

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KAPASITAS GESER BALOK TINGGI
LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER CONCRETE DENGAN
VARIASI RASIO TULANGAN GESER**



RIFKAH

03011381924111

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

TUGAS AKHIR

ANALISIS KAPASITAS GESER BALOK TINGGI *LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER CONCRETE* DENGAN VARIASI RASIO TULANGAN GESER

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



RIFKAH

03011381924111

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KAPASITAS GESER BALOK TINGGI
LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER CONCRETE DENGAN
VARIASI RASIO TULANGAN GESER**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik

Oleh:

RIFKAH

03011381924111

Palembang, Januari 2023

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,



Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.

NIP. 197610312002122001



Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

NIP. 197705172008012039

Mengetahui/Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,




Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.

NIP. 197610312002122001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat, kasih sayang, serta pertolongan-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir dengan judul “Analisis Kapasitas Geser Balok Tinggi *Lightweight Geopolymer Concrete* dengan Variasi Rasio Tulangan Geser” Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya. Dalam proses penyelesaian proposal tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang terkait, yaitu:

1. Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Dr. Ir. Saloma, S. T., M. T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan dan sebagai dosen pembimbing I yang telah memberikan bantuan, ilmu, serta waktu dalam proses konsultasi dan penulisan tugas akhir ini.
4. Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bantuan, ilmu, serta waktu dalam proses konsultasi dan penulisan tugas akhir ini.
5. Dr. Mona Foralisa Toyfur, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
6. Mirka Pataras, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bantuan, ilmu, dan dorongan selama proses belajar di masa perkuliahan.
7. Semua dosen dan pegawai Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya yang telah membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
8. Orang tua, keluarga, serta teman-teman yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan serta semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Teman-teman PT Sudirman, Aman tidak bumi, TA Ansys 2019 serta Teman angkatan 2019 yang telah menemani dan menyemangati penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dalam penulisannya. Oleh karena itu, kritik dan saran dari para pembaca akan senantiasa diterima oleh penulis untuk menambah pengetahuan, peningkatan kualitas diri, dan sebagai penyempurnaan karya tulis ini di masa yang akan datang.

Penulis berharap semoga laporan hasil penelitian tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua, khususnya bagi penulis pribadi dan bagi Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.

Palembang, Januari 2023



Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
ABSTRAK	xv
RINGKASAN	xvii
<i>SUMMARY</i>	xviii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	xix
PERNYATAAN INTEGRITAS	xx
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	xxi
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	xxii
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Beton.....	5
2.2. <i>Lightweight Concrete</i>	5
2.3. <i>Geopolymer Concrete</i>	6
2.4. <i>Lightweight Geopolymer Concrete</i>	7
2.5. <i>Steel Fiber Reinforced Concrete</i>	8
2.6. Baja Tulangan.....	9
2.7. <i>Deep beam</i>	10
2.8. Tulangan Geser	13
2.9. Beban Monotonik	14
2.10. Daktilitas.....	17
2.10 Geser	17

2.11 Kekakuan struktur.....	18
2.12 Energi Disipasi (<i>Energy dissipation</i>).....	18
2.13 Penelitian Terdahulu.....	19
2.14 Finite Element Method	20
2.14.1 Metode Matriks dalam Finite Element Method.....	21
2.14.2 Metode Pemecahan Kasus Non-Linier.....	23
2.14.3 Persamaan Non-Linier untuk Mendapatkan Solusi Model Numerik	24
2.15 Program ANSYS	25
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	28
3.1. Umum	28
3.2. Studi Literatur.....	28
3.3. Alur Penelitian.....	28
3.4. Pengumpulan Data Sekunder.....	30
3.5. Model Struktur.....	32
3.6. Permodelan Struktur Pada Program ANSYS	34
3.7. <i>Boundary Condition</i>	35
3.8. <i>Input Data ANSYS</i>	36
3.9. Meshing	36
3.10. Solving.....	37
3.11. Analisis dan Pembahasan	37
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Model Struktur Balok tinggi.....	38
4.2. Permodelan Struktur dengan Program ANSYS.....	39
4.3. Data Input	42
4.3.1. Concrete Material Properties	42
4.3.2. Steel bar material properties.....	42
4.3.3. Pembebanan.....	43
4.4. Meshing	43
4.5. Analisis Output Program ANSYS	44
4.5.1. Analisis <i>Output</i> Program ANSYS dengan Balok Tinggi Material Beton bertulang serat baja	44

4.5.2. Analisis <i>Output</i> Program ANSYS dengan Material Beton Ringan Geopolimer (<i>Lightweight Geopolymer Concrete</i>)	48
4.6. Daktilitas.....	52
4.6.1. Daktilitas Balok tinggi dengan Material Beton bertulang serat baja Eksperimental	52
4.6.3. Daktilitas Balok tinggi dengan Material Beton Ringan Geopolimer (<i>Lightweight Geopolymer Concrete</i>)	56
4.7. Kontur Tegangan	58
4.7.1. Kontur Tegangan Balok tinggi dengan Material Beton bertulang serat baja	58
4.7.2. Kontur Tegangan Balok tinggi dengan Material Beton Ringan Geopolimer (<i>Lightweight Geopolymer Concrete</i>)	60
4.8. Kontur Perpindahan	62
4.8.1. Kontur Perpindahan Balok tinggi dengan Material Beton bertulang serat baja	62
4.8.2. Kontur Perpindahan Balok tinggi dengan Material Beton Ringan Geopolimer (<i>Lightweight Geopolymer Concrete</i>)	64
4.9. Energi Disipasi	65
4.9.1. Energi Disipasi Balok tinggi dengan Material Beton bertulang serat baja Eksperimental.....	66
4.9.2. Energi Disipasi Balok tinggi dengan Material Beton bertulang serat baja <i>Simulation</i>	67
4.9.3. Energi Disipasi Balok tinggi dengan Material Beton Ringan Geopolimer (<i>Lightweight Geopolymer Concrete</i>)	69
4.10. Kekakuan Struktur	71
4.10.1. Kekakuan Struktur Balok tinggi dengan Material Beton bertulang serat baja Eksperimental	71
4.10.2. Kekakuan Struktur Balok tinggi dengan Material Beton bertulang serat baja <i>Simulation</i>	73
4.10.3. Kekakuan dan Kekuatan Balok tinggi dengan Material Beton Ringan Geopolimer (<i>Lightweight Geopolymer Concrete</i>)	75
4.11. Pengaruh Variasi Rasio Tulangan Geser terhadap Kapasitas Geser	78

BAB 5 PENUTUP.....	83
5.1 Kesimpulan.....	83
5.2 Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA.....	86
LAMPIRAN.....	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 <i>Geopolymer aggregate</i> : (a) 4.75 mm (0.187 in); (b) 9.5 mm (0.374 in) (Almutairi, dkk., 2021).	7
Gambar 2.2 Detail penulangan <i>balok tinggi</i> beton bertulang dalam pengujian (Dang, dkk., 2021).....	9
Gambar 2.3 <i>Test set up of balok tinggi</i> (Li, dkk., 2022).	11
Gambar 2.4 <i>Detail balok tinggi</i> (Díaz, dkk., 2020).	11
Gambar 2.5 Dimensi balok dan detail tulangan (Syamala, 2022).....	12
Gambar 2.6 <i>Deep beam</i> (Dang, dkk 2021)	13
Gambar 2.7 Detail penulangan balok tinggi (Dang, dkk 2021)	14
Gambar 2.8 Ilustrasi Test setup dinding beton bertulang (Dang <i>et al.</i> , 2021)	15
Gambar 2. 9 Permodelan kurva tegangan-regangan beban monotonik (a) beton (Hognestad, 1951)	15
Gambar 2. 10 <i>Monotonic energy dissipation capacity</i> (Decanini, dkk., 2005). ...	19
Gambar 2.11 Kurva <i>force-mid span displacement</i> (Dang, dkk 2021)	20
Gambar 2. 12 Contoh permodelan dan <i>meshing</i> balok tinggi pada program ANSYS (Manharawy <i>et al.</i> , 2022)	27
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> tahapan pelaksanaan penelitian	30
Gambar 3.2 Kurva tegangan regangan untuk beton bertulang serat baja dan beton <i>lightweight geopolymer concrete</i>	32
Gambar 3.3 Model struktur dinding beton bertulang (Dang <i>et al.</i> , 2021)	33
Gambar 3.4 <i>Test setup</i> pembebanan (Dang <i>et al.</i> , 2021)	34
Gambar 3.5 Permodelan <i>nodes</i> struktur balok tinggi pada program ANSYS.....	35
Gambar 3.6 Permodelan <i>element SOLID65</i> struktur balok tinggi pada program ANSYS.....	35
Gambar 3.7 Set up pengujian (Dang, dkk., 2021).....	36
Gambar 4.1 Detail struktur balok tinggi	39
Gambar 4.2 Nodes pemodelan elemen.....	40
Gambar 4.3 Permodelan 3D elemen SOLID65 dan SOLID45	40
Gambar 4.4 Permodelan elemen LINK180 <i>type N1</i> dan G1	41

Gambar 4.5 Permodelan elemen LINK180 <i>type</i> N2 dan G2	41
Gambar 4.6 Permodelan elemen LINK180 <i>type</i> N3 dan G3	42
Gambar 4.7 <i>Meshing</i> struktur balok tinggi	44
Gambar 4.8 <i>Output</i> kurva eksperimental dan ANSYS N1	45
Gambar 4.9 <i>Output</i> kurva eksperimental dan ANSYS N2	45
Gambar 4.10 <i>Output</i> kurva eksperimental dan ANSYS N3	46
Gambar 4.11 <i>Output</i> kurva N eksperimental	46
Gambar 4.12 <i>Output</i> kurva N <i>simulation</i> ANSYS.....	47
Gambar 4.13 Kurva beban-lendutan struktur balok tinggi <i>lightweight geopolymer concrete</i> dengan berbagai variasi rasio tulangan geser	50
Gambar 4.14 Kurva daktilitas eksperimen N.....	53
Gambar 4.15 Kurva daktilitas <i>Simulation</i> N.....	55
Gambar 4.16 Kurva daktilitas <i>Simulation</i> N.....	57
Gambar 4.17 Kontur tegangan N1, Pmaksimum = 390 kN.....	58
Gambar 4.18 Kontur tegangan N2, Pmaksimum = 375 kN.....	59
Gambar 4.19 Kontur tegangan N3, Pmaksimum = 330 kN.....	59
Gambar 4.20 Kontur tegangan G1, Pmaksimum = 429 kN.....	60
Gambar 4.21 Kontur tegangan G2, Pmaksimum = 412,5 kN.....	61
Gambar 4.22 Kontur tegangan G3, Pmaksimum = 363 kN.....	61
Gambar 4.23 Kontur Perpindahan N1, Pmaksimum = 390 kN	62
Gambar 4.24 Kontur Perpindahan N2, Pmaksimum = 375 kN	63
Gambar 4.25 Kontur Perpindahan N3.....	63
Gambar 4.26 Kontur Perpindahan G1, Pmaksimum = 429 kN	64
Gambar 4.27 Kontur Perpindahan G2, Pmaksimum = 412,5 kN	64
Gambar 4.28 Kontur Perpindahan G3, Pmaksimum = 363 Kn	65
Gambar 4.29 Energi Disipasi N Eksperimental	67
Gambar 4.30 Energi Disipasi pada N2 Eksperimental.....	68
Gambar 4.31 Energi Disipasi pada G.....	70
Gambar 4.32 Kurva hubungan antara kekakuan dan <i>time load</i> pada balok tinggi beton bertulang serat baja eksperimental	71
Gambar 4.33 Kurva hubungan degradasi kekakuan dan <i>time load</i> pada beton bertulang serat baja eksperimental	73

Gambar 4.34 Kurva hubungan antara kekakuan dan <i>time load</i> pada balok tinggi beton bertulang serat baja ANSYS.....	73
Gambar 4.35 Kurva hubungan degradasi kekakuan dan <i>time load</i> pada beton bertulang serat baja.....	75
Gambar 4.36 Kurva hubungan kekakuan dan <i>time load</i> pada balok tinggi <i>lightweight geopolymer concrete</i>	76
Gambar 4.37 Kurva hubungan degradasi kekakuan dan <i>time load</i> pada <i>lightweight geopolymer concrete</i>	77
Gambar 4.38 Pengaruh geser terhadap variasi rasio tulangan geser Pmaksimum	81
Gambar 4.39. Pengaruh geser terhadap variasi rasio tulangan geser dengan <i>force</i> 330 kN	82

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Dimensi dan sifat bahan balok tinggi	22
Tabel 4.1.	Variasi rasio tulangan geser	38
Tabel 4. 2.	<i>Steel bar longitudinal material properties</i>	43
Tabel 4. 3.	<i>Steel bar transversal material properties</i>	43
Tabel 4. 4.	Selisih nilai lendutan program ANSYS dan pengujian eksperimental Pmaksimum	47
Tabel 4.5.	Nilai lendutan program ANSYS dan pengujian eksperimental P 330 kN	48
Tabel 4.6.	Beban maksimum dan lendutan hasil analisis ANSYS balok tinggi <i>lightweight geopolymer concrete</i> Pmaksimum	51
Tabel 4.7	Beban maksimum dan lendutan hasil analisis ANSYS balok tinggi <i>lightweight geopolymer concrete</i> P 330 kN	52
Tabel 4.8.	Nilai daktilitas balok tinggi beton bertulang serat baja pada eksperimen	54
Tabel 4.9	Nilai daktilitas beton bertulang serat baja pada ANSYS	55
Tabel 4.10.	Nilai daktilitas balok tinggi <i>lightweight geopolymer concrete</i> pada ANSYS	57
Tabel 4.11.	Energi Disipasi pada elemen struktur balok tinggi beton bertulang serat baja eksperimental	67
Tabel 4.12.	Energi Disipasi pada elemen struktur balok tinggi beton bertulang serat baja <i>simulation</i>	69
Tabel 4.13.	Energi Disipasi pada elemen struktur balok tinggi <i>lightweight geopolymer</i>	70
Tabel 4.14	Degradasi kekuatan elemen struktur balok tinggi beton bertulang serat baja eksperimental	72
Tabel 4.15.	Degradasi kekuatan elemen struktur balok tinggi beton bertulang serat baja	74
Tabel 4.16.	Degradasi kekuatan elemen struktur balok tinggi <i>lightweight geopolymer concrete</i>	77
Tabel 4.17.	Hasil rekapitulasi kapasitas geser balok tinggi BSBB Pmaksimum ..	80

Tabel 4.18. Hasil rekapitulasi kapasitas geser balok tinggi <i>lightweight geopolymer concrete</i> $P_{maksimum}$	80
Tabel 4.19. Pengaruh geser terhadap variasi rasio tulangan geser balok tinggi BSBB dengan <i>force</i> 330 kN	81
Tabel 4.20. Pengaruh geser terhadap variasi rasio tulangan geser balok tinggi <i>lightweight geopolymer concrete</i> dengan <i>force</i> 330 kN.....	81

ANALISIS KAPASITAS GESER BALOK TINGGI *LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER CONCRETE* DENGAN VARIASI RASIO TULANGAN GESER

Rifkah¹⁾, Saloma²⁾, Siti Aisyah Nurjannah³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: rifkahfika@gmail.com

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: salomaunsri@gmail.com

³⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: sitiaisyahn@ft.unsri.ac.id

Abstract

Balok tinggi sebagai salah satu elemen struktur dengan kapasitas dukung beban tinggi dan fleksibilitas perencanaan dalam berbagai bentuk dan fungsi bangunan. Namun pada balok khususnya balok tinggi bisa terjadi geser akibat tegangan yang mengakibatkan balok gagal sebelum mencapai kapasitas momennya. Balok tinggi yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis beton ringan geopolimer (*lightweight geopolymer concrete*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas geser balok tinggi *lightweight geopolymer concrete* terhadap beban monotonik. Analisis dilakukan dengan menggunakan ANSYS yang didasarkan pada metode elemen hingga. Hasil analisis berupa kurva hubungan beban dan lendutan untuk menentukan titik leleh struktur, daktilitas, kontur tegangan, kontur perpindahan, kekakuan struktur, disipasi energi, dan pengaruh geser terhadap rasio tulangan geser. Hasil perbandingan kapasitas geser balok tinggi dengan variasi rasio tulangan geser menggunakan program ANSYS dengan eksperimental, yaitu untuk N1 sebesar 0,215%, N2 sebesar 0,49% dan N3 sebesar 0,451%. Pengaruh variasi tulangan geser menunjukkan perbedaan disetiap model, pada beton ringan geopolimer G1 yang memiliki variasi rasio tulangan geser 0,25% beban maksimum terbesar dan lendutan terkecil pada beban yang sama, energi disipasi terbesar, Nilai daktilitas terbesar serta kapasitas geser yang paling baik. Semakin tinggi variasi rasio tulangan geser maka semakin banyak tulangan geser pada balok dan semakin kuat balok menahan geser yang terjadi.

Kata kunci: balok tinggi, beton ringan geopolimer, beban monotonik, metode elemen hingga

Mengetahui/Menyetujui

Palembang, Januari 2023

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing 2,

Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T

Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

NIP. 197610312002122001

NIP. 197705172008012039

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



Saloma, S.T., M.T

NIP. 197610312002122001

ANALISIS KAPASITAS GESER BALOK TINGGI *LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER CONCRETE* DENGAN VARIASI RASIO TULANGAN GESER

Rifkah¹⁾, Saloma²⁾, Siti Aisyah Nurjannah³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: rifkahfika@gmail.com

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: salomaunsri@gmail.com

³⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: sitiaisahn@ft.unsri.ac.id

Abstract

Deep beam as one of the structural elements with high load-bearing capacity and planning flexibility in various forms and functions of buildings. However, in beams, especially deep beams, shear can occur due to stress which causes the beam to fail before it reaches its moment capacity. The high beam used in this study is a type of geopolymer lightweight concrete. This study aims to analyze the shear capacity of lightweight geopolymer concrete high beams against monotonic loads. The analysis was performed using ANSYS which is based on the finite element method. The results of the analysis are load and deflection curves to determine the yield point of the structure, ductility, stress contours, displacement contours, structural stiffness, energy dissipation, and shear effect on the shear reinforcement ratio. The results of the comparison of shear capacities of deep beams with variations in shear reinforcement ratios using the ANSYS program experimentally, namely for N1 is 0,215%, N2 is 5,49% and N3 is 0,451%. The effect of variations in shear reinforcement shows differences in each model, in geopolymer lightweight concrete G1 which has the highest maximum load variation of 0,25% shear reinforcement ratio and the smallest deflection at the same load, the greatest dissipation energy, the largest ductility value and the best shear capacity. The higher the variation of the shear reinforcement ratio, the more shear reinforcement in the beam and the stronger the beam resists the shear that occurs.

Key Words: *deep beam, lightweight geopolymer concrete, monotonic load, finite element method*

Mengetahui/Menyetujui

Palembang, Januari 2023

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing 2,

Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T

Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

NIP. 197610312002122001

NIP. 197705172008012039

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T

NIP. 197610312002122001

RINGKASAN

ANALISIS KAPASITAS GESER BALOK TINGGI *LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER CONCRETE* DENGAN VARIASI RASIO TULANGAN GESER

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, 20 Januari 2023

Rifkah; Dibimbing oleh Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T., dan Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
xxi +85 halaman + 56 gambar + 21 tabel + 2 lampiran

Balok tinggi sebagai salah satu elemen struktur dengan kapasitas dukung beban tinggi dan fleksibilitas perencanaan dalam berbagai bentuk dan fungsi bangunan. Namun pada balok khususnya balok tinggi bisa terjadi geser akibat tegangan yang mengakibatkan balok gagal sebelum mencapai kapasitas momennya. Balok tinggi yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis beton ringan geopolimer (*lightweight geopolymer concrete*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas geser balok tinggi *lightweight geopolymer concrete* terhadap beban monotonik. Analisis dilakukan dengan menggunakan ANSYS yang didasarkan pada metode elemen hingga. Hasil analisis berupa kurva hubungan beban dan lendutan untuk menentukan titik leleh struktur, daktilitas, kontur tegangan, kontur perpindahan, kekakuan struktur, disipasi energi, dan pengaruh geser terhadap rasio tulangan geser. Hasil perbandingan kapasitas geser balok tinggi dengan variasi rasio tulangan geser menggunakan program ANSYS dengan eksperimental, yaitu untuk N1 sebesar 0,215%, N2 sebesar 0,49% dan N3 sebesar 0,451%. Pengaruh variasi tulangan geser menunjukkan perbedaan disetiap model, pada beton ringan geopolimer G1 yang memiliki variasi rasio tulangan geser 0,25% beban maksimum terbesar dan lendutan terkecil pada beban yang sama, energi disipasi terbesar, Nilai daktilitas terbesar serta kapasitas geser yang paling baik. Semakin tinggi variasi rasio tulangan geser maka semakin banyak tulangan geser pada balok dan semakin kuat balok menahan geser yang terjadi.

Kata kunci: balok tinggi, beton ringan geopolimer, beban monotonik, metode elemen hingga

SUMMARY

ANALYSIS OF DEEP BEAM SHEAR CAPACITY *LIGHTWEIGHT GEOPOLYMER CONCRETE* WITH VARIATION OF SHEAR REINFORCEMENT RATIO

Scientific papers in form of Final Project, January 20th 2023

Rifka; Guided by Advisor Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T., and Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

Civil Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Sriwijaya University
xxi +85 pages + 56 images + 21 tables + 2 attachments

Deep beam as one of the structural elements with high load-bearing capacity and planning flexibility in various forms and functions of buildings. However, in beams, especially deep beams, shear can occur due to stress which causes the beam to fail before it reaches its moment capacity. The high beam used in this study is a type of geopolymer lightweight concrete. This study aims to analyze the shear capacity of lightweight geopolymer concrete high beams against monotonic loads. The analysis was performed using ANSYS which is based on the finite element method. The results of the analysis are load and deflection curves to determine the yield point of the structure, ductility, stress contours, displacement contours, structural stiffness, energy dissipation, and shear effect on the shear reinforcement ratio. The results of the comparison of shear capacities of deep beams with variations in shear reinforcement ratios using the ANSYS program experimentally, namely for N1 is 0,215%, N2 is 5,49% and N3 is 0,451%. The effect of variations in shear reinforcement shows differences in each model, in geopolymer lightweight concrete G1 which has the highest maximum load variation of 0,25% shear reinforcement ratio and the smallest deflection at the same load, the greatest dissipation energy, the largest ductility value and the best shear capacity. The higher the variation of the shear reinforcement ratio, the more shear reinforcement in the beam and the stronger the beam resists the shear that occurs.

Key Words: deep beam, lightweight geopolymer concrete, monotonic load, finite element method

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis Kapasitas Geser Balok Tinggi *Lightweight Geopolymer Concrete* dengan Variasi Rasio Tulangan Geser” yang disusun oleh Rifkah, 03011381924111 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 20 Januari 2023.

Palembang, 20 Januari 2023

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Ketua:

1. Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.
NIP. 197610312002122001
2. Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.
NIP. 197705172008012039

()

()

Anggota:

3. Dr. Ir. K.M. Aminuddin, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng.
NIP. 197203141999031006

()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002

Ketua Jurusan Teknik Sipil



Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.
NIP. 197610312002122001

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rifkah

NIM : 03011381924111

Judul : Analisis Kapasitas Geser Balok Tinggi *Lightweight Geopolymer Concrete* dengan Variasi Rasio Tulangan Geser

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Januari 2023



Rifkah

NIM. 03011381924111

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rifkah

NIM : 03011381924111

Judul : Analisis Kapasitas Geser Balok Tinggi *Lightweight Geopolymer Concrete* dengan Variasi Rasio Tulangan Geser

Memberikan izin kepada Pembimbingan dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu satu tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Januari 2023



Rifkah

NIM. 03011381924111

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Rifkah
Tempat, Tanggal Lahir : Sungailiat, 24 Maret 2002
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Nomor HP : 085368428899
E-mail : rifkahfika@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD Negeri 15 Sungailiat			SD	2007-2013
SMP Negeri 2 Sungailiat			SMP	2013-2016
SMA Negeri 1 Sungailiat		MIPA	SMA	2016-2019
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2019-2023

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



Rifkah

NIM. 03011381924111

DAFTAR LAMPIRAN

Kekuatan Geser Analisis struktur.....	89
Lembar Asistensi Proposal Tugas Akhir.....	90
Hasil Seminar Sidang Sarjana/Ujian Tugas Akhir.....	94
Surat Keterangan Tidak Ada Kesamaan Judul Tugas Akhir.....	96
Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir.....	97
Surat Keterangan Selesai Revisi Tugas Akhir.....	98

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang berada pada pertemuan tiga lempeng litosferik besar, yaitu Lempeng Eufrasia, Lempeng Pasifik dan Lempeng Indo-Australia. Adanya pergerakan lempeng ini menjadikan Indonesia sebagai negara yang rawan terjadi gempa. Keadaan ini menjadi pertimbangan agar setiap pembangunan yang ada menggunakan elemen struktur yang memenuhi persyaratan dari kegagalan struktur. Ada banyak cara yang dilakukan untuk menghindari kegagalan struktur dari suatu elemen struktur, mulai dari perencanaan, material yang digunakan, inovasi elemen struktur dan faktor pendukung lain.

Salah satu elemen struktur yang memiliki peranan penting adalah balok tinggi (*deep beam*). Balok tinggi dikenal sebagai salah satu elemen struktur dengan kapasitas dukung beban tinggi dan fleksibilitas perencanaan dalam berbagai bentuk dan fungsi bangunan. Namun pada balok khususnya balok tinggi bisa terjadi geser akibat tegangan yang mengakibatkan balok gagal sebelum mencapai kapasitas momennya. Metode yang efektif untuk meningkatkan ketahanan geser elemen struktur adalah dengan menggunakan tulangan geser, tulangan geser dapat membantu menggeser pola keruntuhan elemen struktur menjadi lebih daktail. Selain itu juga, tulangan geser dapat meningkatkan kapasitas ketahanan geser pada elemen struktur khususnya balok tinggi.

Balok tinggi terbuat dari beton bertulang yang material penyusunnya terdiri dari campuran antara agregat halus dan kasar, semen, air dan bahan tambahan jika diperlukan serta baja tulangan. Beton normal memiliki berat yang cukup tinggi sehingga banyak inovasi yang bertujuan untuk mencari alternatif penggunaan beton normal lebih efektif. Beton ringan (*lightweight concrete*) merupakan beton dengan berat jenis yang lebih ringan dibandingkan dengan beton normal atau beton konvensional karena memiliki agregat bermassa ringan sesuai dengan ketentuan ASTM C330. Salah satu bahan utama penyusun beton adalah semen. Semen berfungsi sebagai pengikat dalam campuran beton. Namun, penggunaan

semen dalam jumlah banyak dan terus menerus memberikan dampak terhadap lingkungan, sehingga diperlukan bahan alternatif pengganti semen dalam pembuatan beton. Inovasi untuk menjaga keberlangsungan lingkungan ini adalah beton *geopolymer*. Beton *geopolmer* adalah beton yang dibuat tanpa menggunakan semen tetapi menggunakan bahan organik lain yang mengandung silica dan alumina seperti *fly ash* sebagai pengikat dalam campuran beton. Penggabungan dua inovasi jenis beton ini menjadi beton ringan geopilmer (*lightweight geopolymer concrete*) yang merupakan beton ringan ramah lingkungan.

Seiring berkembangnya teknologi, penelitian terkait perilaku suatu elemen struktur tidak hanya dilakukan secara eksperimental di dalam laboratorium, tetapi analisis dapat dilakukan dengan program seperti ANSYS. Program ANSYS merupakan program yang dapat menganalisis suatu struktur dengan metode elemen hingga (*finite element method*). *Output* dari analisa program ANSYS ini berupa pendekatan secara numerik. Oleh karena itu, Pada penelitian ini dilakukan studi numerik mengenai analisis kapasitas geser balok tinggi *lightweight geopolymer concrete* dengan variasi rasio tulangan geser terhadap beban monotonik menggunakan program ANSYS. Hasil analisis yang dibandingkan adalah kurva beban-lendutan dari setiap kapasitas geser balok tinggi.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian analisis kapasitas geser balok tinggi *lightweight geopolymer concrete* dengan variasi rasio tulangan geser adalah:

1. Bagaimana kapasitas geser balok tinggi dengan material beton bertulang serat baja dan material *lightweight geopolymer concrete* yang dianalisis menggunakan program ANSYS?
2. Bagaimana metode analisis elemen balok tinggi yang diberikan variasi rasio tulangan geser dengan material *lightweight geopolymer concrete* terhadap beban monotonik?

3. Bagaimana kapasitas geser balok tinggi yang diberikan variasi rasio tulangan geser dengan material *lightweight geopolymer concrete* terhadap beban monotonik?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian analisis kapasitas geser balok tinggi *lightweight geopolymer concrete* dengan variasi rasio tulangan geser, yaitu:

1. Mampu membandingkan dan memverifikasi kapasitas geser balok tinggi dari hasil penelitian Dang, dkk (2021) dengan hasil analisis program ANSYS.
2. Mampu menganalisis beban statik monotonik pada elemen struktur balok tinggi *lightweight geopolymer concrete* dengan variasi rasio tulangan geser dengan program ANSYS.
3. Mampu menganalisis kapasitas geser pada elemen struktur balok tinggi *lightweight geopolymer concrete* dengan variasi rasio tulangan geser terhadap beban monotonik.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup pada penelitian analisis kapasitas geser balok tinggi *lightweight geopolymer concrete* dengan variasi rasio tulangan geser diatur dalam lingkup:

1. Permodelan struktur balok tinggi pada program ANSYS berupa permodelan elemen jenis SOLID65 untuk merepresentasikan beton, SOLID45 untuk merepresentasikan pelat baja, dan LINK180 untuk merepresentasikan baja tulangan dengan metode analisa berupa elemen hingga.
2. Data sekunder diambil dari hasil penelitian eksperimental terdahulu oleh Dang, dkk (2021) tentang kapasitas geser struktur balok tinggi dengan variasi tulangan geser.
3. Permodelan stuktur yang digunakan dalam penelitian ini adalah permodelan balok tinggi tipe tipe N1, N2, N3 dengan material beton bertulang serat baja dan tipe G1, G2, dan G3 dengan material *lightweight geopolymer concrete*.

4. Data *properties* material *lightweight geopolymer concrete* didapatkan dari hibah penelitian Saloma, dkk. (2019) dengan nilai kuat tekan beton sebesar 51,803 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI (American Concrete Institute). (2019). *Building code requirements for structural concrete (ACI 318-19) and commentary*. ACI 318-19, Farmington Hills, MI.
- ASTM C 796, 2013. *Standard Test Method for Foaming Agents for Use in Producing Cellular Concrete Using Preformed Foam*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM D 2419, 2014. *Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM E8-04, 2004. *Standard test methods for tension testing of metallic materials*, ASTM international. West Conshohocken.
- ACI 213R-14. 2006. *Guide for Structural Lightweight-Aggregate Concrete*. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- ACI 374.1-05. 2006. *Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing and Commentary*. American Concrete Institute, Farmington Hills: MI.
- Albidah, A. S. (2023). Shear behaviour of metakaolin-fly ash based geopolymer concrete deep beams. *Engineering Structures*, 275, 115271.
- Ali, Moaz H. 2018. *Finite Element Analysis is a Powerful Approach to Predictive Manufacturing Parameters*. *Journal of University of Babylon*. 26(3).
- ANSYS Inc. 2013. ANSYS Mechanical APDL Introductory Tutorials. *United States of America*.
- ANSYS. 2011. ANSYS 14.0 Help Mechanical APDL. ANSYS Inc, United States of America.
- Almutairi, A. L., Tayeh, B. A., Adesina, A., Isleem, H. F., & Zeyad, A. M. (2021). Potential applications of geopolymer concrete in construction: A review. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00733.
- Badshah, M., Badshah, S., & Jan, S. (2020). Comparison of computational fluid dynamics and fluid structure interaction models for the performance prediction of tidal current turbines. *Journal of Ocean Engineering and*

Science, 5(2), 164-172.

- Choiron, dkk. 2014. Metode Elemen Hingga. *Malang: Universitas Brawijaya*.
- Dang, T. D., Tran, D. T., Nguyen-Minh, L., & Nassif, A. Y. (2021, October). *Shear resistant capacity of steel fibres reinforced concrete deep beams: An experimental investigation and a new prediction model*. In *Structures* (Vol. 33, pp. 2284-2300). Elsevier.
- Díaz, R. A. S., Nova, S. J. S., da Silva, M. C. T., Trautwein, L. M., & de Almeida, L. C. (2020). Reliability analysis of shear strength of reinforced concrete deep beams using NLFEA. *Engineering Structures*, 203, 109760.
- Dewi, S. U., & Prasetyo, F. (2021). Analisa Penambahan Bottom Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 2(02), 31-45.
- Elshahawi, M., Hückler, A., & Schlaich, M. (2021). Infra lightweight concrete: A decade of investigation (a review). *Structural Concrete*, 22, E152-E168.
- Gondokusumo, G. S., Venkateshwaran, A., Li, S., & Liew, J. R. (2023). Residual flexural tensile strength of normal-weight and lightweight steel fibre-reinforced concrete at elevated temperatures. *Construction and Building Materials*, 367, 130221.
- Hamdi, F., Lapian, F. E. P., Tumpu, M., Mabui, D. S. S., Raidyarto, A., Sila, A. A., & Rangan, P. R. (2022). *Teknologi Beton*. Tohar Media.
- Hardjito, D., Wallah, S. E., Sumajouw, D. M., & Rangan, B. V. (2004). On the development of fly ash-based geopolymer concrete. *Materials Journal*, 101(6), 467-472.
- Li, Z., Isoda, H., Kitamori, A., Nakagawa, T., Araki, Y., & Que, Z. (2022). Analytical model for the capacities of traditional Japanese timber frames with deep beams. *Engineering Structures*, 253, 113764.
- Manharawy, M. S., Mahmoud, A. A., El-Mahdy, O. O., & El-Diasity, M. H. (2022). Experimental and numerical investigation of lightweight foamed reinforced concrete deep beams with steel fibers. *Engineering Structures*, 260, 114202.
- Oliveira, J. M., Vieira, C. S., Silva, M. F., & Amorim, D. L. (2023). Fracture modelling of steel fibre reinforced concrete structures by the lumped

- damage mechanics: Application in precast tunnel segments. *Engineering Structures*, 278, 115487.
- Saloma, Hanafiah & Sutanto, M. (2019). Karakteristik Beton Ringan Geopolimer dengan Precursor Kaolin dan Fly Ash. Laporan Akhir Hibah Penelitian Unggulan Kompetitif Universitas Sriwijaya.
- Schumacher, K., Saßmannshausen, N., Pritzel, C., & Trettin, R. (2020). Lightweight aggregate concrete with an open structure and a porous matrix with an improved ratio of compressive strength to dry density. *Construction and Building Materials*, 264, 120167.
- Shyamala, G. (2022). Impact of reinforcement and geometry of deep beam—Research perspective. *Materials Today: Proceedings*.
- Thompson, M. K., & Thompson, J. M. (2017). *ANSYS mechanical APDL for finite element analysis*. Butterworth-Heinemann.
- Tayeh, B. A., Zeyad, A. M., Agwa, I. S., & Amin, M. (2021). Effect of elevated temperatures on mechanical properties of lightweight geopolimer concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00673.
- Wu, T., Yang, X., Wei, H., & Liu, X. (2019). Mechanical properties and microstructure of lightweight aggregate concrete with and without fibers. *Construction and Building Materials*, 199, 526-539.