

Analisa Numerik Perilaku Sambungan Balok-Kolom Menggunakan Pelat Pada Balok

**A.M. Afdhal Adiwijaya¹, Dytha Dzalzabila², Hanafi Ashad³,
Toni Utina⁴, Muh.Syarif BP⁵**

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo KM 05 Makassar, Kota Makassar dan Kode Pos 90231, Negara Indonesia
Email: ¹afdhal776@gmail.com; ²dtdzalzabila@gmail.com; ³hanafi.ashad@umi.ac.id;
⁴toni.utina@umi.ac.id; ⁵muhammad.syarif@umi.ac.id

ABSTRAK

Pada saat ini pembangunan struktur dan infrastruktur menuntut suatu tanggung jawab yang besar, mutu bahan yang baik, dan sistem kerja yang menjamin terlaksananya suatu pembangunan yang baik. Selain itu, juga menuntut suatu pembangunan yang cukup ekonomis, serta dapat dilakukan dengan efisien juga cepat. Saat ini teknologi beton pracetak tampil sebagai menjadisebuah solusi untuk memperoleh tingkat efisiensi, sehingga perlu merancang system sambungan yang di kombinasikan antara penggunaan beton konvensional dengan beton pracetak yang kuat dengan pembuktian nilai daktilitas dan retak. Sambungan balok-kolom merupakan bagian kritis dan memiliki kapasitas dalam menerima beban. penelitian ini pengujian dilakukan pada sambungan interior balok-kolom pracetak. Dalam penelitian bertujuan demi mengetahui tingkat daktilitas dan retak yang terjadi. Hasil penelitian ini menunjukan Daktilitas perpindahan yang terjadi pada penampang menggunakan pelat baja sebesar 11,9998 mm, Sedangkan daktilitas perpindahan yang terjadi pada penampang tanpa menggunakan pelat baja yaitu, sebesar 9,9996 mm. Momen retak yang terjadi pada penampang tanpa pelat baja sebesar $M_{cr} = 115468036,84 \text{ N.mm}$, sedangkan pada penampang yang menggunakan pelat baja diperoleh momen retak yang lebih besar yaitu $M_{cr} = 430225673,46 \text{ N.mm}$

Kata Kunci: Sambungan, pracetak, daktilitas, retak

ABSTRACT

At this time the construction of structures and infrastructure demands a big responsibility, good quality materials, and a work system that ensures the implementation of a good development. Apart from that, it also demands an economic development, which can be carried out quickly and efficiently. Currently, precast concrete technology appears as a solution to get high efficiency, so it is necessary to design a joint system that combines the use of conventional concrete with strong precast concrete with proof of ductility and crack values. The beam-column connection is a critical part and has the capacity to accept loads. In this study, tests were carried out on precast interior beam-column joints. The level of ductility and cracks that occur. Results this study indicate, displacement ductility that occurs in a section using a steel plate is 11.9998 mm, while the displacement ductility that occurs in a cross section without using a steel plate is 9.9996 mm. The moment of cracking that occurs in a section without a steel plate is $M_{cr} = 115468036.84 \text{ N.mm}$, while in a cross section that uses a steel plate, a greater crack moment is obtained, namely $M_{cr} = 430225673.46 \text{ N.mm}$

Keywords: Joint, precast, ductility, crack

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini pembangunan struktur dan infrastruktur menuntut suatu tanggung jawab yang besar, mutu yang bahan yang baik, dan sistem kerja yang menjamin terlaksananya suatu pembangunan yang baik. Selain itu, juga menuntut suatu pembangunan yang cukup ekonomis, serta dapat dilakukan dengan efisien. Pembangunan di bidang struktur pada saat ini menggunakan dua metode, yaitu beton konvensional (*Cast in-site*) yang di cor di lokasi pembangunan dan beton pracetak yang dicetak di pabrik (*Fabrication*) kemudian dibawa ke lokasi pemasangan (*Transportation*) dan di rakit menjadi suatu struktur yang utuh (*Erection*).

Metode beton konvensional melakukan pengecoran di tempat bangunan itu dibangun, metode ini dikenal juga dengan nama sistem cor di tempat. Pelaksanaan metode konvensional lebih sederhana karena hanya menggunakan alat-alat yang sederhana seperti skop, cangkul dan sebagainya, serta tidak memerlukan alat bantu khusus seperti *crane*. Tetapi sistem ini memiliki kekurangan dalam hal biaya tambahan untuk pekerjaan bekisting dan pengecoran, serta waktu pengerjaan yang lama, serta sulit dalam pengontrolan mutu beton. Sedangkan metode beton pracetak lebih unggul di dalam hal waktu pelaksanaan, tidak memerlukan biaya tambahan dalam pekerjaan bekisting, serta kualitas mutu yang seragam sehingga mudah dikontrol.

Sambungan balok-kolom merupakan daerah kritis dan memiliki keterbatasan kapasitas menerima beban. Kualitas pada sambungan digunakan dalam menghubungkan antar elemen pracetak dirancang agar baik untuk mengirim segala gaya. kekuatan dan juga penempatan sambungan harus direncanakan sebaik mungkin sehingga keberadaannya tidak menyebabkan

kerusakan prematur dalam struktur. (B et al., 2019)

Pada penelitian ini pengujian yang dilakukan pada sambungan interior balok-kolom pracetak. Penelitian ini akan meneliti tentang perilaku sambungan pracetak yang dimodelkan menggunakan ANSYS. Beton pracetak atau *precast* merupakan suatu beton dibuat pada pabrik. sesuai dengan kebutuhan bangunan yang akan dibuat. Beton pracetak dibuat untuk memenuhi kebutuhan pembangunan yang semakin cepat dengan meminimalisir hambatan berupa cuaca dan komposisi dari beton yang sewaktu-waktu dapat memiliki mutu yang berbeda-beda (faktor kesalahan manusia) saat dikerjakan secara manual jika pembangunan dilakukan dalam skala besar. Beton pracetak dibuat dengan alat berteknologi canggih sehingga dapat dipastikan panel beton yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan dengan bentuk yang presisi. (Abduh, 2007)

Dalam kasus tertentu, dikarenakan beton yang dihasilkan pada suatu pabrik yang ukuran panjangnya terbatas maka dapat dilakukan penyambungan untuk memenuhi kebutuhan konstruksi bangunan. Pada penelitian kami metode penyambungan antara balok dengan kolom yang dilakukan menggunakan media penyambung plat baja yang dihubungkan dengan penggunaan baut sebagai media penyambungannya. Kemudian dilakukan analisis dalam meneliti sifat atau perilaku pada konstruksi sambungan menggunakan metode numeric. Adapun cara yang digunakan untuk merumuskan suatu kasus dengan menggunakan perhitungan yang umumnya sulit diselesaikan secara analitis dengan berbagai macam aplikasi yang membantu salah satunya seperti ANSYS. Aplikasi Ansys sendiri merupakan aplikasi yang kami gunakan dalam penelitian ini untuk mempermudah proses analisis numeric pada penelitian kami. (Suku, 2018)

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian studi numerik perilaku pada sambungan balok - kolom beton bertulang pracetak interior ini adalah:

- 1) Untuk mengetahui tingkat daktilitas pada sambungan balok-kolom.
- 2) Untuk mengetahui beban retak dan pola retak yang terjadi.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang kami gunakan pada penelitian ini yaitu, dengan melakukan pengumpulan data-data material suatu perencanaan gedung yang akan dilakukan pada tahapan analisis selanjutnya.

2.1 Beton Pracetak

Beton precast merupakan teknologi konstruksi suatu struktur beton dengan komponen penyusun yang dicetak terlebih dulu di suatu pabrik (*off site fabrication*), terkadang komponen-tersebut disatukan dan disusun lebih dahulu (*pre-assembly*), selanjutnya dipasang di lokasi (*installation*), pada dasarnya system ini berbeda dengan system monololit terutama pada saat perencanaan yang ditentukan atau tergantung pula pada metode pelaksanaan suatu pabrikasi, penyatuan dan pemasangannya, serta ditentukan oleh teknis dan perilaku suatu sistem precast dalam hal penyambungan antar komponen (Abduh, 2007). Struktur komponen beton *precast* harus direncanakan untuk memenuhi ketentuan lendutan, kekuatan, dan kemudahan dalam proses pabrikasi dan penyambungan diantaranya adalah:

- a. Semua detail harus dirancang agar mempunyai toleransi yang cukup terhadap proses pabrikasi dan ereksi dan terhadap tegangan sementara yang terjadi pada saat ereksi.
- b. Perencanaan bangunan struktur beton harus mempertimbangkan semua kondisi pembebanan dan kendala mulai dari saat pabrikasi awal hingga selesainya pelaksanaan struktur, termasuk pengangkutan, pelepasan cetakan, penyimpanan, dan pemasangan.

- c. Perancangan dari join dan tumpuan harus mencakup pengaruh dari semua gaya yang akan disalurkan termasuk susut, suhu, deformasi elastis, angin dan gempa.
- d. Dalam konstruksi beton pracetak (*precast*) yang tidak berperilaku secara monolit, pengaruh pada semua detail sambungan dan pertemuan harus dipertimbangkan untuk menjamin tercapainya penampilan yang baik dari sistem struktur.
- e. Pengaruh dari lendutan awal dan lendutan jangka panjang harus dipertimbangkan, termasuk pengaruh pada komponen struktur lain yang saling bersambungan

2.2 Konsep Dasar Pracetak

Beton Pracetak merupakan elemen beton dengan atau tanpa tulangan yang dibuat terlebih dahulu sebelum disatukan menjadi bangunan. Semua komponen pracetak beserta sambungannya harus mampu menahan semua kondisi pada pembebanan dan tekanan dari fabrikasi awal sampai pada penggunaan akhir suatu struktur. Termasuk pelepasan suatu bekisting, transportasi, penyimpanan, dan ereksi.(SNI, 2013).

Menyatakan bahwa secara umum suatu sistem komponen pracetak digolongkan sebagai sistem struktur pada komponen pracetak sebagian, dimana suatu kekakuannya tidak dipengaruhi oleh pemotongan komponenisasi, missal suatu pelat, dinding yang dimana pemutusan dilakukan tidak pada hubungan antara balok dan kolom. Sistem pracetak penuh, dalam sistem ini kolom dan balok serta pelat di pracetak dan disambung sehingga menjadi monolit. Sambungan elemen pracetak adalah bagian yang kritis, dimana berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya antar elemen pracetak. (Chelcea et al., 2017).

Kelemahan konstruksi yang menggunakan sistem beton precast merupakan terletak pada suatu

sambungan relatif kurang kaku dan monolit, sehingga lemah dalam beban lateral khususnya dalam menahan beban gempa. Untuk itu sambungan antara elemen pada balok pracetak dan kolom maupun plat pracetak direncanakan agar memiliki kekakuan seperti struktur beton monolit pada umumnya. Sambungan pada elemen pracetak dengan suatu beton *cast in place* diharapkan mempunyai perilaku yang mendekati atau sama dengan struktur monolit.

Gaya boleh disalurkan antar komponen komponen pada struktur dengan menggunakan sambungan *grouting*, sambungan baja tulangan kunci geser, sambungan mekanis, , pelapisan dengan beton bertulang cor di tempat atau kombinasi dari cara-cara tersebut. Sambungan elemen pracetak diantaranya sambungan pelat pracetak dengan balok pracetak, kolom pracetak dengan kolom pracetak dan sambungan balok pracetak dengan balok pracetak,. Panjang lekatan setidaknya tiga puluh kali diameter tulangan.

2.3 Perilaku Sambungan Balok Kolom

2.3.1 Daktilitas

Duktilitas adalah karakter bahan yang dapat berdeformasi terhadap beban tarik hingga benar-benar patah (rupture) (Zainuri, 2008). Daktilitas merupakan kemampuan stuktur atau komponen syruktur untuk mengalami deformasi inelastic bolak-balik berulang setelah leleh pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup untuk mendukung bebannya, sehingga struktur tetap berdiri walaupun sudah retak/rusak dan diambang keruntuhan. Tingkat dakilitas struktur dipengaruhi olah pola retak atau sendi plastis terjadi di ujung balok dan bukan pada kolom dan juga dinding yang memikulnya. (Ingham et al., 2011) daktilitas dikelompokkan dalam:

- 1) Daktilitas Regangan (strain ductility) dapat ditulis rumus sebagai berikut:

$$\mu_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_y}$$

.....(1)

dimana :

μ_{ε} = daktilitas regangan

ε_u = regangan maksimum.

ε_y = regangan leleh.

- 2) Daktilitas kelengkungan (curvature ductility), dapat ditulis rumus seagai berikut:

$$\mu_{\varepsilon} = \frac{\varphi_u}{\varphi_y} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

μ_{ε} = Daktilitas Kelengkungan.

φ_u = Sudut kengkungan.

φ_y = Sudut kelengkungan saat leleh.

- 3) Daktilitas perpindahan (*displacement ductility*) merupakan perbandingan anara perpindahan struktur maksimum dalam arah lateral terhadap perpinahan struktur saat mengalami leleh.

$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \dots\dots\dots(3)$$

dimana:

μ_{Δ} = daktilitas perpindahan.

Δ_u = perpindahan struktur maksimum.

Δ_y = perpindahan struktur saat leleh.

2.3.2 Pola Retak

Retak adalah jenis kerusakan paling sering terjadi pada suatu struktur beton, dimana terjadi pemisahan diantara massa beton yang relatif panjang dengan yang kecil. Secara visual retak terlihat seperti garis. Retak pada beton terjadi sebelum beton mengalami pengerasan maupun setelah beton mengeras. Ada tiga kasus yang dipertimbangkan dalam masalah retak yaitu :

- 1) Ketika tahanan tarik $f_t < f_r$, maka penampang dipertimbangkan untuk tidak terjadi retak. Untuk kasus ini $I_g = 1/12 b.h^3$ (4)

- 2) Ketika tegangan tarik $f_t = f_r$, maka retak mulai timbul. Momen yang timbul disebut momen retak dan dihitung sebagai berikut :

$$M_{cr} = f_r \frac{I_g}{c'} \dots\dots\dots(5)$$

dimana :

I_g = momen inersia penampang.

B = lebar penampang.

H = tinggi penampang.

f_r = modulus keruntuhan.

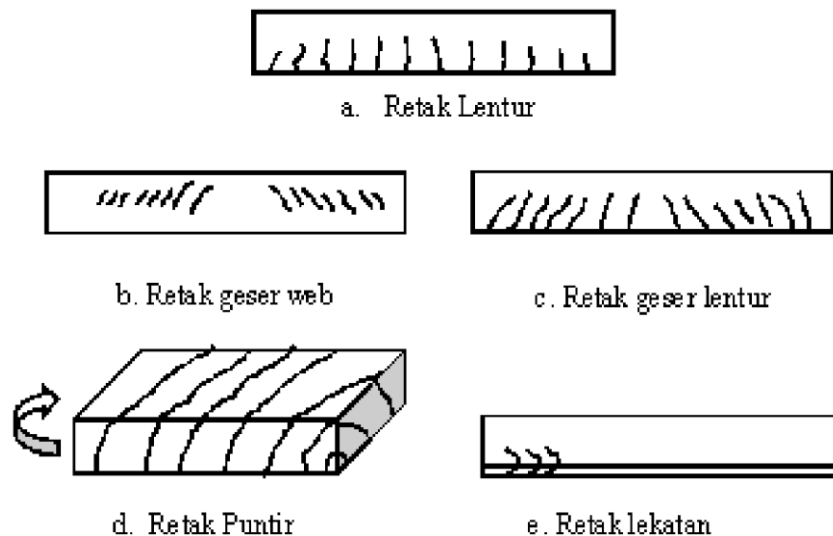
f_t = tegangan tarik.

$$c' = h/2$$

- 3) Apabila momen yang bekerja sudah lebih besar dari momen retak, maka retak penampang sudah meluas. Untuk perhitungan digunakan momen inersia retak (I_{cr}), transformasi balok beton yang tertekan dan transformasi dari tulangan n.As.

Pada dasarnya ada tiga jenis keretakan pada balok, (Gilbert, 1990):

- Retak lekatan adalah retak yang terjadi di sekitar tulangan. Hal ini terjadi akibat kemampuan awal tulangan melawan beton, terjadi perpindahan pada tulangan di dalam beton dimana terjadi *interlocking* dan menghasilkan retak radial.
- Retak lentur (flexural crack), terjadi di daerah yang mempunyai harga momen lentur lebih besar dan gaya geser kecil.
- Retak puntir (*torsion crack*). Retak ini mirip retak geser terkecuali retak punter melingkar di sekeliling balok.
- Retak geser-lentur (flexural shear crack), terjadi pada bagian balok yang sebelumnya telah terjadi keretakan lentur. (Audi Ghaffari, 2017)(Chelcea et al., 2017)



Gambar 1. Jenis retak pada balok

Dengan menyampingkan regangan elastis yang kecil antar retakan, maka hubungan antara lebar retak (crack width) dan regangannya dapat ditulis:

$$W_m = \epsilon_{cf} S_m \dots\dots\dots(6)$$

dimana:

W_m = lebar retakan rata – rata

ϵ_{cf} = regangan saat tarik

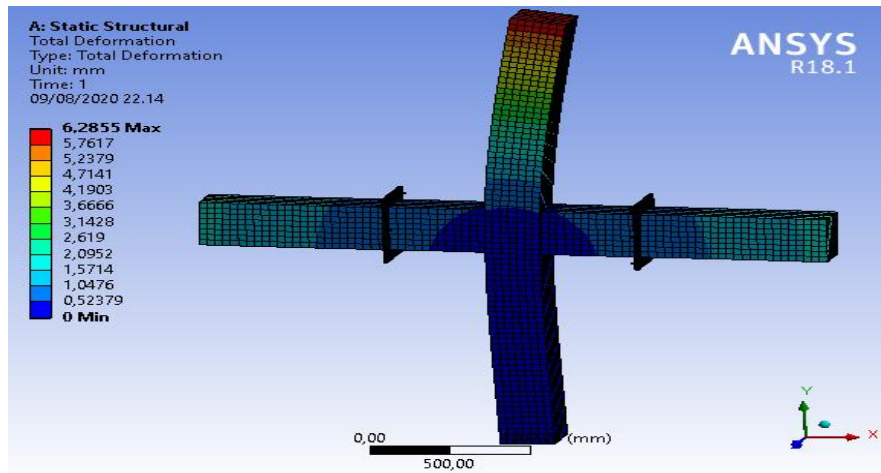
S_m = spasi retakan rata – rata

3. Hasil dan Pembahasan

Pada hasil analisa numeric dengan program ANSYS diperoleh nilai berikut:

3.1 Pada Penampang Tanpa Menggunakan Pelat Baja

1. Deformasi Berdasarkan hasil analisis melalui program ansys menunjukkan hasil seperti dibawah ini:

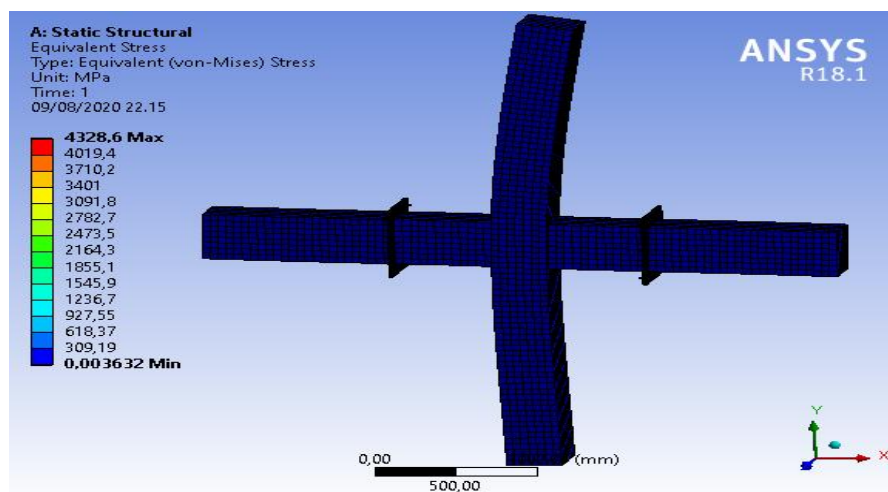


Gambar 2. Deformasi

Berdasarkan hasil analisa dari gambar diatas deformasi maksimum yang terjadi adalah sebesar 6,285 mm. maka nilai daktilitas dapat dipeoleh:

$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} = \frac{6,2855}{0,5238} = 11,9998 \text{ mm}$$

2. Momen berdasarkan hasil analisis melalui program ansys menunjukkan hasil seperti dibawah ini:



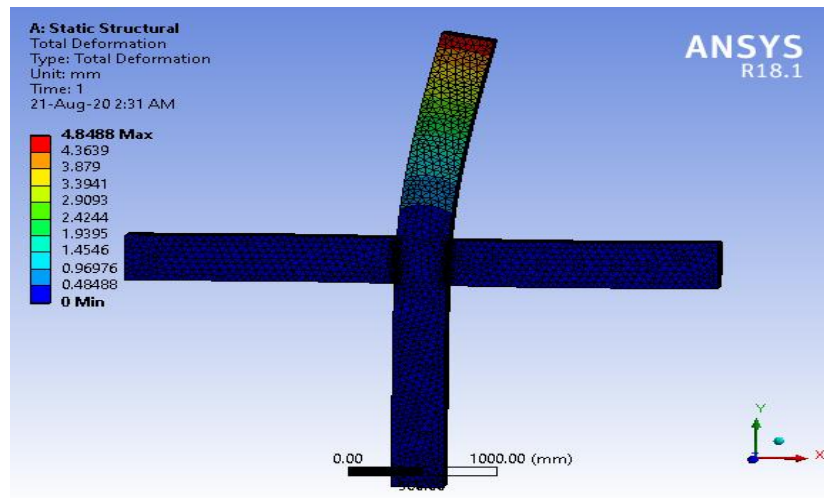
Gambar 3. Momen

Berdasarkan hasil analisa pada gambar 3 Momen maksimum yang terjadi adalah sebesar 4328,6 Mpa.

3.2 Pada Penampang Tanpa Menggunakan Pelat Baja

- 1) Deformasi Berdasarkan hasil analisis melalui program ansys

menunjukkan hasil seperti dibawah ini:

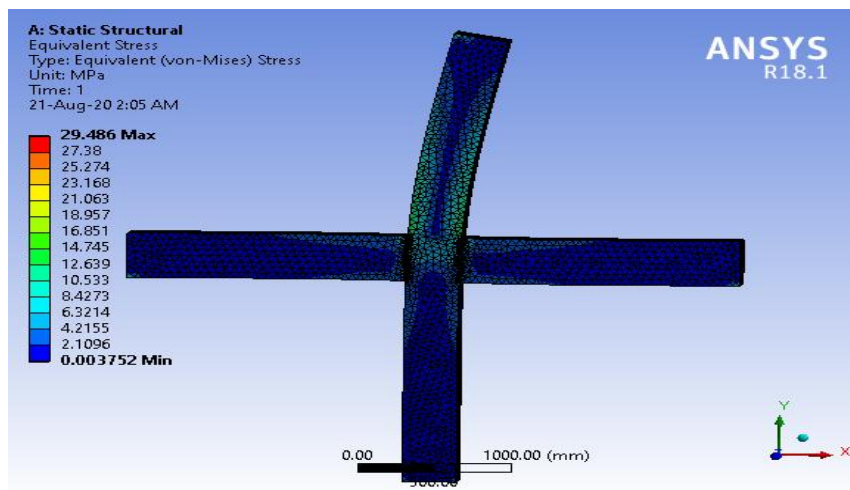


Gambar 4 Deformasi

Berdasarkan hasil analisa pada gambar 4 Deformasi maksimum yang terjadi adalah sebesar 4,8488 mm, maka nilai daktilitas dapat dipeoleh:

$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} = \frac{4,8488}{0,4849} = 9,9996 \text{ mm}$$

- 2) Momen Berdasarkan hasil analisis melalui program ansys menunjukkan hasil seperti dibawah ini:



Gambar 5 Momen

Berdasarkan hasil analisa pada gambar 5. Momen maksimum yang terjadi adalah sebesar 29.486 Mpa.

3.3 Analisis Momen Retak Penampang Tanpa Pelat Baja dan penampang menggunakan pelat baja

Menghitung momen yang terjadi pada saat retak awal

$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_g}{y_{dasar}} \dots \dots \dots (6)$$

dimana,

f_r = Modulus Pecah beton

I_g = Momen inersia Gross

y = Titik dasar penampang transformasi

Jadi nilai momen retak yang terjadi pada penampang dengan pelat baja sedangkan pada penampang menggunakan pelat baja nilai $M_{cr} = 430225673,46 \text{ N.mm}$.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Dari analisis menggunakan Software ANSYS 18.1 maka dapat di tarik kesimpulan, bahwa:

- 1) Daktilitas perpindahan yang terjadi pada penampang menggunakan pelat baja sebesar 11,9998 mm, Sedangkan daktilitas perpindahan yang terjadi pada penampang tanpa menggunakan pelat baja yaitu, sebesar 9,9996 mm
- 2) Momen retak yang terjadi pada penampang tanpa pelat baja sebesar $M_{cr} = 115468036,84 \text{ N.mm}$ sedangkan pada penampang yang menggunakan pelat baja diperoleh momen retak yang lebih besar yaitu $M_{cr} = 430225673,46 \text{ N.mm}$

4.2 Saran

Demi melanjutkan penelitian ini, dibutuhkan beberapa masukan beserta saran demi kesempurnaan pada penelitian ini. Adapun saran – saran untuk penelitian selanjutnya ialah:

- 1) Disarankan agar para peneliti selanjutnya diharapkan memberikan masukan positif guna mempertimbangkan dan menindak lanjuti perilaku sambungan balok-balok dengan media penyambungan pel(CHelcea et al., 2017)at baja.
- 2) Peneliti selanjutnya diharapkan dapat melanjutkan dan meninjau aspek lain dalam perilaku sambungan balok-kolom dengan media penyambung pelat baja.

yaitu $M_{cr} = 115468036,84 \text{ N.mm}$,

Daftar Pustaka

- Abduh, M. (2007). Inovasi teknologi dan sistem beton pracetak di Indonesia: Sebuah analisa rantai nilai. *Seminar Dan Pameran HAKI 2007*.
- Audi Ghaffari, M. (2017). Studi Perbandingan pola retak pada beton normal dan beton dengan sambungan model takik akibat beban siklik lateral(1), 287–295.
- B, M. S., Parung, H., Djamaluddin, R., & Muhiddin, A. B. (2019). Model Of Precast Beam-Column Connection Towards Structure Rigidity By Using Steel Plate Causes By Cyclic Load. *SSRN Electronic Journal*, June, 4–6.
- Chelcea, A., Parung, H., & Amiruddin, A. A. (2017). *Studi Perbandingan Pola Retak Pada Beton Normal dan Beton dengan Sambungan Model Takik Akibat Beban Siklik Lateral*. 1–11.
- Ingham, J., Bull, D., & Twigden, K. (2011). Remembering professors Paulay, Park and Priestley. *Repository University Of Riau Perpustakaan Uiversitas Riau*, 5(2),
- SNI, 2847:2013. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, 1–265.
- Suku, Y. L. (2018). Pemodelan dan Analisis Perilaku Balok Beton Bertulang yang Berbeda Diameter Akibat Variasi Tata Letak Tulangannya. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 24(1), 20. 1.17303
- Zainuri, A. M. (2008). *Kekuatan Bahan*. 1–19.