

TUGAS AKHIR

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



**FARADIBA
03011181924149**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

TUGAS AKHIR

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

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



**FARADIBA
03011181924149**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

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

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik

Oleh:

FARADIBA

03011181924149

Palembang, Maret 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 kehadiran Allah SWT atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisis *Punching Shear* pada *Flat Slab Geopolymer Concrete* dengan Variasi Tulangan Geser”. Tugas akhir atau skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk melanjutkan tugas akhir Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya. Dalam proses penyelesaian 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. 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 dan dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bantuan, ilmu dan dorongan selama proses belajar di masa perkuliahan.
3. Ibu 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. Ibu 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. Ibu Dr. Mona Foralisa Toyfur, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
6. Orang tua tercinta, keluarga, sahabat serta teman-teman yang telah memberikan dukungan, semangat, doa, usaha dan nasihat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman mahasiswa teknik sipil angkatan 2019 yang selalu mendukung dan membantu penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dalam penulisannya. Oleh karena itu, diharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca agar penelitian kedepannya dapat menjadi lebih baik 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 memberikan manfaat bagi kita semua, khususnya bagi penulis pribadi dan bagi civitas akademika Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.

Palembang, Maret 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'A. S. S.', with a small dot above the first letter and a horizontal line below the last letter.

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
HALAMAN ABSTRAK.....	xv
HALAMAN ABSTRACT	xvi
HALAMAN RINGKASAN.....	xvii
HALAMAN SUMMARY.....	xviii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xix
HALAMAN PERSETUJUAN.....	xx
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xxi
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	xxii
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. Material Beton	6
2.2. <i>Geopolymer Concrete</i>	6
2.3. Sifat Mekanik Beton	10
2.4. <i>Flat Slab</i>	13
2.5. <i>Punching Shear</i>	19
2.6. Baja Tulangan.....	21
2.6.1. Kuat Tarik Baja.....	22

2.6.2. Modulus Elastisitas Baja.....	23
2.6.3. Jenis Tulangan Baja.....	24
2.7. Tulangan Geser.....	26
2.8. Beban Monotonik.....	27
2.9. Daktilitas.....	28
2.10. Kekakuan.....	30
2.11. Energi Disipasi.....	30
2.12. Geser.....	31
2.13. <i>Finite Element Analysis</i>	32
2.13.1. Matriks pada <i>Finite Element Method</i>	34
2.14. Program ANSYS.....	36
2.14.1. Proses Simulasi Program ANSYS.....	37
2.14.2. Elemen ANSYS.....	38
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	40
3.1. Umum.....	40
3.2. Studi Literatur.....	40
3.3. Alur Penelitian.....	40
3.4. Pengumpulan Data Sekunder.....	42
3.5. Model Struktur.....	44
3.6. Pemodelan Struktur pada Program ANSYS.....	46
3.7. <i>Boundary Condition</i>	48
3.8. <i>Meshing</i>	49
3.9. <i>Solving</i>	50
3.10. <i>Analisis dan Pembahasan</i>	50
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	51
4.1. <i>Detail Model Struktur Flat Slab</i> dengan Variasi Tulangan Geser.....	51
4.2. Pemodelan Struktur dengan ANSYS.....	52
4.3. <i>Input Data</i>	54
4.3.1. Data Properti Material Beton.....	55
4.3.2. Data Properti Material Baja.....	55
4.3.3. Pembebanan.....	56

4.4.	<i>Meshing</i> Pemodelan Struktur.....	56
4.5.	Analisis <i>Output</i> ANSYS	57
4.5.1.	Analisis <i>Output Normal Concrete</i>	57
4.5.2.	Analisis <i>Output Geopolymer Concrete</i>	61
4.6.	Kontur Tegangan	63
4.6.1.	Kontur Tegangan <i>Flat Slab</i> dengan <i>Normal Concrete</i>	64
4.6.2.	Kontur Tegangan <i>Flat Slab</i> dengan <i>Geopolymer Concrete</i>	68
4.7.	Kontur Defleksi	72
4.7.1.	Kontur Defleksi <i>Flat Slab</i> dengan <i>Normal Concrete</i>	73
4.7.2.	Kontur Defleksi <i>Flat Slab</i> dengan <i>Geopolymer Concrete</i>	75
4.8.	Daktilitas.....	77
4.8.1.	Daktilitas Struktur <i>Flat Slab</i> Eksperimental	78
4.8.2.	Daktilitas Struktur <i>Flat Slab Normal Concrete</i>	79
4.8.3.	Daktilitas Struktur <i>Flat Slab Geopolymer Concrete</i>	82
4.9.	Kekakuan	84
4.9.1.	Kekakuan Struktur <i>Flat Slab</i> Eksperimental.....	85
4.9.2.	Kekakuan Struktur <i>Flat Slab Normal Concrete</i>	87
4.9.3.	Kekakuan Struktur <i>Flat Slab Geopolymer Concrete</i>	89
4.10.	Energi Disipasi.....	90
4.10.1.	Energi Disipasi Struktur <i>Flat Slab</i> Eksperimental	91
4.10.2.	Energi Disipasi Struktur <i>Flat Slab Normal Concrete</i>	92
4.10.3.	Energi Disipasi Struktur <i>Flat Slab Geopolymer Concrete</i>	94
4.11.	Pengaruh Gaya Geser Vertikal terhadap Variasi Tulangan Geser.....	96
BAB 5 PENUTUP		98
5.1.	Kesimpulan	98
5.2.	Saran	100
DAFTAR PUSTAKA		101

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Proses konversi <i>fly ash</i> menjadi beton geopolimer (Singh dkk., 2015).....	6
Gambar 2.2 Hubungan tegangan dan regangan kuat tekan beton (Li, 2011).....	11
Gambar 2.3 Perbandingan kurva tegangan dan regangan antara beton	13
Gambar 2.4 Kurva perpindahan akibat gaya tarik (Li, 2011)	13
Gambar 2.5 Tipe-tipe <i>flat slab</i> ; (a) <i>flat slab</i> with <i>beam</i> ; (b) <i>flat slab</i> ; (c) <i>flat slab</i> with <i>column capital</i> ; (d) <i>flat slab</i> with <i>drop panel</i> ; (e) <i>flat slab</i> with <i>waffle slab</i> (Ali, dkk., 2020).....	14
Gambar 2.6 Model struktur <i>flat slab</i> beserta spesifikasinya (Lima, dkk., 2020)..	15
Gambar 2.7 Model struktur <i>flat slab</i> (Shatarat, dkk., 2022)	16
Gambar 2.8 Kurva beban dan defleksi pada specimen dengan jarak 100 (Shatarat, dkk. 2022).....	16
Gambar 2.9 Detail model struktur <i>flat slab</i> (Urban, dkk., 2019).....	17
Gambar 2.10 Kurva hubungan beban dan defleksi dari spesimen: (a) LC-0.47, (b) LC-0.86, (c) LC-1.23, (d) LC-1.75 (Urban, dkk. 2019).....	18
Gambar 2.11 Detail model struktur <i>flat slab</i> (Elsayed, dkk., 2021)	18
Gambar 2.12 Kurva beban dan defleksi specimen S01 (Elsayed, dkk. 2021)	19
Gambar 2.13 Kurva beban dan defleksi specimen S01 (Elsayed, dkk. 2021)	20
Gambar 2.14 Pola retak dan keruntuhan <i>flat slab</i> (Lima, dkk., 2020).....	21
Gambar 2.15 Kurva tegangan dan regangan baja (Setiawan, 2008)	23
Gambar 2.16 Peningkatan kurva tegangan dan regangan baja (Setiawan, 2008).....	23
Gambar 2.17 Baja tulangan polos (SNI 2052, 2017)	25
Gambar 2. 18 Jenis-jenis baja tulangan ulir atau sirip: (a) ulir/sirip curam; (b) ulir/sirip tulang ikan; (c) ulir/sirip bamboo (SNI 2052, 2017).....	25
Gambar 2.19 (a) <i>Set up</i> rencana <i>flat slab</i> (b) <i>Set up</i> pembebanan <i>flat slab</i>	28
Gambar 2.20 Energi disipasi pada pembebanan monotonik (Decanini, 2005).....	31
Gambar 2.21 Elemen dengan satu dimensi (Choiron, dkk., 2014)	34
Gambar 2.22 Elemen dengan dua dimensi (Choiron, dkk., 2014).....	34
Gambar 2.23 Elemen dengan tiga dimensi (Choiron, dkk., 2014).....	34

Gambar 2.24 Model elemen SOLID65 (ANSYS Inc., 2013)	38
Gambar 2.25 Model elemen SOLID45 (ANSYS Inc., 2013)	39
Gambar 2.26 Model elemen LINK180 (ANSYS Inc., 2013)	39
Gambar 3.1 Diagram alir tahapan pelaksanaan penelitian.....	42
Gambar 3.2 Kurva tegangan regangan <i>normal concrete</i> dan <i>geopolymer concrete</i>	44
Gambar 3.3 Model struktur <i>flat slab</i> beserta detail spesifikasinya (Lima, dkk., 2020).....	44
Gambar 3.4 Detail tulangan geser pada <i>flat slab</i> (Lima, dkk., 2020)	45
Gambar 3.5 Perimeter kontrol dan peraturan detail untuk pelat dengan tulangan geser berdasarkan kode ACI 318 (Lima, dkk., 2020)	45
Gambar 3.6 Posisi dari LVDT (Lima, dkk., 2020)	46
Gambar 3.7 Pemodelan <i>nodes</i> struktur dinding beton bertulang pada program ANSYS.....	47
Gambar 3. 8 Pemodelan <i>element SOLID65 flat slab</i> pada program ANSYS dari tampak atas	47
Gambar 3.9 Pemodelan <i>element SOLID65 flat slab</i> pada program ANSYS dari tampak samping.....	48
Gambar 3.10 (a) Posisi LVDT pada <i>flat slab</i> ; (b) <i>Set up</i> rencana <i>flat slab</i> (c) <i>Set up</i> pembebanan <i>flat slab</i> (Lima, dkk., 2020).....	49
Gambar 4.1 <i>Detail</i> struktur <i>flat slab</i> dengan variasi tulangan geser (Lima, dkk., 2020).....	51
Gambar 4.2 <i>Nodes</i> pada pemodelan stuktur <i>flat slab</i>	52
Gambar 4.3 <i>Element</i> 3D SOLID45 dan SOLID65 struktur <i>flat slab</i>	53
Gambar 4.4 Tipe NC-0 dan G-0 dengan elemen LINK180.....	53
Gambar 4.5 Tipe NC-5 dan G-5 dengan elemen LINK180.....	54
Gambar 4.6 Tipe NC-8 dan G-8 dengan elemen LINK180.....	54
Gambar 4.7 <i>Meshing</i> pemodelan struktur	56
Gambar 4.8 Perbandingan grafik beban (V) dan defleksi <i>flat slab</i> tipe NC-0 dengan material <i>normal concrete</i>	58
Gambar 4.9 Perbandingan grafik beban (V) dan defleksi <i>flat slab</i> tipe NC-5 dengan material <i>normal concrete</i>	58

Gambar 4.10 Perbandingan grafik beban (V) dan defleksi <i>flat slab</i> tipe NC-8 dengan material <i>normal concrete</i>	59
Gambar 4. 11 Perbandingan grafik beban (V) dan defleksi <i>flat slab</i> eksperimental material <i>normal concrete</i>	59
Gambar 4.12 Perbandingan grafik beban (V) dan defleksi <i>flat slab</i> dengan ANSYS material <i>normal concrete</i>	60
Gambar 4.13 Grafik beban (V) dan defleksi <i>flat slab</i> tipe G-0.....	61
Gambar 4.14 Grafik beban (V) dan defleksi <i>flat slab</i> tipe G-5.....	62
Gambar 4.15 Grafik beban (V) dan defleksi <i>flat slab</i> tipe G-8.....	62
Gambar 4.16 Grafik beban (V) dan defleksi <i>flat slab</i> tipe G-0, G-5, dan G-8	62
Gambar 4.17 Kontur tegangan struktur <i>flat slab</i> tipe NC-0 <i>normal concrete</i>	65
Gambar 4.18 Kontur tegangan struktur <i>flat slab</i> tipe NC-5 <i>normal concrete</i>	66
Gambar 4.19 Kontur tegangan struktur <i>flat slab</i> tipe NC-8 <i>normal concrete</i>	68
Gambar 4.20 Kontur tegangan struktur <i>flat slab</i> tipe G-0 <i>geopolymer concrete</i> ..	69
Gambar 4.21 Kontur tegangan struktur <i>flat slab</i> tipe G-5 <i>geopolymer concrete</i> ..	71
Gambar 4.22 Kontur tegangan struktur <i>flat slab</i> tipe G-8 <i>geopolymer concrete</i> ..	72
Gambar 4.23 Kontur defleksi tipe NC-0 pada V maks = 479 kN.....	74
Gambar 4.24 Kontur defleksi tipe NC-5 pada V maks = 605 kN.....	74
Gambar 4.25 Kontur defleksi tipe NC-8 pada V maks = 616 kN.....	75
Gambar 4.26 Kontur defleksi tipe G-0 pada V maks = 679 kN.....	76
Gambar 4.27 Kontur defleksi tipe G-5 pada V maks = 805 kN.....	77
Gambar 4.28 Kontur defleksi tipe G-8 pada V maks = 696 kN.....	77
Gambar 4.29 Kurva <i>envelope flat slab</i> tipe NC-0 eksperimental	78
Gambar 4.30 Kurva <i>envelope flat slab</i> tipe NC-5 eksperimental	79
Gambar 4.31 Kurva <i>envelope flat slab</i> tipe NC-0 ANSYS.....	80
Gambar 4.32 Kurva <i>envelope flat slab</i> tipe NC-5 ANSYS.....	80
Gambar 4.33 Kurva <i>envelope flat slab</i> tipe NC-8 ANSYS.....	81
Gambar 4.34 Kurva <i>envelope flat slab</i> tipe G-0 <i>Geopolymer</i>	83
Gambar 4.35 Kurva <i>envelope flat slab</i> tipe G-5 <i>Geopolymer</i>	83
Gambar 4.36 Kurva <i>envelope flat slab</i> tipe G-8 <i>Geopolymer</i>	83
Gambar 4.37 Kurva hubungan antara kekakuan dengan <i>time load</i> pada <i>flat slab</i> eksperimental	85

Gambar 4.38 Kurva hubungan antara degradasi kekakuan dengan <i>time load</i> pada <i>flat slab</i> eksperimental	85
Gambar 4.39 Kurva hubungan antara kekakuan dengan <i>time load</i> pada <i>flat slab</i> material <i>normal concrete</i>	87
Gambar 4.40 Kurva hubungan antara persentase degradasi kekakuan dengan <i>time load</i> pada <i>flat slab</i> material <i>normal concrete</i>	87
Gambar 4.41 Kurva hubungan antara kekakuan dengan <i>time load</i> pada <i>flat slab</i> material <i>geopolymer concrete</i>	89
Gambar 4.42 Kurva hubungan antara persentase degradasi kekakuan dengan <i>time load</i> pada <i>flat slab</i> material <i>geopolymer concrete</i>	89
Gambar 4.43 Luas area energi disipasi <i>flat slab</i> tipe NC-0 eksperimental.....	91
Gambar 4.44 Luas area energi disipasi <i>flat slab</i> tipe NC-5 eksperimental.....	91
Gambar 4.45 Luas area energi disipasi <i>flat slab</i> tipe NC-0 material <i>normal concrete</i>	92
Gambar 4.46 Luas area energi disipasi <i>flat slab</i> tipe NC-5 material <i>normal concrete</i>	93
Gambar 4.47 Luas area energi disipasi <i>flat slab</i> tipe NC-8 material <i>normal concrete</i>	93
Gambar 4.48 Luas area energi disipasi <i>flat slab</i> tipe G-0 material <i>geopolymer concrete</i>	94
Gambar 4.49 Luas area energi disipasi <i>flat slab</i> tipe G-5 material <i>geopolymer concrete</i>	95
Gambar 4.50 Luas area energi disipasi <i>flat slab</i> tipe G-8 material <i>geopolymer concrete</i>	95
Gambar 4.51 Pengaruh geser terhadap variasi tulangan geser.....	97

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi <i>fly ash</i>	9
Tabel 2.2 Komposisi campuran NaOH 14 M dan 16 M untuk semua variasi	9
Tabel 2.3 Klasifikasi beton berdasarkan kuat tekannya.....	10
Tabel 2. 4 Ukuran diameter baja tulangan polos.....	26
Tabel 2.5 Ukuran diameter baja tulangan ulir.....	26
Tabel 2.6 Batas lokasi dan jarak sengkang pertama dari tulangan geser	27
Tabel 2.7 Kategori pada daktilitas	29
Tabel 4.1 Variasi tulangan geser pada <i>flat slab</i>	51
Tabel 4.2 Data properti material beton	55
Tabel 4.3 Data properti material baja tulangan	55
Tabel 4.4 Perbedaan selisih nilai antara grafik beban dan defleksi maksimum secara eksperimental dan ANSYS.....	60
Tabel 4.5 Nilai beban (V) dan defleksi maksimum pada ketiga variasi tulangan geser dengan material <i>geopolymer concrete</i>	63
Tabel 4.6 Penentuan nilai titik leleh dan daktilitas pada <i>flat slab</i> eksperimental .	78
Tabel 4.7 Penentuan nilai titik leleh dan daktilitas pada <i>flat slab</i> material <i>normal concrete</i> dengan variasi tulangan geser.....	80
Tabel 4.8 Persentase selisih nilai daktilitas dengan eksperimental dan ANSYS..	82
Tabel 4.9 Penentuan nilai titik leleh dan daktilitas pada <i>flat slab geopolymer concrete</i> dengan variasi tulangan geser.....	82
Tabel 4.10 Persentase selisih nilai daktilitas antara <i>flat slab</i> material <i>normal concrete</i> dan <i>geopolymer concrete</i>	84
Tabel 4. 11 Nilai degradasi kekakuan dan degradasi kekakuan pada <i>flat slab</i> eksperimental	86
Tabel 4.12 Nilai kekakuan dan degradasi kekakuan pada <i>flat slab</i> material <i>normal concrete</i>	88
Tabel 4.13 Nilai kekakuan dan degradasi kekakuan pada <i>flat slab</i> material <i>geopolymer concrete</i>	90
Tabel 4.14 Nilai energi disipasi pada <i>flat slab</i> eksperimental	92
Tabel 4.15 Nilai energi disipasi pada <i>flat slab</i> material <i>normal concrete</i>	93

Tabel 4.16 Selisih nilai energi disipasi pada <i>flat slab</i> eksperimental dan analisis dengan ANSYS	94
Tabel 4.17 Nilai energi disipasi pada <i>flat slab</i> material <i>geopolymer concrete</i>	95
Tabel 4.18 Selisih nilai energi disipasi pada <i>flat slab</i> material <i>normal concrete</i> dan <i>geopolymer concrete</i> dengan ANSYS.....	96
Tabel 4.19 Pengaruh geser (V) terhadap variasi tulangan geser.....	97

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Lampiran Penjabaran Perhitungan Geser	104
2. Lembar Asistensi Tugas Akhir	109
3. Hasil Seminar Sidang Sarjana/Ujian Tugas Akhir	110
4. Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir	111
5. Surat Keterangan Selesai Revisi Tugas Akhir.....	112

ANALISIS PUNCHING SHEAR PADA FLAT SLAB GEOPOLYMER CONCRETE DENGAN VARIASI TULANGAN GESER

Faradiba¹⁾, Saloma²⁾, Siti Aisyah Nurjannah³⁾

- ¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: faradiba.asgff23@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

Seiring perkembangan zaman, teknologi konstruksi saat ini telah mengalami kemajuan yang pesat. Untuk mengurangi kebutuhan lahan dalam pembangunan konstruksi, gedung bertingkat dapat menjadi pilihan alternatif untuk mengatasi hal tersebut. Penggunaan material struktur yang paling mendominasi dalam konstruksi adalah *flat slab*. *Flat slab* merupakan konstruksi pelat beton bertulang tanpa adanya balok untuk mengurangi ketinggian lantai serta mengurangi beban pada struktur. Namun karena tidak terdapat balok, kelemahan terbesar dari struktur *flat slab* ini terletak pada kemampuan sambungan kolom-pelat untuk menahan gaya geser yang terjadi serta dapat menyebabkan penyebaran kerusakan secara horizontal yaitu *punching shear*. Beton geopolimer adalah beton yang 100% tidak menggunakan semen sebagai bahan pengikat dalam campurannya, melainkan menggunakan bahan anorganik yang berupa *fly ash*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *punching shear* pada *flat slab geopolimer concrete* dengan variasi tulangan geser terhadap beban monotonik menggunakan program ANSYS. Program ini diselesaikan secara analisis struktural dengan metode elemen hingga (*finite element method*). *Output* analisis yang didapatkan berupa kurva hubungan beban dan defleksi, penentuan titik leleh struktur, daktilitas, kontur tegangan, kontur defleksi, kekakuan, energi disipasi, serta pengaruh geser terhadap rasio tulangan geser. Hasil perbandingan dari analisis *punching shear* pada *flat slab* menggunakan material *beton normal* dengan program ANSYS terhadap pengujian eksperimental memiliki selisih nilai defleksi maksimum untuk tipe NC-0 sebesar 7,910%, tipe NC-5 sebesar 1,564% dan tipe NC-8 sebagai tipe tambahan pemodelan pada ANSYS dengan nilai defleksi sebesar 19,178 mm. Beton geopolimer memiliki nilai daktilitas yang lebih besar dibandingkan beton normal karena memiliki kuat tekan yang lebih besar daripada beton normal sehingga mampu menahan beban yang lebih besar, maka beton geopolimer mampu berdeformasi lebih besar dibandingkan beton normal. *Flat slab* tipe G-8 menunjukkan perilaku yang lebih baik dibandingkan tipe G-0 dan G-5, meskipun menghasilkan nilai defleksi yang lebih kecil dan bersifat getas pada struktur sehingga energi disipasi yang dihasilkan lebih kecil, namun jika ditinjau dari pengaruh geser bahwa semakin besar rasio tulangan geser pada *flat slab*, maka ketahanan geser pada struktur akan semakin besar juga ketika diterapkan beban monotonik.

Kata kunci: *flat slab*, *punching shear*, beton geopolimer, beban monotonik.

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 Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.
NIP. 197705172008012039

Mengetahui/Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



Saloma, S.T., M.T

NIP. 197610312002122001

PUNCHING SHEAR ANALYSIS ON FLAT SLAB GEOPOLYMER CONCRETE WITH VARIATION OF SHEAR REINFORCEMENT

Faradiba¹⁾, Saloma²⁾, Siti Aisyah Nurjannah³⁾

¹⁾Student of the Department of Civil Engineering and Planning, Faculty of Engineering, Sriwijaya University
E-mail: faradiba.asgff23@gmail.com

²⁾Lecturer in the Department of Civil Engineering and Planning, Faculty of Engineering, Sriwijaya University
E-mail: salomaunsri@gmail.com

³⁾Lecturer in the Department of Civil Engineering and Planning, Faculty of Engineering, Sriwijaya University
E-mail: sitiaisyahn@ft.unsri.ac.id

Abstract

Along with the times, construction technology is currently experiencing rapid progress. To reduce the need for land in construction, high-rise buildings can be an alternative choice to overcome this. The most dominating use of structural materials in construction is flat slabs. Flat slab is a reinforced concrete slab construction without beams to reduce floor height and reduce the load on the structure. However, because there are no beams, the biggest weakness of this flat slab structure lies in the ability of the column-plate connection to withstand the shear forces that occur and can cause the spread of damage horizontally, namely punching shear. Geopolymer concrete is 100% concrete that does not use cement as a binder in the mixture, but uses inorganic materials in the form of fly ash. This study aims to analyze punching shear on flat slab geopolymer concrete with shear reinforcement variations against monotonic loads using the ANSYS program. This program is solved by structural analysis using the finite element method. The analysis output obtained is in the form of load and deflection relationship curves, determination of the melting point of the structure, ductility, stress contours, deflection contours, stiffness, dissipation energy, as well as the effect of shear on the ratio of shear reinforcement. The results of the comparison of the punching shear analysis on a flat slab using normal concrete material with the ANSYS program against experimental tests have a difference in the maximum deflection value for the NC-0 type is 7.910%, the NC-5 type is 1.564% and the NC-8 type is an additional modeling type in ANSYS with a deflection value of 19.178 mm. Geopolymer concrete has a greater ductility value than normal concrete because it has greater compressive strength than normal concrete so it can withstand greater loads, so geopolymer concrete is able to deform more than normal concrete. Flat slab type G-8 shows better behavior than types G-0 and G-5, even though it produces a smaller deflection value and is brittle in the structure so that the resulting dissipation energy is smaller, but when viewed from the shear effect the greater ratio of shear reinforcement in a flat slab, the shear resistance of the structure will be even greater when a monotonic load is applied.

Keywords: flat slab, punching shear, geopolymer concrete, monotonic load.

Palembang, Maret 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,



Saloma, S.T., M.T

NIP. 197610312002122001

RINGKASAN

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

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, 27 Maret 2023

Faradiba; 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

xxii + 103 halaman, 87 gambar, 26 tabel, 5 lampiran

Seiring perkembangan zaman, teknologi konstruksi saat ini telah mengalami kemajuan yang pesat. Untuk mengurangi kebutuhan lahan dalam pembangunan konstruksi, gedung bertingkat dapat menjadi pilihan alternatif untuk mengatasi hal tersebut. Penggunaan material struktur yang paling mendominasi dalam konstruksi adalah *flat slab*. *Flat slab* merupakan konstruksi pelat beton bertulang tanpa adanya balok untuk mengurangi ketinggian lantai serta mengurangi beban pada struktur. Namun karena tidak terdapat balok, kelemahan terbesar dari struktur *flat slab* ini terletak pada kemampuan sambungan kolom-pelat untuk menahan gaya geser yang terjadi serta dapat menyebabkan penyebaran kerusakan secara horizontal yaitu *punching shear*. Beton geopolimer adalah beton yang 100% tidak menggunakan semen sebagai bahan pengikat dalam campurannya, melainkan menggunakan bahan anorganik yang berupa *fly ash*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *punching shear* pada *flat slab geopolimer concrete* dengan variasi tulangan geser terhadap beban monotonik menggunakan program ANSYS. Program ini diselesaikan secara analisis struktural dengan metode elemen hingga (*finite element method*). *Output* analisis yang didapatkan berupa kurva hubungan beban dan defleksi, penentuan titik leleh struktur, daktilitas, kontur tegangan, kontur defleksi, kekakuan, energi disipasi, serta pengaruh geser terhadap rasio tulangan geser. Hasil perbandingan dari analisis *punching shear* pada *flat slab* menggunakan material *beton normal* dengan program ANSYS terhadap pengujian eksperimental memiliki selisih nilai defleksi maksimum untuk tipe NC-0 sebesar 7,910%, tipe NC-5 sebesar 1,564% dan tipe NC-8 sebagai tipe tambahan pemodelan pada ANSYS dengan nilai defleksi sebesar 19,178 mm. Beton geopolimer memiliki nilai daktilitas yang lebih besar dibandingkan beton normal karena memiliki kuat tekan yang lebih besar daripada beton normal sehingga mampu menahan beban yang lebih besar, maka beton geopolimer mampu berdeformasi lebih besar dibandingkan beton normal. *Flat slab* tipe G-8 menunjukkan perilaku yang lebih baik dibandingkan tipe G-0 dan G-5, meskipun menghasilkan nilai defleksi yang lebih kecil dan bersifat getas pada struktur sehingga energi disipasi yang dihasilkan lebih kecil, namun jika ditinjau dari pengaruh geser bahwa semakin besar rasio tulangan geser pada *flat slab*, maka ketahanan geser pada struktur akan semakin besar juga ketika diterapkan beban monotonik.

Kata kunci: *flat slab*, *punching shear*, beton geopolimer, beban monotonik.

SUMMARY

PUNCHING SHEAR ANALYSIS ON FLAT SLAB GEOPOLYMER CONCRETE WITH VARIATION OF SHEAR REINFORCEMENT

Scientific papers in form of Final Projects, March 27th 2023

Faradiba; Guide by Advisor Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. and Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xxii + 103 pages, 87 images, 26 tables, 5 attachment

Along with the times, construction technology is currently experiencing rapid progress. To reduce the need for land in construction, high-rise buildings can be an alternative choice to overcome this. The most dominating use of structural materials in construction is flat slabs. Flat slab is a reinforced concrete slab construction without beams to reduce floor height and reduce the load on the structure. However, because there are no beams, the biggest weakness of this flat slab structure lies in the ability of the column-plate connection to withstand the shear forces that occur and can cause the spread of damage horizontally, namely punching shear. Geopolymer concrete is 100% concrete that does not use cement as a binder in the mixture, but uses inorganic materials in the form of fly ash. This study aims to analyze punching shear on flat slab geopolymer concrete with shear reinforcement variations against monotonic loads using the ANSYS program. This program is solved by structural analysis using the finite element method. The analysis output obtained is in the form of load and deflection relationship curves, determination of the melting point of the structure, ductility, stress contours, deflection contours, stiffness, dissipation energy, as well as the effect of shear on the ratio of shear reinforcement. The results of the comparison of the punching shear analysis on a flat slab using normal concrete material with the ANSYS program against experimental tests have a difference in the maximum deflection value for the NC-0 type is 7.910%, the NC-5 type is 1.564% and the NC-8 type is an additional modeling type in ANSYS with a deflection value of 19.178 mm. Geopolymer concrete has a greater ductility value than normal concrete because it has greater compressive strength than normal concrete so it can withstand greater loads, so geopolymer concrete is able to deform more than normal concrete. Flat slab type G-8 shows better behavior than types G-0 and G-5, even though it produces a smaller deflection value and is brittle in the structure so that the resulting dissipation energy is smaller, but when viewed from the shear effect the greater ratio of shear reinforcement in a flat slab, the shear resistance of the structure will be even greater when a monotonic load is applied.

Keywords: flat slab, punching shear, geopolymer concrete, monotonic load.

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Faradiba

NIM : 03011181924149

Judul : Analisis *Punching Shear* pada *Flat Slab Geopolymer Concrete* dengan Variasi 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, Maret 2023



Faradiba

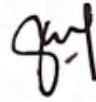

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis *Punching Shear* pada *Flat Slab Geopolymer Concrete* dengan Variasi Tulangan Geser” yang disusun oleh Faradiba, 03011181924149 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 27 Maret 2023.


Palembang, 27 Maret 2023

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Ketua:

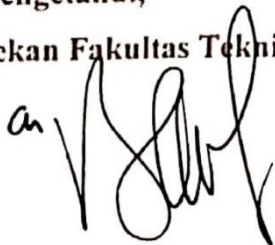
1. Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. ()
NIP. 197610312002122001
2. Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T. ()
NIP. 197705172008012039

Anggota:

3. Dr. Arie Putra Usman, S.T., M.T. ()
NIP. 198605192019031007

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 : Faradiba

NIM : 03011181924149

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

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



Faradiba

NIM. 03011181924149

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Faradiba
Jenis Kelamin : Perempuan
E-mail : faradiba.asgff23@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD Negeri 158 Palembang			SD	2007-2013
SMP Negeri 2 Palembang			SMP	2013-2016
SMA Negeri 2 Palembang		IPA	SMA	2016-2019
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2019-2023

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



(Faradiba)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman, teknologi konstruksi saat ini telah mengalami kemajuan yang pesat. Terdapat beberapa elemen struktur yang berperan penting dalam suatu konstruksi, salah satu elemen struktur tersebut adalah kolom. Kolom merupakan bagian struktur yang berguna untuk menahan beban vertikal dan menyalurkan beban di atasnya ke struktur bagian bawah. Oleh karena itu, kolom memiliki peranan penting, karena jika struktur kolom mengalami kegagalan, maka akan mengakibatkan keruntuhan pada bagian struktur yang lain.

Pada dasarnya pembangunan konstruksi selalu diiringi dengan ketersediaan lahan dan material yang digunakan. Untuk mengurangi kebutuhan lahan dalam pembangunan konstruksi, gedung bertingkat dapat menjadi pilihan alternatif untuk mengatasi hal tersebut. Pada proyek konstruksi gedung bertingkat, penggunaan material struktur yang paling mendominasi adalah pelat. Salah satu jenis pelat yang sering ditemui pada pembangunan konstruksi yaitu *flat slab*.

Flat slab merupakan konstruksi pelat beton bertulang tanpa adanya balok untuk efisiensi bentang atau ketebalan dan secara ekonomis dapat mengurangi ketinggian lantai serta mengurangi beban pada struktur. Namun karena tidak terdapat balok, kelemahan terbesar dari struktur *flat slab* ini terletak pada kemampuan sambungan kolom-pelat untuk menahan gaya geser yang terjadi serta dapat menyebabkan penyebaran kerusakan secara horizontal atau lebih dikenal dengan *punching shear*.

Punching shear adalah mekanisme keruntuhan ketika gaya geser dua arah pada slab mengalami desak setempat. Keruntuhan *punching shear* ini bersifat getas dan dapat terjadi secara tiba-tiba tanpa ada peringatan. Fenomena ini paling sering terjadi pada sambungan slab-kolom. Selain itu, tulangan geser yang digunakan pada struktur slab juga berpengaruh terhadap *punching shear*. Oleh karena itu, *punching shear* sangat penting untuk dipertimbangkan saat merancang pelat beton bertulang

Dalam pemilihan material pembangunan konstruksi yang sudah sangat umum digunakan saat ini adalah beton. Secara umum beton terdiri dari campuran semen,

agregat kasar, agregat halus dan air, baik dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture/additive*). Beton memiliki peranan yang sangat penting dalam konstruksi, salah satunya sebagai fungsi struktural. Selain itu, beton memiliki banyak keunggulan yaitu memiliki kuat tekan tinggi, bersifat plastis sehingga memudahkan untuk dicetak dan biaya perawatan konstruksi beton relatif rendah dibandingkan material lainnya. Dalam pemilihan dan penggunaan beton sebagai material konstruksi didasarkan pada faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya.

Seiring berjalannya waktu, penggunaan semen dalam jumlah yang sangat besar dalam pembuatan beton dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, sehingga diperlukan bahan alternatif sebagai pengganti semen dalam campuran beton yaitu beton geopolimer. Beton geopolimer adalah beton yang 100% tidak menggunakan semen sebagai bahan pengikat dalam campurannya, melainkan menggunakan bahan anorganik yang berupa *fly ash*.

Fly ash didapatkan dari hasil pembakaran batu bara yang berperan sebagai *precursor* yang memiliki kandungan alumina dan silika yang berperan penting dalam proses polimerisasi. Kemudian bahan tersebut diaktifkan menggunakan larutan *activator* berupa larutan alkali sehingga membentuk pengikat (*binder*) dalam campuran beton. Penggunaan beton geopolimer dapat digunakan pada elemen struktural maupun elemen non-struktural. Elemen struktural berfungsi untuk menahan beban dan menyalurkannya ke bagian lainnya. Sedangkan elemen non-struktural berfungsi memberikan tambahan beban bagi elemen struktural.

Pada penelitian ini akan membahas mengenai analisis *punching shear* pada *flat slab geopolymer concrete* dengan variasi tulangan geser menggunakan program ANSYS. Program ini diselesaikan secara analisis struktural dengan metode elemen hingga (*finite element method*). Dimana elemen-elemen strukturnya dibagi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil, yang kemudian dihubungkan satu sama lain oleh *nodes*. Hasil penelitian yang didapat nantinya tersedia dalam bentuk pendekatan analisis numerik.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian analisis *punching shear* pada *flat slab geopolymer concrete* dengan variasi tulangan geser ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil analisis *punching shear* pada *flat slab* dengan material beton normal dan material *geopolymer concrete* terhadap beban monotonik menggunakan program ANSYS?
2. Bagaimana metode analisis *punching shear* pada *flat slab* dengan material *geopolymer concrete* yang diberikan variasi tulangan geser terhadap beban monotonik?
3. Bagaimana hasil analisis *punching shear* pada *flat slab* dengan material *geopolymer concrete* yang diberikan variasi tulangan geser terhadap beban monotonik?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian analisis *punching shear* pada *flat slab geopolymer concrete* dengan variasi tulangan geser ini, yaitu;

1. Untuk membandingkan dan memverifikasi hasil analisis *punching shear* pada *flat slab* dengan material beton normal terhadap beban monotonik dari pengujian ekperimental Lima, dkk. (2020) dengan hasil analisis menggunakan program ANSYS.
2. Untuk mengetahui dan memahami metode analisis *punching shear* pada *flat slab* dengan material *geopolymer concrete* yang diberikan variasi tulangan geser terhadap beban monotonik.
3. Untuk menganalisis dan membandingkan hasil analisis *punching shear* pada *flat slab* dengan material *geopolymer concrete* yang diberikan variasi tulangan geser terhadap beban monotonik.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup pada penelitian analisis *punching shear* pada *flat slab geopolymer concrete* dengan variasi tulangan geser ini dibatasi pada:

1. Pemodelan struktur *flat slab* pada program ANSYS ini berupa pemodelan elemen jenis SOLID65 yang menampilkan beton, SOLID45 untuk menampilkan pelat baja, dan LINK180 untuk menampilkan baja tulangan dengan metode analisis elemen hingga.
2. Data sekunder diperoleh dari hasil penelitian terdahulu secara eksperimental oleh Lima, dkk. (2020) mengenai analisis eksperimental *punching shear*

pada *flat slab* dengan variasi tulangan geser terhadap beban monotonik. Pembebanan mengacu pada ACI 318-19.

3. Data material *geopolymer concrete* yang diperlukan diperoleh dari hasil penelitian terdahulu oleh Zulfiati, dkk. (2019) pada penelitian sifat mekanik geopolimer berbasis *fly ash* dengan serat alami.
4. Dalam penelitian ini, pemodelan struktur yang digunakan adalah pemodelan struktur *flat slab* dengan tipe RS atau NC-0, NA-03 atau NC-5, dan NC-08 dengan material beton normal dan material *geopolymer concrete*.
5. Pemodelan struktur *flat slab* dalam penelitian ini menggunakan beban monotonik.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI (American Concrete Institute). (2014). Building code requirements for structural concrete (ACI 318-14) and commentary. ACI 318-14, Farmington Hills, MI.
- ACI (American Concrete Institute). (2019). Response of Slab-Column Connections under Dynamic Collapse Load Rates. Farmington Hills, MI.
- ACI Committee 318. (2019). Building Code Requirements for Structural Concrete. American Concrete Institute.
- ACI (American Concrete Institute). (2022). On Punching Shear Strength of Steel Fiber-Reinforced Concrete Slabs-on-Ground. Farmington Hills, MI.
- ACI (American Concrete Institute). (2022). Uncertainty Modeling and Analysis of Punching Shear Resistance of Flat Slabs. Farmington Hills, MI.
- Agustin, D., Wiswamitra, K. A., & Nurtanto, D. (2022). Sifat Mekanik Beton Ringan Menggunakan Geopolymer Dengan Styrofoam Sebagai Substitusi Agregat Kasar. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 124-135.
- Ali, Moaz H. 2018. Finite Element Analysis is a Powerful Approach to Predictive Manufacturing Parameters. *Journal of University of Babylon*. 26(3).
- American Standard Testing and Material, 2018. Building Code Requirements for Structural Concrete. ASTM C39, American Standard Testing and Material.
- ANSYS Inc. 2013. ANSYS Mechanical APDL Introductory Tutorials. United States of America
- Badan Standarisasi Nasional. (2017): SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019): SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan dan Penjelasan. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badshah, dkk. 2019. 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.
- Choo, Ban Seng dan Newman, John. 2003. Advanced Concrete Technology. Elsevier Ltd, Oxford.

- Decanini, L. 2005. Estimation of Near-Source Ground Motion and Seismic Behaviour of RC Framed Structures Damaged by The 1999 Athens Earthquake. *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 9 No. 5 (609-635).
- Elsayed, M., Tayeh, B. A., Mohamed, M., Elymany, M., & Mansi, A. H. (2021). Punching shear behaviour of RC *flat slabs* incorporating recycled coarse aggregates and crumb rubber. *Journal of Building Engineering*, 44, 103363.
- FEMA 356. 2000. Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings. Washington DC: Federal Emergency Management Agency.
- Lima, H., Palhares, R., Sales de Melo, G., & Oliveira, M. (2020). Experimental analysis of punching shear in flat slabs with variation in the anchorage of shear reinforcement. *Structural Concrete*, 22(2), 1165-1182.
- Li, Zongjin. 2011. *Advanced Concrete Technology*. John Wiley & Sons, Hoboken.
- Primakov, A., & Leo, E. (2019). Kajian Efisiensi Sistem Flat Slab Dengan Metode Post-Tension Dan Konvensional. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(1), 133-142.
- Salain, I. M. A. K., Wiryasa, M. N. A., & Pamungkas, I. N. M. M. A. (2021). Kuat Tekan Beton Geopolimer Menggunakan Abu Terbang. *Jurnal Spektran*, 9(1), 76-84.
- Setiati, N.R., dan Irawan, R.R. 2018. Perbandingan Sifat Dan Karakteristik Beton Geopolimer Terhadap Beton Semen Portland Untuk Kekuatan Struktur Balok, 1-3.
- Setiawan, A. 2008. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LFRD . *Jakarta: Erlangga*.
- Shatarat, N., & Salman, D. (2022). Investigation of punching shear behavior of flat slabs with different types and arrangements of shear reinforcement. *Case Studies in Construction Materials*, 16, e01028.
- 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.
- Urban, T., Gołdyn, M., Krawczyk, Ł., & Sowa, Ł. (2019). Experimental investigations on punching shear of lightweight aggregate concrete flat slabs. *Engineering Structures*, 197, 109371.

Zulfiati, R., & Idris, Y. (2019, April). Mechanical properties of fly ash-based geopolymer with natural fiber. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1198, No. 8, p. 082021). IOP Publishing.