

## **TUGAS AKHIR**

### **EVALUASI *WATER CONTENT* PADA *SELF-HEALING* BETON YANG KOROSI MENGGUNAKAN *NDT METHOD***

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik  
di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Naufal Zain Abdillah**

**20200110223**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2024**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Naufal Zain Abdillah

NIM : 20200110223

Judul : Evaluasi *Water Content* Pada *Self-Healing* Beton Yang Korosi Menggunakan *NDT Method*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, 07 Juni 2024

Yang membuat pernyataan



Naufal Zain Abdillah

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Naufal Zain Abdillah

NIM : 20200110223

Judul : Evaluasi *Water Content* Pada *Self-Healing* Beton Yang Korosi Menggunakan *NDT Method*

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul *Evaluasi Water Content Pada Self-Healing Beton Yang Korosi Menggunakan NDT Method* dan didanai melalui skema hibah Kerjasama Luar Negeri pada tahun 2024 oleh Lembaga Riset dan Inovasi UMY Tahun Anggaran 2024 dengan nomor hibah 50/RLRI/XII/2023

Yogyakarta, 07 Juni ..... 2024

Penulis,

Dosen Peneliti,

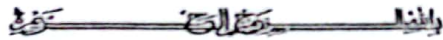


Naufal Zain Abdillah



Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D

## PRAKATA



Segala puji bagi Allah SWT yang menguasai segala sesuatu. Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk menambah wawasan keilmuan di bidang teknologi korosi beton dan metode NDT serta *self-healing concrete* yang ramah lingkungan dan berkelanjutan

Selama penyusunan tugas akhir ini, banyak rintangan yang penyusun dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini kepada:

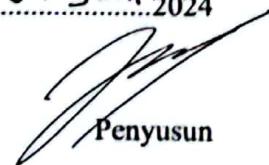
1. Ir. Puji Harsanto, S.T.,M.T.,Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ir. Ahmad Zaki, S.T.,M.Sc.,Ph.D selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Ir. Fanny Monika, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
4. Kedua Orang Tua dan Keluarga saya yang telah memberi doa serta dukungan sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Tema-teman yang selalu memberikan dukungan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

*Wallahu a'lam bi Showab.*

*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Yogyakarta, 07 Juni 2024



Penyusun

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Alhamdulillah Rabbil Aalamin, puji syukur kepada Allah SWT. Terimakasih atas karunia-Mu yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua yang selalu memberikan doa, dukungan, dan harapan. Ucapan syukur sebesar-besarnya bahwasanya Tugas Akhir ini bisa selesai dengan adanya kehadiran orang tua, saudara, dan kerabat dekat. Tidak lupa juga, kepada keluarga kelas TS 20 E yang sudah sebagai saudara/i bersedia menemani dan mengikuti proses belajar penulis hingga saat ini.

Halaman persembahan ini juga ditujukan sebagai ungkapan terimakasih kepada keluarga saya yang telah mendoakan dan memberikan dukungan penuh selama perjuangan menempuh pendidikan. Rasa terimakasih dan apresiasi kepada dosen pembimbing Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D. atas kesempatannya dalam kajian penelitian ini. terima kasih atas usaha kerja keras, rasa persaudaraan, dan waktu yang sudah dihabiskan bersama. Terimakasih banyak untuk semuanya yang telah mendukung dan meyemangati dalam perjuangan ini. Mari tetap berdoa dan berusaha serta jangan menyerah untuk kedepannya

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
PRAKATA .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xv
DAFTAR SINGKATAN .....	xvi
DAFTAR ISTILAH .....	xviii
ABSTRAK.....	xx
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Dasar Teori .....	19
2.2.1 Beton .....	19
2.2.2 Beton Bertulang .....	20
2.2.3 Bahan Penyusun Beton .....	21
2.2.4 <i>Self-Healing Concrete</i> .....	22
2.2.5 Bakteri <i>Bacillus Subtilis</i> .....	22
2.2.6 Pemeriksaan Agregat .....	23
2.2.7 <i>Slump Test</i> .....	26
2.2.8 Korosi.....	27
2.2.9 Akselerasi Korosi.....	29
2.2.10 Perawatan Beton ( <i>curing</i> ) .....	30
2.2.11 <i>Density</i> .....	30
2.2.12 Resistivity.....	31
2.2.13 <i>Impact Echo</i> .....	32
2.2.14 Kuat Lentur Beton.....	32

2.2.15	Kuat Tekan Beton .....	34
BAB III. METODE PENELITIAN.....		36
3.1	Bahan atau Materi.....	36
3.2	Alat .....	40
3.3	Tempat dan Waktu Penelitian.....	49
3.4	Tahapan Penelitian.....	49
3.4.1	Studi Pustaka.....	51
3.4.2	Persiapan Alat dan Bahan .....	51
3.4.3	Pengujian Material .....	51
3.4.4	Mix Design Beton .....	52
3.4.5	Pembuatan Benda Uji.....	53
3.4.6	Pengujian <i>Slump</i> .....	54
3.4.7	Proses <i>Curing</i> .....	54
3.4.8	Pengujian <i>Resistivity</i> dan <i>Impact Echo</i> .....	55
3.4.9	Akselerasi Korosi .....	56
3.4.10	Pengujian Kuat Tekan .....	57
3.5	Analisis Data.....	58
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....		59
4.1	Pengujian Material.....	59
4.1.1	Pengujian Gradasi Butir Agregat Halus .....	59
4.1.2	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus .....	60
4.1.3	Pengujian Kadar Air Agregat Halus .....	60
4.1.4	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus .....	61
4.1.5	Pengujian Material pada Agregat Kasar .....	61
4.1.6	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar .....	61
4.1.7	Pengujian Kadar Air Agregat Kasar .....	62
4.1.8	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar .....	62
4.1.9	Pengujian Keausan Agregat Kasar .....	62
4.2	Mix design .....	63
4.3	<i>Slump</i> .....	64
4.4	Uji Kuat Tekan Beton Silinder .....	65
4.5	Akselerasi Korosi.....	68
4.6	Hasil Pengujian Restivity .....	77
4.7	Pengaruh Tingkat Korosi Terhadap Nilai Resistivity Beton .....	82
4.8	Pengujian Impact Echo .....	84
4.9	Hubungan Pengujian Resistivity dan Impact Echo .....	91

4.10 Uji Kuat Lentur Beton .....	91
4.11 Pola Keruntuhan Balok Beton .....	94
4.12 Proses Self-Healing Concrete .....	98
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	101
5.1 Kesimpulan .....	101
5.2 Saran .....	101
DAFTAR PUSTAKA .....	xxii
LAMPIRAN.....	xxv



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Interpretasi aktivitas korosi menggunakan metode <i>resistivity</i> (Zaki et al. 2015) .....	13
Tabel 2. 2 Perbandingan penelitian terdahulu dan sekarang.....	17
Tabel 2. 3 Kisaran resistiviy pada tingkat risiko korosi (Robles et al., 2022) .....	32
Tabel 2. 4 Toleransi umur benda uji yang diziinkan (BSN, 2011b) .....	34
Tabel 3. 1 Proporsi <i>mix design</i> benda uji beton per 1 m <sup>3</sup> .....	53
Tabel 4. 1 Hasil Pemeriksaan Gradasi Butir Agregat Halus.....	59
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Agregat Halus .....	61
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Agregat Kasar .....	62
Tabel 4. 4 Kebutuhan mix design per 1 m <sup>3</sup> .....	63
Tabel 4. 5 Kebutuhan mix design per benda uji.....	63
Tabel 4. 6 Hasil pengujian <i>slump</i> .....	64
Tabel 4. 7 Hasil uji kuat tekan beton silinder.....	65
Tabel 4. 8 Lebar retak korosi .....	73
Tabel 4. 9 Perhitungan estimasi kehilangan massa dan tingkat korosi .....	76
Tabel 4. 10 Perhitungan kehilangan massa dan tingkat korosi aktual .....	76
Tabel 4. 11 Nilai <i>resistivity</i> beton sebelum akselerasi korosi .....	78
Tabel 4. 12 Nilai <i>resistivity</i> beton setelah akselerasi korosi .....	80
Tabel 4. 13 Nilai frekuensi pada tingkat korosi .....	86
Tabel 4. 14 Hasil uji kuat lentur balok terkorosi.....	92

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kuat tekan kubik beton pada perbandingan campuran 1:2:4 dengan perbandingan 0,45 W/C(Bheel et al. 2018).....	6
Gambar 2. 2 Kuat tekan kubik beton pada perbandingan campuran 1:2:4 dengan perbandingan 0,50 W/C(Bheel et al. 2018).....	7
Gambar 2. 3 Kuat tekan kubik beton pada perbandingan campuran 1:2:4 dengan perbandingan 0,60 W/C(Bheel et al. 2018).....	7
Gambar 2. 4 days kekuatan lentur bacillus subtilis (Reddy et al. 2020).....	9
Gambar 2. 5 28 days kekuatan lentur bacillus subtilis (Reddy et al. 2020).....	9
Gambar 2. 6 Grafik uji balok kode B (Hornbostel et al. 2020).....	11
Gambar 2. 7 Grafik uji balok kode E (Hornbostel et al. 2020).....	11
Gambar 2. 8 Grafik uji balok kode F (Hornbostel et al. 2020).....	12
Gambar 2. 9 strength of control concrete versus bacterial concrete .....	14
Gambar 2. 10 <i>Split tensile strength of control concrete versus bacterial concret.</i>	14
Gambar 2. 11 <i>Flexural strength of control concrete versus bacterial concrete ...</i>	15
Gambar 2. 12 Grafik hubungan persen <i>polypropylene</i> dengan nilai kuat tekan. ..	16
Gambar 2. 13 Grafik hubungan persen <i>polypropylene</i> dengan nilai kuat lentur. .	16
Gambar 2. 14 Proses pengikisan lapisan pasif oleh klorida.....	27
Gambar 2. 15 Reaksi korosi pada tulangan (Broomfield, 2007).....	29
Gambar 2. 16 Metode akselerasi korosi (Su et al., 2022) .....	29
Gambar 2. 17 Konsep pengujian resistivitas (Zaki et al., 2023) .....	31
Gambar 2. 18 Ilustrasi uji <i>impact echo</i> .....	32
Gambar 2. 19 Grafik perilaku deformasi pada beton (Merriza et al., 2016).....	33
Gambar 2. 20 Skema pengujian kuat lentur dengan pembebanan terpusat (BSN, 2014) .....	34
Gambar 3. 1 Pasir .....	36
Gambar 3. 2 Kerikil.....	36
Gambar 3. 3 Semen .....	37
Gambar 3. 4 Air.....	37
Gambar 3. 5 Besi tulangan .....	37
Gambar 3. 6 Kawat bendrat .....	38
Gambar 3. 7 Larutan bakteri <i>bacillus subtilis</i> .....	38
Gambar 3. 8 <i>Decking</i> beton.....	39
Gambar 3. 9 Kabel listrik.....	39
Gambar 3. 10 <i>Sodium chloride</i> (NaCl) .....	39
Gambar 3. 11 Gel Konduktif.....	40
Gambar 3. 12 Timbangan digital .....	40
Gambar 3. 13 <i>Erlenmeyer</i> .....	41
Gambar 3. 14 Jangka sorong.....	41
Gambar 3. 15 Gergaji besi .....	41
Gambar 3. 16 Gelas ukur .....	42
Gambar 3. 17 Oven .....	42
Gambar 3. 18 Satu set saringan.....	42
Gambar 3. 19 <i>Sieve shaker</i> .....	43

Gambar 3. 20 Bekisting.....	43
Gambar 3. 21 <i>Mini concrete mixer</i> .....	44
Gambar 3. 22 Kerucut <i>Abrams</i> dan batang penumbuk .....	44
Gambar 3. 23 Alas baja.....	45
Gambar 3. 24 Meteran.....	45
Gambar 3. 25 <i>Styrofoam</i> .....	46
Gambar 3. 26 Cetok .....	46
Gambar 3. 27 Nampan .....	46
Gambar 3. 28 <i>Mesin Los Angeles</i> .....	47
Gambar 3. 29 <i>Micro-Computer Universal Testing Machine</i> .....	47
Gambar 3. 30 <i>Concrete Compression Machine</i> .....	48
Gambar 3. 31 <i>DC power supply</i> .....	48
Gambar 3. 32 Alat uji <i>resistivity</i> .....	48
Gambar 3. 33 Alat uji <i>impact echo</i> .....	49
Gambar 3. 36 Diagram alir penelitian.....	50
Gambar 3. 37 Benda uji balok.....	54
Gambar 3. 38 Benda uji silinder .....	54
Gambar 3. 39 Ilustrasi pengujian <i>resistivity</i> .....	55
Gambar 3. 40 Ilustrasi pengujian <i>impact echo</i> (Zaki et al., 2023).....	56
Gambar 3. 41 Skema pengujian akselerasi korosi .....	56
Gambar 3. 42 Skema pengujian kuat tekan.....	57
Gambar 3. 43 Skema pengujian kuat lentur .....	57
Gambar 4. 1 Grafik hasil daerah gradasi 2.....	60
Gambar 4. 2 Nilai slump benda uji .....	64
Gambar 4. 3 Hasil uji kuat tekan beton.....	66
Gambar 4. 4 Pola retak benda uji silinder .....	67
Gambar 4. 5 Akselerasi korosi selama 48 jam.....	68
Gambar 4. 6 Akselerasi korosi selama 96 jam.....	69
Gambar 4. 7 Akselerasi korosi selama 168 jam.....	69
Gambar 4. 8 Grafik akselerasi korosi gabungan .....	70
Gambar 4. 9 Contoh benda uji setelah proses akselerasi korosi .....	71
Gambar 4. 10 Keretakan beton setelah proses akselerasi .....	72
Gambar 4. 11 Lebar retak beton (a) sisi kiri (b) sisi kanan.....	72
Gambar 4. 12 Tulangan setelah akselerasi korosi .....	74
Gambar 4. 13 Grafik diameter tulangan durasi korosi 48 jam.....	74
Gambar 4. 14 Grafik diameter tulangan durasi korosi 96 jam.....	75
Gambar 4. 15 Grafik diameter tulangan durasi korosi 168 jam.....	75
Gambar 4. 16 Grafik perubahan nilai <i>resistivity</i> sebelum dan sesudah korosi .....	82
Gambar 4. 17 Grafik hubungan durasi akselerasi dengan <i>resistivity</i> .....	83
Gambar 4. 18 Grafik hubungan tingkat korosi aktual dengan nilai <i>resistivity</i> .....	84
Gambar 4. 19 Grafik <i>impact echo</i> VIB1 pada jarak sensor 5cm.....	84
Gambar 4. 20 Grafik <i>impact echo</i> VIB1 pada jarak sensor 10cm.....	85
Gambar 4. 21 Grafik <i>impact echo</i> VIB1 pada jarak sensor 15cm.....	85
Gambar 4. 22 Grafik <i>impact echo</i> VIB1 pada jarak sensor 20cm.....	85
Gambar 4. 23 Grafik perubahan frekuensi sebelum dan sesudah korosi .....	86

Gambar 4. 24 Plot nilai frekuensi spesimen BN.....	89
Gambar 4. 25 Plot nilai frekuensi spesimen V1.....	89
Gambar 4. 26 Plot nilai frekuensi spesimen V2.....	89
Gambar 4. 27 Plot nilai frekuensi spesimen V3.....	90
Gambar 4. 28 Plot nilai frekuensi spesimen V4.....	90
Gambar 4. 29 Grafik hubungan frekuensi dan tingkat korosi.....	90
Gambar 4. 30 Hubungan antara resistivity dan frekuensi.....	91
Gambar 4. 31 Hubungan Kuat Lentur dengan Tingkat Korosi.....	92
Gambar 4. 32 Hubungan antara Kuat Lentur dengan <i>Resistivity</i> .....	93
Gambar 4. 33 Hubungan antara Kuat Lentur dengan Frekuensi.....	94
Gambar 4. 34 Pola retak balok BN.....	95
Gambar 4. 35 Pola retak balok V1.....	95
Gambar 4. 36 Pola retak balok V2.....	96
Gambar 4. 37 Pola retak balok V3.....	97
Gambar 4. 38 Pola retak belok V4.....	97
Gambar 4. 39 Proses self-healing bakteri durasi korosi 48 jam (a) V1, (b) V2, (c) V3, (d) V4.....	98
Gambar 4. 40 Proses self-healing bakteri durasi korosi 96 jam (a) V1, (b) V2, (c) V3, (d) V4.....	99
Gambar 4. 41 Proses self-healing bakteri durasi korosi 96 jam (a) V1, (b) V2, (c) V3, (d) V4.....	99

## DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
$\Sigma A$	[-]	Persentase tertahan kumulatif
$\Delta m$	[M <sup>2</sup> ]	Selisih massa
A	[M]	Berat benda uji semula
B	[M]	Berat benda uji tertahan saringan No. 12
B <sub>a</sub>	[M]	Berat dalam air
B <sub>k</sub>	[M]	Berat kering oven
B <sub>j</sub>	[M]	Berat kering permukaan
V	[L <sup>3</sup> ]	Volume
I	[I]	Arus listrik
t	[T]	Durasi korosi
z	[-]	Elektron yang bereaksi
F	[I/T]	Konstanta <i>faraday</i>
P	[M]	Beban maksimum
L	[L]	Panjang bentang
b	[L]	Lebar balok
d	[L]	Tinggi balok
W <sub>1</sub>	[M]	Berat agregat kering oven kondisi awa
W <sub>2</sub>	[M]	Berat agregat kering oven setelah pencucian
W <sub>b</sub>	[M]	Berat erlenmeyer berisi air + pasir
W <sub>k</sub>	[M]	Berat kering oven
W <sub>t</sub>	[M]	Berat erlenmeyer berisi air
Z	[-]	Elektron yang bereaksi

## DAFTAR SINGKATAN

AE	: <i>Acoustic emission</i>
ASR	: Reaksi alkali-silika
V1	: Variasi 1
V2	: Variasi 2
V3	: Variasi 3
V4	: Variasi 4
BN	: Beton normal
CEF	: <i>Cementing efficiency factor</i>
CPC/PCC	: Semen Portland komposit
CR	: Laju korosi
CSH	: <i>Calcium silicate hydrate</i>
NDT	: <i>Non-destructive test</i>
OCP	: <i>Open circuit potential</i>
GPM	: <i>Galvanostatic pulse method</i>
GPR	: <i>Ground penetrating radar</i>
IE	: <i>Impact-echo</i>
IRT	: <i>Infrared thermography</i>
MHB	: Modulus halus butir
NaCl	: <i>Natrium klorida</i>
NS	: <i>Nano-silica</i>
OPC	: <i>Ordinary Portland cement</i>
OPS	: <i>Oil palm shell</i>
RC	: Beton bertulang
RCPT	: Uji penetrasi klorida cepat
SCC	: <i>Self compacting cement</i>
SEM	: <i>Scanning electron microscope</i>
SEM EDX	: <i>Scanning electron microscope-energy dispersive X-ray</i>
SH	: <i>self-healing</i>
Sp	: <i>Superplasticizer</i>
UGW	: <i>Ultrasonic guided waves</i>

UPV : *Ultrasonic pulse velocity*  
W/B : Water/binder

## DAFTAR ISTILAH

1. *Mix Design*  
Rancangan untuk menentukan proporsi material dalam pembuatan beton dengan mutu yang ditentukan.
2. *Curing*  
Perawatan yang dilakukan untuk menjaga kelembapan/suhu beton ketika proses hidrasi berlangsung, sehingga beton tidak mengalami keretakan karena suhu yang terlalu tinggi.
3. *Slump*  
Ukuran tingkat kelecakan pada beton segar.
4. *Non-Destructive Test (NDT)*  
Teknik evaluasi dan analisis suatu objek tanpa merusaknya fisik dan fungsionalnya.
5. Korosi  
Mekanisme kerusakan logam akibat degradasi logam yang dipicu oleh bahan korosif melalui proses kimia/elektrokimia.
6. Akselerasi Korosi  
Metode untuk mempercepat reaksi korosi dengan memberikan arus listrik pada tulangan beton sebagai anoda dan tulangan lainnya sebagai katoda.
7. Kehilangan Massa (*Mass Loss*)  
Banyaknya massa tulangan yang hilang akibat korosi.
8. *Workability*  
Kemampuan pengerjaan beton untuk diaduk, dipadatkan, dan dicetak.
9. *Durability*  
Ketahanan suatu material atau struktur terhadap pengaruh fisik, kimiawi, dan biologi serta dapat mempertahankan kinerjanya selama periode waktu yang lama dalam kondisi penggunaan yang normal.
10. Resistivitas (*Resistivity*)  
Kemampuan suatu bahan yang mengukur perlawanannya terhadap aliran arus listrik.
11. Frekuensi



Frekuensi beton mengacu pada frekuensi resonansi di mana beton bergetar secara alami ketika dikenai gaya eksternal.

*12. Self-healing*

Beton yang memiliki kemampuan untuk memperbaiki retakan yang terjadi di dalamnya secara otomatis.