1. **TINJAUAN PUSTAKA**
2. **Beton**

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat (SK SNI T-15-1991-03). Ada empat bagian utama yang mempengaruhi kekuatan atau mutu beton, yaitu mutu bahan-bahan penyusunnya, metode perancangan, pelaksanaan pembuatan beton,dan perawatan (*curing*).Untuk menjamin agar beton yang dihasilkan memenuhi persyaratan, dianjurkan pada tahap awaldilakukan pengujian terlebih dahulu terhadap agregat yang akan digunakan, kemudian dilanjutkan dengan membuat rancangan campuran (*mix design*).

Sifat umum yang berkaitan dengan pelaksanaan pembuatan bahan beton adalah :

1. Kemampuan dapat dikerjakan (*Workability*).

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat mudah dikerjakan antara lain adalah :

1. Banyaknya air yang dipakai dalam campuran aduk beton.
2. Kemampuan untuk mudah dipadatkan
3. Penambahan semen ke dalam adukan beton.
4. Kemampuan untuk tetap dapat bertahanseragam (*stability*) yaitu tidak terjadi segregasi (pemisahan agregat) dan *bleeding*(pemisahan air) .
5. Sifat tahan lama (*Durability*)
6. Tahan terhadap pengaruh cuaca.
7. Tahan terhadap pengaruh zat kimia.
8. Tahan terhadap erosi
9. Sifat kedap air

Pada beton yang dikeraskan dengan uap bertekanan tinggi, kerapatan airnya lebih baik daripada beton biasa, karena uap tekanan tinggi dapat mereaksikan semen lebih sempurna. Beberapa faktor lain yang dapat mempengaruhi sifat kedap air pada beton antara lain :

* 1. Mutu dan porositas agregat.
  2. Umur beton, kekedapan air akan berkurang dengan adanya perkembangan umur.
  3. Gradasi harus dipilih sedemikian agar beton dapat mudah dikerjakan dengan baik dengan jumlah air yang minimal.
  4. Perawatan beton merupakan faktor yang sangat penting untuk mendapatkan beton kedap air.

1. **Jenis-jenis Beton**

Beberapa jenis beton yang bisa dikategorikan sebagai beton spesial antara lain yaitu (Habibie, 2012):

**B.1 Beton Ringan**

Beton ringan dibuat dengan menggunakan agregat ringan atau dikombinasikan dengan agregat normal sedemikian rupa sehingga dihasilkan beton dengan berat isi yang lebih kecil (lebih ringan) daripada beton normal. Berat isi beton ringan mencapai 2/3 dari beton normal. Tujuan penggunaan beton ringan adalah untuk mengurangi berat sendiri dari struktur sehingga komponen struktur pendukungnya seperti pondasinya akan menjadi lebih hemat.

**B.2 Beton Mutu Tinggi**

Beton mutu tinggi adalah beton dengan kuat tekan yang lebih besar dari 40 MPa sudah biasa dikategorikan sebagai beton mutu tinggi. Beton ini dikembangkan untuk membuat struktur yang menuntut tingkat kepentingan yang tinggi misalnya bangunan-bangunan dengan tingkat keamanan tinggi seperti: jembatan, gedung tinggi, reaktor nuklir dan lain-lain.

**B.3 Beton dengan Kelecakan Tinggi**

Beton dengan workabilitas tinggi, umumnya tingkat kesulitan dalam pengerjaan beton dikaitkan dengan tingkat keenceran campurannya atau kemampuannya mengalir semakin encer beton akan semakin mudah dikerjakan. Kelecakan yang dimaksud bukan semata encer karena diberi banyak air, justru dengan kebanyakan air mutu beton akan semakin rendah karena material penyusunya bisa terpisah-pisah. Yang dimaksud disini adalah beton yang mudah mengalir tetapi tetap memiliki mutu yang baik seperti beton normal atau mutu tinggi.

**B.4 Beton Serat**

Beton serat adalah beton yang materialnya ditambah dengan komponen serat yang bisa berupa serat baja, plastik, glass ataupun serabut dari bahan alami. Serat dalam campuran beton dapat meningkatkan kekuatan beton terhadap gaya tarik, perilaku struktur beton tetap semakin baik misalnya meningkatkan regangan yang dicapai sebelum runtuh, meningkatkan ketahanan beton terhadap benturan dan menambah kerasnya beton.

**B.5 Beton dengan Polimer**

Beton dengan polimer adalah beton dengan pemberian polimer sebagai bahan perekat tambahan pada campuran beton, akan dihasilkan beton dengan kuat tekan yang lebih tinggi dan dalam waktu yang lebih singkat. Bahan yang ditambahkan bisa berupa lateks maupun emulsi dari bahan lain. Jenis ini cocok digunakan pada pekerjaan-pekerjaan pembetonan dalam keadaan darurat seperti terowongan, tambang dan pekerjaan lain yang membutuhkan

kekuatan beton dalam waktu singkat bahkan dalam hitungan jam. Disamping

itu, jenis beton polimer bisa dibuat dengan tujuan untuk meningkatkan ketahanan terhadap bahan kimia tertentu. Metode panambahan polimer selain

pada campuran beton, bisa juga dilakukan pada saat beton sudah kering dengan tujuan untuk menutup pori-pori beton dan retak kecil karena pengeringan sehingga didapatkan beton yang kedap air sehingga keawetan beton bisa meningkat.

**B.6 Beton Berat**

Kebalikan dari beton ringan adalah beton berat, dimana beton jenis ini memiliki berat isi yang lebih tinggi dari beton normal (2400 kg/m3) yaitu sekitar 3300 kg/m3 sampai 3800 kg/m3. Beton berat biasanya digunakan pada bangunan-bangunan seperti untuk perlindungan pantai, instalasi nuklir, unit kesehatan dan bagunan fasilitas pengujian dan penelitian atom. Beton berat dibuat dengan menggunakan agregat berat seperti bijih besi maupun bahan alami yang berat.

**B.7 Beton Besar**

Beton besar merupakan beton pada struktur masif dengan volume yang sangat besar seperti pada bendungan, pintu air maupun balok dan pilar besar dan masif. Beton berat dibuat dengan perlakuan yang berbeda dengan beton normal mengingat timbulnya panas yang berlebihan pada campuran beton dan terjadinya perubahan volume yang juga menjadi sangat besar.

1. **Beton Polimer**

Beton polimer adalah material komposit, dimana bindernya terdiri dari polimer sintesis organik atau dikenal sebagai beton resin. Beton resin dengan binder polimer seperti thermoplastik atau disebut thermosetting polimer dan mineral *filler*nya dapat berupa *aggregate, gravel* dan *crushed stone*.

Keunggulan beton polimer antara lain, kekuatannya tinggi, tahan terhadap kimia dan korosi, penyerapan air rendah dan stabilitas pemadatan tinggi dibanding beton portland konvensional. Proses pengerasan pada beton semen portland untuk menghasilkan kondisi terbaik biasanya 28 hari, sedangkan dengan beton polimer dapat dipersingkat hanya beberapa jam saja. Penambahan polimer pada beton tanpa semen adalah untuk meningkatkan sifat-sifat beton, memperpendek waktu proses pabrikasinya, tentunya biaya operasional dan aplikasi khususnya. Produk beton polimer antara lain dapat digunakan sebagai pondasi galangan kapal, tangga, sanitari, lantai, panel, bangunan komersial, pemipaan, *skid resistant overlays in highways* dan lain-

lain.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Kuat | Kuat | Modulus |  |  | Ketahanan | Koef.Eksp. |
| Material | Berat isi, | Tekan, | Tarik, | Elastisitas, | Kuat Lekat | Serapan | Terhadap asam | Thermal |
|  | kg/dm³ | MPa | MPa | Gpa | Geser, Kpa | Air, % | Sulfat 2% | 106C-1 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Beton |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Polimer | 2 -2,5 | 40-60 | 5 - 8 | 14 - 16 | ≥ 4.550 | <<< | 4 x BK | 10 - 12 |
| Semen |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Beton |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Polimer | 1,5-2,5 | 50-210 | 7 - 25 | 20 - 45 | …. | 0,02-0,5 | >>> | 10 - 35 |
| Tanpa |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Semen |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Beton |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Impregnasi | 2-2,4 | 135- 145 | 11 - 15 | 40 - 50 | ….. | 0 - 0,6 | 10 x BK | 10 - 25 |
| Polimer |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Beton | 2,2-2,4 | 13- 40 | 1,5-3,5 | 20 - 30 | 850- 875 | 5 - 7 | 1 x BK | 10 - 12 |
| Klasik |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Tabel 2.1. Spesifikasi Beton Polimer

Sumber : Lationo, Budi, 2012

1. **Polimer**

Polimer (*poly* = banyak, *meros* = bagian) adalah molekul raksasa yang biasanya memiliki bobot molekul tinggi dan dibangun dari pengulangan unit-unit. Molekul sederhana yang membentuk unit-unit ulangan ini dinamakan monomer. Sedangkan reaksi pembentukan polimer dikenal dengan istilah polimerisasi.

Polimer digolongkan menjadi dua macam, yaitu polimer alam seperti pati, selulosa, sutra, dan polimer sintetik seperti polimer vinil. Polimer sangat penting karena dapat menunjang tersedianya pangan, sandang, transportasi dan komunikasi *(serat optik).*

1. **Pembagian Polimer**

Pembagian Polimer dapat dibagi berdasarkan kegunaannya dan sumbernya **E.1.** **Pembagian Polimer Berdasarkan Kegunaaannya**

1. Polimer komersial *(commodity polymers)*

Polimer ini dihasilkan di negara berkembang, harganya murah dan banyak dipakai dalam kehidupan sehari hari. Contoh: *polietilen* (PE), *polipropilen* (PP), *polistirena* (PS), *polivinilklorida* (PVC), *melamin formaldehid*

2. Polimer teknik *(engineering polymers)*

Polimer ini sebagian dihasilkan di negara berkembang dan sebagian lagi di negara maju. Polimer ini cukup mahal dan canggih dengan sifat mekanik yang unggul dan daya tahan yang lebih baik. Polimer ini banyak dipakai dalam bidang transportasi seperti mobil, truk, pesawat udara, bahan bangunan pipa ledeng, barang-barang listrik dan elektronik seperti mesin bisnis, komputer, mesin-mesin industri dan barang-barang konsumsi.

Contoh: *nylon, polikarbonat, polisulfon dan polyester*

3. Polimer fungsional *(functional polymers)*

Polimer ini dihasilkan dan dikembangkan di negara maju dan dibuat untuk tujuan khusus dengan produksinya dalam skala kecil.

Contoh : *kevlar*, *nomex, textura*, polimer penghantar arus dan foton, polimer peka cahaya, membran, *biopolymer*

**E.2 Pembagian Polimer Berdasarkan Sumbernya**

Berdasarkan asal atau sumbernya polimer dapat diklasifikasikan atas:

1. Polimer Alam, yaitu:

a. Tumbuhan : karet alam, selulosa

b. Hewan : wool, sutera

c. Mineral

2. Polimer Sintetik

a. Hasil polimerisasi kondensasi

Polimerisasi kondensasi adalah polimerisasi yang disertai dengan pembentukan molekul kecil (H2O, NH3).

b. Hasil polimerisasi adisi

Polimerisasi adisi adalah polimerisasi yang disertai dengan pemutusan ikatan rangkap diikuti oleh adisi monomer.

Contoh : *polivinilklorida* (PVC)*vinilklorida*

**F. Tipe Polimer**

Ada tiga tipe polimer yang ketiganya secara umum disebut sebagai resin diantaranya:

1. Thermoplastik

Thermoplastik adalah polimer yang bisa dipanaskan secara reversibel artinya polimer jenis ini bisa diolah kembali dengan kata lain bahan akan meleleh jika dipanaskan dan dapat ditekan atau ditransfer dari tempat pemanasan ke cetakan, jika didinginkan bahan akan mengeras kembali hingga mempunyai bentuk sesuai dengan cetakan. Bahan ini dapat dipanaskan lagi dan dapat didaur ulang.

Bahan thermoplastik diperoleh dengan polimerisasi adisi. Sifat dari thermoplastik adalah dapat berbentuk semikristalin dengan ikatan atomnya terjadi secara Van der Wals. Dibandingkan dengan bahan thermoseting, thermoplastik lebih tangguh, umur pemakaian lebih panjang, proses pembentukan atau fabrikasi yang pendek, dapat dipanaskan dan dibentuk. Jenis-jenis bahan thermoplastik yang populer digunakan dalam pembuatan benda-benda teknik dipasaran, yaitu: *polypropylene* (PP), *polyethyelene* (PE), *polyvinyl chlorida* (PVC), *polyvinyl acetate* (PVAC).

2. Thermoset

Thermoset adalah polimer yang dibentuk melalui proses polimerisasi kondensasi, bahan plastik yang tidak dapat dilunakan kembali atau dibentuk kembali ke keadaan sebelum mengalami pengeringan, bahan ini mempunyai sifat-sifat: mempunyai struktur amorf, tidak bisa meleleh, tidak bisa didaur ulang, atom-atomnya berikatan kuat sekali, tidak bisa mengalami pergeseran rantai, dapat dibentuk dengan proses injeksi pada cetakan panas.

Jenis-jenis thermoset: *phenol-formaldehyde* (PF), *aminoplasts*, epoxy resin (ER), *usaturated polyester*, *polyurethane* (PU).

3. Elastomer

Elastomer adalah jenis polimer yang tidak dimasukan dalam kelompok thermoplastik atau thermoset. Elastomer biasa juga dikenal sebagai karet yang merupakan bahan polimer yang mempunyai sifat khusus, yaitu memiliki rantai linier tidak mengkristal dan mempunyai sifat deformasi yang sangat besar (sampai 1000 %). Bahan ini dapat kembali dengan cepat kebentuk dan ukuran yang hampir sama dengan kondisi semula, setelah mengalami deformasi. Bahan ini dibuat secara sintetik, sedangkan elastomer sendiri sebenarnya adalah karet sintetik. Elastomer banyak digunakan sebagai bahan pembuatan komponen-komponen kendaraan bermotor dan alat industri, sebagai contoh ban, *packing,* *bateray boxes*, seal kaca, juga untuk isolasi listrik.

1. **Resin Epoksi untuk *Polymer Concrete***

Resin epoksi atau secara umum dipasaran dikenal dengan bahan epoksi adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok thermoset. Resin termoset adalah polimer cair yang diubah menjadi bahan padat secara polimerisasi jaringan silang dan juga secara kimia, membentuk formasi rantai polimer tiga dimensi. Sifat mekanisnya tergantung pada unit molekuler yang membentuk jaringan rapat dan panjang jaringan silang. Proses pembuatannya dapat dilakukan pada suhu kamar dengan memperhatikan zat-zat kimia yang digunakan sebagai pengontrol polimerisasi jaringan silang agar didapatkan sifat optimum bahan.

Thermoset memiliki sifat isotropis dan peka terhadap suhu, mempunyai sifat tidak bisa meleleh, tidak bisa diolah kembali, atomnya berikatan dengan kuat sekali, tidak bisa mengalami pergeseran rantai. Bentuk resin epoksi sebelum pengerasan berupa cairan seperti madu dan setelah pengerasan akan berbentuk padatan yang sangat getas.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Jenis | Berat | Kuat | Kuat | Modulus | Kuat |  | Koef.Eksp. |
| Bahan | isi, | Tekan, | Tarik, | Elastisitas, | Lentur | Serapan | Thermal |
| Pengikat | kg/dm³ | MPa | MPa | Gpa | Mpa | Air, % | 106C-1 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Epoxy | 2 -2,4 | 50-150 | 8-25 | 20-40 | 15-50 | 0,02-1 | 10 - 35 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Beton |  |  |  |  |  |  |  |
| Semen | 1,9-2,5 | 13- 35 | 1,5-3,5 | 20 - 30 | 2-8 | 5 - 8 | 10 - 12 |
| Porland |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

Tabel 2.2. Rentang Khas Sifat Produk PC umum dan Portland Semen Beton

Sumber: JJ Beaudoin, 1985

Epoksi secara umum mempunyai karakteristik yang baik, yaitu:

1. Kemampuan mengikat paduan metalik yang baik

Kemampuan ini disebabkan oleh adanya gugus hidrolik yang memiliki kemampuan membentuk ikatan via ikatan hidrogen. Gugus hidrosil ini juga dimiliki oleh oksida metal, dimana pada kondisi normal menyebar pada permukaan metal. Keadaan ini menunjang terjadinya ikatan antara atom pada epoksi dengan atom yang berada pada material metal.

2. Ketangguhan

Kegunaan epoksi sebagai bahan matrik dibatasi oleh ketangguhan yang rendah dan cenderung rapuh. Oleh sebab itu saat ini terus dilakukan penelitian untuk meningkatkan ketangguhan bahan matrik atau epoksi.

Resin epoksi banyak digunakan untuk bahan komposit di beberapa bagian struktural, resin ini juga dipakai sebagai bahan campuran pembuatan kemasan, bahan cetakan *(moulding compound)* dan perekat. Resin epoksi sangat baik digunakan sebagai matriks pada komposit dengan penguat serat gelas. Pada beton penggunaan resin epoksi dapat mempercepat proses pengerasan, karena resin epoksi menimbulkan panas sehingga membantu percepatan pengerasan.

1. **Pasir**

Pasir yang digunakan diambil di sekitar Danau Ranau kecamatan Lumbok seminung Lampung Barat. Setelah dilakukan penelitian di Laboratorium Biomasa Terpadu Universitas Lampung didapatkan hasil kandungan sebagai berikut:

Tabel 2.3. Hasil Pengujian Kandungan Pasir Danau Ranau

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No. | Parameter | Kadar (%) |
|  |  | dalam 100 mg sampel |
| 1 | CaO | 2,02 |
| 2 | MgO | 0,80 |
| 3 | Fe2O3 | 10,92 |
| 4 | Al2O3 | 4,04 |
| 5 | SiO2 | 0,253 |

Sumber: Aryandi, 2012

1. **Agregat dan *Filler***

Agregat adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton atau mortar. Dalam Penelitian ini agregat mengacu pada kurva gradasi ASTM C33. Agregat yang digunakan untuk *Polymer Concrete* berada pada standard range dan ukuran partikel kurang dari 4,75 mm (Gelestaneh,dkk, 2010).

Tabel 2.4 Gradasi Agregat Halus menurut ASTM C33-93

|  |  |
| --- | --- |
| Diameter Saringan | Persentase Lolos |
| 9,5 mm | 100 |
| 4,75 mm | 95 – 100 |
| 2,36 mm | 80 – 100 |
| 1,18 mm | 50 – 85 |
| 600 μm | 25 – 60 |
| 300 μm | 10 – 30 |
| 150 μm | 2 - 10 |

Sumber : *Annual Book of ASTM Standards Volume 04.02 “Concrete and Aggregates”.* 1994*.*

Agregat maksimum yang digunakan pada struktur beton tergantung pada ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

1. Tidak lebih 1/5 dari dimensi terkecil struktur
2. Tidak lebih 1/3 dari tebal pelat lantai
3. Tidak lebih dari ¾ dari jarak bersih tulangan, berkas tulangan atau berkas kabel prategang

Agregat maksimum untuk keperluan pembuatan benda uji di laboratorium tidak boleh lebih dari ¼ dimensi terkecil cetakan (Sebayang, 2000).

Untuk *filler* menggunakan abu batu dari industri *stone crusher* di Kecamatan Margatiga Kabupaten Lampung Timur. Untuk persyaratan dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Persyaratan Bahan Pengisi (*Filler*)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Pengujian** | **Standar** | **Nilai** |
| Lolos saringan N0.200 | SNI 03 M-02-1994-03 | Min 75% |
| Bebas dari bahan organik | Maks 4% |

Sumber : Bina Marga, 2002

1. **Kuat Tekan**

Kuat tekan diperoleh dari pengujian benda uji silinder dengan diameter 50 mm dan tinggi 100 mm. Kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 1 sebagai berikut:

fc’ = ..........................................(2.1)

Keterangan:

fc’=Kuat tekan (MPa)

P= Beban maksimum yang dipikul saat runtuh (N)

A= Luas penampang (mm2)

1. **Densitas**

Untuk pengukuran densitas dan penyerapan air digunakan metoda *Archimedes* dan dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Siregar, 2009):

Densitas = x ρ air ……..………………… (2.2)

Keterangan :

ρ air = Densitas air = 1 gr/cm3

ms = Massa sampel kering (gr)

mb = Massa sampel setelah direndam air (gr)

mg = Massa sampel dan kawat penggantung di dalam air (gr)

mk = Massa kawat penggantung (gr)

1. **Penyerapan Air**

Untuk mengetahui besarnya penyerapan air diukur dan dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Siregar, 2009).

Penyerapan air = x 100 % …...........................(2.3)

Keterangan :

mk = Massa sampel kering (gr)

mj = Massa sampel setelah direndam di dalam air (gr)

1. **Kuat Tarik Belah**

Kuat tarik belah beton diperoleh dari pengujian tarik belah menggunakan benda uji diameter 50 mm dan tinggi 100 mm. Kuat tarik belah dihitung dengan menggunakan rumus:

σt = ……………………….(2.4)

Keterangan :

σt = kuat tarik belah beton (N/mm2)

P = beban tekan maksimum saat silinder beton terbelah/runtuh (N)

π = konstanta = 3,14

L = tinggi/panjang silinder beton (mm)

D = diameter silinder beton (mm)

**N. Kuat Tarik Lentur**

Pengukuran kuat tarik lentur (*flexural strength*), jika batang uji ditumpu pada R1 dan R2 dan beban tekuk P diberikan di tengah, maka tegangan maksimum pada titik nol ditengah atau kuat tarik lentur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Siregar, 2009).

Kuat Tarik Lentur = .…………………….............. (2.5)

Keterangan :

P = Gaya penekan (N)

l = Panjang span (cm)

b = Lebar penampang (cm)

h = Tinggi penampang (cm)

**O*. Scanning Electron Microscope* (SEM)**

Pengujian SEM dilakukan di Laboratoriun Terpadu Universitas Lampung. Pengujian mikrostruktur dari beton berbasis Abu batu dan resin epoksi dilakukan dengan teknik *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk melihat bentuk dan ukuran partikel penyusunnya. *Scanning Electron Microscope* (SEM) merupakan mikroskop elekteron yang banyak digunakan untuk analisa permukaan dari suatu material. SEM juga dapat digunakan untuk menganalisis data kristalografi, sehingga dapat dikembangkan untuk menentukan elemen atau senyawa.