

TUGAS AKHIR

PENGARUH SPASI TULANGAN SENGGKANG DI ZONA *JOINT* TERHADAP KINERJA SAMBUNGAN BALOK-KOLOM EKSTERIOR *SELF COMPACTING CONCRETE*



DANDY KURNIAWAN

03011282025051

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

TUGAS AKHIR

PENGARUH SPASI TULANGAN SENGKANG DI ZONA *JOINT* TERHADAP KINERJA SAMBUNGAN EKSTERIOR BALOK-KOLOM *SELF COMPACTING CONCRETE*

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



DANDY KURNIAWAN

03011282025051

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH SPASI TULANGAN SENGKANG DI ZONA *JOINT* TERHADAP KINERJA SAMBUNGAN BALOK KOLOM EKSTERIOR *SELF COMPACTING CONCRETE*

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik

Oleh:

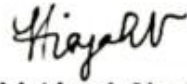
DANDY KURNIAWAN
03011282025051

Palembang, Maret 2024
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., IPU
NIP. 197705172008012039



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat dan karunia-Nya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penelitian Tugas Akhir ini berjudul “Pengaruh Spasi Tulangan Senggang di Zona *Joint* Terhadap Sambungan Balok-Kolom Eksterior Self Compacting Concrete”. Pada proses penyelesaian laporan Tugas Akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan dari beberapa pihak. Karena itu penulis menyampaikan terimakasih dan permohonan maaf yang besar kepada semua pihak yang terkait, yaitu :

1. Prof. Dr. Taufiq Marwa, SE., M.Si 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 Universitas Sriwijaya dan Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penulisan tugas akhir.
4. Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.,IPU., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penelitian program ANSYS.
5. Dr. Mona Foralisa Toyfur, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
6. Dr. Febrian Hadinata, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik
7. Ibu tercinta, Desi Rismawati yang sangat berjasa dalam hidup penulis. Terimakasih atas segala doa, cinta, sayang, dan dukungan selama penulisan skripsi ini. Terimakasih Ibu tercinta yang selalu memberikan motivasi hingga penulis menyelesaikan studi sampai sarjana.
8. Poean Raisya Maharani terimakasih telah menemani selama penulisan skripsi ini, mendengarkan keluh kesah selama ini. Terimakasih untuk senang dan sedihnya, sakitnya, nangisnya, ketawanya, bahagianya, dan semuanya. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan civitas akademika Program Studi Teknik Sipil.

Palembang, Maret 2024

Dandy Kurniawan

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|----------------|
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xii |
| ABSTRAK..... | xiii |
| ABSTRACT..... | xiv |
| RINGKASAN | xv |
| SUMMARY | xvi |
| PERNYATAAN INTEGRITAS | xvii |
| HALAMAN PERSETUJUAN..... | xviii |
| PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI | xix |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP..... | xx |
| | |
| BAB 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 TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1. Gempa Bumi..... | 4 |
| 2.2. <i>Self Compacting Concrete</i> | 5 |
| 2.3. Baja Tulangan..... | 8 |
| 2.3.1. Kuat Tarik Baja..... | 8 |
| 2.3.2. Jenis Tulangan Baja | 9 |
| 2.3.3. Modulus Elastisitas Baja | 10 |
| 2.4. <i>Joint</i> Balok Kolom..... | 10 |
| 2.5. Beban Siklik..... | 12 |
| 2.6. Tulangan Sengkang..... | 15 |
| 2.7. Kurva Histeresis | 16 |
| 2.8. Daktilitas | 17 |

| | | |
|------------------------------------|---|----|
| 2.9. | <i>Finite Element Analysis</i> | 18 |
| 2.9.1. | Matriks dalam Finite Element Method..... | 19 |
| 2.9.2. | Metode Pemecehan Kasus Non-Linier..... | 21 |
| 2.9.3. | Persamaan Non-Linier untuk Mendapatkan Solusi Model Numerik 24 | |
| 2.10. | Program ANSYS..... | 25 |
| 2.10.1. | Tahapan Simulasi Program ANSYS..... | 26 |
| 2.10.2. | Elemen ANSYS..... | 26 |
| 2.11. | Penelitian Terdahulu..... | 28 |
| 2.11.1. | Penelitian Benham dkk., (2017)..... | 28 |
| 2.11.2. | Penelitian Saghafi, dkk (2018)..... | 31 |
| 2.11.3. | Penelitian Oinam, dkk (2019)..... | 34 |
| BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN..... | | 37 |
| 3.1. | Umum..... | 37 |
| 3.2. | Studi Literatur..... | 37 |
| 3.3. | Alur Penelitian..... | 37 |
| 3.4. | Pengumpulan Data Sekunder..... | 39 |
| 3.5. | Model struktur..... | 40 |
| 3.6. | Pemodelan Struktur dengan Program ANSYS..... | 41 |
| 3.7. | Kondisi Batas..... | 42 |
| 3.8. | Input Data ANSYS..... | 42 |
| 3.9. | <i>Meshing</i> | 42 |
| 3.10. | <i>Solving</i> | 43 |
| 3.11. | Analisis dan pembahasan..... | 43 |
| BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN..... | | 44 |
| 4.1. | Detail Model Sambungan Balok Kolom Eksterior..... | 44 |
| 4.2. | Pemodelan Struktur dalam ANSYS..... | 45 |
| 4.3. | Data Input..... | 48 |
| 4.3.1. | Material Properties Beton..... | 48 |
| 4.3.2. | Material Properties Baja Tulangan..... | 49 |
| 4.3.3. | Pembebanan..... | 49 |
| 4.4. | <i>Meshing</i> Elemen Struktur..... | 50 |
| 4.5. | Analisis <i>Output</i> Program ANSYS..... | 50 |
| 4.5.1. | Analisis <i>Output</i> Beton Normal..... | 50 |

| | |
|--|--------|
| 4.5.2. Analisis <i>Output Self Compacting Concrete</i> | 54 |
| 4.6. Daktilitas | 63 |
| 4.6.1. Daktilitas Beton Normal..... | 63 |
| 4.6.2. Daktilitas <i>Self Compacting Concrete</i> | 64 |
| 4.7. Kekakuan dan Kekuatan | 66 |
| 4.7.1. Kekakuan dan Kekuatan Beton Normal..... | 66 |
| 4.7.2. Kekakuan dan Kekuatan <i>Self Compacting Concrete</i> | 68 |
| 4.8. Disipasi Energi Kumulatif | 70 |
| 4.8.1. Disipasi Energi Kumulatif Beton Normal..... | 70 |
| 4.8.2. Disipasi Energi Kumulatif <i>Self Compacting Concrete</i> | 71 |
| BAB 5 PENUTUP | 73 |
| 5.1. Kesimpulan | 73 |
| 5.2. Saran | 74 |
| DAFTAR PUSTAKA | 75 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|----------------|
| Gambar 2.1 Kerusakan pada bangunan akibat gempa bumi (Yon, dkk., 2017) | 4 |
| Gambar 2.2 Kerusakan <i>joint</i> balok kolom akibat gempa bumi (Nugroho, 2018)... | 5 |
| Gambar 2.3 Kurva hubungan tegangan-regangan baja (Pertiwi, dkk., 2023)..... | 9 |
| Gambar 2.4 Perbesaran pada bagian kurva hubungan tegangan regangan baja (Pertiwi, dkk., 2023) | 9 |
| Gambar 2.5 Tipe-tipe <i>joint</i> balok-kolom (ACI-ASCE 352, 2002) | 11 |
| Gambar 2.6 (a) Detail <i>joint</i> balok kolom eksterior (b) Hasil pengujian perilaku <i>joint</i> balok kolom eksterior (Gao, dkk., 2020)..... | 12 |
| Gambar 2.7 Set up pembebanan (ACI 374.1-05)..... | 13 |
| Gambar 2.8 Riwayat perpindahan beban siklik (ACI 374.1-05) | 13 |
| Gambar 2.9 Konfigurasi <i>set up</i> pembebanan (Oinam, dkk., 2019)..... | 14 |
| Gambar 2.10 Riwayat perpindahan beban siklik (Oinam, dkk., 2019)..... | 14 |
| Gambar 2.11 Variasi spasi tulangan sengkang 75 mm (Benham, dkk., 2017) | 15 |
| Gambar 2.12 Kurva histeresis <i>joint</i> balok kolom eksterior dengan spasi tulangan sengkang 75 mm (Benham, dkk., 2017) | 16 |
| Gambar 2.13 <i>Crack pattern joint</i> balok kolom eksterior dengan variasi spasi tulangan sengkang 75 mm (Benham, dkk., 2017)..... | 17 |
| Gambar 2.14 Elemen satu dimensi (Choiron, dkk., 2014)..... | 18 |
| Gambar 2.15 Elemen 2D (Choiron, dkk., 2014) | 18 |
| Gambar 2.16 Elemen 3D (Choiron, dkk., 2014)..... | 19 |
| Gambar 2.17 <i>Finite motion</i> dari balok 3D (Zienkiewicz dan Taylor, 2000) | 20 |
| Gambar 2.18 Newton-Raphson method (Zienkiewicz dan Taylor, 2000)..... | 22 |
| Gambar 2.19 Modified Newton-Raphson method (Zienkiewicz dan Taylor, 2000) | 23 |
| Gambar 2.20 Secant method dimulai dari prediksi (Zienkiewicz dan Taylor, 2000) | 24 |
| Gambar 2.21 Model elemen SOLID65 (ANSYS Inc., 2013) | 27 |
| Gambar 2.22 Model elemen SOLID45 (ANSYS Inc., 2013) | 27 |
| Gambar 2.23 Model elemen LINK180 (ANSYS Inc., 2013) | 28 |
| Gambar 2.24 Desain sambungan balok-kolom eksterior (Benham, dkk., 2017) .. | 29 |

| | |
|--|----|
| Gambar 2.25 <i>Set up</i> pembebanan (Benham, dkk., 2017)..... | 29 |
| Gambar 2.26 Riwayat perpindahan beban siklik (Benham, dkk., 2017) | 30 |
| Gambar 2.27 Detail pemodelan sambungan eksterior (Saghafi, dkk., 2018) | 31 |
| Gambar 2.28 Skema uji pembebanan (Saghafi, dkk., 2018)..... | 32 |
| Gambar 2.29 Riwayat perpindahan beban siklik (Saghafi, dkk., 2018) | 33 |
| Gambar 2.30 Desain sambungan balok-kolom eksterior (Oinam, dkk., 2019)..... | 34 |
| Gambar 2.31 <i>Set up</i> pembebanan (Oinam, dkk., 2019)..... | 35 |
| Gambar 2.32 Riwayat perpindahan beban siklik (Oinam, dkk., 2019)..... | 35 |
| Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian..... | 39 |
| Gambar 3.2 Model Struktur Samnbugan Balok Kolom (Behnam dkk. 2017).... | 40 |
| Gambar 3.3 Contoh permodelan yang akan dibuat pada program ANSYS..... | 41 |
| Gambar 3.4 Boundary condition model sambungan balok kolom pada program ANSYS..... | 42 |
| Gambar 4.1 Detail pemodelan <i>joint</i> balok-kolom eksterior (Benham, dkk.,2017)44 | |
| Gambar 4.2 Nodes <i>joint</i> balok-kolom eksterior model S1-BC1 | 45 |
| Gambar 4.3 Pemodelan element SOLID65 dan SOLID45 | 46 |
| Gambar 4.4 Pemodelan elemen LINK180 model S1-BC1 | 46 |
| Gambar 4.5 Pemodelan elemen LINK180 model V1 | 47 |
| Gambar 4.6 Pemodelan elemen LINK180 model V2 | 47 |
| Gambar 4.7 Pemodelan elemen LINK180 model V3 | 48 |
| Gambar 4.8 Siklus beban siklik | 49 |
| Gambar 4.9 Perbandingan kurva histeresis material beton normal..... | 50 |
| Gambar 4.10 Kondisi tegangan model S1-BC1 | 52 |
| Gambar 4.11 Kondisi perpindahan model S1-BC1 | 53 |
| Gambar 4.12 Kurva histeresis material <i>Self Compacting Concrete</i> | 55 |
| Gambar 4.13 Kondisi tegangan model V1 <i>drift ratio</i> 6% | 57 |
| Gambar 4.14 Kondisi tegangan model V2 <i>drift ratio</i> 6% | 58 |
| Gambar 4.15 Kondisi tegangan model V3 <i>drift ratio</i> 6% | 59 |
| Gambar 4.16 Kondisi perpindahan model V1 | 60 |
| Gambar 4.17 Kondisi perpindahan V2 | 61 |
| Gambar 4.18 Kondisi perpindahan V3 | 62 |
| Gambar 4.19 Kurva <i>envelope</i> material beton normal | 63 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.20 Kurva envelope material <i>self compacting concrete</i> | 65 |
| Gambar 4.21 Kurva hubungan kekakuan dan <i>story drift</i> model S1-BC1 | 66 |
| Gambar 4.22 Kurva <i>backbone</i> model S1-BC1..... | 67 |
| Gambar 4.23 Kurva hubungan kekakuan dan <i>story drift</i> material <i>Self Compacting Concrete</i> | 68 |
| Gambar 4.24 Kurva <i>backbone</i> material <i>self compacting concrete</i> | 70 |
| Gambar 4.25 Kurva disipasi energi kumulatif model S1-BC1 | 70 |
| Gambar 4.26 Kurva hubungan disipasi energi kumulatif dengan <i>story drift</i> material <i>self compacting concrete</i> beban dorong dan tarik..... | 71 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|----------------|
| Tabel 2.1 Kelas <i>filling ability</i> | 6 |
| Tabel 2.2 Kelas <i>Passing ability</i> | 7 |
| Tabel 2.3 Kelas <i>segregation resistance</i> | 7 |
| Tabel 2.4 Kelas <i>viscosity</i> | 7 |
| Tabel 2.5 Ukuran diameter tulangan polos | 10 |
| Tabel 2.6 Ukuran diameter tulangan ulir | 10 |
| Tabel 2.7 Kategori daktilitas | 17 |
| Tabel 3.1 Variasi Tulangan Senggang di Zona Join..... | 41 |
| Tabel 4.1 Variasi spasi tulangan senggang <i>joint</i> balok kolom eksterior..... | 44 |
| Tabel 4.2 <i>Material properties</i> baja tulangan..... | 49 |
| Tabel 4.3 Persentase selisih nilai beban lateral maksimum dan simpangan pada eksperimental dan ANSYS | 51 |
| Tabel 4.4 Nilai beban lateral maksimum dan simpangan dari beberapa model variasi spasi tulangan senggang | 56 |
| Tabel 4.5 <i>Drift ratio</i> saat beban lateral maksimum..... | 56 |
| Tabel 4.6 Beban lateral dan simpangan saat <i>drift ratio</i> maksimum..... | 56 |
| Tabel 4.7 Nilai daktilitas beton normal program ANSYS | 63 |
| Tabel 4.8 Nilai daktilitas <i>self compacting concrete</i> tiga variasi jarak spasi tulangan senggang..... | 65 |
| Tabel 4.9 Penurunan nilai kekakuan struktur material beton normal | 67 |
| Tabel 4.10 Penurunan nilai kekakuan struktur material <i>self compacting concrete</i> beban dorong..... | 69 |
| Tabel 4.11 Penurunan nilai kekakuan struktur material <i>self compacting concrete</i> beban tarik..... | 69 |
| Tabel 4.12 Disipasi energi kumulatif material beton normal..... | 71 |
| Tabel 4.13 Disipasi energi kumulatif material <i>self compacting concrete</i> | 72 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|---|----------------|
| 1. Lembar Asistensi Tugas Akhir..... | 77 |
| 2. Hasil Seminar Sidang Sarjana/Ujian Tugas Akhir | 79 |
| 3. Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir | 80 |
| 4. Surat Keterangan Selesai Revisi Tugas Akhir | 81 |

PENGARUH SPASI TULANGAN SENGGANG DI ZONA *JOINT* TERHADAP KINERJA SAMBUNGAN BALOK KOLOM EKSTERIOR *SELF COMPACTING CONCRETE*

Dandy Kurniawan¹⁾, Saloma²⁾, Siti Aisyah Nurjannah³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: dandyk1292@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

Salah satu elemen struktural yang didesain tahan terhadap gempa adalah sambungan balok-kolom. Zona sambungan tersebut merupakan daerah responsif terhadap distribusi beban gempa, sehingga desain yang tepat adalah harus memenuhi kriteria seismik. Kesulitan pematatan beton konvensional akibat kerapatan tulangan dapat diatasi dengan material *self compacting concrete*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh spasi tulangan sengkang di zona *joint* terhadap kinerja sambungan balok kolom eksterior *self compacting concrete*. Analisis dilakukan menggunakan ANSYS yang berbasis metode elemen hingga (*finite element method*). *Output* analisis berupa kurva histeresis, *story drift* maksimum, kontur tegangan, daktilitas, kekakuan dan kekuatan struktur serta disipasi energi kumulatif. Pengaruh spasi tulangan sengkang 75 mm dibandingkan dengan pengaruh spasi tulangan sengkang 99 mm, 66 mm, dan 50 mm terhadap kinerja sambungan balok kolom eksterior. Sambungan balok kolom dengan spasi tulangan sengkang 75 mm mampu menahan tegangan tekan sebesar -36,029 s.d. -3,736 MPa, sedangkan sambungan balok-kolom dengan spasi tulangan sengkang 99 mm, 66 mm, dan 50 mm mampu menahan tegangan tekan sebesar -51,936 s.d. -3,736 MPa. Nilai daktilitas tertinggi sebesar 1,579 dicapai oleh sambungan balok-kolom dengan spasi tulangan sengkang 99 mm karena mengalami leleh struktur lebih cepat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi spasi tulangan sengkang mempengaruhi kinerja struktur dalam menahan beban lateral siklik.

Kata Kunci: beban siklik, sambungan balok-kolom eksterior, metode elemen hingga, *self compacting concrete*.

Dosen Pembimbing I,



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

Palembang, Maret 2024
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing II,



Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T., IPU
NIP. 197705172008012039



EFFECT OF STIRRUP REINFORCEMENT IN JOINT ZONE ON THE PERFORMANCE OF SELF COMPACTING CONCRETE EXTERIOR BEAM COLOUMN JOINTS

Dandy Kurniawan¹⁾, Saloma²⁾, Siti Aisyah Nurjannah³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: dandyk1292@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

One of the structural elements designed to withstand earthquakes is the beam-column joints. The connection zone is an area that is responsive to earthquake load distribution, so the right design must qualify seismic criteria. The difficulty of compacting conventional concrete due to the density of reinforcement can be overcome by self-compacting concrete material. This research purpose to analyze the behavior of self compacting concrete exterior beam-column joints with variations of shear reinforcement on cyclic lateral loads. The analysis was carried out using ANSYS based on the finite element method. The results of the analysis are hysteresis curve, maximum story drift, stress contour, ductility, stiffness and strength of the structure and cumulative energy dissipation of the structure. The effect of 75 mm stirrup reinforcement spacing on the performance of exterior beam column joints. Beam-column joints with 75 mm stirrup reinforcement spacing are able to withstand compressive stresses of -36.029 s.d. -3.736 MPa, while the beam-column connection with 99 mm, 66 mm, and 50 mm stirrup reinforcement spacing is able to withstand compressive stresses of -51.936 to -3.736 MPa. The highest ductility value of 1.579 was achieved by the beam-column joints with 99 mm stirrup reinforcement spacing because the structure yielded faster. The results show that the variation of stirrup reinforcement spacing affects the performance of the structure in resisting cyclic lateral loads.

Keywords: cyclic lateral loads, exterior beam-column joints, finite element method, self compacting concrete

Dosen Pembimbing I,



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

Palembang, Maret 2024

Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing II,



Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T., IPU
NIP. 197705172008012039

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



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



RINGKASAN

PENGARUH SPASI TULANGAN SENGGANG DI ZONA JOINT TERHADAP KINERJA SAMBUNGAN BALOK KOLOM EKSTERIOR SELF COMPACTING CONCRETE

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, Maret 2024

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

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xx + 74 halaman, 62 gambar, 21 tabel, 4 lampiran

Salah satu elemen struktural yang didesain tahan terhadap gempa adalah sambungan balok-kolom. Zona sambungan tersebut merupakan daerah responsif terhadap distribusi beban gempa, sehingga desain yang tepat adalah harus memenuhi kriteria seismik. Kesulitan pemadatan beton konvensional akibat kerapatan tulangan dapat diatasi dengan material *self compacting concrete*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh spasi tulangan sengkang di zona *joint* terhadap kinerja sambungan balok kolom eksterior *self compacting concrete*. Analisis dilakukan menggunakan ANSYS yang berbasis metode elemen hingga (*finite element method*). *Output* analisis berupa kurva histeresis, *story drift* maksimum, kontur tegangan, daktilitas, kekakuan dan kekuatan struktur serta disipasi energi kumulatif. Pengaruh spasi tulangan sengkang 75 mm dibandingkan dengan pengaruh spasi tulangan sengkang 99 mm, 66 mm, dan 50 mm terhadap kinerja sambungan balok kolom eksterior. Sambungan balok kolom dengan spasi tulangan sengkang 75 mm mampu menahan tegangan tekan sebesar -36,029 s.d. - 3,736 MPa, sedangkan sambungan balok-kolom dengan spasi tulangan sengkang 99 mm, 66 mm, dan 50 mm mampu menahan tegangan tekan sebesar -51,936 s.d. - 3,736 MPa. Nilai daktilitas tertinggi sebesar 1,579 dicapai oleh sambungan balok-kolom dengan spasi tulangan sengkang 99 mm karena mengalami leleh struktur lebih cepat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi spasi tulangan sengkang mempengaruhi kinerja struktur dalam menahan beban lateral siklik.

Kata kunci: beban lateral siklik, sambungan balok-kolom eksterior, metode elemen hingga, *self compacting concrete*

SUMMARY

EFFECT OF STIRRUP REINFORCEMENT SPACING IN JOINT ZONE ON THE PERFORMANCE OF SELF COMPACTING CONCRETE EXTERIOR BEAM COLOUM JOINTS

Scientific papers in form of Final Projects, March 2024

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

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xx + 74 pages, 62 images, 21 table, 4 attachment

One of the structural elements designed to withstand earthquakes is the beam-column joints. The connection zone is an area that is responsive to earthquake load distribution, so the right design must qualify seismic criteria. The difficulty of compacting conventional concrete due to the density of reinforcement can be overcome by self-compacting concrete material. This research purpose to analyze the behavior of self compacting concrete exterior beam-column joints with variations of shear reinforcement on cyclic lateral loads. The analysis was carried out using ANSYS based on the finite element method. The results of the analysis are hysteresis curve, maximum story drift, stress contour, ductility, stiffness and strength of the structure and cumulative energy dissipation of the structure. The effect of 75 mm stirrup reinforcement spacing compared to the effect of 99 mm, 66 mm, and 50 mm stirrup reinforcement spacing on the performance of exterior beam coloumn joints. Beam-column joints with 75 mm stirrup reinforcememnt spacing are able to withstand compressive stresses of -36.029 s.d. -3.736 MPa, while the beam-column connection with 99 mm, 66 mm, and 50 mm stirrup reinforcement spacing is able to withstand compressive stresses of -51.936 to -3.736 MPa. The highest ductility value of 1.579 was achieved by the beam-column joints with 99 mm stirrup reinforcement spacing because the structure yielded faster. The results show that the variation of stirrup reinforcement spacing affects the performance of the structure in resisting cyclic lateral loads.

Keywords: cyclic lateral loads, exterior beam-column joints, finite element method, self compacting concrete

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dandy Kurniawan

NIM : 03011282025051

Judul : Pengaruh Spasi Tulangan Sengkang di Zona *Joint* Terhadap Kinerja Sambungan Balok Kolom Eksterior *Self Compacting Concrete*

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 2024



Dandy Kurniawan



HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Pengaruh Spasi Tulangan Sengkang di Zona *Joint* Terhadap Kinerja Sambungan Balok Kolom Eksterior *Self Compacting Concrete*” yang disusun oleh Dandy Kurniawan, 03011282025051 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal Maret 2024.


Palembang, Maret 2024

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Dosen Pembimbing:

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

Dosen Penguji:

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

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik
Sipil

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

Ketua Jurusan Teknik

Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.
NIP. 1976103120021220011

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dandy Kurniawan

NIM : 03011282025051

Judul : Pengaruh Spasi Tulangan Senggang di Zona *Joint* Terhadap Kinerja Sambungan Balok Kolom Eksterior *Self Compacting Concrete*

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 2024



Dandy Kurniawan
NIM. 03011282025051

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Dandy Kurniawan
Jenis Kelamin : Laki-laki
E-mail : dandyk1292@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

| Nama Sekolah | Fakultas | Jurusan | Pendidikan | Masa |
|-----------------------------|-----------------|----------------|-------------------|-------------|
| SD 23 Mato Aia | | | SD | 2008-2014 |
| SMP Islam Al-Falah Jambi | | | SMP | 2015-2017 |
| SMA Negeri 1 Kota Jambi | | MIPA | SMA | 2017-2020 |
| Universitas Sriwijaya | Teknik | Teknik Sipil | S1 | 2018-2024 |

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



(Dandy Kurniawan)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan tingkat resiko gempa yang tinggi karena terletak pada pertemuan tiga lempeng besar dunia yaitu Eurasia, Samudera Pasifik dan Indo-Australia. Gempa bumi terjadi akibat tumbukan atau gesekan lempeng-lempeng pada pertemuan lempeng-lempeng tersebut. Upaya mengatasi masalah gempa membutuhkan elemen struktur yang dirancang sedemikian rupa sehingga bangunan dapat menahan gempa dengan skala yang besar. Salah satu faktor struktur yang perlu diperhatikan dalam perencanaan struktur beton bertulang adalah sambungan balok-kolom. Pertemuan sambungan ini merupakan bagian penting yang harus dirancang dengan baik agar mampu menahan beban gempa.

Sambungan balok-kolom memiliki peranan yang penting terhadap bangunan struktur, karena mendesain elemen sambungan balok-kolom harus memenuhi kriteria kekuatan dan daktilitas untuk mencegah keruntuhan struktur secara mendadak akibat gaya geser. Untuk mengatasi potensi keruntuhan akibat gaya geser, maka diperlukan penambahan tulangan sengkang. Namun, semakin rapat tulangan sengkang dalam sambungan seringkali menyulitkan proses pemadatan dan pengecoran beton serta bisa mengakibatkan segregasi. Pemadatan bertujuan untuk mengurangi keberadaan rongga udara dalam bekisting sambungan. Jika pemadatan beton tidak optimal, ini bisa menyebabkan deformasi turun dan membuat sambungan menjadi rentan terhadap gempa.

Self compacting concrete (SCC) merupakan suatu campuran beton yang awal mulanya dikembangkan di Jepang pada tahun 1986 oleh Okamura. Di Indonesia sendiri banyak menggunakan jenis beton ini, karena memiliki karakteristik lebih encer dan memadat sendiri tanpa memerlukan alat vibrator. Sehingga, dapat mengalir untuk mengisi celah-celah pada bekisting yang tidak mudah dijangkau oleh alat *vibrator*.

Pengujian pengaruh spasi tulangan sengkang di zona *joint* terhadap kinerja sambungan balok-kolom dapat dilakukan dengan bantuan program ANSYS. ANSYS dapat menyelesaikan masalah analisis struktural dengan berbasis *finite*

element. Komponen elemen struktur ini dipecah menjadi komponen lebih kecil, kemudian dihubungkan satu sama lain dengan bantuan *nodes*. Hasil dari pengujian yang dilakukan berupa pendekatan menggunakan analisis numerik.

Pengujian yang dilakukan yaitu menganalisis pengaruh spasi tulangan sengkang di zona *joint* terhadap kinerja sambungan balok-kolom eksterior. Hasil analisis yang akan dibandingkan yaitu kurva histeresis dari beberapa variasi spasi tulangan sengkang di zona sambungan balok kolom eksterior terhadap beban siklik.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas pada penelitian pengaruh spasi tulangan sengkang di zona *joint* terhadap kinerja sambungan balok-kolom eksterior adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil analisis pengaruh spasi tulangan sengkang di zona *joint* terhadap kinerja sambungan balok-kolom eksterior beton normal menggunakan program ANSYS?
2. Bagaimana metode analisis pengaruh spasi tulangan sengkang di zona *joint* terhadap kinerja sambungan balok-kolom eksterior *self compacting concrete*?
3. Bagaimana hasil analisis pengaruh spasi tulangan sengkang di zona *joint* terhadap kinerja sambungan balok-kolom eksterior *self compacting concrete*?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian pengaruh spasi tulangan sengkang di zona *joint* terhadap kinerja sambungan balok-kolom eksterior adalah sebagai berikut :

1. Membandingkan dan memverifikasi pengaruh spasi tulangan sengkang di zona *joint* terhadap kinerja sambungan balok-kolom eksterior beton normal dari pengujian eksperimental Benham, dkk. (2017) dengan hasil analisis menggunakan program ANSYS.
2. Memahami metode analisis pengaruh spasi tulangan sengkang di zona *joint* terhadap kinerja sambungan balok kolom eksterior pada material *self compacting concrete*.
3. Menganalisis dan membandingkan pengaruh spasi tulangan sengkang di zona *joint* terhadap kinerja sambungan balok-kolom eksterior pada material *self*

compacting concrete.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian studi numerik pengaruh spasi tulangan sengkang di zona *joint* terhadap kinerja sambungan balok-kolom eksterior dibatasi pada :

1. Peraturan yang digunakan mengacu pada ACI 813-14.
2. Pemodelan jenis *solid* dan *link* yang digunakan untuk analisis menggunakan program ANSYS. Pemodelan elemen struktur dilakukan secara aktual dan dianalisis perilakunya dengan metode elemen hingga (*finite element method*).
3. Data sekunder diperoleh dari hasil penelitian terdahulu secara eksperimental oleh Benham, dkk (2017) mengenai pengaruh rasio lebar balok terhadap perilaku seismik pada sambungan balok-kolom eksterior.
4. Data material *self compacting concrete* yang dibutuhkan didapatkan dari penelitian oleh Saloma, dkk (2017) pada pengujian pengaruh dari material *self compacting concrete* (SCC) dengan ampas tebu. Peneliti merupakan dosen Universitas Sriwijaya Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abotiheen, M. H. A., & Ali, M. H. (2018). Finite Element Analysis is A Powerful Approach To Predictive Manufacturing Parameters. *Journal of Babylon University/Engineering Sciences/ No, 1*, 2018.
<https://www.researchgate.net/publication/321774087>
- ACI Committee 374, ACI 374.1-05. 2005. Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing and Commentary. American Concrete Institute, Farmington Hills: MI.
- ACI Committee 318, ACI 318M-11. 2011. Buildings Code Requirements for Structural Concrete. American Concrete Institute, Farmington Hills: MI.
- ACI-ASCE Committee 352, ACI 352R-02. 2002. Recommendation for Design of Beam-Column Connection in Monolithic Reinforced Concrete Structures. American Concrete Institute, Farmington Hills: MI.
- ANSYS Inc. 2013. ANSYS Mechanical APDL Introductory Tutorials. United States of America.
- Behnam, H., Kuang, J. S., & Huang, R. Y. C. (2017). Exterior RC wide beam-column connections: Effect of beam width ratio on seismic behaviour. *Engineering Structures*, 147, 27–44.
<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.05.044>
- Choiron, dkk. 2014. Metode Elemen Hingga. Malang: Universitas Brawijaya.
- Dehkordi, dkk. 2019. Effects of High-Strength Reinforcing Bars and Concrete on Seismic Behavior of RC Beam-Column Joints. *Engineering Structures*, 183, 702–719.
- Duran-Herrera, A., De-León-Esquivel, J., Bentz, D. P., & Valdez-Tamez, P. (2019). Self-compacting concretes using fly ash and fine limestone powder: Shrinkage and surface electrical resistivity of equivalent mortars. *Construction and Building Materials*, 199, 50–62.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.191>
- EFNARC. (2005). The European Guidelines for Self-Compacting Concrete. *The European Guidelines for Self Compacting Concrete*, May, 63.
<http://www.efnarc.org/pdf/SCCGuidelinesMay2005.pdf>
- Feng, J., Wang, S., Meloni, M., Zhang, Q., Yang, J., & Cai, J. (2020). Seismic behavior of RC beam column joints with 600 MPa high strength steel bars. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(13). <https://doi.org/10.3390/app10134684>
- FEMA 356. 2000. Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of

- Buildings. Washington DC: Federal Emergency Management Agency.
- Gao, dkk. 2020. Seismic Behavior of Exterior Beam-Column Joints with High-Performance Steel Rebar: Experimental and Numerical Investigations. *Advances in Structural Engineering*.
- Hu, B., dan Kundu, T. 2019. Seismic Performance of Interior and Exterior Beam–Column Joints in Recycled Aggregate Concrete Frames. *Journal of Structural Engineering*, 145(3).
- Oinam, dkk. 2019. Cyclic Performance of Steel Fiber-Reinforced Concrete Exterior Beam-Column Joints. *Earthquake and Structures*, 16(5), 533–546.
- Saloma, dkk. 2017. The Behavior of Self-Compacting Concrete (SCC) with Bagasse Ash. *AIP Conference Proceedings*, 1903.
- Saghafi, M. H., dan Shariatmadar, H. 2018. Enhancement of Seismic Performance of Beam-Column Joint Connections Using High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites. *Construction and Building Materials*, 180, 665–680.
- Saghafi, dkk. 2019. Seismic Behavior of High-Performance Fiber-Reinforced Cement Composites Beam-Column Connection with High Damage Tolerance. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 13(1).
- SNI 2847-2019. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum, 2019
- SNI 1729-2020. Perilaku, Analisis, dan Desain Struktur Baja. By : Pertiwi, dkk. 2020
- TJITRO, H. (2019). *Studi Hubungan Balok Kolom Dengan Peraturan Sni 2847-2013, Aci 318M:14, Nzs 3101.1:2006, Dan En 1992:2004 Terhadap Beban Gempa Pada Struktur Gedung the Arundaya*. 252.
- Wang, dkk. 2019. Hysteretic Behavior of Steel Reinforced Concrete Columns Based on Damage Analysis. *Applied Sciences*, 9(4).
- Zienkiewicz, O. C., dan Taylor, R. L. 2000. *The Finite Element Method Fifth Edition Volume 1 : The Basis*. Oxford: Butterworth-Heinemann.