

**STUDI PENELITIAN PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN
NACL TERHADAP LAJU KOROSI BAJA TULANGAN DAN
GAYA TEKAN AKSIAL KOLOM BETON BERTULANG
PEDESTAL TERKOROSI**

TUGAS AKHIR

**Diajukan kepada Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang
Untuk Memenuhi Persyaratan Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik**



ABDUL SIGIT MAULANA

20041000051

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERDEKA MALANG**

2024

HALAMAN PERNYATAAN ORSINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Abdul Sigit Maulana

Nim : 20041000051

Tanda Tangan :



Tanggal : 11 Agustus 2024

HALAMAN PENGESAHAN
STUDI PENELITIAN PENGARUH KONSENTRASI
LARUTAN NaCl TERHADAP LAJU KOROSI BAJA
TULANGAN DAN GAYA TEKAN AKSIAL KOLOM BETON
BERTULANG PEDESTAL TERKOROSI

Dipersiapkan dan disusun oleh :

ABDUL SIGIT MAULANA

20041000051

Telah dipertahankan di Dewan Penguji

Pada 30 JULI 2024

Susunan Dewan Penguji

Dosen Penguji I : Dr. Ninik Catur E. Y., ST., MT

()

Dosen Penguji II : Dr. Eko Indah Susanti, ST., MT.

()

Dosen Saksi : Dr. Anak Agung Gede Ngurah, M.Si.

()

Memeriksa dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

()
(Dr. Ninik Catur E. Y., ST., MT)

NIDN. 0004097002

()
(Ir. Nila Kurniawati, MT)

NIDN. 0702056501

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu Persyaratan untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik.

Malang, 11 Agustus 2024



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

()
(Dr. Ninik Catur E. Y., ST., MT)

NIDN. 0004097002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat berkat dan pertolongan-Nya sehingga penelitian penelitian tugas akhir yang berjudul “Studi Penelitian Pengaruh Konsentrasi Larutan NaCl Terhadap Laju Korosi Baja Tulangan Dan Gaya Tekan Aksial Kolom Beton Bertulang Pedestal Terkorosi” dapat diselesaikan. Tujuan penulisan tugas akhir ini untuk memenuhi syarat kelulusan bagi mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang.

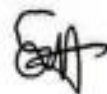
Selama proses penyusunan tugas akhir, penulis telah mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Superhero dan Panutanku, Bapak Abdul Rohim, terimakasih selalu berjuang untuk kehidupan penulis, beliau memang tidak sempat merasakan pendidikan sampai bangku perkuliahan, Namun beliau mampu mendidik penulis, memotivasi, memberikan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.
2. Pintu surgaku, Ibu Kasiyati, yang tidak henti-hentinya memberikan kasih sayang dengan penuh cinta dan selalu memberikan motivasi serta do'a hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.
3. Dr. Ninik Catur Endah Yulianti, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Merdeka Malang.
4. Dr. Ninik Catur Endah Yulianti, ST., MT. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dalam pembuatan Tugas Akhir.
5. Ir. Nila Kurniawati, MT selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dalam pembuatan Tugas Akhir.
6. Ir. Dionisius T. Arry Bramantoro, MT. selaku dosen pembimbing laboratorium beton Universitas Merdeka Malang yang telah berkontribusi banyak dalam penulisan karya tulis ini baik tenaga, bimbingan, masukan, ilmu, waktu, dukungan, arahan, dan memberikan semangat untuk pantang menyerah.
7. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, Najwa Alma. Terimakasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis. Berkontribusi banyak dalam penulisan karya tulis ini, baik tenaga maupun waktu kepada

penulis. Telah mendukung, menghibur, mendengarkan keluh kesah, dan semangat pantang menyerah.

8. Rekan-rekan mahasiswa utamanya dari program Studi Teknik Sipil Universitas Merdeka Malang atas dukungan dan kerjasamanya selama menempuh Pendidikan serta penyelesaian penyusunan skripsi ini.
9. Terakhir, terimakasih untuk diri sendiri, karena telah mampu berusaha keras dan berjuang sejauh ini. Mampu mengendalikan diri dari berbagai cobaan.

Malang, 11 Agustus 2024



Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Abdul Sigit Maulana

NIM : 20041000051

Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

STUDI PENELITIAN PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN NaCl TERHADAP LAJU KOROSI BAJA TULANGAN DAN GAYA TEKAN AKSIAL KOLOM BETON BERTULANG PEDESTAL TERKOROSI

Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dan bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Malang

Pada Tanggal : 11 Agustus 2024

Yang Menyatakan,



(Abdul Sigit Maulana)

STUDI PENELITIAN PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN NaCl TERHADAP LAJU KOROSI BAJA TULANGAN DAN GAYA TEKAN AKSIAL KOLOM BETON BERTULANG PEDESTAL TERKOROSI

Abdul Sigit Maulana

ABSTRAK

Beton bertulang terdiri dari beton dan diperkuat tulangan baja. Beton memiliki kekuatan terhadap tekan dan tulangan baja memiliki kekuatan tarik. Korosi pada tulangan baja dapat mengakibatkan kerusakan struktur beton bertulang yang dapat mempengaruhi kekuatan struktur. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi korosi pada baja tulangan salah satunya adalah konsentrasi larutan NaCl. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh konsentrasi larutan NaCl terhadap laju korosi baja tulangan dan gaya tekan aksial kolom beton bertulang pedestal terkorosi.

Penelitian berupa pengujian gaya tekan pada kolom beton bertulang pedestal dan pengujian laju korosi pada baja tulangan. Benda uji berupa kolom beton bertulang pedestal berukuran 15 x 15 x 30 cm sebanyak 14 buah. Variasi konsentrasi larutan NaCl yang digunakan yaitu 3,5%, 5% dan 7%. Proses untuk mempercepat korosi pada baja tulangan dilakukan dengan merendam benda uji dalam larutan NaCl konsentrasi 3,5%, 5% dan 7% selama 10 hari dengan menggunakan metode galvanostatik. Pengujian gaya tekan dilakukan menggunakan alat uji CTM (compression testing machine) dan pengujian laju korosi berdasarkan ASTM G31 tentang *Standard Practice for laboratory immersion corrosion testing of metals*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai gaya tekan tertinggi terdapat pada benda uji yang terkorosi dengan konsentrasi larutan NaCl 3,5% sebesar 448,0 kN, dan gaya tekan terkecil ada pada benda uji dengan konsentrasi larutan NaCl 7% sebesar 386,0 kN. Sedangkan untuk laju korosi terbesar terdapat pada benda uji dengan konsentrasi larutan NaCl 7% sebesar 23444 Mpy, dan laju korosi terkecil ada pada benda uji dengan konsentrasi larutan NaCl 3,5% sebesar 3464 Mpy.

Kata Kunci: Kolom Pedestal, Laju Korosi, Konsentrasi Larutan NaCl, Baja Tulangan, Gaya Tekan.

RESEARCH STUDY OF THE INFLUENCE OF NA₂CO₃ SOLUTION CONCENTRATION ON THE RATE OF REINFORCING STEEL CORROSION AND THE AXIAL COMPRESSIVE FORCE OF CORRODED PEDESTAL REINFORCED CONCRETE COLUMNS

Abdul Sigit Maulana

ABSTRACT

Reinforced concrete consists of concrete and reinforced steel reinforcement. Concrete has compressive strength and steel reinforcement has tensile strength. Corrosion of steel reinforcement can result in damage to reinforced concrete structures which can affect the strength of the structure. There are several factors that can influence corrosion of reinforcing steel, one of which is the concentration of the NaCl solution. This research aims to determine the effect of NaCl solution concentration on the corrosion rate of reinforcing steel and the axial compressive force of corroded pedestal reinforced concrete columns.

The research consisted of testing the compressive force on pedestal reinforced concrete columns and testing the corrosion rate on reinforcing steel. The test objects are 14 pedestal reinforced concrete columns measuring 15 x 15 x 30 cm. Variations in the concentration of the NaCl solution used were 3.5%, 5% and 7%. The process to accelerate corrosion of reinforcing steel is carried out by immersing the test object in a NaCl solution of concentrations of 3.5%, 5% and 7% for 10 days using the galvanostatic method. Compressive force testing was carried out using a CTM (compression testing machine) test tool and corrosion rate testing based on ASTM G31 concerning Standard Practice for laboratory immersion corrosion testing of metals.

The research results showed that the highest compressive force value was found in the corroded test object with a 3.5% NaCl solution concentration of 448.0 kN, and the smallest compressive force was found in the test object with a 7% NaCl solution concentration of 386.0 kN. Meanwhile, the largest corrosion rate was found on the test object with a 7% NaCl solution concentration of 23444 Mpy, and the smallest corrosion rate was on the test object with a 3.5% NaCl solution concentration of 3464 Mpy.

Keywords: *Pedestal Column, Corrosion Rate, NaCl Solution Concentration, Reinforcing Steel, Compressive Force.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu yang Relevan	5
2.2 Teori Mengenai Beton.....	5
2.1.1 Pengertian Beton	5
2.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton.....	6
2.1.3 Material Penyusun Beton	6
2.3 Baja Tulangan.....	10
2.4 Korosi	12
2.4.1 Pengertian Korosi	12
2.4.2 Proses Korosi.....	12
2.4.3 Korosi NaCl.....	12
2.4.4 Jenis-Jenis Korosi.....	13
2.4.5 Penyebab Korosi	14
2.4.6 Laju Korosi Metode Weight Loss	14

2.5 Sifat Mekanik Beton.....	15
2.5.1 Gaya Tekan Nominal (Pn).....	15
2.5.2 Gaya Tekan yang diperlukan (P).....	16
2.6 Mekanisme Keruntuhan Beton.....	16
BAB III.....	18
METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Program Penelitian	18
3.2 Bahan dan Peralatan	19
3.2.1 Bahan.....	19
3.2.2 Peralatan	22
3.3 Pengujian Material	27
3.4 Benda Uji.....	28
3.4.1 Perencanaan Campuran Beton (<i>Concrete Mix Design</i>)	28
3.4.2 Detail Benda Uji.....	29
3.5 Pembuatan Benda Uji.....	30
3.6 Pengujian Gaya Tekan Beton	32
3.7 Pengujian Laju Korosi.....	33
3.8 Analisis Data	34
3.9 Diagram Alir Penelitian.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Semen Portland Tipe 1	19
Gambar 3. 2 Air	20
Gambar 3. 3 Batu Pecah	20
Gambar 3. 4 Pasir	20
Gambar 3. 5 Natrium Klorida (NaCl)	21
Gambar 3. 6 Tulangan Baja.....	21
Gambar 3. 7 Kawat Bendrat	21
Gambar 3. 8 Compression test machine (CTM)	22
Gambar 3. 9 <i>Universal Testing Machine</i> (UTM)	22
Gambar 3. 10 Trafo	23
Gambar 3. 11 Timbangan Digital	23
Gambar 3. 12 Timbangan <i>Triple Beam</i>	23
Gambar 3. 13 Wadah Aluminium.....	24
Gambar 3. 14 Cetok	24
Gambar 3. 15 Molen	25
Gambar 3. 16 Bekisting Kolom.....	25
Gambar 3. 17 Bak Rendaman	26
Gambar 3. 18 Logam Tembaga.....	26
Gambar 3. 19 Kabel listrik	26
Gambar 3. 20 Kuas.....	27
Gambar 3. 21 Gerinda	27
Gambar 3. 22 Palu.....	27
Gambar 3. 23 Detail Benda Uji Kolom pedestal 2D dan 3D	30
Gambar 3. 24 Metode Galvanostatik untuk Mempercepat Korosif Baja Tulangan dalam Rendaman NaCl	32
Gambar 3. 25 Gaya Tekan benda uji menggunakan mesin <i>Compressing Testing Machine</i> (CTM) dan <i>Dial gauge</i>	33
Gambar 3. 26 Diagram Alir.....	35
Gambar 4. 1 Timbangan Tulangan Memanjang.....	42

Gambar 4. 2 Perakitan Tulangan.....	43
Gambar 4. 3 Pengolesan oli dan pemasangan tulangan pada bekisting	43
Gambar 4. 4 Penimbangan material penyusun beton.....	44
Gambar 4. 5 Molen dan cetok	44
Gambar 4. 6 Pencampuran material penyusun beton.....	44
Gambar 4. 7 Penuangan campuran beton ke pan	45
Gambar 4. 8 Slump test.....	45
Gambar 4. 9 Proses memasukan campuran beton ke dalam bekisting kolom pedestal	46
Gambar 4. 10 Pelepasan benda uji dari bekisting kolom pedestal.....	46
Gambar 4. 11 Pengangkatan benda uji kolom dari proses curing	47
Gambar 4. 12 Penimbangan NaCl dan air.....	47
Gambar 4. 13 Proses Korosi menggunakan metode galvanostatik	47
Gambar 4. 14 Pengangkatan kolom pedestal dari larutan NaCl	48
Gambar 4. 15 Pengujian tekan kolom beton bertulang pedestal.....	48
Gambar 4. 16 Menghancurkan benda uji kolom beton bertulang pedestal	48
Gambar 4. 17 Penimbangan baja tulangan yang sudah terkorosi	49
Gambar 4. 18 tulangan sebelum dan sesudah korosi	49
Gambar 4. 19 Mekanisme Keruntuhan Kolom pedestal	50
Gambar 4. 20 Kurva Hubungan P (kN) dan Δ (mm) Populasi 1	52
Gambar 4. 21 Histogram Gaya Tekan Benda Uji Kolom Beton Bertulang Pedestal Populasi 1 (Normal).....	53
Gambar 4. 22 Kurva Hubungan P (kN) dan Δ (mm) Populasi 2.....	55
Gambar 4. 23 Histogram Gaya Tekan Benda Uji Kolom Beton Bertulang Pedestal Populasi 2 (Larutan NaCl 3,5%).....	56
Gambar 4. 24 Kurva Hubungan P (kN) dan Δ (mm) Populasi 3.....	57
Gambar 4. 25 Histogram Gaya Tekan Benda Uji Kolom Beton Bertulang Pedestal Populasi 3 (Larutan NaCl 5%).....	58
Gambar 4. 26 Kurva Hubungan P (kN) dan Δ (mm) Populasi 4.....	60
Gambar 4. 27 Histogram Gaya Tekan Benda Uji Kolom Beton Bertulang Pedestal Populasi 4 (Larutan NaCl 7%).....	61

Gambar 4. 28 Histogram Hubungan antara Gaya Tekan Rata-rata Kolom Beton Bertulang Pedestal.....	62
Gambar 4. 29 Histogram Gaya Tekan Nominal	64
Gambar 4. 30 Histogram Perbandingan Gaya Tekan Nominal dan Gaya Tekan yang Terjadi Rata-rata disetiap populasi.....	65
Gambar 4. 31 Histogram Rata-rata Berat Yang Hilang.....	66
Gambar 4. 32 Histogram Laju Korosi Populasi 2 (Konsentrasi Larutan NaCl 3,5%)	69
Gambar 4. 33 Histogram Rata-rata Berat Yang Hilang.....	70
Gambar 4. 34 Histogram Laju Korosi Populasi 3 (Konsentrasi Larutan NaCl 5%)	71
Gambar 4. 35 Histogram Rata-rata Berat Yang Hilang.....	72
Gambar 4. 36 Histogram Laju Korosi Populasi 4 (Konsentrasi Larutan NaCl 7%)	73
Gambar 4. 37 Rata-rata Laju Korosi Per Populasi	74
Gambar 4. 38 Histogram Hubungan Gaya Tekan dan Laju Korosi	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Batas Gradasi Agregat Kasar.....	8
Tabel 2. 2 Batas Gradasi Agregat Halus.....	9
Tabel 2. 3 Ukuran Baja Tulangan Beton Polos	11
Tabel 2. 4 Ukuran Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir.....	11
Tabel 3. 1 Detail Benda Uji Kolom Beton Bertulang Pedestal	29
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Agregat Halus.....	37
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Agregat Kasar.....	37
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Tarik Baja Tulangan	38
Tabel 4. 4 Kuat Tekan Benda Uji Trial Mix	38
Tabel 4. 5 Benda uji silinder pendamping.....	39
Tabel 4. 6 komposisi campuran beton per 1 m ³	40
Tabel 4. 7 Kebutuhan Campuran Kolom untuk 1 Kolom Beton Bertulang Pedestal (populasi 1).....	40
Tabel 4. 8 Kebutuhan Campuran Kolom untuk 1 Kolom Beton Bertulang Pedestal (populasi 2).....	41
Tabel 4. 9 Kebutuhan Campuran Kolom untuk 1 Kolom Beton Bertulang Pedestal (populasi 3).....	41
Tabel 4. 10 Kebutuhan Campuran Kolom untuk 1 Kolom Beton Bertulang Pedestal (populasi 4).....	41
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian gaya tekan aksial pada kolom beton bertulang Pedestal	50
Tabel 4. 12 Gaya Tekan Kolom Beton Bertulang Populasi 1 (KTTKN0)	52
Tabel 4. 13 Hasil Pengujian gaya tekan aksial pada kolom beton bertulang Pedestal	54
Tabel 4. 14 Gaya Tekan Kolom Beton Bertulang Pedestal Populasi 1 (KTKN1)	55
Tabel 4. 15 Hasil Pengujian gaya tekan aksial pada kolom beton bertulang Pedestal	56
Tabel 4. 16 Gaya Tekan Kolom Beton Bertulang Pedestal (P)	58

Tabel 4. 17 Hasil Pengujian gaya tekan aksial pada kolom beton bertulang Pedestal	59
Tabel 4. 18 Gaya Tekan Kolom Beton Bertulang Pedestal Populasi 4 (KTKN3)	60
Tabel 4. 19 Hubungan antara Gaya Tekan Rata-rata Kolom Beton Bertulang Pedestal	61
Tabel 4. 20 Gaya Tekan Nominal.....	63
Tabel 4. 21 Hasil gaya tekan nominal disetiap populasi dan hasil gaya tekan kolom beton bertulang Pedestal disetiap populasi	64
Tabel 4. 22 Berat Baja Tulangan yang Hilang (Populasi 2).....	66
Tabel 4. 23 Perhitungan Laju Korosi (Populasi 2).....	68
Tabel 4. 24 Berat Baja Tulangan yang Hilang (Populasi 3).....	69
Tabel 4. 25 Perhitungan Laju Korosi (Populasi 3).....	70
Tabel 4. 26 Berat Baja Tulangan yang Hilang (Populasi 4).....	71
Tabel 4. 27 Perhitungan Laju Korosi (Populasi 4).....	72
Tabel 4. 28 Rata-rata Laju Korosi pada setiap Populasi	74
Tabel 4. 29 Histogram Hubungan Gaya Tekan dan Laju Korosi	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian Material Batu Pecah Sebagai Agregat Kasar	81
Lampiran 2. Pengujian Material Pasir Sebagai Agregat Halus	82
Lampiran 3. Job Mix Design.....	83
Lampiran 4. Perhitungan Bahan Campuran Beton Per 1m ³	83
Lampiran 5. Perhitungan Bahan Campuran Trial Mix Silinder.....	85
Lampiran 6. Perhitungan Kuat Tekan Trial Mix Silinder.....	85
Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian.....	85