

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Menurut Mulyono (2003) Beton adalah campuran yang terdiri dari bahan penyusun antara semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan. Selain itu, menurut Neville dan J.J Brooks (1998) ditinjau dari keragaman pembentuk material beton ialah bahan yang terbuat dari berbagai macam tipe semen, agregat, serbuk dan lain-lain. Sehingga beton menjadi bahan bangunan yang sangat serba guna, dimana beton dirancang untuk kekuatan mulai 10 mpa hingga 100 mpa dari kemampuan kerja (Bagio dkk, 2019).

Menurut Felani (2004) banyaknya beton yang digunakan sebagai salah satu struktur bangunan karena mempunyai beberapa kelebihan diantaranya:

1. Beton sangat tahan terhadap aus dan juga tahan api/kebakaran.
2. Semua bahan yang digunakan diperoleh dari bahan lokal, sehingga harga relatif murah.
3. Beton segar dapat dengan mudah diangkut atau dicetak ke dalam bentuk apapun dengan ukuran sesuai keinginan, cetakan dapat dipakai beberapa kali sehingga menjadi lebih murah.
4. Beton segar dapat disempatkan dipermukaan beton lama yang retak maupun diisikan ke dalam retakan beton dalam proses perbaikan dan dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat yang posisinya sulit.
5. Tidak memerlukan pemeliharaan yang rumit dan biaya perawatan yang relatif murah.
6. Beton sangat kuat dalam menahan desakan, dan mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan. Serta apabila dibuat dengan cara yang baik, kuat tekannya dapat sama dengan batuan alami.

Selain itu dijelaskan oleh Felani (2004) bahwa beton juga mempunyai kelemahan yang perlu ditinjau dalam merencanakan struktur bangunan, yaitu:

1. Beton sulit untuk dapat kedap air secara baik, sehingga selalu dapat dimasuki air, air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.
2. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu, perlu diberi baja tulangan.

3. Beton juga bersifat getas (tidak daktil) dimana harus dihitung secara detail dan seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan akan bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.
4. Beton yang keras dapat mengembang dan menyusut apabila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi untuk mencegah retakan akibat perubahan suhu.

2.1.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian Royani dkk. (2014) dengan judul “Kajian kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur dan redaman bunyi pada panel dinding beton ringan dengan agregat limbah plastik PET dan limbah serbuk kayu”. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan metode rancang campur beton Dreux-Corrise. Penelitian dilakukan dengan membuat 12 benda uji, yaitu 3 silinder diameter 7,5 cm tinggi 15 cm untuk pengujian kuat tekan, 3 balok I untuk pengujian kuat tarik, 3 pelat panel ukuran 50x30x3 untuk pengujian kuat lentur dan 3 silinder diameter 10 cm dengan ketebalan 3 cm untuk pengujian redaman bunyi. Pengujian kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur dan redaman bunyi dilakukan pada beton usia 28 hari, selama 27 hari dilakukan perawatan dengan merendam benda uji didalam air. Agregat yang dihasilkan memiliki bentuk tidak beraturan, bersudut dan bertekstur permukaan halus dan berpori. Hasil uji kuat tekan 5,28 Mpa, kuat tarik 1,188 Mpa dan kuat lentur 1,82 Mpa, menunjukkan bahwa beton dengan agregat kasar dari limbah plastik PET dan limbah serbuk kayu belum memberikan hasil sesuai dengan syarat dan hasil yang diinginkan untuk pengaplikasian panel dinding beton dalam pengujian kuat tekan, kuat tarik dan lentur. Untuk pengujian redaman bunyi, beton dengan agregat limbah plastik PET dan limbah serbuk kayu memiliki kemampuan meredam bunyi sangat rendah dengan koefisien serapan antara 0,1-0,3 pada rentang frekuensi 20-2000 Hz.

Soelarso dkk. (2016) telah melakukan penelitian dengan judul “ Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Normal Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas” Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi limbah beton yang tidak terpakai sehingga dapat digunakan kembali

untuk pembuatan beton normal yang baru. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dimana telah dilakukan percobaan dengan membandingkan penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar dengan melihat nilai kuat tekan optimum dan seberapa besar penurunannya, serta nilai modulus elastisitasnya. Penelitian dilakukan dengan membuat sampel sebanyak 48 benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah tes uji tekan saat beton berumur 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari. Pada tiap pengujian digunakan 12 benda uji dengan limbah beton 25%, 50%, 75%, dan 100%. Hasil pada penelitian ini adalah penambahan limbah beton daur ulang masih mampu digunakan sebagai beton structural karena nilai kuat tekan melebihi 10 mpa. Kuat tekan pada benda uji beton semakin menurun seiring dengan penambahan limbah beton. Rata-rata penurunan terendah terjadi pada presentase limbah beton 25% sebanyak 45,35%, limbah beton 50% sebanyak 56,99%, limbah beton 75% sebanyak 61,65%, dan penurunan terbesar terjadi saat presentase limbah beton 100% sebanyak 66,62%. Nilai elastisitas pada beton semakin menurun seiring dengan penambahan limbah beton. Rata-rata penurunan modulus elastisitas terendah pada presentase 25% sebanyak 77,35%, presentase 50% sebanyak 77,45%, presentase 75% sebanyak 79,26%, dan presentase limbah beton 100% sebesar 79,12%. Dari hasil yang didapat setelah pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas kadar optimum limbah beton yang dapat dipakai untuk pengganti agregat kasar adalah 25%.

Penelitian Liu (2013) dengan judul “Daur Ulang Ban Bekas sebagai Agregat Kasar pada Beton Campuran Trotoar” penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki efek serbuk ban volume rendah dan tinggi pada sifat beton. Metode penelitian dengan merancang CDOT kelas agregat kasar komponen campuran diganti dalam 100 %, 50 %, 30 %, 20 %, dan 10 % volume dengan menggunakan serbuk ban. Sifat beton, kuat lentur, kuat belah, dan ketahanan beku/mencair diuji di laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan serbuk ban dapat digunakan menggantikan agregat kasar dalam campuran pengkerasan beton. dua campuran dengan agregat kasar 10% digantikan dengan serbuk ban dan kandungan semen normal menghasilkan kinerja baik. Pada

usia 28 hari, kekuatan tekan rata-rata kedua campuran adalah 4735 psi. Meskipun kekuatan ini secara signifikan kurang dari 7058 psi kontrol, sehingga melebihi persyaratan kekuatan medan CDOT sebesar 4200 psi. Kekuatan lentur rata-rata 957 psi sedikit lebih tinggi dari kontrol 907 psi dan secara signifikan melebihi CDOT yang dibutuhkan 650 psi. Kuat tarik pemisahan rata-rata lebih tinggi dari 590 psi. Campuran karet pada penelitian ini bertahan jauh lebih tinggi dari campuran kontrol ketika mengalami kompresi, lentur dan pemisahan muatan.

Jeyamugesh dkk. (2016) telah melakukan penelitian dengan judul “Studi tentang Limbah Karet Ban di Beton agar Ramah Lingkungan Hidup”. Penelitian ini bertujuan untuk menggunakan limbah ban karet sebagai pengganti agregat kasar, agar menghasilkan beton pada tingkat campuran M20. Metode penelitian adalah dengan eksperimental yang terdiri dari 4 proporsi campuran yang berbeda dengan mengganti agregat kasar dalam 0%, 10%, 20%, dan 30% dari limbah ban karet dalam beton mutu M20. Terdapat 36 kubus (150x150x150 mm) di cor untuk uji ketahanan dan uji kuat tekan, setelah itu kubus direndam ke dalam larutan asam. Tes kuat tekan dilakukan pada usia 14 dan 28 hari. Kuat tekan ini dihitung dengan menggunakan mesin kuat tekan, kepadatan juga dilakukan setelah 28 hari untuk sifat beton ringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 10% limbah ban karet memberikan kuat tekan dan daya tahan yang lebih tinggi sehingga dianggap sebagai beton ringan. Jadi kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah ketika 10% agregat kasar digantikan dengan ban karet bekas maka kekuatan tekan beton meningkat hampir sekitar 15%, dalam pengasaman kekuatan tekan beton meningkat hampir 20%, sedangkan kepadatan beton berkurang hampir sekitar 10%. Kekuatan berkurang dengan meningkatnya limbah ban karet, karena kekuatan pengikat yang buruk antara semen dan serbuk limbah ban karet pada kekuatan 14 dan 28 hari.

Ganjian dkk. (2012) telah melakukan penelitian yang berjudul “Penggantian karet bekas pada agregat dan pengisi beton”. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kinerja campuran beton dengan menggabungkan 5%, 7,5%, dan 10% karet ban bekas sebagai pengganti agregat dan semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan

tekan beton tergantung pada 2 faktor yaitu ukuran butir karet ban bekas dan persentasenya. Secara umum, kuat tekan berkurang dengan peningkatan persentase penggantian karet dalam beton, penurunan kekuatan tekan pada usia 28 hari sekitar 10-23 % untuk agregat dan 20-40 % untuk penggantian semen. Modulus elastisitas beton berkurang dengan penggantian karet ban bekas untuk agregat atau semen. Pengurangan ini terjadi 17-25 %. Kekuatan untuk kuat tarik beton berkurang dengan meningkatnya persentase karet ban bekas pada beton. Karena kurangnya pengikat antara karet dan semen. Kuat tarik beton yang mengandung karet ban bekas lebih rendah daripada beton yang mengandung serbuk karet (untuk penggantian semen). Untuk kuat lentur berkurang sekitar 37 % untuk penggantian agregat kasar dan 29 % untuk penggantian semen. Penggantian karet ban bekas meningkatkan kedalaman permeabilitas air dalam beton dan meningkatkan penyerapan air jika terjadi penggantian agregat kasar tetapi mengurangi penyerapan air jika terjadi penggantian semen.

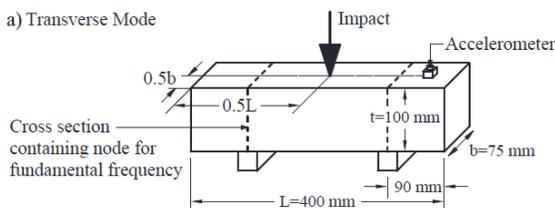
Sugapriya dkk. (2017) melakukan penelitian dengan judul “Daur ulang Karet Remah dalam Meningkatkan Sifat Redaman pada Beton” tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh karet ban bekas. Metode penelitian adalah metode eksperimen dimana telah dilakukan pengujian kuat tekan dan redaman. Pada penelitian ini menggunakan sampel sebanyak 24 benda uji berbentuk kubus dengan sisi 15 cm dan 24 benda uji berbentuk balok 50cm x 10cm x 10cm dengan variasi karet remah dari 5%, 10%, 15%, dan 20%, pengujian dilakukan setelah beton berumur 7 dan 28 hari. Hasil dari kuat tekan pada saat beton berumur 7 hari menunjukkan penurunan yang drastis dari 18 N/mm² sampai dengan nilai terkecil 12 N/mm² seiring dengan penambahan karet, begitupun pada umur 28 hari terjadi penurunan nilai kuat tekan dari 34 N/mm² sampai pada nilai terkecil 22 N/mm². Sedangkan semakin bertambah variasi karetnya rasio redamannya semakin meningkat dan nilai frekuensinya menurun.

Winarto (2017) melakukan penelitian dengan judul “Pemanfaatan Serat Ijuk Sebagai Material Campuran dalam Beton untuk Meningkatkan Kemampuan Beton Menahan Beban Tekan”, Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh dari kuat tekan dan berat beton setelah penambahan serat ijuk dengan persentase 0%, 2,5%, dan 5%. Metode yang dilakukan yaitu metode eksperimen yang telah dilakukan di laboratorium. Pengujian ini menggunakan sampel beton berbentuk silinder sebanyak 7 benda uji dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang telah berumur 28 hari. Untuk beton normal tanpa serat ijuk dilakukan perbandingan dengan umur 7, 14, dan 28 hari, sedangkan untuk beton dengan penambahan serat berumur 28 hari yang dikonversikan menjadi 21 hari. Hasil yang optimum yang didapatkan dari pengujian pada masing-masing benda uji setelah dilakukan kuat tekan adalah dengan menggunakan proporsi serat ijuk 2,5 %, nilai kuat tekannya 226 kg/cm² dan berat beton terjadi perubahan setelah dicampurkan serat ijuk menjadi lebih ringan yaitu 2,243 gr/cm.

Irpan (2017) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Penambahan Hancuran Karet (Crumb Rubber) pada Campuran Beton Terhadap Sifat Mekanik Beton” dengan tujuan untuk melihat pengaruh yang terjadi akibat penambahan serbuk karet ban pada beton sekaligus mengurangi pencemaran lingkungan yang diakibatkan limbah karet ban. Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimen dimana telah dilakukan pengujian berupa kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus runtuh dengan penambahan proporsi karet ban yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Penelitian ini membutuhkan sampel benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 15 buah. Balok ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm sebanyak 15 buah. Pengujian untuk tiap benda uji dilakukan saat beton berumur 28 hari. Hasil dari penelitian ini yaitu nilai kuat tekan untuk variasi 0% sebesar 34,074 mpa, 5% sebesar 30,113 mpa, variasi 10% sebesar 26,180 mpa, variasi 15% sebesar 25,076 mpa, dan untuk variasi 20% sebesar 21,092 mpa. Jadi terjadi penurunan kuat tekan terbesar setelah penambahan karet ban pada variasi 20%, untuk nilai kuat tarik

menurun sebesar 2,548 mpa dan modulus runtuh terjadi pada beton variasi 15% sebesar 2,845 mpa.

Noushini dkk. (2013) telah melakukan penelitian tentang “Properti Kerusakan Serat Polyvinyl Alcohol Beton Bertulang”. Tujuan dari penelitian yaitu untuk mengetahui sifat redaman pada beton yang telah dicampur serat PVA berukuran 6 mm dan 12 mm dengan proporsi masing-masing serat 0,25% dan 0,50%. Metode yang digunakan pada penelitian adalah metode eksperimental dimana telah dilakukan pengujian dilaboratorium. Sampel yang digunakan untuk pengujian adalah beton berbentuk silinder dengan ukuran berbeda 100 x 200 mm dan 150 x 300 mm dan balok dengan ukuran 75 x 100 x 400 mm yang telah berumur 14 dan 28 hari. Pengujian redaman dilakukan dengan melekatkan alat akselerometer pada benda uji balok karena alat akselerometer dianggap tidak memiliki pengaruh pada pada frekuensi resonansi balok, daya getaran dilakukan secara manual dengan memberikan dorongan menggunakan palu logam kecil, benda uji terlebih dahulu diletakkan diatas penyangga karet lunak agar balok dapat bergetar bebas disetiap getarannya. Kemudian pemrosesan data dilakukan dengan menggunakan program *Matlab*.



Gambar 2.1 Set-up pengujian redaman

Penelitian ini menghasilkan nilai kuat tekan meningkat dengan menggunakan serat 6 mm sampai pada nilai 67 mpa, hal ini menunjukkan serat yang ukurannya lebih pendek lebih baik daripada serat yang lebih panjang. Sedangkan untuk modulus elastisitas dan rasio redaman serat PVA tidak begitu mempengaruhi atau tidak adanya perubahan yang signifikan pada masing-masing variasi .

Gerges dkk. (2018) telah melakukan penelitian dengan judul “Beton Karet : Sifat Mekanis dan Dinamis” dengan tujuan yaitu melihat pengaruh yang ditimbulkan

dari penggunaan bubuk karet daur ulang sebagai pengganti agregat halus pada campuran beton. Proporsi bubuk karet yang digunakan sebagai pengganti pasir adalah 5%, 10%, 15%, dan 20%. Pengujian yang dilakukan dengan menguji kuat tekan pada beton menggunakan sampel benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm. Beton diuji setelah berumur 28 hari. Hasil yang ditunjukkan dari pengujian kuat tekan yaitu terjadi penurunan kekuatan pada beton seiring dengan bertambahnya campuran karet ban. Pengurangan kekuatan rata-rata 30, 35, 50, dan 63% terhadap masing-masing proporsi karet 5, 10, 15, dan 20%.

2.1.2. Perbedaan Penelitian Sebelumnya dan Sekarang

Tabel 2.1 Perbedaan penelitian sebelumnya dan sekarang

| No | Penelitian | Tahun | Jenis Penelitian | Perbedaan | |
|----|---|-------|------------------|---|--|
| | | | | Terdahulu | Sekarang |
| 1. | Kajian kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur dan redaman bunyi pada panel dinding beton ringan dengan agregat limbah plastik PET dan limbah serbuk kayu | 2014 | Uji Lab | Bahan yang digunakan limbah plastic PET dan serbuk kayu | Bahan yang digunakan serbuk karet ban |
| 2. | Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Normal Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas | 2016 | Uji Lab | Penggunaan limbah beton pengganti agregat kasar | Serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat halus |
| 3. | Recycled Tires | 2013 | Uji Lab | Penggantian | Penggantian |

| | | | | | |
|----|---|------|---------|--|--|
| | as Coarse Aggregate in Concrete Pavement Mixtures | | | agregat kasar dengan limbah ban | agregat halus dengan serbuk karet ban |
| 4. | Study on Waste Rubber Tyre in Concrete for Eco-Friendly Environment | 2016 | Uji Lab | Pengganti agregat kasar dengan limbah ban bekas | Pengganti agregat halus dengan serutan karet ban, uji daya redam |
| 5. | Scrap-tyre rubber replacement for aggregate and filter in concrete | 2012 | Uji Lab | Penggantian agregat kasar dengan karet ban bekas, uji kuat tarik beton | Penggantian agregat halus dengan serutan karet ban, uji kuat tekan beton |

Tabel 2.1 Perbedaan penelitian sebelumnya dan sekarang (lanjutan)

| No | Penelitian | Tahun | Jenis Penelitian | Perbedaan | |
|-----|---|-------|------------------|---|---|
| | | | | Terdahulu | Sekarang |
| 6. | Crumb Rubber Recycling in Enhancing Damping Properties of Concrete | 2017 | Uji Lab | Uji tekan, pengaruh sifat redaman | Uji tekan, dan daya redam |
| 7. | Pemanfaatan Serat Ijuk Sebagai Material Campuran dalam Beton untuk Meningkatkan Kemampuan Beton Menahan Beban Tekan | 2017 | Uji Lab | Serat ijuk sebagai bahan pembuatan beton | Serbuk karet ban sebagai pengganti agregat halus pada beton |
| 8. | Pengaruh Penambahan Hancuran Karet (Crumb Rubber) pada Campuran Beton Terhadap Sifat Mekanik Beton | 2017 | Uji Lab | Menganalisis sifat mekanik beton menggunakan hancuran karet | Menganalisis daya redam menggunakan serbuk karet ban |
| 9. | Damping Properties of Polyvynyl Alcohol Fibre Reinforced Concrete | 2013 | Uji Lab | Bahan pengganti yang digunakan adalah serat PVA | Bahan pengganti yang digunakan serbuk karet ban |
| 10. | Rubber concrete: Mechanical and dynamical properties | 2018 | Uji Lab | Uji tekan dan analisis sifat beton terhadap karet bubuk | Uji tekan dan redaman dengan campuran karet ban bekas |

2.2 Dasar Teori

2.2.1. Material Penyusun Beton

2.2.1.1 Semen

Salah satu bahan dasar dari konstruksi bangunan adalah semen, sehingga semen dijadikan sebagai komoditi yang strategis dimana total kapasitas produksi semen nasional mencapai 68,7 juta ton dengan kemampuan produksi 509,9 juta ton (Purnawan dkk, 2017). Menurut Bagio dkk (2019) semen adalah inti atau material dasar yang digunakan untuk pengikatan dalam beton, serta ditentukan oleh specific gravity dari semen itu sendiri. Sedangkan semen menurut Andriani dkk (2012) dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu semen non hidrolis dan semen hidrolis, dimana semen non hidrolis adalah semen yang sukar atau tidak dapat stabil di dalam air. Sedangkan semen hidrolis adalah bahan pengikat yang mengeras apabila bereaksi dengan air serta menghasilkan produk yang tahan air. Contohnya semen portland dan semen putih.

Semen portland yang merupakan semen hidrolis dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari kalsium sulfat bersama-sama dengan bahan utamanya (ASTM C- 150.1985). Sedangkan menurut SNI-7064-2004, semen portland komposit merupakan hasil penggilingan terak semen portland dan gips secara bersama-sama dengan bahan anorganik lainnya, seperti senyawa silikat, terak tanur tinggi, batu kapur, pozolan dengan kadar total 6% - 35 % dari masa semen portland komposit.

2.2.1.2 Agregat

Menurut Sukirman (2010) Agregat dapat didefinisikan suatu mineral padat berupa masa yang berukuran besar atau berupa fragmen. Agregat merupakan material berbutir seperti kerikil, pasir, dan batu pecah. Agregat juga didefinisikan sebagai material granular yang keras dan kaku hasil dari disintegrasi alami batu atau hasil industri pemecah batu (ASTM C 125-2003). Agregat memiliki kontribusi terbesar dalam volume beton. Sekitar 70-75% volume beton diisi oleh agregat. Dalam ASTM,

campuran pada beton, yang digunakan agregat normal harus memiliki berat isi tidak kurang dari 1200 kg/m³. Secara umum berdasarkan ukurannya agregat dibedakan menjadi agregat halus dan agregat kasar.

2.2.1.3 Agregat halus

Menurut ASTM C 125-2003 Agregat halus adalah agregat yang butirannya dapat lolos saringan 9,5 mm dan yang dapat melewati saringan 4,75 mm. Sedangkan menurut SK SNI 03-2847-2002, agregat halus merupakan pasir alam hasil dari integrasi alami batuan atau pasir dari industri pemecah batu, dan memiliki ukuran butir sebesar 5 mm. Agregat halus digunakan bersama-sama dengan pasta semen untuk mengisi rongga pada agregat kasar (Bagio dkk, 2019).

Agregat halus yang berasal dari industri pemecah batu harus bahan yang bersih, keras, dan bebas dari lempung, atau bahan lainnya. Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana pada tabel berikut.

Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Halus

| Pengujian | Standar | Nilai |
|--|--------------------|---------|
| Nilai setara pasir | SNI 03-4428-1997 | Min 60% |
| Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat | SNI 03-4141-1996 | Maks 1% |
| Angularitas dengan uji kadar rongga | SNI 03-6877-2002 | Min 45% |
| Agregat lolos ayakan no.200 | SNI ASTM C117:2012 | Maks10% |

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 tabel 6.3.2.(2)

2.2.1.4 Agregat Kasar

Butiran agregat yang masih tertinggal pada saringan 4,75 mm atau saringan no.4 disebut agregat kasar (ASTM C 125-2003). Sementara itu, menurut SNI 03-2847-2002 agregat kasar merupakan hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah dari industri pemecah batu, yang memiliki ukuran berkisar 5 mm – 40

mm. Agregat kasar yang digunakan sebaiknya memiliki butiran yang keras, bersih dan permukaannya tidak tertutupi oleh lapisan, bebas dari retakan. Agregat kasar juga merupakan komponen material yang akan diikat semen (Bagio dkk, 2019). Ketentuan untuk agregat kasar dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Standar Gradasi Agregat Kasar

| Ukuran Nominal (mm) | Jumlah yang lebih halus dari setiap saringan (%) | | | | | | |
|------------------------|--|----------|----------|------------|-----------|------------|------------|
| | 37,5 mm | 25 mm | 19 mm | 12,5 mm | 9,5 mm | 4,75 mm | 2,36 mm |
| 25-12,5 | 100 | 90-100 | 20-55 | 0-10 | 0-5 | | |
| 25-9,5 | 100 | 90-100 | 40-85 | 10-40 | 0-15 | 0-5 | |
| 25-4,75 | 100 | 95-100 | | 25-60 | | 0-10 | 0-5 |
| 19-9,5 | | 100 | 90-100 | 20-55 | 0-15 | 0-5 | |
| 19-4,75 | | 100 | 90-100 | | 20-5 | 0-10 | 0-5 |

Sumber: ASTM C 33-2003

2.2.1.5 Air

Air merupakan campuran yang penting pada beton untuk melangsungkan proses hidrasi (reaksi kimia) antara semen dan air yang sehingga campuran ini menjadi keras setelah beberapa saat. Selain itu, air juga dapat digunakan sebagai bahan pelumas antara agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan (Sutandar, 2013).

Air untuk pembuatan beton sebaiknya yang memenuhi syarat berikut:

- Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton lebih dari 15 gr/liter.
- Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/liter.
- Tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gr/liter.
- Tidak mengandung klorida (C_1) lebih dari 0,5 gr/liter.

(Winarto, 2017)

Air pada beton harus yang bersih, tidak mengandung minyak, alkali, asam, garam zat organik atau bahan lain yang dapat merusak beton dan baja tulangan. Air

(tawar) yang dapat diminum baik yang telah diolah ataupun tanpa diolah dapat digunakan pada pembuatan beton. Sedangkan air (tawar) yang tidak dapat diminum, sebaiknya tidak digunakan untuk pembuatan beton kecuali dapat memenuhi ketentuan-ketentuan, dimana air pembuangan kota biasanya mengandung 400 ppm bahan-bahan organik. Jika diencerkan atau diturunkan menjadi 200 ppm maka air dapat digunakan sebagai campuran beton. Hal ini agar air dapat bereaksi sehingga terjadi hidrasi yang membuat campuran beton mengeras (Nadia dkk, 2011).

2.2.2 Limbah Serutan Ban Karet

Pembangunan yang terus menerus berdampak pada pembuatan beton yang tentu membutuhkan material yang sangat banyak. Hal ini, dapat menyebabkan sumber daya alam yang tersedia lama-lama akan berkurang untuk pembuatan beton. Berbagai bahan alternatif sebagai bahan pengganti pembuatan beton terus dilakukan. Salah satu limbah yang dapat digunakan untuk bahan campuran beton yaitu limbah serbuk ban karet. Hal ini akan memberikan sifat kelenturan dan mencegah retakan pada beton (Arliestya, 2017).

Dalam Continental (2013) disebutkan bahwa ban mengandung berbagai bahan diantaranya karbon black, softener, karet, antioksidan, lilin, bahan aktiv vulkanisator, curing agent, accelerator, dan reinforcing agent. Menurut Anne (2006) karbon memiliki komposisi terbesar dari komposisi ban, antara 67 % - 76 % dari komposisi ban seluruhnya.

Beberapa jenis limbah ban karet yang dapat digunakan pada campuran beton yaitu Tire Chips, berfungsi sebagai pengganti agregat kasar. Dimana limbah ban karet mengalami proses pemotongan hingga 3 tahap. Sehingga diperoleh ukuran Tire Chips berkisar 13 mm – 76 mm. Sedangkan jenis limbah karet kedua yaitu Crumb Rubber, berfungsi sebagai pengganti agregat halus, yang memiliki ukuran berkisar 4,75 mm – 0,075 mm. Proses Crumb Rubber sendiri yaitu cracker mill process, granular process, micro mill process yang menghasilkan ukuran crumb rubber berbeda-beda. Ukuran micro mill process menghasilkan crumb rubber 0,075 mm – 0,475 mm (Putra, 2015).

Menurut Naik (Putra, 2015) penggunaan limbah ban karet dapat digunakan untuk beberapa proses konstruksi yaitu:

1. Pada lokasi yang tahan terhadap guncangan keras seperti pada penyangga rel kereta api.
2. Pada lokasi yang memerlukan penahan getaran seperti pondasi untuk mesin yang memiliki getaran tinggi.
3. Karena memiliki berat yang ringan dapat pula digunakan sebagai kebutuhan arsitektural seperti pada desain interior.
4. Dapat pula pengaplikasiannya sebagai penahan guncangan gempa bumi tetapi perlu dilakukan penelitian lanjutan.

2.2.3 Kekuatan Beton

Beton merupakan bahan struktural yang penting dalam pembangunan. Kekuatan beton dianggap sangat penting sehingga dalam proses pencampuran bahan beton perlu diperhatikan (Chen dkk, 2018). Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan struktur beton yaitu efek dari proses pengecoran seperti pada air, agregat yang digunakan, semen, serta pengikatan antara semen dan agregat (Kumavat dkk, 2014).

2.2.3.1 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton ialah besarnya beban per satuan luas, hal ini menyebabkan benda uji beton akan hancur apabila dibebani gaya tekan tertentu, dari mesin tekan. Kuat tekan beton dapat ditentukan dari perbandingan agregat halus, agregat kasar, air dan semen. Perbandingan air terhadap semen (w/c) ialah faktor utama didalam menentukan kekuatan beton. Semakin rendah w/c maka semakin tinggi kekuatan tekan beton (Untu dkk, 2015).

Muhaimin (2015) umur beton juga mempengaruhi kuat tekan beton, kuat tekan beton dianggap mencapai 100% apabila beton telah berumur 28 hari. Berikut tabel

yang menunjukkan perkembangan kekuatan beton dengan semen portland tipe 1 berdasarkan umur beton:

Tabel 2.4 Perkiraan kuat tekan beton pada berbagai umur

| | | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|----|-----|
| Umur beton (hari) | 3 | 7 | 14 | 21 | 28 | 90 | 365 |
| Semen portland tipe I | 0,46 | 0,70 | 0,88 | 0,95 | 1,00 | - | - |

Sumber: SNI T-15-1990-3

Menurut SNI 1974-2011 menghitung kuat tekan benda uji yaitu dengan membagi beban maksimum yang diterima pada benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang rata dan hasilnya dengan membulatkan ke 1 desimal dengan satuan 0,1 MPa. Dengan persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

f_c' = kuat tekan (MPa atau N/mm^2)

P = gaya tekan aksial (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

2.2.3.2 Kuat Redaman Beton

Menurut Ariyadira (2011) redaman adalah pelepasan energi oleh struktur akibat adanya berbagai macam sebab, seperti pelepasan energi karena adanya gerakan antar molekul di dalam material, pelepasan energi oleh gesekan alat penyambung maupun sistem dukungan, pelepasan energi karena adanya gesekan dengan udara serta pelepasan energi akibat adanya sendi plastis. Dikarenakan proses pelepasan energi ini, maka dapat mengurangi respon struktur. Sehingga kuat redaman beton ialah dimana beton dapat menahan gerakan atau getaran akibat pelepasan energi seperti tumbukan pada beton. Hal ini dapat menunjukkan struktur beton dapat mempertahankan dirinya atau tidak.

Menurut Pawirodikromo (2017) redaman (*damping*) dapat dikategorikan menurut *damping system* dan *damping types*. Sedangkan menurut sistem struktur terdapat dua sistem disipasi energi yaitu:

a. Damping Klasik

Jika sistem struktur menggunakan bahan yang sama dan bahannya mempunyai rasio redaman yang relatif kecil maka sistem struktur tersebut mempunyai damping yang bersifat klasik. Hal ini akan memenuhi kaidah kondisi ortogonal.

b. Damping Nonklasik

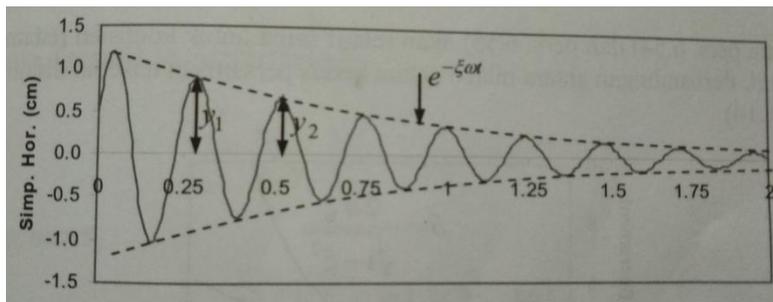
Damping jenis ini akan terbentuk jika sistem struktur yang memakai bahan berlainan, dimana bahan yang digunakan mempunyai rasio redaman yang berbeda secara signifikan.

c. Jenis Damping

Berdasarkan jenisnya, maka damping dapat dibedakan dalam beberapa golongan yaitu damping proporsional terhadap massa, dimana damping akan berbanding langsung dengan massa struktur. Jika digunakan pada matriks massa diagonal maka damping matriks hanya akan pada diagonal saja. Selanjutnya, damping proporsional dengan kekakuan, dimana redaman ini adalah fungsi dari kekakuan yaitu isian pada matriks redaman sama dengan matriks kekakuan. Terakhir, damping proporsional dengan massa dan kekakuan, pada damping sebelumnya jenis redaman masih memiliki kelemahan maka perlu adanya kombinasi antara dua jenis redaman sebelumnya. Kelemahan ini terletak pada nilai rasio redaman pada mode yang lebih tinggi, yang jika digunakan pada jenis redaman pertama dan kedua. Apabila mode yang digunakan pada jenis redaman pertama dan kedua lebih tinggi, rasio redamannya menjadi sangat kecil dan sangat besar. Sebaliknya, jika mode yang rendah rasio redamannya menjadi kebalikannya. Hal inilah mengapa digunakan kombinasi antar dua jenis redaman sebelumnya.

2.2.3.2.1 Menentukan *Damping Ratio*

Salah satu cara untuk menentukan *damping ratio* dapat dilakukan dengan *Logarithmic Decrement*, hal ini diartikan bahwa natural logaritmik pada rasio antara 2 puncak simpangan yang berurutan, seperti antara $y(t_1)$, $y(t_2)$, dengan nilai n pada peristiwa getaran beban yang di redam dengan redaman lemah. Seperti pada gambar 2.2 di bawah ini



Gambar 2.2. Plot antara simpangan lawan waktu pada redaman lemah

Contohnya plot antara simpangan $y(t)$ lawan waktu pada getaran bebas yang mempunyai redaman lemah, dapat dituliskan persamaannya (2.2) sebagai berikut (Pawirodikromo, 2017):

$$\delta \approx 2\pi\xi \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana δ dapat kita peroleh dengan persamaan (2.3):

$$\delta = \ln \frac{y_1}{y_2} \dots\dots\dots (2.3)$$

sedangkan untuk koefisien redaman dapat dituliskan dengan persamaan (2.4):

$$\xi \approx \frac{\delta}{2\pi} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

$\delta = \text{Logarithmic Decrement}$

$\pi = 3, 14$

$\xi = \text{Koefisien Damping Ratio (\%)}$

$n = \text{Jumlah Gelombang}$

