenarnya di lapangan, sistem adiabatik sulit terjadi. Oleh karena itu, kondisi ini didekati dengan sistem semi adiabatik, dimana, beton diisolasi dengan menggunakan *styrofoam box*. kondisi semi adiabatik membuat data *noise* yang diperoleh menjadi kecil (Awal & Hussin, 2010). Pengolahan hasil pengukuran suhu yang dibandingkan dengan hasil kuat tekan beton menghasilkan nilai indikator kematangan beton yang disebut *maturity index* (ASTM, 2004). Peningkatan suhu internal terjadi bersamaan dengan perubahan susut beton, sehingga pengukuran suhu dan susut perlu diintegrasikan dan diukur pada waktu bersamaan. Tingkat ketelitian dalam pengukuran susut adalah  $1\mu\epsilon$  (Mass et al., 2010). Metode pengukuran susut harus memenuhi ASTM C1698. Pengukuran susut tidak memerlukan kondisi khusus, akan tetapi alat ukur yang digunakan membutuhkan ketelitian yang sangat kecil.

Alat pengukuran menjadi faktor penting dari hasil pengukuran dan evaluasi. Pengukuran dan *monitoring* suhu dan susut panas hidrasi umumnya menggunakan data logger, sensor suhu, dan pengukur *displacement* susut yang dihasilkan tiap waktu yang ditetapkan. Data yang tersimpan diakusisi oleh data logger menuju komputer (Kim et al., 2009). Akusisi data dengan sistem ini beresiko kehilangan *data record* pengukuran, dan memerlukan biaya yang mahal akibat daya listrik untuk menghidupkan komputer selama akusisi data dan harga dari komponen

pengukur. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dirancang sebuah alat akusisi data untuk mengevaluasi panas hidrasi beton dengan pendekatan berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mempermudah pengumpulan data dan evaluasi kualitas beton (Lim et al., 2018). Alat ini melakukan sampling data pada tiap *specimen* menggunakan sensor suhu DS18B20 dan kaliper digital. Kemudian input data berupa beberapa parameter dikalkulasikan dalam pemrograman, sehingga diperoleh prediksi kematangan beton (*Maturity Index*).

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang dijelaskan diatas, maka didapatkan poin-poin masalah dalam proposal ini adalah sebagai berikut,

1. Bagaimana merancang *prototype* alat (hardware) untuk mengukur tingkat kematangan beton?
2. Bagaimana menyusun algoritma kalkulasi pada program untuk menghasilkan prediksi kematangan beton?
3. Bagaimana perbandingan hasil pengukuran *prototype* dengan alat yang sudah ada?

### 1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang akan dicapai berdasarkan poin-poin permasalahan pada rumusan masalah, adalah sebagai berikut.

1. Terciptanya rancangan *prototype* alat (hardware) untuk mengukur tingkat kematangan beton.
2. Mengetahui susunan algoritma kalkulasi pada program untuk menghasilkan prediksi kematangan beton.
3. Memperoleh perbandingan hasil pengukuran *prototype* dengan alat yang sudah ada.

### 1.4 Luaran yang Diharapkan

Selain *prototype* yang dapat berfungsi dengan baik, laporan kemajuan, dan laporan akhir, target PKM-KC yang diharapkan dalam proposal ini adalah

1. Kelayakan komersialisasi *prototype*, dan
2. Artikel dalam jurnal nasional berbahasa Inggris Terakreditasi SINTA 2 (*Civil Engineering Dimensions* UK PETRA) dengan judul *Wireless Data Acquisition System for Evaluating the Hydration Heating Effects of Concrete at Early Ages*.

### 1.5 Manfaat Implementasi *Prototype*

Bagi Akademisi: Terciptanya alat dapat menunjang riset terkait inovasi beton yang mengkaji panas hidrasi sebagai properties beton. Pengembangan alat dapat menjadi studi lanjutan bagi mahasiswa teknik sipil dan elektro.

Bagi Industri Konstruksi: Harga pekerjaan evaluasi mutu beton menjadi murah dan praktis. Data histori evaluasi tersimpan dengan baik sehingga memudahkan pekerjaan selanjutnya. *Monitoring* perawatan beton lebih mudah.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Panas Hidrasi

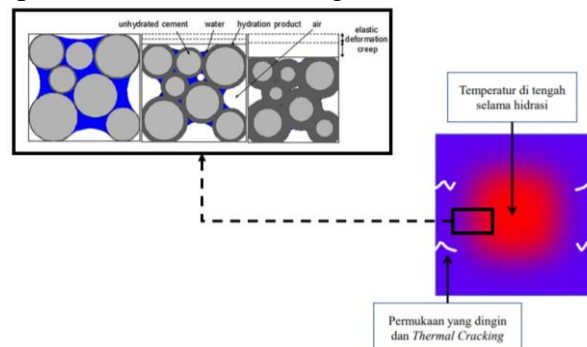
Salah satu komponen penting dalam beton adalah semen. Semen mengandung senyawa kimia yang tidak stabil secara termodinamika saat bereaksi hidrasi dengan air. Sehingga, pembentukan produk hidrasi yang stabil akan menghasilkan panas (*Exotherm*). Panas akibat reaksi hidrasi ini disebut dengan panas hidrasi (Nugraha & Antoni, 2007). Komposisi semen yang berperan dalam reaksi hidrasi disajikan, sebagai berikut.

**Tabel 2. 1** Komposisi Utama Semen

Bahan	Kecepatan Hidrasi	Panas Hidrasi (Joule/gram)	Kontribusi kekuatan	Susut
C <sub>3</sub> S	Cepat	503 – tinggi	dalam 28 hari	Sedang
C <sub>2</sub> S	Lambat	260 – rendah	> setelah 28 hari	Sedang
C <sub>3</sub> A	Sangat Cepat	867 – sangat tinggi	dalam 1 hari	Besar
C <sub>4</sub> AF	Cepat	419 – sedang	< 1 hari	Kecil

Sumber: Nugraha and Antoni, 2007

C<sub>3</sub>S (*alite*) dan C<sub>2</sub>S (*belite*) memiliki sifat perekat. Reaksi hidrasi senyawa ini membentuk *Calcium Silicate Hydrate* (C-S-H) yang berkontribusi pada kuat tekan beton. Kuat tekan beton pada umur awal dipengaruhi oleh C<sub>3</sub>S karena reaksi hidrasinya lebih cepat daripada C<sub>2</sub>S. Hidrasi C<sub>3</sub>S yang cepat menghasilkan panas yang tinggi. Panas hidrasi semakin meningkat dengan adanya reaksi hidrasi C<sub>3</sub>A (*Tricalcium Aluminate*) yang berperan pada proses pengerasan beton. Hidrasi yang sangat cepat (*flash set*) C<sub>3</sub>A dikontrol dengan penambahan gipsium dan adanya katalisator C<sub>4</sub>AF (Nugraha & Antoni, 2007). Ilustrasi reaksi hidrasi semen dalam beton ditunjukkan pada **Gambar 2. 1**, sebagai berikut.



**Gambar 2. 1** Ilustrasi Mekanisme Panas Hidrasi (Amshar et al., 2018; Lu et al., 2020)

Beton memiliki sifat “*Poor Thermal Conductivity*” sehingga panas akibat reaksi hidrasi semen sulit untuk turun. Beton dengan mutu tinggi yang dicor dalam volume yang massif umumnya menghasilkan panas hidrasi yang sangat tinggi (American Concrete Institute (ACI), 2008). Efek yang ditimbulkan dari panas hidrasi ditunjukkan dengan parameter, sebagai berikut.

#### 1. Temperatur Panas Hidrasi

Indikator yang menunjukkan adanya pengukuran panas adalah suhu atau temperatur. Temperatur yang tinggi terjadi pada bagian tengah beton. Suhu puncak

beton dapat mencapai lebih dari 100°C. Suhu puncak yang dicapai dipengaruhi oleh rasio air per semen, jenis semen, dan substituen semen sebagai pasta (*binder*) (American Concrete Institute (ACI), 2008). Peningkatan suhu panas hidrasi pada sistem adiabatik menyebabkan panas internal beton terisolasi sempurna. Meskipun demikian, sistem adiabatik sulit terjadi pada kondisi lapangan. Oleh karena itu, kondisi ini didekati dengan sistem semi adiabatik, dimana, beton diisolasi dengan menggunakan *styrofoam box* (Awal & Hussin, 2010). Pengukuran suhu beton mengikuti standardisasi ASTM C1064 dengan syarat akurasi  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ , nilai simpangan (*noise*) akibat pengaruh lingkungan yang kecil, dan kemampuan ukur alat minimum 50°C.

## 2 Kematangan Beton

Estimasi kematangan beton merupakan salah satu metode non destruktif dalam evaluasi mutu beton. Indikator estimasi kematangan beton adalah *Maturity Index*. Standardisasi estimasi tercantum dalam ASTM C1074. Konsep pengestimasi didasari oleh histori suhu internal akibat panas hidrasi dan umur beton. Prosedur pelaksanaan meliputi pengambilan sample suhu pada beton yang telah dikondisikan semi adiabatik, dan dibandingkan dengan kuat tekan beton pada tiap umur berbeda sampai 28 hari (Lim et al., 2018). Untuk memperoleh *Maturity Index*, data yang diambil diinputkan dalam persamaan (1), sebagai berikut.

$$M(t) = \sum (T_a - T_0) \Delta t \quad (1)$$

Dimana,  $M(t)$  adalah total temperature-time factor pada umur tertentu ( $t$ ),  $\Delta t$  adalah interval waktu dalam hari atau jam,  $T_a$  adalah rata-rata suhu internal sample beton,  $T_0$  adalah suhu terendah dari total histori pengukuran suhu. Estimasi umur equivalen dari beton terhadap *Maturity Index* memenuhi persamaan (2), berikut.

$$t_e = \sum e^{-Q\left(\frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_s}\right)} \Delta t \quad (2)$$

Dimana,  $t_e$  adalah umur equivalen pada suhu spesifik  $T_s$  dalam hari atau jam,  $Q$  adalah rasio energi aktivasi terhadap konstanta gas  $K$ ,  $T_a$  adalah rata-rata suhu internal sample beton selama  $\Delta t$ ,  $\Delta t$  adalah interval waktu dalam hari atau jam,  $T_s$  adalah suhu spesifik. Pada suhu spesifik 20° C (293 K), nilai  $Q$  adalah 4700 K (ASTM, 2004).

## 3 Autogenous Shrinkage

*Autogenous shrinkage* adalah susut massal yang dibuat sendiri oleh pasta (*binder*), mortar, atau beton selama proses pengerasan (*hardening*) pada suhu konstan atau sistem adiabatik. *Autogenous shrinkage* jarang terjadi pada beton konvensional, tetapi pada beton mutu tinggi dengan rasio air per semen yang rendah atau penggunaan *silica fume* dalam campuran *binder* memungkinkan terjadi susut ini (Mass et al., 2010). Kehilangan volume atau susut secara makroskopis terjadi saat semen mulai bereaksi hidrasi (*initial setting time*) (Taizawa, 2003). Beton dengan rasio air per semen kurang dari 0.42 mulai memberikan efek *autogenous shrinkage* (Holt, 2001). Beton normal mengalami *autogenous shrinkage* sangat

kecil (umumnya kurang dari  $100\mu\epsilon$ ) (Gowripalan, 2020). Susut diukur dalam satuan regangan ( $\mu\text{m}/\text{m}$ ).

## 2.2 Review Pemodelan Alat

Pengukuran dan *monitoring* suhu dan susut akibat hidrasi umumnya menggunakan data logger, sensor suhu dan pengukur *displacement* yang dihasilkan tiap waktu yang ditetapkan. Data yang tersimpan diakusisi oleh data logger menuju komputer. Sensor suhu yang digunakan adalah *thermocouple*. *Thermocouple* memiliki berbagai macam tipe. Setiap tipe memiliki kriteria kapasitas berbeda. Sedangkan, pengukuran susut yang ada saat ini menggunakan LVDT, dilatometer, dan *strain gauge* (Holt, 2001; Springenschmid, 2004).

Suhu dan susut diukur dan dimonitor pada waktu bersamaan karena kejadian peningkatan suhu bersamaan dengan penyusutan (Januarti, 2008). Pada penelitian sebelumnya oleh (Januarti, 2008), batasan yang diberikan adalah mekanisme *autogenous shrinkage* dengan parameter kelembaban relative, suhu internal, dan susut. Sedangkan pada penelitian (Kim et al., 2009), batasan yang diberikan adalah penentuan *autogenous shrinkage* akibat panas hidrasi pada beton kuat tinggi (*High Strength Concrete*) dengan parameter ukur susut, suhu internal, dan koreksi terhadap indeks kematangan. Akusisi data kedua penelitian yang menggunakan data logger menyebabkan data yang tersimpan rawan hilang. Oleh karena itu, pada perkembangan penelitian oleh (Lim et al., 2018), akusisi data menggunakan sistem *Internet of Things* (IoT) dengan batasan penelitian untuk memonitor suhu internal beton sebagai parameter indeks kematangan beton (*Maturity Index*).

## 2.3 Internet of Things (IoT)

*Internet of Things* (IoT) merupakan struktur dimana objek / orang disediakan dengan identitas eksklusif serta dibekali kemampuan untuk pindah data melalui jaringan tanpa melalui hubungan dua arah antar manusia. IoT muncul sebagai isu besar di internet dengan harapan bahwa miliaran hal fisik/benda akan dilengkapi dengan sensor yang terhubung ke internet melalui jaringan serta dukungan teknologi seperti *Radio Frequency Identification* (RFID) (Junaidi, 2015).

Pada proses kerjanya, perangkat yang berbasis *Internet of Things* (IoT) harus memiliki perangkat untuk memperoleh informasi (sensor), perangkat penerima informasi (*smartphone*), serta alamat *Internet Protocol* (IP). Koneksi internet juga dibutuhkan untuk disambungkan dengan IP pada perangkat-perangkat IoT. Koneksi internet diperlukan agar sensor mampu mengirimkan informasi yang telah diperoleh ke penyimpanan awan / *cloud storage*, dan *smartphone* untuk mengunduh informasi yang telah tersimpan pada penyimpanan awan / *cloud storage* (Wilianto & Kurniawan, 2018).

## 2.4 Mikrokontroler ESP32

ESP32 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 receives amplifier, filters, and power management modules. sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi Internet of Things. ESP 32 mempunyai memori RAM sebesar 320KB 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). Bentuk mikrokontroler ditunjukkan pada **Gambar 2. 2** sebagai berikut.



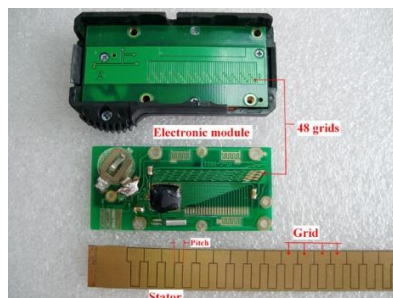
**Gambar 2. 2** Model Mikrokontroler ESP32 (Espressif Systems, 2021)

### 2.5 Sensor Temperatur

Sensor suhu DS18B20 adalah sensor suhu yang telah memiliki keluaran digital sehingga tidak diperlukan rangkaian ADC, serta akurasi nilai suhu dan kecepatan pengukuran memiliki kestabilan yang jauh lebih baik dari sensor LM35. Pembacaan suhu yang dilakukan oleh sensor ini menggunakan protokol *one wire communication*. DS18B20 memiliki 3 pin yang terdiri dari *VCC* (+5V), *Ground*, dan *Data Input/Output*. Bentuk dari sensor tersebut seperti pada Gambar. Sensor suhu DS18B20 merupakan sensor yang membutuhkan satu pin I/O agar dapat bekerja sama dengan mikrokontroler. Sensor DS18B20 memiliki kemampuan untuk mengukur suhu pada kisaran -55 sampai 125°C (Semiconductor, 2008).

### 2.6 Digital Caliper

Kaliper digital terdiri dari balok utama dan a 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, caliper dapat digunakan di bawah kondisi yang buruk. Inversi ini khususnya cocok untuk digunakan dalam bidang pekerjaan mekanik (Chen & You, 2010). Komponen kaliper digital disajikan pada ilustrasi, berikut.

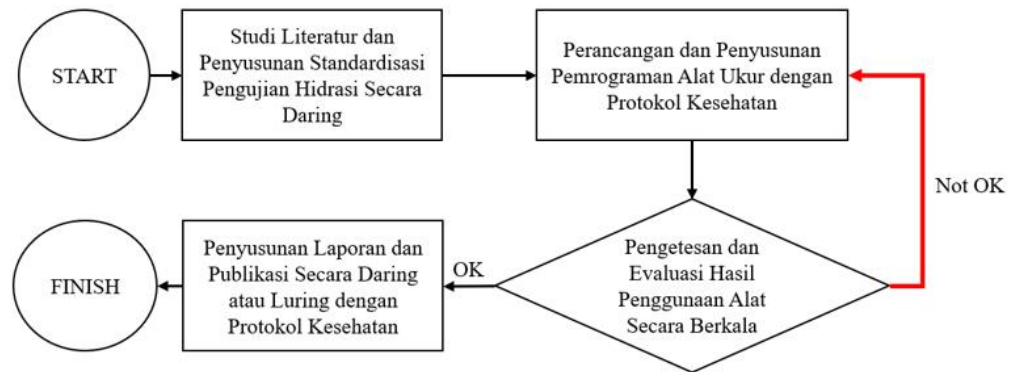


**Gambar 2. 3** Model Kaliper Digital (Chen & You, 2010)



### BAB 3. TAHAP PELAKSANAAN

Pada kondisi pandemi covid 19 yang belum reda, pelaksanaan dilaksanakan dengan mentaati protokol kesehatan. Pelaksanaan pembuatan prototype untuk pengujian panas hidrasi mengikuti beberapa tahapan yang telah dirancang dalam diagram alir pada **Gambar 3.1**, sebagai berikut.



**Gambar 3. 1** Skema Alur Pelaksanaan Pembuatan Prototype

#### 3.1 Studi Literatur dan Penyusunan Standardisasi

Studi literatur dibatasi dalam menentukan pemodelan pengujian suhu internal beton dan susut (*Autogenous Shrinkage*) dengan output pengukuran adalah indeks kematangan beton (*Maturity Index*). Selain, Pemodelan alat, penyusunan model pemrograman berbasis IoT memerlukan standardisasi. Standardisasi mengacu pada *design code*, sebagai berikut.

##### Penyiapan Spesimen Uji

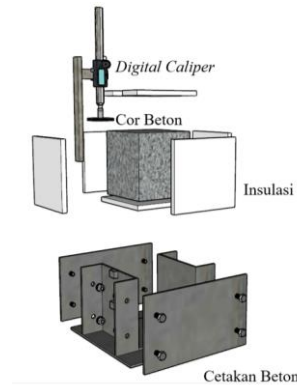
- Mix design beton (ACI 211.1.91 dan SNI 03-3449-2002)
- Uji konsistensi normal semen (ASTM C 187-16, SNI 03-6826-2002)
- Uji *setting time* semen (ASTM C 191-3, SNI 15-2049-2004)
- Uji saringan/lolos ayakan (ASTM C 117-95)
- Uji *slump* (SNI 03-1972-1990)
- Uji kuat tekan (SNI 03-1974-1990)

##### Prasyarat Standardisasi Alat

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

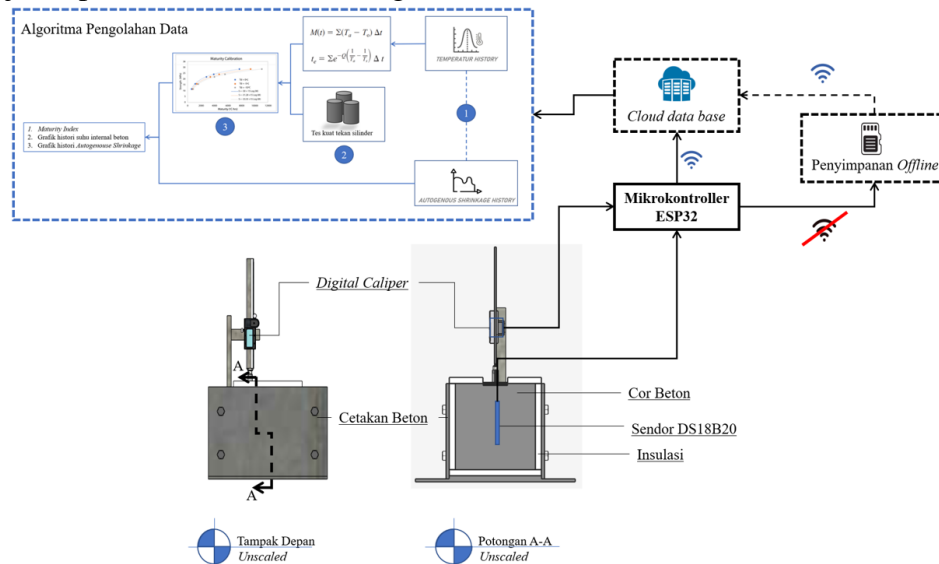
#### 3.2 Perancangan Alat

Pengukuran suhu internal beton akan dirancang terintegrasi bersamaan dengan pengukuran susut (*Autogenous Shrinkage*) karena hasil pengukuran saling berhubungan. Pengukuran suhu menggunakan sensor DS18B20. Sementara, pengukuran *displacement* susut dilakukan oleh kaliper digital. Susut diukur berdasarkan penurunan muka cor beton. Beban dari kaliper akan mempengaruhi penurunan kaliper. Sehingga perekaman pengukuran perlu dikoreksi. Pemodelan alat ukur disajikan pada **Gambar 3. 2**.



**Gambar 3. 2** Pemodelan Alat Ukur *Autogenous Shrinkage*

Kedua pengukuran tersebut memberikan hasil input digital ke mikrokontroler ESP32. Hasil pembacaan data sensor diolah terlebih dahulu oleh mikrokontroler lalu dikirimkan ke *cloud database* oleh mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan jaringan *Wi-Fi*. Data yang masuk dalam database akan diolah di *website* untuk menghasilkan visualisasi dan formulasi tingkat kematangan beton. Tingkat kematangan beton diperoleh ketika parameter pada **persamaan (1)** dan **persamaan (2)** diinputkan pada persamaan dan regresikan dengan pengambilan kuat tekan pada campuran benda uji yang sama tiap umur berbeda hingga berumur 28 hari. Persamaan (1) dan (2) menghasilkan output equivalensi hari terhadap suhu yang terjadi. Suhu yang terjadi menginterpretasikan progress reaksi hidrasi yang terjadi. Progress reaksi hidrasi berkebalikan dengan kuat tekan sebagai tinjauan mutu beton. Sehingga, persamaan hasil regresi dari equivalensi umur dan kuat tekan menghasilkan indeks kematangan beton (*Maturity Index*). Skema kerja alat disajikan pada **Gambar 3. 3**, sebagai berikut.



**Gambar 3. 3** Skema Pemodelan Alat Ukur

### 3.3 Pengetesan dan Evaluasi Alat

Pengetesan dan evaluasi pengujian digunakan untuk meningkatkan kinerja dari *prototype* yang telah dibuat. Proses ini digunakan untuk mengukur variabel

akurasi pengukuran alat terhadap penyusutan dan suhu internal yang dialami oleh beton sesuai standardisasi, sehingga diharapkan alat yang dihasilkan merupakan hasil rancangan yang optimal.

### 3.4 Penyusunan Laporan

Pembuatan laporan dilakukan pada tahap akhir setelah seluruh tahapan yang direncanakan terselesaikan, sehingga *output* data dan alat dari keseluruhan proses yang dilaksanakan dapat dirangkum dan dipaparkan.

## BAB 4. BIAYA DAN JADWAL KEGIATAN

### 4.1 Anggaran Biaya

**Tabel 4. 1** Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

No	Jenis Pengeluaran	Biaya (Rp)
1	Perlengkapan yang diperlukan	Rp. 1.606.000
2	Bahan habis pakai	Rp. 3.239.380
3	Perjalanan dalam kota	Rp. 400.000
4	Lain-lain	Rp. 1.670.000
	Jumlah	Rp. 6.865.380

### 4.2 Jadwal Kegiatan

**Tabel 4. 2** Format Jadwal Kegiatan

No	Kegiatan	Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4				Penanggung jawab
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Studi Literatur dan Penyusunan Standardisasi.																	Ahmad Dzikrullah Akbar
2	Perancangan Alat.																	Muhammad Faris Zuhairi
3	Pengetesan dan Evaluasi Alat																	Hakhi Gya Yektianto
4	Penyusunan Laporan dan Publikasi																	Muhammad Alfiyan Zulfa.

### DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute (ACI). (2008). Aci 207.2R-07. In *Journal of American Concrete Institute: Vol. C*.
- Amshar, Tjaronge, M. W., Djamaluddin, R., & Amiruddin, A. A. (2018). Panas Hidrasi Beton Massa yang Menggunakan Semen Portland Komposit. *Invensi, Inovasi Dan Riset Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Untuk Pembangunan Infrastruktur Berkelanjutan*, 21–30. <https://knpts.ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/2019/04/28.-PANAS-HIDRASI-BETON-MASSA-YANG-MENGGUNAKAN-SEMEN.pdf>
- ASTM. (2004). *Estimating Concrete Strength by the Maturity Method 1*. ASTM C 1074-04. 1–9.
- Astm C1064/C1064M-04. (2004). Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete. *Annual Book of ASTM Standards*, c, 4–6. <https://doi.org/10.1520/C1064>
- 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](https://doi.org/10.1007/978-981-13-7603-0_27)
- Holt, E. E. (2001). Early age autogenous shrinkage of concrete. *VTT Publications*, 446, 2–184.
- Januarti, J. E. (2008). Experimental Study On Mechanism Of Autogeneous Shrinkage Of Different Type Of Slag Cement. *PONDASI*, 14.
- Junaidi, A. (2015). Internet Of Things, Sejarah, Teknologi Dan Penerapannya : Review. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 1(3), 62–66.
- Kim, G., Lee, E., & Koo, K. (2009). Hydration Heat and Autogenous Shrinkage of High-Strength Mass Concrete. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 8(2), 509–516. <https://doi.org/10.3130/jaabe.8.509>
- 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>
- Lura, P., Jensen, O. M., & van Breugel, K. (2003). Autogenous shrinkage in high-performance cement paste: An evaluation of basic mechanisms. *Cement and Concrete Research*, 33(2), 223–232. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(02\)00890-6](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(02)00890-6)
- Mass, D., Cements, W., Ag-, C., Mortar, H., & Concrete, C. (2010). *Standard Test Method for Autogenous Strain of Cement Paste and Mortar 1. i(C)*, 1–8. <https://doi.org/10.1520/C1698-09R14.2>
- Nugraha, P., & Antoni. (2007). *Teknologi Beton Dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi* (First). Andi.
- Semiconductor, D. (2008). DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer. *Datasheet*, 1–27.
- Sioulas, B., & Sanjayan, J. G. (2000). Hydration temperatures in large high-strength concrete columns incorporating slag. *Cement and Concrete Research*, 30(11), 1791–1799. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(00\)00387-2](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(00)00387-2)
- Springenschmid, R. (2004). *Prevention of Thermal Cracking in Concrete at Early Ages* (Issue July). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482271812>
- Taizawa, E. C. (2003). *Autogenous Shrinkage of Concrete*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203223222>
- Wilianto, W., & Kurniawan, A. (2018). Sejarah, Cara Kerja Dan Manfaat Internet of Things. *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 8(2), 36–41. <https://doi.org/10.31940/matrix.v8i2.818>

**LAMPIRAN****Lampiran 1. Biodata Ketua dan Anggota****1. Biodata Ketua****A. Identitas Diri**

1	Nama Lengkap	Ahmad Dzikrullah Akbar
2	Jenis Kelamin	Laki-Laki
3	Program Studi	Teknik Sipil
4	NIM	03111940000005
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Gresik, 22 Januari 2001
6	Alamat E-mail	dzikrullahakbar2@gmail.com
7	Nomor Telepon/HP	088231199478

**B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah Diikuti**

No.	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI) ke 38	Anggota Panitia	2021, Gedung Riset ITS
2	LKMM Pra TD	Peserta	2019, ITS
3	PKTI TD	Peserta	2019, ITS

**C. Penghargaan Yang Pernah Diterima**

No.	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Olimpiade Kimia SMA Tingkat Kabupaten Gresik	Kemendikbud	2018
2	Juara 1 Olimpiade SMA Environation	Teknik Lingkungan ITS	2018
3	Pendanaan PKM RE	Ristekdikti	2021

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC.

Surabaya, 9 Februari 2022

Ketua Tim



(Ahmad Dzikrullah Akbar)

## 2. Biodata Anggota 1

### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Muhammad Faris Zuhairi
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Program Studi	Teknik Elektro
4	NIM	07111940000164
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Gresik, 14 Maret 2001
6	Alamat E-mail	zuhairimuhammadfaris@gmail.com
7	Nomor Telepon/HP	082143459880

### B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status Dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Anargya ITS Team	Staff Electrical Safety	2020-2022, ITS
2	Lab. Pengaturan dan Otomasi	Asisten Laboratorium	2021-2022, ITS
3			

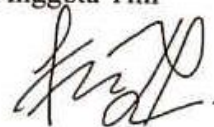
### C. Penghargaan Yang Pernah Diterima

No	Jenis Kegiatan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1			
2			

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC

Surabaya, 13 Februari 2022

Anggota Tim



Muhammad Faris Zuhairi



### 3. Biodata Anggota 2

#### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Hakhi Gya Yektianto
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Program Studi	Teknik Elektro
4	NIM	07111940000022
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Lamongan, 23 Desember 2000
6	Alamat E-mail	hakhiyektianto@gmail.com
7	Nomor Telepon/HP	082229239801

#### B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah Diikuti

No.	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Ikatan Mahasiswa Gresik ITS	Koordinator Kewirausahaan	2020-2021, ITS
2	EVOLUTION	Staff Divisi Website	2021- sekarang, ITS
3	Lab. Sistem dan Sibernetika	Asisten Laboratorium	2021- sekarang, ITS

#### C. Penghargaan Yang Pernah Diterima

No.	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1			
2			
3			

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC.

Surabaya, 9 Februari 2022

Anggota Tim



Hakhi Gya Yektianto

#### 4. Biodata Anggota 3

##### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Muhammad Alfiyan Zulfa
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Program Studi	Teknik Sipil
4	NIM	5012201003
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Gresik, 26 Februari 2002
6	Alamat E-mail	alfiyanzulfaaa@gmail.com
7	Nomor Telepon/HP	081999257799

##### B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah Diikuti

No.	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	LMB ITS	Staf Departemen Event	Surabaya, 2021 –2022
2	UKM EXPO ITS 2021	Staf Divisi Acara	Hybrid, Agustus 2021
3	MABA CUP ITS 2021	Ketua Pelaksana	Hybrid, September – November 2021
4	IMAGESITS	Wakil Ketua Forda	Surabaya, Januari 2022 – sekarang

##### C. Penghargaan Yang Pernah Diterima

No.	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Tarumanagara <i>Startup and Summit Expo</i> (TSSE) - Juara 1	BEM Universitas Tarumanagara	2021
2	Indonesia <i>Entrepreneur</i> TIK (IdenTIK) – Karya Terpilih ke-3 Bidang CSR	Kementerian Komunikasi dan Informatika RI	2021

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-GFK.

Surabaya, 9 Februari 2022  
Anggota Tim



(Muhammad Alfiyan Zulfa)



**Lampiran 2. Justifikasi Anggaran Kegiatan**

<b>1. Perlengkapan</b>	<b>Kuantitas</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga satuan (Rp)</b>	<b>Nilai (Rp)</b>
Breadboard	1	unit	Rp. 32.000	Rp. 32.000
Kabel jumper	2	paket	Rp. 15.000	Rp. 30.000
Timah	1	unit	Rp. 44.000	Rp. 44.000
Solder	1	unit	Rp. 70.000	Rp. 70.000
Cetakan Beton	2	unit	Rp. 600.000	Rp. 1.200.000
Peralatan K3	4	paket	Rp. 50.000	Rp. 200.000
Kabel 3p	5	meter	Rp. 6.000	Rp. 30.000
<b>Sub Total</b>				Rp. 1.606.000
<b>2. Bahan Habis</b>	<b>Kuantitas</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga satuan (Rp)</b>	<b>Nilai (Rp)</b>
Mikrokontroler ESP32 devkit v4	2	unit	Rp. 80.000	Rp. 160.000
Digital caliper	2	unit	Rp. 975.000	Rp. 1.950.000
Hosting	1	unit	Rp. 275.880	Rp. 275.880
Domain web	1	unit	Rp. 140.000	Rp. 140.000
Adaptor 12v 1A	1	unit	Rp. 34.000	Rp. 34.000
DC stepdown (lm 2596)	1	unit	Rp. 12.000	Rp. 12.000
DS18B20 (probe)	2	unit	Rp. 20.000	Rp. 40.000
Komponen elektronik lain	1	paket	Rp. 150.000	Rp. 150.000
Konektor (molex, pinheader, mur, baut, dll)	1	paket	Rp. 50.000	Rp. 50.000
Pasir	0.25	col	Rp. 280.000	Rp. 70.000
Batu kerikil	0.25	col	Rp. 290.000	Rp. 72.500
Semen OPC	2	sak	Rp. 50.000	Rp. 100.000
Styrofoam tebal 1 cm 100 x 50	5	Lembar	Rp. 20.000	Rp. 100.000
Acrylic case ESP32	1	unit	Rp. 35.000	Rp. 35.000
PCB print	1	unit	Rp. 50.000	Rp. 50.000
<b>Sub Total</b>				Rp. 3.239.380
<b>3. Perjalanan dalam kota</b>	<b>Kuantitas</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga satuan (Rp)</b>	<b>Nilai (Rp)</b>
Transport lokal (untuk keperluan	4	Kali	Rp. 100.000	Rp. 400.000

pembelian bahan dan uji coba)				
<b>Sub Total</b>				Rp. 400.000
<b>4. Lain-lain</b>	<b>Kuantitas</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga satuan (Rp)</b>	<b>Nilai (Rp)</b>
Print administrasi	100	lembar	Rp. 500	Rp. 50.000
Alat tulis kantor	4	paket	Rp. 30.000	Rp. 30.000
Perlengkapan protokol kesehatan	4	orang	Rp. 120.000	Rp. 480.000
Publikasi jurnal	1	Kali	Rp. 1.000.000	Rp. 1.000.000
Materai	2	unit	Rp. 10.000	Rp. 20.000
<b>Sub Total</b>				Rp. 1.670.000
<b>TOTAL 1+2+3+4</b>				Rp 6.915.380
<b>Enam Juta Sembilan Ratus Lima Belas Ribu Tiga Ratus Delapan Puluh Rupiah</b>				

### Lampiran 3. Susunan Organisasi Tim Penyusun dan Pembagian Tugas

No.	Nama/NRP	Program Studi	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu (jam/minggu)	Uraian Tugas
1	Ahmad Dzikrullah Akbar/0311194000005	Teknik Sipil	Teknologi Bahan Bangunan	12 jam/minggu	Pengetesan Alat dan Penyusunan Alur Perhitungan
2	M. Faris Zuhairi/07111940000	Teknik Elektro	Teknik Sistem Pengaturan	12 jam/minggu	Perancangan Hardware
3	Hakhi Gya Yektianto/07111940000022	Teknik Elektro	Teknik Sistem Pengaturan	12 jam/minggu	Integrasi Hardware dan Software
4	Muhammad Alfian Zulfa/5012201003	Teknik Sipil	Teknologi Bahan Bangunan	12 jam/minggu	Penyusunan Laporan dan Publikasi