

TUGAS AKHIR

**PEMODELAN NUMERIK UJI SIKLIK SAMBUNGAN BALOK-
KOLOM BETON BERTULANG DENGAN VARIASI NILAI
RASIO TULANGAN**



Disusun oleh:

Muhammad Sidiq

20190110186

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

2024

TUGAS AKHIR

PEMODELAN NUMERIK UJI SIKLIK SAMBUNGAN BALOK-KOLOM BETON BERTULANG DENGAN VARIASI NILAI RASIO TULANGAN

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



Muhammad Sidiq

20190110186

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

2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Sidiq
NIM : 20190110186
Judul : PEMODELAN NUMERIK Uji SIKLIK Sambungan
BALOK-KOLOM BETON BERTULANG DENGAN
VARIASI NILAI RASIO TULANGAN

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, 02 Oktober 2024

Yang membuat pernyataan



Muhammad Sidiq

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Sidiq
NIM : 20190110186
Judul : PEMODELAN NUMERIK UJI SIKLIK SAMBUNGAN
BALOK-KOLOM BETON BERTULANG DENGAN
VARIASI NILAI RASIO TULANGAN

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul Pemodelan Numerik Uji Siklik Sambungan Balok-Kolom Beton Bertulang Dengan Variasi Nilai Rasio Tulangan.

Yogyakarta, 02 Oktober 2024

Penulis,

Dosen Peneliti,



Muhammad Sidiq

NIM. 20190110186

Dr. Ir. Guntur Nugroho, S.T., M.Eng.

NIP. 1985042601304123063

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur saya ucapkan kehadirat Allah SWT yang mana akhirnya tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Sholawat serta salam tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Tugas akhir saya persembahkan untuk :

Diri sendiri

Terima kasih telah bertahan, berjuang, dan bersabar hingga akhirnya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Untuk Kedua Orang Tua

Bapak Muhammad Kurnia & Ibu Rukiah

Saya persembahkan kepada kedua orang tua yang telah mendidik saya sampai saat ini, yang telah memberi semangat, kasih sayang, perhatian dan doa tulus yang tidak pernah berhenti. Terima Kasih Ibu dan Bapak segala bentuk dukungan, pengorbanan dan semua yang engkau berikan dari mulai saya dalam kandungan hingga saat ini. Terima kasih Ibu dan Bapak akhirnya saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Untuk Kedua Kakak

Lathif Eka Rukmana & Runia Rachmaniar

Terima kasih kakak tercinta telah menjadikan motivasi & semangat dan dukungan yang penuh untuk saya terus berjuang untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Untuk Kedua Sepupu

Mbak Dian & Aa' Teguh

Terima kasih telah memberikan semangat, motivasi, doa dan dukungannya selama ini.

PRAKATA



Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

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 memberikan gambaran estimasi kerusakan pada masing variasi nilai ρ beton bertulang.

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. Dr. Ir. Guntur Nugroho, S.T., M.Eng. selaku Dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyusun laporan.
3. Dr. Ir. Restu Faizah, S.T., M.T., selaku Dosen penguji Tugas Akhir.
4. Kedua orang tua Bapak Kurnia dan Ibu Rukiah yang selalu memberikan dukungan penuh secara moril maupun materil dalam menyelesaikan tugas akhir.
5. Kedua sepupu saya Mbak Dian dan Aa' Teguh yang selalu memberikan dukungan penuh secara moril maupun materil dalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Kakak saya Latif Eka Rukmana dan Runia Rachmaniar yang selalu memberikan semangat dan menjadikan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir.

PRAKATA



Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

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 memberikan gambaran estimasi kerusakan pada masing-masing variasi nilai ρ beton bertulang.

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. Dr. Ir. Guntur Nugroho, S.T., M.Eng. selaku Dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyusun laporan.
3. Dr. Ir. Restu Faizah, S.T., M.T., selaku Dosen penguji Tugas Akhir.
4. Kedua orang tua Bapak Kurnia dan Ibu Rukiah yang selalu memberikan dukungan penuh secara moril maupun materil dalam menyelesaikan tugas akhir.
5. Kedua sepupu saya Mbak Dian dan Aa' Teguh yang selalu memberikan dukungan penuh secara moril maupun materil dalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Kakak saya Latif Eka Rukmana dan Runia Rachmaniar yang selalu memberikan semangat dan menjadikan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir.

7. Teman - Teman yang selalu memberikan dukungan penuh baik selama perkuliahan hingga 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, 02 Oktober 2024



Muhammad Sidiq

DAFTAR ISI

.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xvii
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Lingkup Penelitian.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.1.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Dasar Teori	12
2.2.1 Rasio Tulangan (ρ).....	12
2.2.2 Hubungan Tegangan – Regangan	13
2.2.3 Daktilitas	13
2.2.4 Degradasi Kekuatan dan Kekakuan	14
2.2.5 <i>Equivalent Viscous Damping Ratio</i> (EVDR).....	14
2.2.6 Disipasi Energi	15
2.2.7 Pola Retak	15
2.2.8 SNI 7834:2012	16
BAB III. METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Bagan Alir.....	19

3.2	Bahan atau Materi.....	20
3.3	Material.....	20
3.3.1	Material Beton.....	20
3.3.2	Material Baja.....	21
3.4	Tahapan Penelitian.....	21
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		33
4.1	Pola Retak.....	33
4.1.1	Beton dengan ρ 1,72%	33
4.1.2	Beton dengan ρ 2.29%	35
4.1.3	Beton dengan ρ 2,86%	37
4.1.4	Beton dengan ρ 3,43%	39
4.1.5	Beton dengan ρ 4,00%	41
4.1.6	Beton dengan ρ 4,57%	43
4.2	Hubungan Tegangan-regangan.....	45
4.2.1	Hubungan Tegangan-regangan pada ρ 1,72%	45
4.2.2	Hubungan Tegangan-regangan pada ρ 2.29%	46
4.2.3	Hubungan Tegangan-regangan pada ρ 2,86%	46
4.2.4	Hubungan Tegangan-regangan pada ρ 3,43%	47
4.2.5	Hubungan Tegangan-regangan pada ρ 4,00%	47
4.2.6	Hubungan Tegangan-regangan pada ρ 4,57%	48
4.2.7	Hubungan Tegangan-regangan ρ 1,72% - 4,57%	49
4.3	Daktilitas.....	49
4.4	Kekakuan	51
4.4.1	ρ 1,72%	51
4.4.2	ρ 2,29%	52
4.4.3	ρ 2,86%	53
4.4.4	ρ 3,43%	54
4.4.5	ρ 4,00%	55
4.4.6	ρ 4,57%	56
4.4.7	Kekakuan ρ 1,72%-4,57%.....	57
4.5	<i>Equivalent Viscous Damping Ratio</i> (EVDR)	58
4.6	Disipasi Energi.....	59
4.7	Kriteria Penerimaan Berdasarkan SNI.....	61
4.7.1	Kriteria Pertama	61
4.7.2	Kriteria Kedua.....	62
4.7.3	Kriteria Ketiga.....	62

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	64
5.1 Kesimpulan.....	64
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Volume retak model ANYSYS (Anggarini dkk., 2019).....	4
Tabel 3. 1 Data yang digunakan dalam penelitian (Syandy,2017)	20
Tabel 3. 2 <i>Concrete damage plasticity</i> (Syandy, 2017)	20
Tabel 3. 3 <i>Concrete damage plasticity</i> (Syandy, 2017)	20
Tabel 3. 4 <i>Concrete damage plasticity</i> (Syandy, 2017)	21
Tabel 3. 5 <i>Elastic</i> (Syandy, 2017)	21
Tabel 3. 6 <i>Plastic</i> (Syandy, 2017)	21
Tabel 3. 7 Dimensi dan spesifikasi benda uji	22
Tabel 3. 8 Siklus Pembebanan	30
Tabel 4. 1 Nilai Daktilitas	50
Tabel 4. 2 Hasil perhitungan kekakuan p 1,72%	51
Tabel 4. 3 Hasil perhitungan kekakuan p 2,29%	52
Tabel 4. 4 Hasil perhitungan kekakuan p 2,86%	53
Tabel 4. 5 Hasil perhitungan kekakuan p 3,43%	54
Tabel 4. 6 Hasil perhitungan kekakuan p 4,00%	55
Tabel 4. 7 Hasil perhitungan kekakuan p 4,57%	56
Tabel 4. 8 Hasil dari perhitungan EVDR	59
Tabel 4. 9 Hasil analisis disipasi energi	60
Tabel 4. 10 Kriteria penerimaan	61
Tabel 4. 11 Hasil dari analisis kriteria kedua	62
Tabel 4. 12 Hasil analisis kriteria ketiga	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Set up</i> benda uji balok-kolom (Masrura, 2020).....	5
Gambar 2. 2 Model sambungan dan pembebanan pada spesimen JD2 (Oktavia dkk., 2020)	6
Gambar 2. 3 Model sambungan dan pembebanan pada spesimen JD4 (Oktavia dkk., 2020)	6
Gambar 2. 4 Pemodelan benda uji (Araby, 2021).....	7
Gambar 2. 5 Siklus pembebanan (Riyanto, 2019)	7
Gambar 2. 6 <i>Set up</i> pengujian (Riyanto, 2019).....	8
Gambar 2. 7 (a) <i>Geometry</i> , (b) <i>Opening parameter, and reinforcement</i> (Amin dkk, 2021)	9
Gambar 2. 8 <i>Set up</i> pengujian (Amin dkk, 2021)	9
Gambar 2. 9 Pemodelan badan uji (Wang, 2018)	10
Gambar 2. 10 <i>Set up</i> pengujian (Wang, 2018).....	10
Gambar 2. 11 Pemodelan benda uji (Mou, 2021)	11
Gambar 2. 12 Tampilan atas benda uji (Haykal, 2015)	12
Gambar 2. 13 Tampilan samping benda uji (Haykal,2015).....	12
Gambar 2. 14 Desain rasio tulangan	13
Gambar 2. 15 <i>Hysteretic damping dan potential energy</i> (Monika, 2016)	15
Gambar 2. 16 Program pembebanan	17
Gambar 2. 17 Besaran untuk evaluasi kriteria penerimaan.....	17
Gambar 2. 18 Disipasi energi relatif	18
Gambar 2. 19 Perilaku histeretik yang tidak dapat diterima	18
Gambar 3. 1 Bagan alir penelitian	19
Gambar 3. 2 Pemodelan benda uji	22
Gambar 3. 3 Tampilan dari <i>Create part</i>	23
Gambar 3. 4 Balok yang dibuat dengan <i>module: Part</i>	23
Gambar 3. 5 Material untuk <i>part</i> baja.....	24
Gambar 3. 6 Mendefinisikan material balok.....	24
Gambar 3. 7 Bentuk <i>mesh</i>	25
Gambar 3. 8 Tipe elemen tulangan utama	25
Gambar 3. 9 Ukuran mesh pada <i>global seeds</i>	25
Gambar 3. 10 Tampilan part yang sudah di <i>mesh</i>	26
Gambar 3. 11 Proses pengecekan mesh	26
Gambar 3. 12 Balok kolom	26
Gambar 3. 13 Penulangan benda uji	27
Gambar 3. 14 Proses pengeditan <i>step</i> bagian <i>basic</i>	27
Gambar 3. 15 Proses pengeditan <i>step</i> bagian <i>incementation</i>	28
Gambar 3. 16 Tampilan setelah dilakukan <i>Interaction</i> balok-kolom	28
Gambar 3. 17 Tampilan setelah dilakukan <i>interaction</i> tulangan dan beton.....	29
Gambar 3. 18 Data yang dimunculkan pada <i>field output request</i>	29
Gambar 3. 19 Tampilan dari pembuatan <i>amplitudes</i>	30
Gambar 3. 20 Tampilan Boundary Condition.....	31

Gambar 3. 21 Tampilan <i>Job Manager</i>	31
Gambar 3. 22 Tampilan monitor	32
Gambar 4. 1 Pola retak pertama kondisi tekan ρ 1,72%	33
Gambar 4. 2 Pola retak lendutan maksimum kondisi tekan ρ 1,72%	34
Gambar 4. 3 Pola retak pertama kondisi tarik ρ 1,72%	34
Gambar 4. 4 Pola retak saat mencapai maksimum pada kondisi tarik ρ 1,72% ...	35
Gambar 4. 5 Pola retak pertama kondisi tekan ρ 2.29%	35
Gambar 4. 6 Pola retak lendutan maksimum kondisi tekan ρ 2.29%	36
Gambar 4. 7 Pola retak pertama kondisi tarik ρ 2.29%	36
Gambar 4. 8 Pola retak saat mencapai maksimum pada kondisi tarik ρ 2.29% ...	37
Gambar 4. 9 Pola retak pertama kondisi tekan ρ 2,86%	37
Gambar 4. 10 Pola retak lendutan maksimum kondisi tekan ρ 2,86%	38
Gambar 4. 11 Pola retak pertama kondisi tarik ρ 2,86%	38
Gambar 4. 12 Pola retak lendutan maksimum kondisi tarik ρ 2,86%	39
Gambar 4. 13 Pola retak pertama kondisi tekan ρ 3,43%	39
Gambar 4. 14 Pola retak lendutan maksimum kondisi tekan ρ 3,43%	40
Gambar 4. 15 Pola retak pertama kondisi tarik ρ 3,43%	40
Gambar 4. 16 Pola retak lendutan maksimum kondisi tarik ρ 3,43%	41
Gambar 4. 17 Pola retak pertama kondisi tekan ρ 4,00%	41
Gambar 4. 18 Pola retak lendutan maksimum kondisi tekan ρ 4,00%	42
Gambar 4. 19 Pola retak pertama kondisi tarik ρ 4,00%	42
Gambar 4. 20 Pola retak lendutan maksimum kondisi tarik ρ 4,00%	43
Gambar 4. 21 Pola retak pertama kondisi tekan ρ 4,57%	43
Gambar 4. 22 Pola retak lendutan maksimum kondisi tekan ρ 4,57%	44
Gambar 4. 23 Pola retak pertama kondisi tarik ρ 4,57%	44
Gambar 4. 24 Pola retak lendutan maksimum kondisi tarik ρ 4,57%	45
Gambar 4. 25 Hubungan tegangan-regangan ρ 1,72%	45
Gambar 4. 26 Hubungan tegangan-regangan ρ 2.29%	46
Gambar 4. 27 Hubungan tegangan-regangan ρ 2,86%	47
Gambar 4. 28 Hubungan tegangan-regangan ρ 3,43%	47
Gambar 4. 29 Hubungan tegangan-regangan ρ 4,00%	48
Gambar 4. 30 Hubungan tegangan-regangan ρ 4,57%	48
Gambar 4. 31 Hubungan tegangan regangan setiap ρ	49
Gambar 4. 32 Hubungan beban dan lendutan	50
Gambar 4. 33 Nilai Kekakuan setiap siklus p 1,72%	52
Gambar 4. 34 Nilai kekakuan setiap siklus p 2,29%	53
Gambar 4. 35 Nilai kekakuan setiap siklus p 2,86%	54
Gambar 4. 36 Nilai kekakuan setiap siklus p 3,43%	55
Gambar 4. 37 Nilai kekakuan setiap siklus p 4,00%	56
Gambar 4. 38 Nilai kekakuan setiap siklus p 4,57%	57
Gambar 4. 39 Kekakuan positif dari setiap ρ	58
Gambar 4. 40 Kekakuan negatif dari setiap ρ	58
Gambar 4. 41 Nilai EVDR dari setiap ρ	59
Gambar 4. 42 Nilai disipasi energi	60

Gambar 4. 43 Hubungan beban-lendutan.....	61
Gambar 4. 44 Perbandingan luas loop histeresis dan jajar genjang p 4,57%.....	62
Gambar 4. 45 Perbandingan gradien p 4,57%	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. *Displacement* dan *force*

Lampiran 2. Hubungan tegangan dan regangan

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
ρ	[-]	Rasio A_s , terhadap bd
K	[-]	Kekakuan
P	[-]	Gaya
Δ	[-]	Perpindahan
μ	[-]	Daktilitas
Δu	[-]	Perpindahan maksimum struktur
Δy	[-]	Perpindahan pada saat leleh pertama
F'_c	[-]	Mutu beton