

TUGAS AKHIR

**ANALISIS RETAK BETON BALOK KOLOM DENGAN
SAMBUNGAN PASAK AKIBAT BEBAN SIKLIK LATERAL**

***CRACKS ANALYSIS OF CONCRETE BEAM-COLUMN WITH
DOWELS CONNECTION DUE TO LATERAL CYCLIC LOAD***

**ARYNI PONTO
D011 17 1019**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2022**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**ANALISIS RETAK BETON BALOK KOLOM DENGAN SAMBUNGAN PASAK
AKIBAT BEBAN SIKLIK LATERAL**

Disusun dan diajukan oleh:

ARYNI PONTO

D011 17 1019

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 16 Agustus 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing Utama,

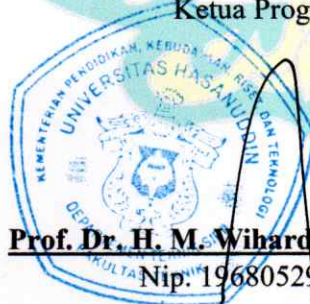
Pembimbing Pendamping,


Prof. Dr. Ing. Herman Parung, M. Eng
NIP. 196207291987031001


Dr. Eng. Arwin Amiruddin, ST. MT.
NIP. 197912262005011001

Ketua Program Studi,


Prof. Dr. H. M. Wibardi Tjaronge, ST, M.Eng
Nip. 196805292002121002



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Aryni Ponto, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Analisis Retak Beton Balok Kolom Dengan Sambungan Pasak Akibat Beban Siklik Lateral**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, Agustus 2022

Yang membuat
pernyataan,



Aryni Ponto
NIM: D011 17 1019

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Retak Beton Balok Kolom Dengan Sambungan Pasak Akibat Beban Siklik Lateral**” ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan kepada pembaca dan juga kepada penulis dalam memahami karakteristik beton pracetak secara umum dan khususnya *joint* pracetak sambungan dengan sistem pasak.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan, petunjuk dan perhatian dari dosen pembimbing. Maka dalam kesempatan kali ini, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. Bapak **Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge S.T., M.Eng.**, dan Bapak **Dr. Eng. Bambang Bakri, S.T., M.T.** selaku Ketua dan Sekretaris Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak **Prof. Dr. Ing. Herman Parung, M.Eng.**, selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak **Dr. Eng. A. Arwin Amiruddin, S.T., M.T.**, selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, motivasi, dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
4. Bapak **Dr. Eng. A. Arwin Amiruddin, S.T., M.T.**, dan Bapak **Dr. Eng. Fakhrudin, S.T., M.Eng.**, selaku Kepala dan Sekretaris Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan izin atas segala fasilitas yang digunakan.
5. Seluruh dosen yang telah membantu penulis selama mengikuti pendidikan di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh staf dan karyawan di Departemen Teknik Sipil, di Fakultas Teknik, di Universitas Hasanuddin.

7. Seluruh asisten dan staf Laboratorium Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang tercinta, yaitu Ibunda **Heryana Ary, S.P.** dan Ayahanda **M. D. Ponto, S.Th** serta **kakak-kakak terkasih**, atas doa, kasih sayang, motivasi dan segala dukungannya selama ini, baik moral maupun material yang telah diberikan.
2. Bapak **Herman Tumengkol, S.T., M.T., Yanny Febry Fitriani, S.T., Irfan Jaya** dan **Muh. Athar Al-Ayubi A.R.**, sebagai partner tim yang telah berjuang bersama selama proses penelitian berlangsung.
3. **Muh. Amrin Kahar, Masnia, Nurul Putri Awaliah, Nurul Shafira S. Harun, Muh. Rijal Rajab, William Jonathan**, serta seluruh member Lab. Riset Gempa yang telah banyak membantu selama proses penelitian dilaksanakan.
4. **Abigail Anggie P. Os, Alvanya Yostha Paramita, dan Ovianti Mallisa** yang telah memberikan support dan motivasi selama ini.
5. Teman-teman **KMKO SIPIL 2017** dan **KMKO Teknik 2017** yang telah memberikan warna tersendiri selama masa perkuliahan.
6. Teman-teman **PLASTIS**, mahasiswa Departemen Teknik Sipil dan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin **Angkatan 2017** yang telah mewarnai kehidupan kampus selama ini.

Saya menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan luput dari kekurangan, oleh karena itu mengharapakan kepada pembaca kiranya dapat memberi sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang pembangunan infrastruktur di Indonesia.

Gowa, Agustus 2022
Penulis

ABSTRAK

Dewasa ini, pembangunan berkembang sangat pesat dan mengakibatkan lahan yang tersedia semakin berkurang. Oleh karena itu, pembangunan gedung bertingkat menjadi solusi kekurangan lahan yang tersedia. Pada saat gempa terjadi, beban gempa akan terdistribusi pada setiap lantai akan dikonversi menjadi gaya geser yang timbul pada daerah sambungan balok kolom. Keruntuhan pada bangunan dapat dilihat pada timbulnya retakan pada struktur balok dan kolom. Dimana saat beban bekerja, keruntuhan geser secara fisik ditandai dengan timbulnya retak arah diagonal pada sambungan balok kolom.

Tujuan dari penelitian ini mencakup dua hal yaitu untuk menganalisis jenis pola retak yang terjadi pada beton dengan sambungan pasak akibat beban siklik lateral, serta menganalisis pengaruh jumlah pasak yang diberikan pada sambungan beton balok kolom.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi eksperimental dengan benda uji yang terdiri dari 3 buah komponen sambungan balok kolom yaitu 1 buah sambungan balok kolom monolit (BN) serta 2 buah sambungan balok kolom pracetak dengan 2 pasak (BG-01) dan 4 pasak (BG-02). Pengujian dilakukan dengan memberikan beban siklik lateral menggunakan metode *displacement control*. Analisis pola retak yang terjadi dilakukan melalui pengamatan secara visual setiap satu siklus perpindahan.

Hasil penelitian yang diperoleh yaitu pada saat beban siklik bekerja, benda uji mengalami retak awal (*first crack*) saat rata-rata beban positif sebesar 4,79 kN dan rata-rata beban negatif 5,64 kN yang terjadi di daerah balok. Beban *ultimate* terbesar dialami oleh benda uji sambungan balok kolom pracetak dengan 4 pasak (BG-02) yaitu sebesar 16,41 kN pada kondisi tekan dan 20,80 kN pada kondisi tarik. Dalam pengamatan secara visual, benda uji sambungan balok kolom monolit (BN) berpotensi mengalami kegagalan geser yang ditandai dengan adanya retak arah diagonal pada daerah *joint* sedangkan pada benda uji sambungan balok kolom pracetak dengan 2 pasak (BG-01) dan 4 pasak (BG-02) hanya mengalami kegagalan lentur dan retak yang terjadi lebih sedikit dibandingkan dengan benda uji sambungan balok kolom monolit (BN).

Kata Kunci : joint balok-kolom, pasak, pola retak

ABSTRACT

Today, development is growing very rapidly and resulting in less available land. Therefore, the construction of high-rise buildings is a solution to the shortage of available land. When an earthquake occurs, the earthquake load will be distributed on each floor to be converted into shear forces that arise in the column beam connection area. The collapse of the building can be seen in the emergence of cracks in the beam and column structures. Where when the load is applied, physical shear failure is indicated by the appearance of diagonal cracks at the beam-column connection.

The purpose of this study includes two things, namely to analyze the types of crack patterns that occur in concrete with post connections due to lateral cyclic loads, and analyze the effect of the number of pins given on the concrete beam-column connections.

The method used in this study is an experimental study method with a test object consisting of 3 components of column beam connection, namely 1 monolith column beam connection (BN) and 2 precast column beam connections with 2 pegs (BG-01) and 4 pegs. (BG-02). The test is carried out by applying a lateral cyclic load using the displacement control method. Analysis of the crack pattern that occurs is done through visual observation of every one displacement cycle.

The results obtained are when the cyclic load is working, the test object has an initial crack when the average positive load is 4.79 kN and the average negative load is 5.64 kN that occurs in the beam area. The greatest ultimate load was experienced by the precast column beam connection test specimen with 4 pegs (BG-02) which was 16.41 kN in the compression condition and 20.80 kN in the tensile condition. In visual observation, the specimen for the connection of the monolith column beam (BN) experienced shear failure which was indicated by the presence of cracks in the diagonal direction in the joint area, while the specimen for the connection of the beam-column was precast with 2 pegs (BG-01) and 4 pegs (BG-02) only experienced flexural failure and fewer cracks than the monolith beam-column (BN) connection test specimens.

Keyword : beams-column joint, post, crack pattern

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	4
E. Manfaat Penelitian.....	5
F. Sistematika Penulisan	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Pengertian Beton	8
B. <i>Joint</i> Balok-Kolom	12
C. Konsep Retak Pada Beton	15
D. Penelitian Terdahulu	26
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	31
A. Diagram Alir Penelitian	31
B. Waktu dan Lokasi Penelitian	32
C. Alat dan Bahan Penelitian	32
D. Tahapan Penelitian	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	46
A. Karakteristik Material	46
B. Pengaruh Pembebanan pada Beton	53
C. Hubungan Beban dan Lendutan.....	54

D. Pola Retak.....	59
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	70
A. Kesimpulan	70
B. Saran	70
DAFTAR PUSTAKA.....	72
LAMPIRAN	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Geometris Sambungan Balok Kolom Interior (Wang et. al, 2002)	14
Gambar 2. Geometris Sambungan Balok Kolom Eksterior (Wang et. al, 2002)	14
Gambar 3. Pola Retak Hubungan Balok Kolom (Widyawati, 2009)	15
Gambar 4. Pola retak pada belok beton (Gilbert, 1990)	18
Gambar 5. Pola retak pada daerah sambungan balok kolom (Jonatas Valencia, 2017).....	19
Gambar 6. Pola retak benda uji (Masdiana, 2019)	27
Gambar 7. Pola retak benda uji STR-0 (Rumnisar Sibolon, 2021)	29
Gambar 8. Pola retak benda uji STR-1 (Ruminsar Sibolon, 2021)	29
Gambar 9. Pola retak benda uji STR-2 (Rumnisar Sibolon, 2021)	30
Gambar 10. Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 11. Lokasi Penelitian	32
Gambar 12. Sambungan Balok-Kolom Benda Uji Normal.....	37
Gambar 13. Sambungan Balok-Kolom Beton Grouting 01 dan Beton Grouting 02.....	38
Gambar 14. Setting Up Alat	42
Gambar 15. Program Pembebanan	44
Gambar 16. Pengujian Kuat Tekan Beton Normal	46
Gambar 17. Pengujian Kuat Tekan Mortar Kubus Grouting	48
Gambar 18. Pengujian Kuat Lentur Beton Normal	49
Gambar 19. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Normal	51
Gambar 20. Pengujian Kuat Tarik Tulangan	52
Gambar 21. Proses Pengujian Sambungan Balok Kolom	56
Gambar 22. Grafik Hubungan Beban dan Perpindahan Akibat Beban Siklik pada Benda Uji BN	56
Gambar 23. Grafik Hubungan Beban dan Perpindahan Akibat Beban Siklik pada Benda Uji BG-01	57

Gambar 24. Grafik hubungan beban dan perpindahan akibat beban siklik pada benda uji BG-02.....	58
Gambar 25. Pola Retak Benda Uji BN	59
Gambar 26. Pola Retak Benda Uji BG-01 (2 pasak)	63
Gambar 27. Pola Retak pada Benda Uji BG-02 (4 pasak)	69

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Beton	34
Tabel 2. Komposisi Grouting.....	34
Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder Normal.....	47
Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Kubus Mortar Grouting	48
Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Normal	49
Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Normal	51
Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Tarik Tulangan D13.....	52
Tabel 8. Hasil Pengujian Kuat Tarik Tulangan D16.....	53
Tabel 9. Hasil Pengujian Kuat Tarik Tulangan $\varnothing 8$	53
Tabel 10. Beban Retak Awal dan Beban Runtuk pada Beton	54
Tabel 11. Pola Retak Pada Beton Monolit	60
Tabel 12. Pola retak pada Beton Sambungan Pracetak dengan 2 Pasak	64
Tabel 13. Pola retak pada Beton Sambungan Pracetak dengan 4 Pasak	67

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dewasa ini, pembangunan di wilayah Indonesia berkembang sangat pesat. Banyaknya bangunan yang dibangun membuat lahan yang tersedia semakin lama lebih sempit. Oleh karena itu, banyak daerah yang mulai membangun gedung bertingkat untuk mengatasi kekurangan lahan yang tersedia. Konstruksi bangunan saat ini, sebagian besar menggunakan struktur beton bertulang. Beton bertulang adalah jenis beton yang di dalamnya ditanami tulangan baja. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan beton. Struktur ini meliputi struktur pelat, struktur balok dan struktur kolom. Antara struktur balok dan struktur kolom memiliki pertemuan gabungan antara keduanya. Daerah pertemuan balok kolom ini merupakan daerah kritis dalam suatu struktur rangka beton bertulang, yang harus dirancang khusus agar tidak berubah bentuk secara inelastis pada saat terjadi gempa.

Gempa adalah fenomena getaran yang diakibatkan oleh benturan atau gesekan lempeng tektonik (*plate tectonic*) bumi yang terjadi di daerah patahan (*fault zone*). Besarnya beban gempa yang terjadi pada struktur bangunan tergantung dari beberapa faktor yaitu, massa, kondisi tanah, dan wilayah kegempaan dimana struktur bangunan tersebut didirikan. Massa dari struktur bangunan merupakan faktor yang sangat penting, karena beban gempa merupakan gaya inersia yang besarnya

sangat tergantung dari besarnya massa dari struktur. Pada bangunan gedung bertingkat, massa dari struktur dianggap terpusat pada lantai-lantai dari bangunan. Dengan demikian, beban gempa akan terdistribusi pada setiap lantai tingkat. Analisis dan perencanaan struktur bangunan tahan gempa, pada umumnya hanya memperhitungkan pengaruh dari beban gempa horizontal yang bekerja pada kedua arah sumbu utama dari struktur bangunan secara bersamaan. Dimana gaya gempa akan dikonversi menjadi gaya geser yang timbul pada balok dan kolom yang terhubung. Akibatnya apabila daerah sambungan balok kolom tidak didesain dengan benar akan menimbulkan keruntuhan geser yang bersifat getas dan membahayakan pengguna bangunan. (Setiawan, 2011)

Pada umumnya, keruntuhan pada bangunan dapat dilihat pada timbulnya retakan pada struktur balok dan struktur kolom. Kerusakan maupun keruntuhan terjadi disebabkan karena komponen struktur beton bertulang tidak sanggup memikul beban yang terjadi. Dimana saat beban gempa bekerja, keruntuhan geser secara fisik ditandai dengan timbulnya retak pada sambungan balok kolom dengan arah diagonal. Retak-retak yang terjadi pada beton bertulang harus bisa dikendalikan dan dibatasi serta diberikan toleransi hanya sampai retak rambut (Dipohusodo, I.,1996). Oleh karena itu, untuk membatasi retak yang dapat timbul akibat beban gempa dapat dilakukan simulasi melalui pemberian beban siklik kepada beton pracetak sambungan balok kolom untuk mengetahui kapasitas beban batas yang dapat diterima oleh struktur tersebut.

Sistem beton pracetak adalah metode konstruksi yang mampu menjawab kebutuhan di era *millenium* saat ini. Beton pracetak (*precast concrete*) merupakan suatu inovasi di dalam dunia konstruksi yang sebenarnya tidak berbeda dengan beton biasa. Perbedaannya berada pada metode pabrikasinya. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Masdiana (2018) mengenai analisis perilaku sambungan interior pracetak dengan model takik, benda uji mengalami retak lentur pada daerah sendi plastik sehingga disimpulkan mengalami kegagalan lentur. Penelitian yang dilakukan oleh Ruminsar (2019) tentang perilaku sambungan model takik lurus rangkap juga mengalami retak lentur namun retak yang terjadi dominan berada diluar sambungan.

Berdasarkan hal tersebut kami meneliti sambungan balok kolom, dengan membuatnya dalam suatu konstruksi beton pracetak. Dimana objek dalam penelitian ini adalah beton pracetak dengan sambungan balok kolom, yang dikhususkan pada wilayah penyambungan di daerah sendi plastis. Konstruksinya kemudian akan diberi beban siklik (*cyclic loading*). Studi dimaksudkan untuk menganalisis perilaku sambungan balok kolom untuk masing-masing model yang dibuat dengan sistem sambungan pasak.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka disusunlah tugas akhir dengan judul “**Analisis Retak Beton Balok Kolom Dengan Sambungan Pasak Akibat Beban Siklik Lateral**”

B. Rumusan Masalah

Rumusan permasalahan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh jumlah pasak terhadap kapasitas beban sambungan balok-kolom?
2. Bagaimana jenis pola retak yang terjadi pada beton normal dan beton dengan sambungan pasak akibat beban siklik lateral?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian dapat dikemukakan sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh jumlah pasak terhadap kapasitas beban sambungan balok-kolom.
2. Menganalisis jenis pola retak yang terjadi pada beton normal dan beton dengan sambungan pasak akibat beban siklik lateral.

D. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian dapat dikemukakan sebagai berikut:

1. Melakukan uji eksperimental untuk mengetahui perilaku sambungan balok kolom pracetak terhadap 3 (tiga) buah material beton yakni 2 (dua) buah sambungan balok kolom pracetak dan 1 (satu) buah sambungan balok kolom monolit.
2. Melakukan analisa untuk membandingkan perilaku struktur pada ketiga jenis beton tersebut.

Penelitian ini di batasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Beton yang direncanakan adalah beton pracetak dan beton konvensional dengan mutu beton $f'c$ 25 MPa dan rencana campuran beton berdasarkan SK.SNI.03-2847-2019.
2. Sambungan beton pracetak direncanakan menggunakan pasak baja dan berada pada wilayah potensi sendi plastis.
3. Pasak yang digunakan merupakan tulangan ulir berdiameter 16 mm dengan ketentuan menurut BJTS 420B.
4. Jumlah struktur sambungan balok kolom (SBK) adalah tiga buah. Satu untuk sambungan balok kolom monolit (BN) dan dua untuk sambungan balok kolom pracetak. Kedua jenis konstruksi pracetak dibedakan atas 2 model sambungan pasak baja, yaitu :
 - a. Koneksi dengan model sambungan 2 pasak (BG-01)
 - b. Koneksi dengan model sambungan 4 pasak (BG-02)
 - c. Beban yang di berikan adalah beban siklik dinamis.
 - d. Uji eksperimental dengan "*full scale test*"

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang kami lakukan ialah sebagai berikut.

1. Dapat memberikan gambaran untukantisipasi beban maksimum dan *displacement* yang terjadi pada sambungan balok dan kolom jika terjadi beban siklik sehingga tidak melampaui batasan yang dipersyaratkan.

2. Menambah referensi mengenai perilaku struktur beton pracetak dalam menerima beban siklik, sehingga dapat mengembangkan minat peneliti lain dalam membahasnya.

F. Sistematika Penulisan

Bab I Pendahuluan

Dalam bagian ini diuraikan mengenai hal-hal yang melatarbelakangi penelitian ini, dilanjutkan dengan uraian rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup dan batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan pustaka

Pada bagian ini diuraikan secara sistematis tentang teori, pemikiran dan hasil penelitian terdahulu yang ada hubungannya dengan penelitian ini. Bagian ini memberikan kerangka dasar yang komprehensif mengenai konsep, prinsip atau teori yang akan digunakan untuk pemecahan masalah.

Bab III Metode Penelitian

Pada bagian ini menjelaskan rancangan penelitian, waktu dan lokasi penelitian, bahan dan alat yang akan digunakan dalam penelitian, metode analisisnya serta bagan alir penelitian.

Bab IV Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pada bagian ini menguraikan hasil uji penelitian baik hasil uji material maupun hasil uji sampel, dan kemudian dianalisis dan dibahas.

Bab V Penutup

Pada bagian ini menjelaskan kesimpulan yang dicapai dari penelitian serta menguraikan saran-saran yang diperlukan untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Beton

Menurut SNI 2847:2019, beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada usia 28 hari. Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatan dan jalan.

Beton terdiri dari ± 15 % semen, ± 8 % air, ± 3 % udara, selebihnya pasir dan kerikil. Campuran tersebut setelah mengeras mempunyai sifat yang berbeda-beda, tergantung pada cara pembuatannya. Perbandingan campuran, cara pencampuran, cara mengangkut, cara mencetak, cara memadatkan, dan sebagainya akan mempengaruhi sifat-sifat beton. (Wuryati, 2001).

A.1. Beton Bertulang

Beton bertulang adalah kombinasi dari beton serta tulangan baja, yang bekerja secara bersama-sama untuk memikul beban yang ada. Tulangan baja akan memberikan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton. Selain itu tulangan baja juga mampu memikul beban tekan, seperti digunakan pada elemen kolom beton (Agus Setiawan, 2013).

Unsur beton bertulang lainnya yaitu baja. Baja adalah logam paduan pembentuk dari biji besi (Fe) sebagai bahan dasar serta karbon (C) yang merupakan paduan utamanya. Untuk menghendaki baja yang memiliki kuat tarik tinggi (*tensile strength*) dan keras (*hardness*) maka penambahan karbon (C) perlu dilakukan, akan tetapi disisi lain hal ini akan berdampak pada menurunnya keuletan (*ductility*) dan mengakibatkan baja menjadi getas (*brittle*). Baja sebagai tulangan beton berperan memberikan kuat tarik yang tidak dimiliki beton.

A.2. Beton Pracetak

Beton pracetak (*precast*) merupakan komponen beton dengan atau tanpa tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirangkai menjadi suatu bangunan, ataupun sebagai komponen beton yang dicor di tempat namun bukan menjadi posisi akhir di dalam struktur. Beton pracetak (*precast*) diproduksi secara massal dan dalam jumlah yang besar dimana elemen-elemen beton pracetak (*precast*) yang dibuat di lapangan (pabrik) disambung di lokasi pembangunan hingga membentuk suatu struktur yang utuh. Struktur komponen beton pracetak (*precast*) harus direncanakan memenuhi ketentuan kekuatan, kelendutan, dan kemudahan dalam proses pabrikasi dan penyambungan, antara lain sebagai berikut.

1. Perencanaan bangunan struktur beton harus mempertimbangkan semua kondisi pembebanan dan kendala mulai dari saat pabrikasi

awal hingga selesainya pelaksanaan struktur, termasuk pelepasan cetakan, penyimpanan, pengangkutan, dan ereksi.

2. 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.
3. Pengaruh dari lendutan awal dan lendutan jangka panjang harus dipertimbangkan, termasuk pengaruh pada komponen struktur lain yang saling bersambungan.
4. Perancangan dari join dan tumpuan harus mencakup pengaruh dari semua gaya yang akan disalurkan termasuk susut, suhu, deformasi elastis, angin dan gempa.
5. Semua detail harus dirancang agar mempunyai toleransi yang cukup terhadap proses pabrikasi dan ereksi dan terhadap tegangan sementara yang terjadi pada saat ereksi.

Prinsip perencanaan sambungan pada elemen pracetak dapat dikelompokkan dalam dua kategori, yaitu:

1. Sambungan Kuat (*strong connection*), yakni bila sambungan antar elemen pracetak tetap berperilaku elastis pada saat gempa kuat, sistem sambungan harus dan terbukti secara teoritis dan eksperimental memiliki kekuatan dan ketegaran yang minimal sama dengan yang dimiliki struktur sambungan beton monolit yang setara,

2. Sambungan daktail (*ductail connection*), yakni bila pada sambungan boleh terjadi deformasi inelastis, sistem sambungan harus terbukti secara teoritis dan eksperimental memenuhi persyaratan kehandalan dan kekakuan struktur tahan gempa.

Selain kedua kategori di atas, ada juga yang disebut dengan sambungan basah dan sambungan mekanik.

1. Sambungan basah merupakan sambungan dimana untuk penyambungan pertemuan balok kolom dilaksanakan dengan pengecoran atau *grouting*.
2. Sambungan mekanik merupakan sambungan dengan menggunakan baut atau las.

Penggunaan beton pracetak tentunya memiliki beberapa kelebihan, yaitu sebagai berikut:

- 1) pekerjaan dilokasi proyek menjadi lebih sederhana,
- 2) produksinya hampir tidak terpengaruh oleh cuaca,
- 3) waktu konstruksi yang relatif lebih singkat karena pekerja lapangan (di lokasi proyek) hanya mengerjakan sebagian dari bangunan dan kemudian digabung dengan komponen-komponen beton pracetak,
- 4) aspek kualitas, dimana beton dengan mutu prima dapat mudah dihasilkan dalam lingkungan pabrik,
- 5) mampu mereduksi biaya konstruksi,
- 6) dapat dihasilkan bangunan dengan dimensi dan mutu yang lebih baik,

- 7) kontinuitas proses konstruksi dapat terjaga sehingga perencanaan kegiatan dapat lebih akurat,
- 8) banyak mengurangi formwork dilapangan, yang berarti juga mengurangi limbah konstruksi,
- 9) mengurangi penggunaan tenaga kerja.

Selain memiliki keunggulan, penggunaan beton pracetak juga mempunyai beberapa kelemahan, yaitu sebagai berikut:

- 1) tidak ekonomis bagi produksi tipe elemen yang jumlahnya sedikit,
- 2) dibutuhkan peralatan lapangan dengan kapasitas angkat yang cukup untuk mengangkat komponen konstruksi dan menempatkannya pada posisi tertentu,
- 3) kerusakan yang mungkin timbul selama proses transportasi,
- 4) diperlukan perencanaan yang detail pada bagian sambungan,
- 5) diperlukan lahan yang luas untuk proses produksi dalam jumlah yang besar,
- 6) hanya cocok untuk bangunan yang menggunakan komponen yang sejenis (typical) atau yang berulang (repetitive).

B. *Joint* Balok-Kolom

Joint balok kolom adalah titik pertemuan antara kolom dan balok pada struktur. *Joint* balok kolom sangat perlu dikontrol untuk mengecek tegangan yang terjadi karena dalam perencanaan suatu kolom harus lebih kuat dari baloknya. Bila kolom-kolom tidak lebih kuat dari balok-balok yang

menyatu dalam satu titik kumpul ada kemungkinan terjadi aksi inelastis (SNI-03-2847-2002 pasal 23.4.2.2).

Hubungan pertemuan balok dan kolom pada perencanaan struktur perlu mendapat perhatian yang sebaik-baiknya. Karena pada pertemuan sambungan balok kolom tersebut memiliki konsentrasi tegangan yang tinggi dari gaya gempa yang ada. Tulangan atas balok pada suatu sisi kolom mengalami tegangan tarik dan bersamaan dengan itu tulangan atas balok pada sisi yang lain mengalami tulangan tekan. Sedangkan tulangan bawah balok masing-masing mengalami tegangan yang sebaliknya. (Agus Setiawan, 2013)

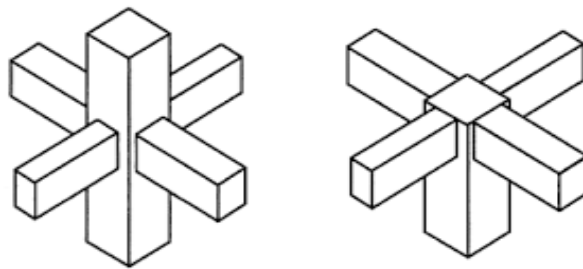
Dalam buku "*Reinforced Concrete Structure*" oleh R.Park dan T. Pauly tahun 1983 memberikan syarat-syarat penting bagi pertemuan balok dan kolom pada struktur beton bertulang antara lain:

1. Harus menunjukkan kualitas penampilan dari balok atau kolomnya
2. Mempunyai kekuatan yang minimal sama dengan kombinasi pembebanan paling berbahaya.
3. Kekuatannya tidak boleh mempengaruhi kekuatan struktur misalnya karena terjadinya degradasi kekuatan.
4. Mudah pelaksanaannya, baik pada pekerjaan pengecoran maupun pada saat pemadatannya.

Dengan memberikan perhatian yang sebaik-baiknya pada pertemuan balok dan kolom akan mencegah terbentuknya sendi plastis dan terjadinya kehancuran pada daerah pertemuan tersebut. Gambaran

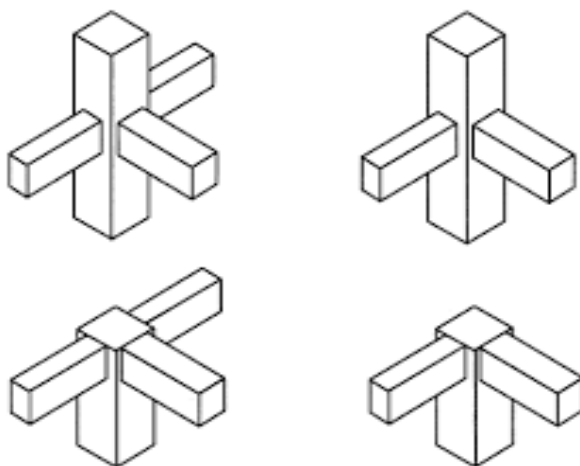
geometris dari beberapa bentuk pertemuan balok dan kolom baik interior maupun eksterior dapat dilihat pada Gambar 1. dan Gambar 2. sebagai berikut:

1. Interior



Gambar 1. Geometris Sambungan Balok Kolom Interior (Wang et. al, 2002)

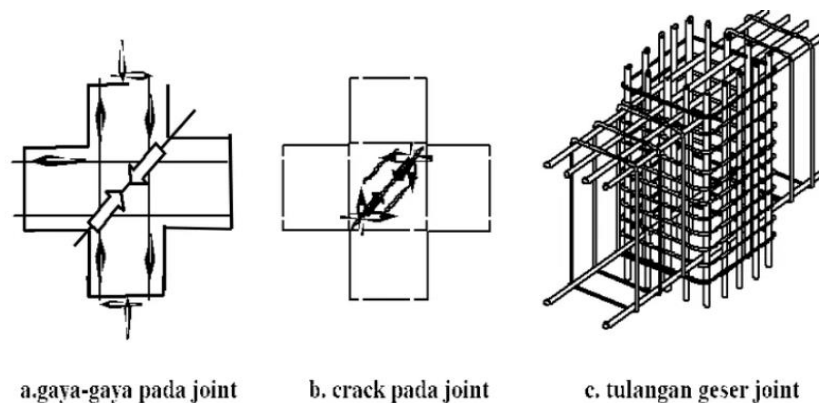
2. Eksterior



Gambar 2. Geometris Sambungan Balok Kolom Eksterior (Wang et. al, 2002)

Menurut Widyawati (2009), retak awal (*first crack*) hubungan balok kolom terjadi pada saat beton telah melampaui regangan tarik maksimumnya akibat pembebanan. Setelah terjadi retak awal, maka kuat

tarik beton maupun kuat geser beton akan bernilai nol, sehingga tulangan longitudinal maupun tulangan sengkang akan mengambil alih tugas beton untuk menahan gaya tarik maupun gaya gesernya.



Gambar 3. Pola Retak Hubungan Balok Kolom (Widyawati, 2009)

Berdasarkan ilustrasi yang terlihat pada Gambar 3, Purwanto (2013) menjelaskan pola retak awal untuk benda uji hubungan balok kolom beton dimulai dengan retak rambut pada *joint*, kemudian retak geser mulai menyerang *joint*. Kerusakan cenderung terjadi pada *joint* sehingga terjadi kegagalan struktur pada *joint* itu sendiri. Oleh sebab itu perlu adanya pengekanan yang sesuai pada daerah *joint* hubungan tersebut.

C. Konsep Retak Pada Beton

Retak adalah suatu keadaan pecahnya atau pemisahan suatu struktur tanpa terjadi keruntuhan. Retak menjadi jenis kerusakan yang paling umum pada struktur beton bertulang ataupun beton pratekan. Tingkatan keparahan suatu kerusakan akibat retak tergantung pada lebar retak, banyaknya retak, endapan yang ada pada daerah retak. Retak yang

terlihat secara visual biasanya retak dengan lebar sekitar 0,1 mm atau lebih lebar, yang berupa retak menerus atau berbentuk pola tertentu yang dapat dipetakan dan dimensinya yang dapat dideteksi kedalaman dan penyebarannya. Retak pada struktur beton terjadi sebelum beton mengeras maupun setelah beton mengeras. Retak akan terjadi saat beton mulai mengeras tapi telah dibebani, beton mengeras pada musim dingin, susut (*shrinkage*), penurunan (*settlement*) dan penurunan acuan (*formwork*).

Retak struktural adalah retak yang terjadi setelah beton mengeras, terjadi karena adanya pembebanan yang mengakibatkan timbulnya tegangan lentur, tegangan geser dan tegangan tarik. Meskipun retak tidak dapat dicegah, namun ukurannya dapat dibatasi dengan cara menyebar atau mendistribusikan tulangan. Apabila struktur dibebani dengan suatu beban yang menimbulkan momen lentur masih lebih kecil dari momen retak maka tegangan yang timbul masih lebih kecil dari *modulus of rupture* beton (f_r). Bila beban ditambah sehingga tegangan tarik mencapai f_r , maka retak kecil akan terjadi. Apabila tegangan tarik sudah lebih besar dari f_r , maka penampang akan retak.

Ada tiga kasus yang dipertimbangkan dalam masalah retak yaitu:

1. Ketika tegangan tarik $f_t < f_r$, maka penampang dipertimbangkan untuk tidak terjadi retak.

2. Ketika tegangan tarik $f_t = f_r$, maka retak mulai timbul. Momen yang timbul disebut dengan momen retak dan dihitung menggunakan persamaan (1) sebagai berikut :

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{c}, \quad (1)$$

dimana,

M_{cr} = momen retak (kN/m)

f_r = modulus retak beton (MPa)

c = jarak dari sumbu netral ke serat tarik terluar dari penampang (cm)

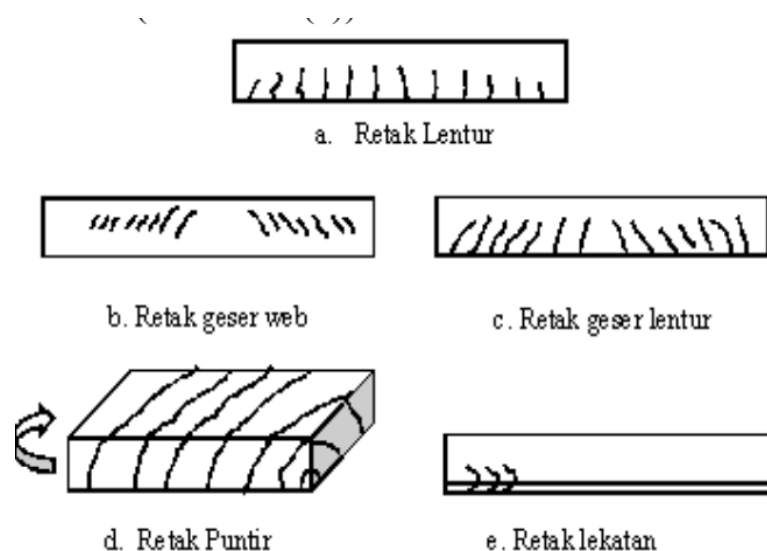
3. Apabila momen yang bekerja sudah lebih besar dari momen retak, maka retak penampang sudah meluas. Perhitungannya menggunakan momen inerti retak.

Berikut beberapa jenis keretakan yang terjadi pada balok, (Gilbert, 1990) :

- 1) Retak lentur (*flexural crack*), terjadi di daerah yang mempunyai harga momen lentur lebih besar dan gaya geser kecil. Arah retak terjadi hampir tegak lurus pada sumbu balok (lihat Gambar 4 (a)) .
- 2) Retak geser pada bagian balok (*web shear crack*), yaitu keretakan miring yang terjadi pada daerah garis netral penampang dimana gaya geser maksimum dan tegangan aksial sangat kecil (lihat Gambar 4 (b)).
- 3) Retak geser-lentur (*flexural shear crack*), terjadi pada bagian balok yang sebelumnya telah terjadi keretakan lentur. Retak geser lentur

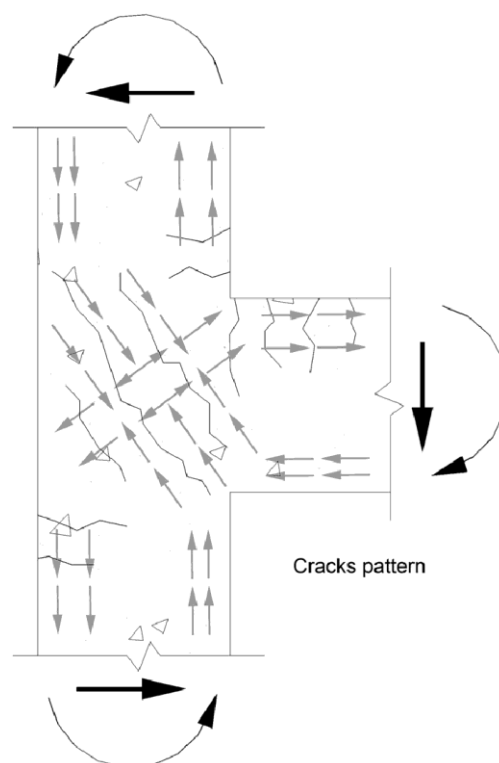
merupakan perambatan retak miring dari retak lentur yang sesudah terjadi sebelumnya (lihat Gambar 4 (c)).

4) Retak puntir (*torsion crack*), retak ini mirip retak geser terkecuali retak puntir melingkar di sekeliling balok. Contoh jika sebuah balok tanpa tulangan menerima torsi murni, maka beton tersebut akan retak dan runtuh pada disepanjang garis spiral 45° karena tarik diagonal disebabkan tegangan puntir. Retak lekatan adalah retak yang terjadi di sekitar tulangan. Hal ini disebabkan akibat kemampuan awal tulangan melawan beton, perpindahan pada tulangan di dalam beton dimana terjadi interlocking dan menghasilkan retak radial, tegangan lekat dan kekakuan beton ditahan oleh ulir tulangan di sepanjang penyaluran gaya di dalam beton (lihat Gambar 4 (d)).



Gambar 4. Pola retak pada belok beton (Gilbert, 1990)

Dalam struktur beton bertulang, sambungan balok kolom tidak dapat dianalisis dengan menggunakan distribusi regangan linear. Saat struktur diberi beban maka terjadi perpindahan gaya di dalam struktur tersebut. Perpindahan gaya antara balok dan kolom dilakukan melalui dua tegangan aliran diagonal, satu dalam tekan dan satu lagi dalam tarik seperti yang terlihat pada Gambar 5. Dimana saat diberi gaya tekan, maka akan timbul retak pada daerah belakang kolom dan atas balok, sedangkan saat diberi gaya tarik akan timbul retak di daerah depan kolom dan bawah balok. Retak diagonal timbul pada saat beton telah mencapai batas kuat tariknya.



Gambar 5. Pola retak pada daerah sambungan balok kolom (Jonatas Valencia, 2017)

Faktor -faktor penyebab keretakan beton yang terjadi saat pembuatan beton bertulang :

1. Sifat Beton

Untuk melihat bagaimana sifat dari beton bertulang yang dapat menimbulkan keretakan kita harus melihat proses dari awal pembuatan beton bertulang tersebut. Pada saat awal pembuatan beton bertulang dengan pencampuran bahan penyusunnya seperti kerikil, pasir, air, semen, dan baja tulangan. Dalam proses pengerasannya beton akan mengalami pengurangan volume dari volume awal. Umumnya hal ini disebabkan air yang terkandung pada campuran beton akan mengalami penguapan sebagian yang mengurangi volume beton bertulang tersebut. Sehingga apabila dikondisikan pada saat beton mengalami pengerasan dan akibat dari volume beton berkurang yang akan menyebabkan penyusutan pada beton tetapi beton tersebut dibiarkan untuk menyusut tanpa adanya pembebanan maka beton pun tidak akan mengalami keretakan. Tetapi pada kondisi sebenarnya dilapangan tidak ada beton yang tidak mengalami pembebanan. Karena tidak ada balok atau kolom pada bangunan yang berdiri sendiri melainkan akan bersambung satu sama lain dan hal ini akan membuat beton bertulang bekerja menahan beban-beban pada bangunan. Apabila pada kondisi saat beton mengalami penyusutan volume kemudian terjadi pembebanan, maka retakan pun tidak dapat dihindari.

2. Suhu

Tidak dapat diabaikan suhu juga dapat menyebabkan keretakan pada beton bertulang. Maksud suhu disini adalah suhu campuran beton saat mengalami perkerasan. Karena pada saat campuran beton bertulang mengalami perkerasan suhu yang timbul akibat reaksi dari air dengan semen akan terus meningkat. Sehingga pada saat suhu campuran beton ini terlalu tinggi, pada saat beton sudah keras sering timbul retak-retak pada permukaan beton.

3. Korosi pada tulangan

Sebenarnya untuk mengantisipasi retakan yang terjadi akibat dari sifat beton itu sendiri, beton diberi tulangan pada bagian dalamnya yang terbuat dari baja. Sehingga diharapkan dengan adanya baja tulangan tersebut retakan akibat dari sifat beton disebar pada keseluruhan beton menjadi bagian-bagian yang sangat kecil sehingga retakan tersebut dapat diabaikan. Tetapi apabila tulangan yang dipakai pada saat pembuatan beton sudah mengalami korosi, tulangan tersebut itu pun akan menyebabkan retakan pada saat beton mengeras.

4. Proses pembuatan yang kurang baik

Banyak sekali penyebab retak yang terjadi pada beton bertulang disebabkan oleh proses pembuatan yang kurang baik. Seperti contoh pada saat beton mengalami perkerasan dimana banyak mengeluarkan air, maka perlu adanya perawatan pada beton agar pengeluaran air dari

campuran beton tidak berlebihan. Tetapi akibat tidak adanya perawatan, sehingga pada saat beton terbentuk maka terjadi banyak retakan.

5. Material yang kurang baik.

Banyak sekali terjadi keretakan pada struktur beton bertulang diakibatkan karena material penyusunnya yang kurang baik. Beberapa hal diantaranya yang sering ditemukan adalah agregat halus atau pasir yang kurang bersih, masih bercampur dengan lumpur sehingga ikatan antara PC dan agregat menjadi terlepas. Sehingga ketika beton mengering maka retakan-retakan akan mudah sekali terjadi.

6. Cara penulangan

Sering sekali struktur beton bertulang dibuat dengan cara yang kurang tepat. Hal yang paling umum terjadi adalah ketebalan dari tulangan sampai permukaan beton terlampau besar. Hal ini sebenarnya kurang tepat karena fungsi dari baja tulangan tersebut adalah untuk menahan gaya lintang (pada balok dan plat), deformasi akibat lendutan, serta gaya geser. Jika tebal selimut beton terlampau besar maka retakan biasa terjadi mulai dari permukaan struktur beton sampai pada bagian tulangan yang ada didalamnya. Seharusnya tulangan dibuat agak keluar, dan selimut atau kulit yang membungkus tulangan dibuat setipis mungkin (1,5 s/d 2 cm). Karena gaya tarik dan gaya tekan paling besar terjadi pada ujung permukaan beton tersebut.

Faktor- faktor penyebab keretakan beton yang terjadi setelah pembuatan beton bertulang :

1. Pengaruh lingkungan

Karena beton bertulang pada bangunan mengalami kontak langsung dengan cuaca luar, pengaruh cuaca ini sedikit banyaknya memberi andil dalam keretakan pada beton sehingga konstruksi bangunan yang berumur cukup lama banyak mengalami retakan. Salah satu pengaruh lingkungan yang menyebabkan beton retak adalah akibat dari air hujan. Akibat sekian lama beton pada bangunan tua menerima air hujan secara langsung, lama – kelamaan air hujan masuk meresap kedalam pori-pori beton yang kemudian mencapai tulangan pada beton. Apabila saat air hujan telah mengenai baja tulangan, maka akan terjadi reaksi antara baja tulangan dengan tulangan yang menyebabkan baja tulangan menjadi berkarat atau korosif. Akibat korosifnya baja tulangan dan ditambah faktor luas seperti pembebanan mengakibatkan beton akan mengalami retak-retak.

2.. Pembebanan

Setelah struktur beton bertulang sudah jadi dan bangunan secara keseluruhan telah siap untuk digunakan, maka struktur beton bertulang tersebut akan menerima beban-beban. Beban-beban yang bekerja pada struktur beton bertulang secara umum terdiri atas beban sendiri dan beban luar (beban akibat angin, manusia, beban gempa, dsb). Apabila struktur beton bertulang tersebut menerima beban sesuai dengan kapasitas atau kuat dukung beban yang direncanakan, seharusnya struktur beton tersebut akan baik-baik saja. Tetapi kadangkala beton akan menerima beban diluar kemampuannya, dan biasanya pembebanan yang

melebihi kapasitas yang telah direncanakan itulah yang menyebabkan keretakan pada struktur beton. Pada saat terjadi keretakan, besi tulangan (pada daerah tarik) tersebut mulai mengambil alih secara penuh beban tarik yang terjadi. Artinya beton (daerah tarik) sudah tidak memikul beban tarik. Beban tarik dialihkan ke besi tulangan. Secara struktural kondisi ini memang dirancang seperti itu dan kekuatan struktur masih dapat dipertanggung jawabkan. Beton yang retak saat beban mulai bertambah sama sekali tidak berarti ada kegagalan struktur. Lokasi retakan yang terjadi saat beban mulai membesar adalah pada daerah tumpuan / ujung balok sisi atas dan tengah bentang di sisi bawah. Retak yang terjadi hanya 1-2 retakan di satu tempat observasi. Dimana tebalnya juga tidak besar. Bahkan seringkali hanya retak rambut. Keretakan seperti ini mestinya tidak perlu diperbaiki sama sekali. Ini kondisi yang alamiah terjadi dan memang perhitungannya sudah memperhitungkan retak itu akan terjadi. Jika retak beton yang terjadi masih wajar seperti retak halus atau retak rambut, maka tidak perlu diperbaiki.

Pada tingkat beban yang kecil, pada balok timbul momen lentur yang kecil pula, sehingga tegangan pada serat tarik terluar dari penampang tidak melebihi modulus hancur beton (f_r).

Selain modulus elastisitas, momen inersia turut menentukan kekakuan dari suatu elemen lentur. Pada tingkat beban yang kecil, momen lentur yang timbul pada balok juga akan kecil sehingga tegangan pada serat tarik belum mencapai modulus hancur beton. Pada saat

tersebut, maka momen inersia yang dipergunakan untuk menghitung lendutan adalah momen inersia bruto dari penampang. Pada tingkat beban yang lebih tinggi, pada saat tegangan tarik melampaui modulus hancur beton, maka akan mulai muncul retak pada penampang. Timbulnya retak akan mengakibatkan persoalan dalam perhitungan momen inersia penampang karena bagian retak pada sisi tarik harus diabaikan dalam perhitungan, momen inersia pada keadaan ini dinyatakan sebagai I_{cr} , dalam SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3. diberikan persamaan (2) untuk momen inersia efektif yang dapat digunakan lendutan:

$$I_e = \frac{M_{cr}^3}{M_a} I_g + 1 - \frac{M_{cr}^3}{M_a}, I_{cr} \leq I_g \quad (2)$$

dimana,

I_e = momen inersia efektif

M_{cr} = momen retak yang besarnya

f_r = modulus kehancuran beton

M_a = momen tak terfaktor maksimum yang dapat terjadi pada elemen struktur pada saat lendutan dihitung

I_g = momen inersia bruto terhadap sumbu berat penampang tanpa memperhitungkan tulangan baja

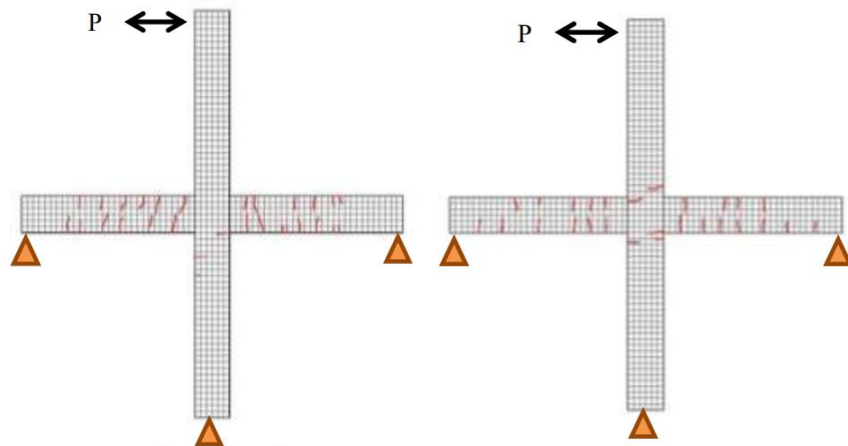
I_{cr} = momen inersia retak penampang, dengan tulangan baja yang di transformasikan ke penampang beton.

c = jarak dari sumbu pusat penampang ke sisi tarik, dengan mengabaikan tulangan baja.

D. Penelitian Terdahulu

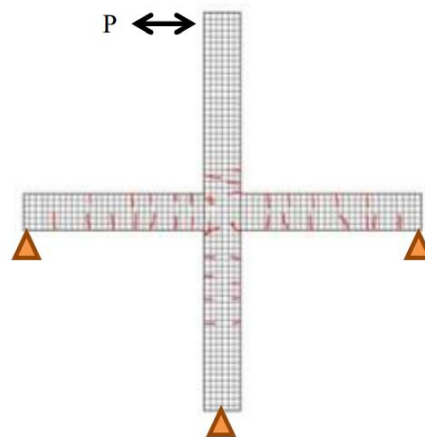
1. Masdiana, dkk (2019)

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku sambungan interior pracetak. Penelitian ini terdiri dari analisis pola retak, karakteristik hysteresis loop, daktilitas dan kekuatan sambungan pracetak. Pengujian terdiri dari 2 sambungan interior pracetak menggunakan model takik yang dikenal sebagai BTK-30 dan 40 dan 1 sambungan interior monolit yang dikenal sebagai BN. Balok-balok itu dihubungkan di area tempat sendi plastik. Dimensi benda uji adalah 200 x 300 x 1.500 mm dan kolom 300 x 300 x 1500 mm. Panjang takik adalah 150 mm yang dihubungkan oleh sistem pengelasan dan sistem grouting. Beban adalah beban lateral sebagai beban siklik. Metode analisis yang menggunakan standar Eropa Convention for Construction Steelwork (ECCS) 1986 hasilnya semua retak adalah retak lentur di mana di daerah sendi plastik. Karakteristik loop hysteresis menunjukkan kurva yang identik dengan sambungan monolit. Hasil yang diperoleh ialah semua benda uji mengalami kegagalan lentur sehingga pola retak yang terjadi pada beton menunjukkan pola retak lentur. Diawali dengan first crack berupa retak lentur pada sisi bawah balok, yang arahnya 90° terhadap sumbu utama balok. Sehingga disimpulkan bahwa dari perbandingan dua sambungan pracetak bahwa BTK-40 adalah nilai terbaik untuk retak, kekuatan dan keuletan. Gambar 6 menunjukkan pola retak dari tiap benda uji.



(a) Beton normal

(b) Sambungan beton takik 30 cm



(c) Sambungan beton takik 40 cm

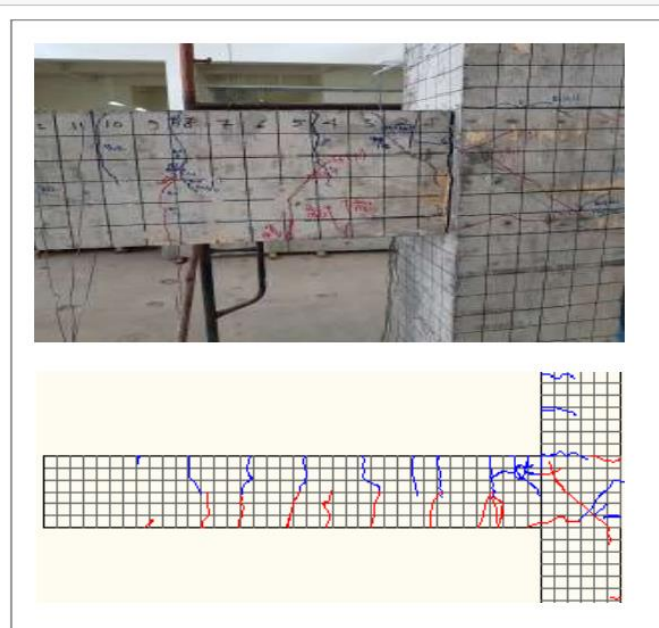
Gambar 6. Pola retak benda uji (Masdiana, 2019)

2. Ruminsar Sibolon, dkk (2021)

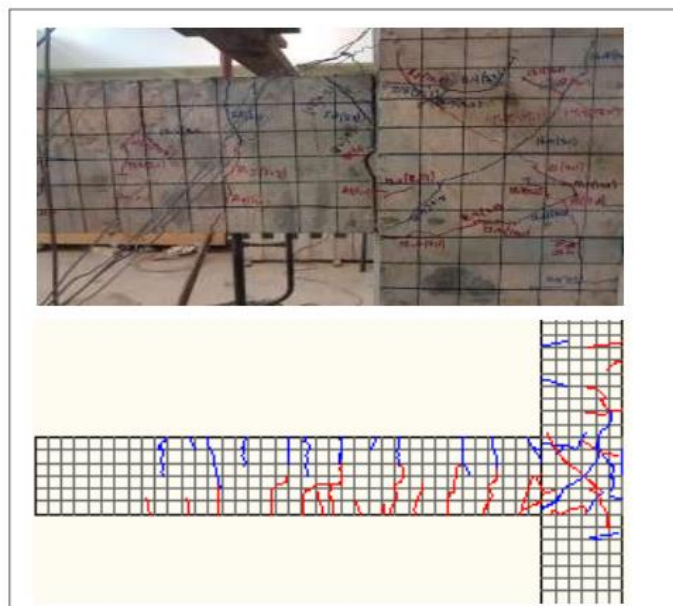
Penelitian ini merupakan studi eksperimental pada hubungan balok kolom pracetak dengan sambungan model takikan lurus rangkap, bertujuan untuk menganalisis pola retak, karakteristik hysteresis loop, pengaruh sambungan pracetak terhadap nilai kekakuan, daktilitas dan kekuatan. Benda uji terdiri dari 3 model, dengan dimensi penampang balok 250 mm x 300 mm dan kolom 300 mm x 300 mm. Dari ketiga model

tersebut, 2 benda uji merupakan sambungan balok kolom pracetak dan 1 benda uji sambungan balok kolom monolit. Sambungan dibedakan pada daerah penyambungannya dengan 2 model yang berbeda yaitu sambungan takik simetris (STR-1) dan sambungan takik unsimetris (STR-2). Beban yang diberikan adalah beban lateral siklik yang mewakili beban gempa, pengujian dengan metode *displacement control* yang ditingkatkan secara bertahap mengacu pada standar pengujian SNI 7834:2012.

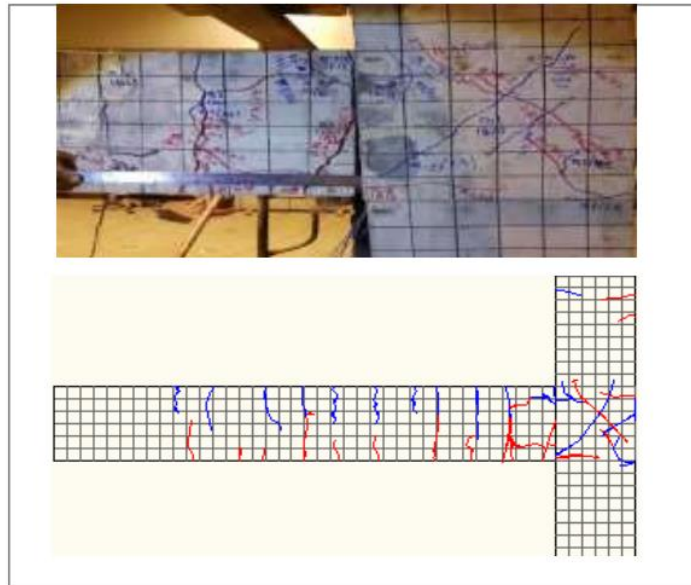
Hasil pengujian yang diperoleh menunjukkan bahwa rangkaian balok-kolom beton pracetak memperlihatkan perilaku yang tidak jauh berbeda dengan rangkaian yang monolit. Pola retak yang terjadi pada balok adalah retak lentur, berada pada daerah potensi sendi plastis. Sedangkan pola retak pada kolom adalah retak lentur-geser. Karakteristik sambungan balok beton pracetak yang dikaji tidak mempengaruhi lokasi pembentukan sendi plastis, namun hanya mempersempit daerah sendi plastis yang terjadi pada balok. Berikut ini adalah pola retak pada benda uji STR-0 (Gambar 7), benda uji STR-1 (Gambar 8) dan benda uji STR-2 (Gambar 9)



Gambar 7. Pola retak benda uji STR-0 (Rumnisar Sibolon, 2021)



Gambar 8. Pola retak benda uji STR-1 (Ruminsar Sibolon, 2021)



Gambar 9. Pola retak benda uji STR-2 (Rumnisar Sibolon, 2021)