

TUGAS AKHIR

**ANALISIS *PUNCHING SHEAR* PADA *FLAT SLAB*
GEOPOLYMER CONCRETE DENGAN VARIASI
RASIO TULANGAN LONGITUDINAL**



SULTHAN SYAH ALI

03011281924066

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

TUGAS AKHIR

ANALISIS *PUNCHING SHEAR* PADA *FLAT SLAB* *GEOPOLYMER CONCRETE* DENGAN VARIASI RASIO TULANGAN LONGITUDINAL

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



SULTHAN SYAH ALI

03011281924066

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS *PUNCHING SHEAR* PADA *FLAT SLAB*
GEOPOLYMER CONCRETE DENGAN VARIASI RASIO
TULANGAN LONGITUDINAL**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar

Sarjana Teknik

Oleh:

SULTHAN SYAH ALI

03011281924066

Palembang, Maret 2023
Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing I,



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

Dosen Pembimbing II,



Dr. Ir. Siti Aisvah 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 syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan Rahmat, Hidayah dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Analisis *Punching Shear* pada *Flat Slab* Geopolymer Concrete dengan Variasi Rasio Tulangan Longitudinal”. Pada kesempatan ini, penulis juga hendak mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu penyelesaian tugas akhir ini, diantaranya:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya dan Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penulisan tugas akhir.
4. Ibu Dr. Mona Foralisa Toyfur, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penelitian program ANSYS.
6. Orang tua, adik, keluarga, serta teman-teman yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan pengerjaan tugas akhir.

Besar harapan penulis agar proposal tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan berbagai pihak lain yang membutuhkannya, khususnya civitas akademika Program Studi Teknik Sipil.

Palembang, Maret 2023



Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
HALAMAN ABSTRAK.....	xiii
HALAMAN ABSTRACT	xiv
HALAMAN RINGKASAN.....	xv
HALAMAN SUMMARY.....	xvi
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xvii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	xviii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xix
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	xx
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	3
BAB 2	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Beton.....	4
2.1.1. Sifat dan Karakteristik Material Beton.....	5
2.1.2. Jenis-Jenis Material Penyusun Beton	6
2.2. Beton Geopolimer.....	9

2.3.	Baja	12
2.3.1.	Sifat Material Baja.....	12
2.3.2.	Jenis-Jenis Baja Tulangan	13
2.4.	Beban Statik Monotonik	14
2.5.	<i>Punching Shear</i>	15
2.6.	<i>Flat Slab</i>	15
2.7.	Pengertian Rasio Tulangan.....	18
2.8.	<i>Finite Element Analysis</i>	18
2.9.	Program ANSYS	19
BAB 3		21
METODOLOGI PENELITIAN.....		21
3.1.	Umum	21
3.2.	Studi Literatur.....	21
3.3.	Alur Penelitian	21
3.4.	Pengumpulan Data Sekunder.....	23
3.5.	Model Struktur.....	24
3.6.	<i>Boundary Condition</i>	27
3.7.	Pemodelan Struktur dengan Program ANSYS	28
3.8.	<i>Input Data ANSYS</i>	30
3.9.	<i>Meshing</i>	30
3.10.	<i>Solving</i>	30
3.11.	Analisis dan Pembahasan	30
BAB 4		31
ANALISIS DAN PEMBAHASAN		31
4.1.	Detail Struktur <i>Flat Slab</i> dengan Variasi Rasio Tulangan Longitudinal.....	31
4.2.	Pemodelan Struktur dengan ANSYS.....	33
4.3.	Data Input	38
4.5.1.	<i>Material Properties</i> Beton.....	39
4.5.2.	<i>Material Properties</i> Baja.....	39
4.5.3.	Pembebanan.....	39

4.4.	<i>Meshing</i> Elemen Struktur	40
4.5.	Analisis <i>Output</i> Program ANSYS	42
4.5.1.	Analisis <i>Output Flat Slab</i> Beton Agregat Ringan	42
4.5.2.	Analisis <i>Output Flat Slab</i> Beton Geopolimer	46
4.6.	Kontur Tegangan	48
4.6.1.	Kontur Tegangan <i>Flat Slab</i> Beton Agregat Ringan.....	49
4.6.2.	Kontur Tegangan <i>Flat Slab</i> Beton Geopolimer	53
4.7.	Kontur Defleksi	58
4.7.1.	Kontur Defleksi <i>Flat Slab</i> Beton Agregat Ringan.....	58
4.7.2.	Kontur Defleksi <i>Flat Slab</i> Beton Geopolimer	60
4.8.	Daktilitas Struktur <i>Flat Slab</i>	63
4.8.1.	Daktilitas <i>Flat Slab</i> Eksperimental	63
4.8.2.	Daktilitas Model <i>Flat Slab</i> Beton Agregat Ringan.....	66
4.8.3.	Daktilitas Model <i>Flat Slab</i> Beton Geopolimer	68
4.9.	Kekakuan Struktur <i>Flat Slab</i>	71
4.9.1.	Kekakuan <i>Flat Slab</i> Eksperimental.....	71
4.9.2.	Kekakuan Model <i>Flat Slab</i> Beton Agregat Ringan	73
4.9.3.	Kekakuan Model <i>Flat Slab</i> Beton Geopolimer.....	75
4.10.	Energi Disipasi Struktur <i>Flat Slab</i>	77
4.9.1.	Energi Disipasi <i>Flat Slab</i> Eksperimental	77
4.9.2.	Energi Disipasi Model <i>Flat Slab</i> Beton Agregat Ringan.....	79
4.9.3.	Energi Disipasi Model <i>Flat Slab</i> Beton Geopolimer	81
4.11.	Pengaruh Geser Terhadap Variasi Rasio Tulangan.....	84
BAB 5		86
PENUTUP.....		86
5.1.	Kesimpulan.....	86
5.2.	Saran	87
DAFTAR PUSTAKA		88

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Proses Konversi <i>Fly Ash</i> Menjadi Beton Geopolimer.....	10
2.2. Distribusi Ukuran Pori pada Pasta Geopolimer Berbasis <i>Fly Ash</i> dengan Aktivator Berbeda.....	10
2.3. Jenis Baja Tulangan.....	14
2.4. Penampang Kritis pada Keruntuhan Geser-Pons.....	15
2.5. <i>Flat Slab</i> dengan <i>Column Capital</i> dan <i>Drop Panel</i>	16
2.6. Sistem Konstruksi untuk Struktur Beton.....	17
2.7. Pekiraan Batas Bentang untuk Berbagai Sistem Beton.....	17
3.1. Diagram Proses Alur Penelitian.....	23
3.2. Kurva Tegangan-Regangan <i>Lightweight Aggregate Concrete</i> dan <i>Geopolymer Concrete</i>	25
3.3. Detail Penulangan <i>Flat Slab</i>	25
3.4. Model Struktur LC-0,47-0.....	26
3.5. Model Struktur LC-0,86-0.....	26
3.6. Model Struktur LC-1,23-0.....	26
3.7. <i>Set up</i> Pembebanan.....	27
3.8. Pemodelan Struktur dengan ANSYS.....	29
4.1. Detail Model Struktur <i>Flat Slab</i> dengan Variasi Rasio Tulangan.....	33
4.2. <i>Nodes Flat Slab</i> Model LC-0,47-0 dan A1.....	34
4.3. Elemen SOLID65 dan SOLID45 pada Model LC-0,47-0 dan A1.....	34
4.4. <i>Nodes Flat Slab</i> Model LC-0,86-0 dan A2.....	35
4.5. Elemen SOLID65 dan SOLID45 pada Model LC-0,86-0 dan A2.....	35
4.6. <i>Nodes Flat Slab</i> Model LC-1,23-0 dan A3.....	36
4.7. Elemen SOLID65 dan SOLID45 pada Model LC-1,23-0 dan A3.....	36
4.8. Elemen LINK180 Model LC-0,47-0 dan A1.....	37
4.9. Elemen LINK180 Model LC-0,86-0 dan A2.....	37
4.10. Elemen LINK180 Model LC-1,23-0 dan A3.....	38
4.11. <i>Meshing</i> Model Struktur <i>Flat Slab</i>	41
4.12. Perbandingan Grafik Geser (P)-Defleksi Model LC-0,47-0.....	43

4.13. Perbandingan Grafik Geser (P)-Defleksi Model LC-0,86-0.....	43
4.14. Perbandingan Grafik Geser (P)-Defleksi Model LC-1,23-0.....	44
4.15. Perbandingan Grafik Geser (P)-Defleksi Ekperimental	44
4.16. Perbandingan Grafik Geser (P)-Defleksi Beton Agregat Ringan.....	45
4.17. Grafik Hubungan Geser (P)-Defleksi untuk Model A1	46
4.18. Grafik Hubungan Geser (P)-Defleksi untuk Model A2.....	47
4.19. Grafik Hubungan Geser (P)-Defleksi untuk Model A3.....	47
4.20. Grafik Hubungan Geser (P)-Defleksi untuk Model A1, A2, dan A3	48
4.21. Kontur Tegangan <i>Flat Slab</i> Model LC-0,47-0 BAR.....	50
4.22. Kontur Tegangan <i>Flat Slab</i> Model LC-0,86-0 BAR.....	51
4.23. Kontur Tegangan <i>Flat Slab</i> Model LC-1,23-0 BAR.....	53
4.24. Kontur Tegangan <i>Flat Slab</i> Model A1-0,47 Beton Geopolimer	54
4.25. Kontur Tegangan <i>Flat Slab</i> Model A2-0,86 Beton Geopolimer	56
4.26. Kontur Tegangan <i>Flat Slab</i> Model A3-1,23 Beton Geopolimer	57
4.27. Kontur Defleksi Model LC-0,47-0 Beton Agregat Ringan	58
4.28. Kontur Defleksi Model LC-0,86-0 Beton Agregat Ringan	59
4.29. Kontur Defleksi Model LC-1,23-0 Beton Agregat Ringan	60
4.30. Kontur Defleksi Model A1 Beton Geopolimer	61
4.31. Kontur Defleksi Model A2 Beton Geopolimer	62
4.32. Kontur Defleksi Model A3 Beton Geopolimer	63
4.33. Kurva <i>Envelope Flat Slab</i> Model LC-0,47-0 Eksperimental BAR	64
4.34. Kurva <i>Envelope Flat Slab</i> Model LC-0,86-0 Eksperimental BAR	65
4.35. Kurva <i>Envelope Flat Slab</i> Model LC-1,23-0 Eksperimental BAR	65
4.36. Kurva <i>Envelope Flat Slab</i> Model LC-0,47-0 Material BAR.....	67
4.37. Kurva <i>Envelope Flat Slab</i> Model LC-0,86-0 Material BAR.....	67
4.38. Kurva <i>Envelope Flat Slab</i> Model LC-1,23-0 Material BAR.....	68
4.39. Kurva <i>Envelope Flat Slab</i> Model A1 Beton Geopolimer.....	69
4.40. Kurva <i>Envelope Flat Slab</i> Model A2 Beton Geopolimer.....	70
4.41. Kurva <i>Envelope Flat Slab</i> Model A3 Beton Geopolimer.....	70
4.42. Kurva Hubungan Kekakuan dan <i>Load Step Flat Slab</i> Eksperimental.....	71
4.43. Kurva Hubungan Degradasi Kekakuan dan <i>Load Step Flat Slab</i> Eksperimental	72

4.44. Kurva Hubungan Kekakuan dan <i>Load Step Flat Slab</i> Material BAR.....	73
4.45. Kurva Hubungan Degradasi Kekakuan dan <i>Load Step Flat Slab</i> Material BAR.....	74
4.46. Kurva Hubungan Kekakuan dan <i>Load Step Flat Slab</i> Material Beton Geopolimer	75
4.47. Kurva Hubungan Degradasi Kekakuan dan <i>Load Step Flat Slab</i> Material Beton Geopolimer.....	76
4.48. Luasan Energi Disipasi <i>Flat Slab</i> Model LC-0,47-0 Eksperimental.....	77
4.49. Luasan Energi Disipasi <i>Flat Slab</i> Model LC-0,86-0 Eksperimental.....	78
4.50. Luasan Energi Disipasi <i>Flat Slab</i> Model LC-1,23-0 Eksperimental.....	78
4.51. Luasan Energi Disipasi <i>Flat Slab</i> Model LC-0,47-0 Material BAR	79
4.52. Luasan Energi Disipasi <i>Flat Slab</i> Model LC-0,86-0 Material BAR	80
4.53. Luasan Energi Disipasi <i>Flat Slab</i> Model LC-1,23-0 Material BAR	80
4.54. Luasan Energi Disipasi <i>Flat Slab</i> Model A1 Material GPC.....	82
4.55. Luasan Energi Disipasi <i>Flat Slab</i> Model A2 Material GPC.....	82
4.56. Luasan Energi Disipasi <i>Flat Slab</i> Model A3 Material GPC.....	83
4.57. Grafik Pengaruh Geser Terhadap Variasi Tulangan Longitudinal.....	85

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Hubungan tingkat Workabilitas, Nilai Slump dan Tingkat Kepadatan Adukan.....	5
2.2. Kesimpulan Kemampuan Beton Geopolimer pada Struktur	10
2.3. Karakteristik Baja Tulangan	14
2.4. Sifat-Sifat Mekanis Baja Tulangan.....	14
4.1. Variasi Tulangan Longitudinal	31
4.2. <i>Material Properties</i>	38
4.3. <i>Material Properties</i> Beton.....	39
4.4. <i>Material Properties</i> Baja Tulangan.....	39
4.5. Presentase Selisih Nilai Defleksi Maksimum.....	45
4.6. Nilai Geser (P) Maksimum dan Defleksi Maksimum <i>Flat Slab</i> Beton Geopolimer dengan Berbagai Variasi Tulangan Longitudinal.....	48
4.7. Penentuan Titik Leleh dan Nilai Daktilitas <i>Flat Slab</i> Eksperimental BAR .	64
4.8. Penentuan Titik Leleh dan Nilai Daktilitas <i>Flat Slab</i> Material BAR.....	66
4.9. Presentase Selisih Nilai Daktilitas	68
4.10. Penentuan Titik Leleh dan Nilai Daktilitas <i>Flat Slab</i> Material Beton Geopolimer	69
4.11. Kekakuan dan Degradasi Kekakuan <i>Flat Slab</i> Eksperimental	72
4.12. Kekakuan dan Degradasi Kekakuan <i>Flat Slab</i> Beton Agregat Ringan	74
4.13. Kekakuan dan Degradasi Kekakuan <i>Flat Slab</i> Beton Geopolimer	76
4.14. Rekapitulasi Nilai Energi Disipasi <i>Flat Slab</i> Eksperimental BAR	79
4.15. Rekapitulasi Nilai Energi Disipasi <i>Flat Slab</i> Material BAR	81
4.16. Besar Selisih Energi Disipasi <i>Flat Slab</i> Eksperimental dan Hasil Analisis Menggunakan ANSYS	81
4.17. Rekapitulasi Nilai Energi Disipasi <i>Flat Slab</i> Material GPC	83
4.18. Pengaruh Geser Terhadap Variasi Tulangan Longitudinal	84

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Lampiran Penjabaran Perhitungan Geser	87
2. Lembar Asistensi Dosen Pembimbing I	89
3. Lembar Asistensi Dosen Pembimbing II.....	90
4. Hasil Sidang Sarjana/Ujian Tugas Akhir.....	91
5. Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir	92
6. Surat Keterangan Selesai Revisi Tugas Akhir.....	93

ANALISIS *PUNCHING SHEAR* PADA *FLAT SLAB* *GEOPOLYMER CONCRETE* DENGAN VARIASI RASIO TULANGAN LONGITUDINAL

Sulthan Syah Ali¹⁾, Saloma²⁾, Siti Aisyah Nurjannah³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: sulthan.ssa@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

Abstrak

Geopolymer concrete merupakan jenis beton yang penggunaan semen portland sebagai pengikat pada campuran beton dapat digantikan sebagian atau sepenuhnya dengan limbah hasil pembakaran batu bara seperti *fly ash*. Contoh penggunaan jenis beton tersebut *Flat Slab*. *Flat slab* adalah jenis pelat beton bertulang dua arah yang tidak menggunakan balok dan gelagar, sehingga beban langsung ditopang oleh kolom. Karena tidak memiliki balok yang berfungsi sebagai penahan tegangan geser, maka dapat menimbulkan tegangan geser atau *punching shear* pada *slab*. Pengujian eksperimental tentang perilaku *flat slab* terhadap beban monotonik seperti *punching shear* dari penelitian terdahulu dapat dilakukan menggunakan *finite element method*. *Finite element method* biasanya digunakan untuk memvalidasi hasil pengujian ekperimental yang telah dilakukan. Dari hasil analisis *finite element method* menggunakan program ANSYS Mechanical APDL diperoleh kurva beban-defleksi, kontur tegangan, kontur defleksi, daktilitas, kekakuan struktur, energi disipasi, dan pengaruh *punching shear* (geser) terhadap rasio tulangan longitudinal. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa material beton geopolimer dapat digunakan untuk menggantikan beton agregat ringan terutama bila digunakan bersamaan dengan rasio tulangan longitudinal yang memiliki nilai tinggi pada *flat slab*, karena beton geopolimer memiliki kuat geser nominal dengan nilai lebih tinggi dari kuat geser ultimit ($V_u \leq 0,75V_n$).

Kata Kunci: *Flat Slab*, *finite element method*, *punching shear*, beton geopolimer

Palembang, Maret 2023

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing II,

Dosen Pembimbing I,



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

NIP. 197610312002122001



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

NIP. 197705172008012039



ANALISIS PUNCHING SHEAR PADA FLAT SLAB GEOPOLYMER CONCRETE DENGAN VARIASI RASIO TULANGAN LONGITUDINAL

Sulthan Syah Ali¹⁾, Saloma²⁾, Siti Aisyah Nurjannah³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: sulthan.ssa@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

Geopolymer concrete is a type of concrete in which the use of portland cement as a binder in the concrete mix can be partially or completely replaced with coal combustion waste such as fly ash. An example of using this type of concrete is Flat Slab. Flat slab is a type of two-way reinforced concrete slab that does not use beams and girders, so that the load is directly supported by the columns. Because it does not have a beam that functions as a barrier to shear stress, it can cause shear stress or punching shear in the slab. Experimental testing of flat slab behavior against monotonic loads such as punching shear from previous studies can be carried out using the finite element method. The finite element method is usually used to validate the results of experimental tests that have been carried out. From the results of finite element analysis using the ANSYS Mechanical APDL program, load-deflection curves, stress contours, deflection contours, ductility, structural stiffness, energy dissipation, and the effect of punching shear on the longitudinal reinforcement ratio are obtained. From the results of the analysis it can be concluded that geopolymer concrete material can be used to replace lightweight aggregate concrete, especially when used together with a longitudinal reinforcement ratio which has a high value in flat slabs, because geopolymer concrete has a nominal shear strength with a higher value than ultimate shear strength ($V_u \leq 0.75V_n$).

Keywords: Flat Slab, finite element method, punching shear, geopolymer concrete

Palembang, Maret 2023

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing II,

Dosen Pembimbing I,



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

RINGKASAN

ANALISIS *PUNCHING SHEAR* PADA *FLAT SLAB GEOPOLYMER CONCRETE* DENGAN VARIASI RASIO TULANGAN LONGITUDINAL

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, 15 Maret 2023

Sulthan Syah Ali; 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

xx + 93 halaman, 72 gambar, 22 tabel

Geopolymer concrete merupakan jenis beton yang penggunaan semen portland sebagai pengikat pada campuran beton dapat digantikan sebagian atau sepenuhnya dengan limbah hasil pembakaran batu bara seperti *fly ash*. Contoh penggunaan jenis beton tersebut *Flat Slab*. *Flat slab* adalah jenis pelat beton bertulang dua arah yang tidak menggunakan balok dan gelagar, sehingga beban langsung ditopang oleh kolom. Karena tidak memiliki balok yang berfungsi sebagai penahan tegangan geser, maka dapat menimbulkan tegangan geser atau *punching shear* pada *slab*. Pengujian eksperimental tentang perilaku *flat slab* terhadap beban monotonik seperti *punching shear* dari penelitian terdahulu dapat dilakukan menggunakan *finite element method*. *Finite element method* biasanya digunakan untuk memvalidasi hasil pengujian ekperimental yang telah dilakukan. Dari hasil analisis *finite element method* menggunakan program ANSYS *Mechanical APDL* diperoleh kurva beban-defleksi, kontur tegangan, kontur defleksi, daktilitas, kekakuan struktur, energi disipasi, dan pengaruh *punching shear* (geser) terhadap rasio tulangan longitudinal. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa material beton geopolimer dapat digunakan untuk menggantikan beton agregat ringan terutama bila digunakan bersamaan dengan rasio tulangan longitudinal yang memiliki nilai tinggi pada *flat slab*, karena beton geopolimer memiliki kuat geser nominal dengan nilai lebih tinggi dari kuat geser ultimit ($V_u \leq 0,75V_n$).

Kata Kunci: *Flat Slab*, *finite element method*, *punching shear*, beton geopolimer

SUMMARY

PUNCHING SHEAR ANALYSIS OF GEOPOLYMER CONCRETE FLAT SLAB WITH VARIATION OF LONGITUDINAL REINFORCEMENT RATIO

Scientific papers in form of Final Projects, March 15th 2023

Sulthan Syah Ali; Guided by Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. and Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xx + 93 pages, 72 images, 22 tables

Geopolymer concrete is a type of concrete in which the use of portland cement as a binder in the concrete mix can be partially or completely replaced with coal combustion waste such as fly ash. An example of using this type of concrete is Flat Slab. Flat slab is a type of two-way reinforced concrete slab that does not use beams and girders, so that the load is directly supported by the columns. Because it does not have a beam that functions as a barrier to shear stress, it can cause shear stress or punching shear in the slab. Experimental testing of flat slab behavior against monotonic loads such as punching shear from previous studies can be carried out using the finite element method. The finite element method is usually used to validate the results of experimental tests that have been carried out. From the results of finite element analysis using the ANSYS Mechanical APDL program, load-deflection curves, stress contours, deflection contours, ductility, structural stiffness, energy dissipation, and the effect of punching shear on the longitudinal reinforcement ratio are obtained. From the results of the analysis it can be concluded that geopolymer concrete material can be used to replace lightweight aggregate concrete, especially when used together with a longitudinal reinforcement ratio which has a high value in flat slabs, because geopolymer concrete has a nominal shear strength with a higher value than ultimate shear strength ($V_u \leq 0.75V_n$).

Keywords: Flat Slab, finite element method, punching shear, geopolymer concrete

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sulthan Syah Ali

NIM : 03011281924066

Judul : Analisis *Punching Shear* pada *Flat Slab* Geopolymer Concrete dengan Variasi Rasio Tulangan Longitudinal

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, Maret 2023



Sulthan Syah Ali
NIM. 03011281924066

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis *Punching Shear* pada *Flat Slab Geopolymer Concrete* dengan Variasi Rasio Tulangan Longitudinal” yang disusun oleh Sulthan Syah Ali, 03011281924066 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 Maret 2023.

Palembang, 15 Maret 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. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002

Ketua Jurusan Teknik Sipil



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

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sulthan Syah Ali

NIM : 03011281924066

Judul : Analisis *Punching Shear* pada *Flat Slab* Geopolymer Concrete dengan Variasi Rasio Tulangan Longitudinal

Memberikan izin kepada Pembimbing 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, Maret 2023



Sulthan Syah Ali
NIM. 03011281924066

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Sulthan Syah Ali
Tempat, Tanggal lahir : Jakarta, 24 September 2001
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Status : Belum menikah
Agama : Islam
Warga Negara : Indonesia
Nomor HP : 081290658288
E-mail : sulthan.ssa@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SDI Nur Hikmah			SD	2007-2013
SMP Ibnu Hajar Boarding School			SMP	2013-2016
SMA Ibnu Hajar Boarding School		MIPA	SMA	2016-2019
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2019-2023

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan hormat,



Sulthan Syah Ali
NIM. 03011281924066

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton adalah bahan yang umum digunakan dalam konstruksi bangunan, seperti gedung, jalan, bendungan, dan bangunan lainnya. Beton yang digunakan dalam konstruksi bangunan biasanya adalah beton normal atau dikenal juga sebagai beton konvensional, dengan berat jenis sekitar 2400 kg/m³. Komposisi beton konvensional terdiri dari air, semen, agregat halus, dan agregat kasar, (SNI 2847, 2019).

Beton digunakan pada bagian-bagian struktural bangunan seperti balok, kolom, pelat lantai, dan pondasi. Namun, berat jenis beton konvensional yang cukup tinggi dapat menyebabkan beban mati yang besar dan meningkatkan risiko kecelakaan. Cara untuk mengurangi risiko tersebut adalah dengan mengurangi berat jenis beton.

Dalam rangka mengurangi berat jenis beton, dilakukan penelitian yang menghasilkan beton ringan atau yang juga dikenal sebagai *lightweight concrete*. Beton ringan memiliki berat jenis berkisar antara 600 hingga 1600 kg/m³. Hal ini terjadi karena penggantian agregat pada beton dengan material lain, (ACI 318M, 2019).

Jenis beton lain yang mengganti material penyusun utama adalah *Geopolymer Concrete (GPC)*. *Geopolymer concrete* merupakan jenis beton yang penggunaan semen portland sebagai pengikat pada campuran beton dapat digantikan sebagian atau sepenuhnya dengan limbah hasil pembakaran batu bara seperti *fly ash*.

Beton-beton tersebut dapat digunakan sebagai pengganti dari beton konvensional pada struktur dari suatu bangunan. Contoh penggunaan jenis beton tersebut dapat diaplikasikan pada pelat dari suatu gedung baik pelat satu arah, maupun pelat dua arah contohnya *Flat Slab*.

Pelat dua arah merupakan sistem struktur yang unik pada konstruksi beton bertulang dan sering digunakan karena efisien dan ekonomis. Pelat dua arah

memiliki beberapa variasi bentuk salah satunya adalah *Flat Slab*. *Flat slab* adalah jenis pelat beton bertulang dua arah yang tidak menggunakan balok dan gelagar, sehingga beban langsung ditopang oleh kolom. Karena tidak memiliki balok yang berfungsi sebagai penahan tegangan geser, maka dapat menimbulkan tegangan geser atau *punching shear* pada kolom, (Primakov & Leo, 2019).

Pengujian eksperimental tentang perilaku flat slab terhadap beban monotonik seperti *punching shear* dari penelitian Urban dkk., 2019 dapat dilakukan menggunakan *finite element method*. Penggunaan *finite element method* biasanya diperlukan untuk memvalidasi hasil pengujian ekperimental yang telah dilakukan.

Terdapat banyak program yang menggunakan *finite element method* sebagai dasar untuk menganalisis struktur dan salah satu program tersebut adalah ANSYS. Dalam program ANSYS terutama ANSYS *Mechanical APDL* yang digunakan dalam penelitian ini, objek pengujian dimodelkan dan dibagi menjadi bagian yang lebih kecil, lalu dihubungkan dengan *nodes* antar bagian. Hasil dari pengujian ini berupa pendekatan dengan menggunakan analisis numerik.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan perilaku *flat slab* terhadap beban monotonik seperti *punching shear* dengan variasi rasio tulangan longitudinal pada *flat slab*.

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian yang akan dilakukan, terdapat beberapa rumusan masalah yang harus diselesaikan, antara lain:

1. Bagaimana hasil analisis *flat slab geopolymer concrete* terhadap beban monotonik *punching shear* apabila rasio tulangan longitudinal divariasikan, menggunakan program ANSYS?
2. Bagaimana hubungan antara beban dengan deformasi pada *flat slab geopolymer concrete* dengan variasi rasio tulangan longitudinal?
3. Bagaimana pengaruh *punching shear* pada *flat slab geopolymer concrete* dengan variasi rasio tulangan longitudinal?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini menyesuaikan dengan rumusan masalah yang ada, yaitu:

1. Untuk mengetahui dan menganalisis hubungan antara beban dengan deformasi pada *flat slab geopolymer concrete* dengan rasio variasi tulangan longitudinal.
2. Untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh *punching shear* pada *flat slab geopolymer concrete* dengan variasi rasio tulangan longitudinal.
3. Untuk mengetahui hasil analisis *flat slab geopolymer concrete* terhadap beban monotonik *punching shear* apabila rasio tulangan longitudinal divariasikan, dengan bantuan program ANSYS.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup untuk penelitian pemodelan numerik pada *flat slab geopolymer concrete* dibatasi pada:

1. Penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisis *flat slab* dengan *finite element method* menggunakan program ANSYS Mechanical APDL 2022.
2. *Flat slab geopolymer concrete* dimodelkan berdasarkan penelitian sebelumnya. Data karakteristik beton geopolimer diambil dari penelitian Zulfiati dkk., (2019), dengan kuat tekan beton 41,468 MPa.
3. Pada penelitian ini, digunakan beban monotonik berupa *punching shear*.
4. Detail geometri struktur *flat slab* didasarkan pada penelitian terdahulu oleh Urban, dkk., (2019)

DAFTAR PUSTAKA

- Aleem, M. I. A., & Arumairaj, P. D. (2012). GEOPOLYMER CONCRETE - A REVIEW, *1*(2), 118–122. <https://doi.org/10.7323/ijeset/v1>
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 318-19: Building code requirements for structural concrete. (2019). An ACI Standard. *ACI committee 318*.
- Ariestadi, D. (2008). *Teknik Struktur Bangunan Jilid III*. Jakarta: Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah.
- ASTM C494. (2020). Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete. *ASTM International, 04*, 1–9.
- Hamdi, F., Lopian, F. E., Tumpu, M., Mansyur, Irianto, Mabui, D. S. S., ... Hamkah. (2022). *TEKNOLOGI BETON*. (Irianto, M. Tumpu, Mansyur, & Mahyuddin, Ed.). Makassar: Tohar Media.
- Liu, G. R., & Trung, N. (2021). The Finite Element Method. *Smoothed Finite Element Methods*, 51–156. <https://doi.org/10.1201/ebk1439820278-5>
- Ma, C., Zawawi, A., & Omar, W. (2018). Structural and material performance of geopolymer concrete : A review. *Construction and Building Materials, 186*, 90–102. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.111>
- Panennungi, T., & Pertiwi, N. (2018). *Ilmu bahan Bangunan*. Badan Penerbit UNM. Makassar: Badan Penerbit UNM.
- Patil, S. S., & Manekari, S. S. (2013). Analysis of Reinforced Beam-Column Joint Subjected to Monotonic Loading. *International journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, *2*(10), 149–158.
- Primakov, A., & Leo, E. (2019). Kajian Efisiensi Sistem Flat Slab Dengan Metode Post-Tension Dan Konvensional. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, *2*(1), 133.
- Singh, B., Ishwarya, G., Gupta, M., & Bhattacharyya, S. K. (2015). Geopolymer concrete : A review of some recent developments. *Construction and Building*

- Materials*, 85, 78–90. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.03.036>
- SNI 2052. (2017). Baja tulangan beton. *Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI 2847. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Standar Nasional Indonesia*, (8), 720.
- SNI 7974:2013. (2013). Spesifikasi air pencampur yang digunakan dalam produksi beton semen hidraulis (ASTM C1602–06, IDT) SNI 7974-2013. *Badan Standardisasi Nasional*, 27(5), 596–602.
- Supit, S. W. M., & Mait, R. E. G. (2020). *Dasar-Dasar Perencanaan Struktur Baja*. Manado: POLIMODO PRESS.
- Thompson, K. M., & Thompson, J. (2017). *ANSYS Mechanical APDL for Finite Element Analysis*. ANSYS Mechanical APDL for Finite Element Analysis.
- Urban, T., Gołdyn, M., Krawczyk, Ł., & Sowa, Ł. (2019). Experimental investigations on punching shear of lightweight aggregate concrete flat slabs. *Engineering Structures*, 197(July), 109371. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109371>
- Zardi, M. (2019). Perilaku Punching Shear Pada Hubungan Kolom Bulat Dengan Flat Slab Akibat Beban Tekan Aksial. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 1(1), 1–14. <https://doi.org/10.30601/jtsu.v1i1.1>
- Zulfiati, R., Saloma, & Idris, Y. (2019). Mechanical Properties of Fly Ash-Based Geopolymer with Natural Fiber. *Journal of Physics: Conference Series*, 1198(8). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1198/8/082021>