

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang mengkaji mengenai sambungan dingin (*cold joint*) pada beton dan serat *polypropylene* diantaranya yaitu sebagai berikut ini.

1. *Cyclic behavior of in-situ exterior beam-column subassemblies with cold joint in column* (Roy dkk, 2017).
2. *Effects of cold joint and loading conditions on chloride diffusion in concrete containing GGBFS* (Yoo dkk, 2016).
3. *Mechanical behavior of concrete cold joint* (Torres dkk, 2016).
4. *Time and cold joint effect on chloride diffusion in concrete containing GGBFS under various loading conditions* (Yang dkk, 2018).
5. *Analysis technique on water permeability in concrete with cold joint considering micro pore structure and mineral admixture* (Choi dkk, 2015).
6. *Effect of cold joint on strength of concrete on strength of concrete* (Rathi dkk, 2013).
7. *Investigation on mechanical properties and microstructure of high performance polypropylene fiber reinforced lightweight aggregate concrete* (Li dkk, 2016).
8. *Experimental study of compressive behavior of polypropylene-fiber-reinforced and polypropylene-fiber-fabric-reinforced concrete* (Qin dkk, 2019).
9. *An experimental investigation on the integral waterproofing capacity of polypropylene fiber concrete with fly ash and slag powder* (Liu dkk, 2019).
10. *Performance evaluation of polypropylene fibre reinforced recycled aggregate concrete* (Das dkk, 2018).

2.1.1. Penelitian Terdahulu tentang Sambungan Dingin (*Cold Joint*)

Roy dkk. (2017) melakukan penelitian mengenai empat set subassemblies eksterior dengan menggabungkan balok-kolom dengan dan tanpa adanya sambungan dingin (*cold joint*) dalam kolom untuk mensimulasikan multistage

pengecoran di situs yang diuji di bawah beban siklik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kerusakan pada pola retak yang diakibatkan oleh penggabungan balok-kolom *cold joint* dengan metode *cyclic test*. Percobaan tersebut dilakukan dengan menggunakan beton M20 (20 MPa) dengan empat rasio kekuatan lentur yang berbeda yaitu (R) 1,2; 1,4; 1,7; dan 2. Rasio kekuatan lentur merupakan rasio jumlah kekuatan lentur nominal pada bagian kolom atas dan bawah sambungan dengan jumlah dari kekuatan lentur nominal dari bagian balok pada sambungan tersebut. Berdasarkan penelitian didapatkan hasil bahwa *cold joint* dapat mengakibatkan kerusakan yang berupa retakan di antara gabungan balok-kolom.

Yoo dkk. (2016) melakukan penelitian mengenai efek sambungan dingin (*cold joint*) pembebanan pada difusi klorida pada beton yang mengandung *GGBFS* (*Ground Granulated Blast Furnace Slag*). Metode yang dilakukan dalam penelitian menggunakan sample beton dengan w/b (*water to binder*) 0,6 dan 40% sebagai rasio penggantian *GGBFS* (*Ground Granulated Blast Furnace Slag*) untuk OPC (*Ordinary Portland Cement*). Berdasarkan penelitian didapatkan hasil bahwa pengujian kuat tekan dan kuat lentur terbesar yaitu terjadi pada beton *GGBFS* tanpa sambungan dingin sedangkan pada beton *GGBFS* mendapatkan hasil kuat tekan dan kuat lentur lebih kecil.

Torres dkk. (2016) melakukan penelitian mengenai perilaku mekanis sambungan dingin pada beton. Metode yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan pengujian kuat tekan dan kuat tarik tidak langsung, beton silinder dengan sambungan dingin horizontal dan diagonal digunakan untuk pengujian kuat tekan, sedangkan beton silinder dengan sambungan dingin vertikal digunakan untuk pengujian kuat tarik tidak langsung. Berdasarkan penelitian didapatkan hasil bahwa kehilangan resistensi atau ketahanan beton tergantung pada orientasi sambungan dingin (*cold joint*) tergantung pada arah tekan utama yang digunakan.

Yang dkk. (2018) melakukan penelitian dengan mengkaji perubahan koefisien difusi klorida dalam beton sambungan dingin (*cold joint*) dengan membandingkan efek waktu dan sambungan dingin pada berbagai kondisi pembebanan. Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah dengan menggunakan sampel beton dengan 0,6 dari w / b (*water to binder*) dan rasio

penggantian 40% dari GGBFS (*Ground butiran Blast Furnace Slag*) yang telah disiapkan, dan klorida koefisien diffusion diukur selama 1 tahun untuk mempertimbangkan tarik dan beban tekan kondisi pada beton. Berdasarkan penelitian didapatkan hasil bahwa area sambungan yang tidak sempurna rentan terhadap beban tarik dan beban tekan, sehingga koefisien difusi klorida meningkat secara linier dengan meningkatnya pembebanan.

Choi dkk. (2015) melakukan penelitian mengenai analisis teknik permeabilitas air pada beton sambungan dingin (*cold joint*) dengan mempertimbangkan struktur mikro pori dan *mineral admixture*. Metode yang dilakukan pada penelitian ini ialah dengan menyajikan model analitik berdasarkan pada konsep REV (*Representative Element Volume*) untuk mengetahui efek dari permeabilitas air pada beton sambungan dingin (*cold joint*). Penelitian ini menggunakan beton OPC (*ordinary Portland cement*) dan beton GGBFS (*Ground Blast Furnace Slag*) pada kondisi sambungan dingin (*cold joint*). Berdasarkan penelitian didapatkan hasil yang menunjukkan perembesan air pada beton OPC dengan sambungan dingin meningkat sebanyak 47,9% sedangkan beton GGBFS hanya 27,1% sehingga menunjukkan bahwa beton yang menggunakan REV (*representative element volume*) cukup efektif digunakan.

Rathi dkk. (2013) melakukan penelitian mengenai pengaruh sambungan dingin (*cold joint*) terhadap kekuatan beton. Metode yang dilakukan pada penelitian ini ialah dengan membuat tiga benda uji yaitu beton bernoda, beton bernoda dengan zat perlambat dan beton segar. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan proporsi campuran untuk beton dengan mutu M25 (25 MPa). Beton bernoda adalah beton yang dibuat dengan jumlah total dari seluruh cetakan dalam sekali pembuatan dengan dipengaruhi jeda waktu, sedangkan beton segar adalah beton yang proses pengisian kedalam cetakannya dilakukan setengah terlebih dahulu dan kemudian diisi setengahnya lagi dengan menggunakan campuran beton yang sama. Pengujian beton segar ini dilakukan dengan menggunakan variasi jeda waktu 45 menit, 75 menit, 120 menit, dan 180 menit. Berdasarkan penelitian didapatkan hasil bahwa beton bernoda dengan zat perlambat memiliki nilai kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur yang lebih besar dibandingkan dengan beton beton bernoda dan beton segar.

2.1.2. Penelitian Terdahulu tentang Serat Polypropylene

Li dkk. (2016) melakukan penelitian mengenai investigasi terhadap sifat mekanik dan struktur mikro kinerja tinggi serat *polypropylene* untuk memperkuat beton agregat ringan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat *polypropylene* tinggi (HPP) terhadap sifat mekanik beton agregat ringan (LWC). Metode yang dilakukan pada penelitian ini ialah dengan membuat benda uji dimana dua jenis zona transisi antar muka pada agregat atau pasta semen dan serat diselidiki dengan menggunakan alat SEM (*Scanning Electron Microscope*). Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan hasil bahwa penambahan serat *polypropylene* tinggi (HPP) pada beton agregat ringan (LWC) dapat meningkatkan sifat mekaniknya. Sifat mekanik meliputi kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, lentur ketangguhan dan ketahanannya. Menambahkan serat *polypropylene* tinggi juga terbukti secara signifikan meningkatkan perilaku pasca retaknya.

Qin dkk. (2019) melakukan penelitian mengenai studi kelayakan penambahan serat *polypropylene* terhadap campuran beton. Benda uji ini terbuat dari campuran antara beton dan serat polypropylene yang dihasilkan dari limbah pakaian bekas. Karakteristik penyerapan energy, kuat tekan dan karakteristik kehancuran dibandingkan dengan beton polos (PC) dan beton dengan tambahan serat *polypropylene*. Berdasarkan penelitian didapatkan hasil bahwa penambahan serat *polypropylene* limbah pakaian bekas dapat meningkatkan kinerja kuat beton.

Liu dkk. (2019) melakukan penelitian mengenai eksperimental pada kapasitas *waterproofing* integral dari beton *polypropylene* dengan tambahan *fly ash* dan bubuk terak. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari beton *polypropylene* (PF) terhadap kinerja *waterproofing* dan ketahanan klorida beton kinerja tinggi (HPC) dengan tambahan *fly ash* dan bubuk terak. penelitian ini menggunakan campuran bahan dari semen Portland, kerikil granit, pasir sungai, *fly ash*, bubuk terak, superplastizer dan serat polypropylene (PF) dan pengujian dilakukan pada umur beton 7 hari dan 28 hari. Berdasarkan penelitian didapatkan hasil bahwa penambahan serat *polypropylene* (PF) hanya memberikan sedikit efek pada kekuatan awal umur 7 hari sebesar $0,9 \text{ kg/m}^3$ dan kekuatan akhir umur 28 hari yaitu sebesar $0,45 \text{ kg/m}^3$.

Das dkk. (2018) melakukan penelitian mengenai evaluasi kinerja serat *polypropylene* pada beton bertulang dengan menggunakan agregat daur ulang. Penelitian dilakukan dengan membuat dua benda uji yaitu beton agregat alami (NAC) dan beton agregat daur ulang (RAC) yang kemudian ditambahkan serat *polypropylene* sebanyak 0,5%, 0,75%, dan 1% pada tiap benda uji. Berdasarkan penelitian didapatkan hasil bahwa pengujian kuat tekan mengalami penambahan nilai kuat sebanyak 0,5%.

2.1.3. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Perbedaan yang mendasari penelitian terdahulu dan sekarang terkait dengan beton *cold joint* dan serat *polypropylene* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang

No	Penelitian	Jenis Penelitian	Perbedaan	
			Terdahulu	Sekarang
1	<i>Cyclic behavior of in-situ exterior beam-column subassemblies with cold joint in column</i> (Roy dkk, 2017).	Pengujian Lab	Pengaruh <i>cold joint</i> dianalisis pada penggabungan balok-kolom dalam kinerja seismic	Efek kuat lentur beton <i>cold joint</i> dianalisis dengan penambahan serat <i>polypropyle</i>
2	<i>Effects of cold joint and loading conditions on chloride diffusion in concreye containing GGBFS</i> (Yoo dkk, 2016)	Pengujian Lab	Pengaruh <i>cold joint</i> dianalisis dengan difusi klorida pada beton <i>GGBFS</i>	Pengaruh penambahan serat <i>polypropyle</i> pada beton <i>cold joint</i> dianalisis terhadap kuat lenturnya
3	<i>Mechanical behavior of concrete cold joint</i> (Torres dkk, 2016)	Pengujian Lab	Pengujian menggunakan beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan jeda waktu pengecoran 2,4,6, dan 8 jam	Pengujian menggunakan beton berbentuk balok dengan ukuran panjang 60 cm lebar 15 cm dan tinggi 15 cm dengan jeda waktu pengecoran 2 dan 4 jam

Tabel 2. 2 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang (lanjutan)

No	Penelitian	Jenis Penelitian	Perbedaan	
			Terdahulu	Sekarang
4	<i>Time and cold joint effect on chloride diffusion in concrete containing GGBFS under various loading conditions</i> (Yang dkk, 2018)	Pengujian Lab	Perubahan koefisien difusi klorid dianalisis pada beton sambungan dingin (<i>cold joint</i>)	Pengaruh penambahan serat <i>polypropyle</i> pada beton <i>cold joint</i> dianalisis terhadap kuat lenturnya
5	<i>Analysis technique on water permeability in concrete with cold joint considering micro pore structure and mineral admixture</i> (Choi dkk, 2015)	Pengujian Lab	Permeabilitas air pada beton sambungan dingin (<i>cold joint</i>) dianalisis dengan mempertimbangkan struktur mikro pori dan mineral <i>admixture</i>	Pengaruh penambahan serat <i>polypropyle</i> pada beton <i>cold joint</i> dianalisis terhadap kuat lenturnya
6	<i>Effect of cold joint on strength of concrete on strength of concrete</i> (Rathi dkk, 2013)	Pengujian Lab	Pengujian menggunakan beton berbentuk kubs dengan ukuran panjang 15 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm dengan mutu beton 25 Mpa dan jeda waktu pengecoran 45, 75, 12, dan 180 menit	Pengujian melakukan beton berbentuk balok dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm dengan mutu beton 30 Mpa dengan jeda waktu pengecoran 120 dan 240 menit
7	<i>Investigation on mechanical properties and microstructure of high performance polypropylene fiber reinforced lightweight aggregate concrete</i> (Li dkk, 2016)	Pengujian Lab	Sifat mekanik dan struktur mikro kinerja tinggi serat <i>polypropylene</i> dianalisis terhadap kuat beton agregat ringan	Pengaruh penambahan serat <i>polypropyle</i> pada beton <i>cold joint</i> dianalisis terhadap kuat lenturnya
8	<i>Experimental study of compressive behavior of polypropylene-fiber-reinforced and polypropylene-fiber-fabric-reinforced concrete</i> (Qin dkk, 2019)	Pengujian Lab	Studi kelayakan penambahan serat <i>polypropylene</i> terhadap campuran beton	Pengaruh penambahan serat <i>polypropyle</i> pada beton <i>cold joint</i> terhadap kuat lenturnya

Tabel 2. 3 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang (lanjutan)

No	Penelitian	Jenis Penelitian	Perbedaan	
			Terdahulu	Sekarang
9	<i>An experimental investigation on the integral waterproofing capacity of polypropylene fiber concrete with fly ash and slag powder</i> (Liu dkk, 2019)	Pengujian Lab	Kapasitas <i>waterproofing</i> beton <i>polypropylene</i> dengan tambahan <i>fly ash</i> dan bubuk terak yang akan diuji pada umur beton 7 dan 28 hari	Pengaruh penambahan serat <i>polypropyle</i> pada beton <i>cold joint</i> terhadap kuat lenturnya dan akan diuji pada umur beton 7, 14, dan 28 hari.
10	<i>Performance evaluation of polypropylene fibre reinforced recycled aggregate concrete</i> (Das dkk, 2018)	Pengujian Lab	Evaluasi kinerja serat <i>polypropylene</i> pada beton bertulang dengan menggunakan agregat daur ulang	Pengaruh penambahan serat <i>polypropyle</i> pada beton <i>cold joint</i> terhadap kuat lenturnya

Berdasarkan Tabel 2.1 mengenai perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang dapat dinyatakan bahwa penelitian mengenai pengaruh penambahan serat *polypropylene* terhadap kuat lentur pada balok beton tanpa tulangan akibat adanya *cold joint*, menurut sepengetahuan penulis adalah asli dan belum pernah diteliti oleh peneliti lain.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Beton

Beton merupakan bahan konstruksi yang bahan penusunnya terdiri dari campuran semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air, dan bahan tambahan (*admixture* atau *additive*) (Fuad dkk, 2015). Pembangunan infrastruktur seperti jembatan, gedung, jalan raya, bendungan, dan berbagai macam infrastruktur lainnya sering kali menggunakan beton sebagai material utama yang sangat penting dalam pembangunan tersebut.

2.2.2. Bahan Penyusun Beton

a. Semen

Semen yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan beton tergolong kedalam jenis semen hidrolik. Semen hidrolik yang banyak digunakan ialah semen *portland*. Semen *Portland* merupakan material berbentuk bubuk

berwarna abu-abu dan banyak mengandung kalsium dan aluminium silika. Menurut Fuad dkk (2015) semen merupakan zat berbentuk bubuk yang bahan dasar pembuatannya adalah kapur (CaO), silika (SiO_2), Alumina (Al_2O_3), besi (Fe_2O_3), magnesia (MgO), dan sulfur (SO_3) dan jika dicampur dengan air akan membentuk pasta.

1. Tipe I yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya umum dan tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Tipe II yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya membutuhkan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.
3. Tipe III yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya membutuhkan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikat terjadi.
4. Tipe IV yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya membutuhkan kalor hidrasi rendah.
5. Tipe V yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya membutuhkan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

b. Agregat halus

Agregat halus merupakan butiran mineral alami yang dihasilkan dari disintegritas alami batuan atau yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no.4 atau dengan ukuran saringan 4,75 mm (Mulyono, 2003). Menurut BSN (2002) syarat mutu agregat halus yaitu sebagai berikut ini.

1. Agregat halus harus memiliki butiran tajam, kuat dan keras.
2. Agregat halus bersifat kekal, tidak mudah pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%. Apabila lebih dari 5% maka agregat halus harus dicuci.
4. Agregat halus tidak boleh mengandung zat organik.
5. Agregat halus memiliki modulus halus butir antara 1,5-3,8.
6. Agregat halus tidak boleh mengandung garam.

c. Agregat kasar

Agregat kasar merupakan kerikil yang dihasilkan dari disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu.

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan saringan no.4 atau saringan dengan ukuran 4,75 mm (Mulyono, 2003). Menurut BSN (2002) syarat mutu agregat kasar yaitu sebagai berikut ini.

1. Agregat kasar memiliki butiran yang tajam, kuat dan keras.
2. Agregat kasar bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Apabila lebih dari 1% maka agregat halus harus dicuci.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat organik dan bahan alkali.
5. Agregat kasar tidak boleh mengandung butiran yang pipih dan panjang lebih dari 20%.

d. Air

Air merupakan salah satu bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan beton. Proses pencampuran air dan semen akan menimbulkan reaksi hidrasi. Proses hidrasi pada beton segar membutuhkan air sebanyak 25% dari berat semen yang digunakan (Fuad dkk, 2015). Menurut BSN (2013) persyaratan air yang dapat digunakan dalam pembuatan beton yaitu sebagai berikut ini.

1. Air pencampuran dapat meliputi:
 - a. air untuk pengadukan (air yang ditimbang atau diukur di *batching plant*),
 - b. es,
 - c. air yang ditambahkan oleh operator truk,
 - d. air bebas pada agregat-agregat, dan
 - e. air yang masuk dalam bentuk bahan-bahan tambahan, apabila air ini dapat meningkatkan rasio air semen lebih dari 0,01.
2. Air pencampuran yang terdiri dari sumber air yang tidak dapat diminum atau air dari produksi beton boleh digunakan dalam setiap proporsi dengan batasan kualitas yang memenuhi persyaratan.
3. Sumber air yang tidak bias diminum harus memenuhi syarat penggunaan sesuai dengan persyaratan.
4. Air dari produksi beton boleh digunakan harus memenuhi syarat penggunaan sesuai dengan persyaratan.

5. Air kombinasi yang dicampur dari dua atau lebih sumber air, dimana satu dari sumber tersebut adalah air sisa produksi beton harus memenuhi syarat penggunaan sesuai dengan persyaratan.

2.2.3. Sambungan Dingin (*Cold Joint*)

Sambungan dingin (*Cold Joint*) merupakan titik sambung atau keadaan terputus yang disebabkan oleh penundaan waktu penuangan sehingga menghalangi penggabungan dua materil yang dituang secara berturut-turut (Bahar dkk, 2004).

Sambungan dingin (*cold joint*) terbentuk karena lama setting time beton yang singkat, oleh karena itu untuk mencegah terjadinya sambungan dingin perlu untuk mengatur interval penempatan pengecoran agar lapisan atas menjadi monolit dengan lapisan bawah. Interval penempatan pengecoran merupakan waktu setelah penyelesaian penempatan dan pepadatan lapisan beton sampai lapisan atasnya ditempatkan setelah periode waktu yang telat ditentukan (JSCE, 2007).

2.2.4. Serat Polypropylene

Serat *polypropylene* merupakan salah satu bahan yang sering digunakan untuk memproduksi bahan-bahan yang terbuat dari plastik salah satunya ialah *Strapping Band*. Penggunaan serat *polypropylene* merupakan salah satu bahan tambahan yang terbukti dapat meningkatkan dan memperbaiki struktural beton. Material dari serat *polypropylene* ini berbentuk flamen-flamen yang ketika dicampurkan kedalam adukan beton akan mengurai untaian tersebut (Kartini, 2007).

Menurut (Kartini, 2007) serat *polypropylene* dapat memperbaiki sifat-sifat beton yaitu sebagai berikut ini.

1. Daktilitas yang berhubungan dengan kemampuan bahan untuk menyerap energi.
2. Ketahanan terhadap beban kejut.
3. Ketahanan terhadap keausan.
4. Ketahanan terhadap pengaruh susutan.

2.2.5. Slump Test

Slump test merupakan suatu metode untuk menentukan nilai kekakuan dari sebuah campuran beton segar (*fresh concrete*) yang digunakan sebagai penentu tingkat *workability* atau kemudahan pengerjaan suatu campuran beton. Kemudahan

pengerjaan dapat dilihat dari nilai *slump* yang identik dengan tingkat keplastisan beton yang mana semakin plastis sebuah beton maka semakin mudah pula pengerjaannya. Menurut Mulyono (2003) unsur-unsur yang mempengaruhi nilai suatu *slump* yaitu sebagai berikut ini.

1. Kandungan semen
2. Jumlah air pencampuran
3. Gradasi campuran pasir dan kerikil
4. Bentuk butiran agregat kasar
5. Butir maksimum
6. Cara pemadatan

2.2.6. Kuat Lentur

Kuat lentur didefinisikan sebagai nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang balok uji (BSN, 1996b).

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai kuat lentur beton yaitu dengan melakukan pengujian kuat lentur menggunakan benda uji atau mengkonversi nilai kuat beton menggunakan persamaan teoritis. Menurut BSN (1996b) hasil pengujian kuat lentur dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.1 berikut ini.

$$f_{lt} = \frac{3PL}{2bd^2} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

- f_{lt} = kuat lentur (MPa),
 P = beban maksimal yang mengakibatkan keruntuhan balok uji (Newton),
 L = panjang bentang pada balok (mm),
 b = lebar balok (mm), dan
 d = tinggi balok (mm).