

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Berdasarkan judul penelitian yang diambil penulis terdapat beberapa penelitian yang berkaitan dan dapat mendukung penelitian yang sekarang serta dapat diajukan bahan acuan, antara lain:

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu

	Peneliti	Judul Peneliti	Hasil Penelitian
1	Sigit Hernowo Putra, 2020	Analisis Penambahan Zat Additive (Polimer) Terhadap Kuat Tekan Beton	Dari penelitian yang dilakukan hasil kuat tekan rata-rata beton yang nilai kuat tekan beton meningkat seiring dengan umur beton. Untuk beton Normal pada umur 7 hari mengalami kuat tekan beton rata-rata mencapai 187,403 kg/cm ² dan umur 28 hari mencapai 298,372 kg/cm ² . Sedangkan beton yang ditambahkan zat Additive 0,4% mengalami peningkatan kuat tekan beton pada 7 hari sebesar 218,543 kg/cm ² dan umur 28 hari sebesar 3144,791 kg/cm ² dan penambahan zat additive 0,6% mengalami penurunan di umur 7 hari sebesar 129,087 kg/cm ² tetapi di umur 28 hari meningkat sebesar 339,703 kg/cm ² dan penambahan zat additive sebesar 0,8% di umur 7

			hari sebesar 201,557 kg/cm ² dan pada umur 28 hari 339,127 kg/cm ² .
2	Hanafi Ashad, 2023	Studi Karakteristik Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash	Hasil kuat tekan pada beton geopolimer dengan perbandingan komposisi alkali aktivator 1/2 dan 2/2 tidak dapat digunakan sebagai beton struktural dikarenakan hasil uji kuat tekan beton relatif rendah yaitu 6,997 MPa dan 15,691 MPa. Sedangkan beton geopolimer dengan perbandingan komposisi alkali aktivator 3/2 hingga 5/2 dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti beton konvensional dengan hasil kuat tekan beton sebesar 30,746 MPa dan 23,537 MPa
3	I Made Jaya, 2017	Perbandingan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Antara Beton Normal dan Beton Integral	Hasil pengujian menunjukkan terjadi penurunan kuat tekan karakteristik sebesar 7,62% pada beton integral terhadap beton normal. Hal ini disebabkan oleh adanya penambahan air untuk pencampuran waterproofing integral. Sedangkan dari uji kuat tarik belah (fct) rata-rata beton, terjadi peningkatan sebesar 3,52% pada beton integral, yaitu dari fct = 10.22 MPa pada beton normal sedangkan pada beton integral nilai

			fct = 10.58 MPa.
4	Muhamad Ryanto, 2020	Kajian Kuat Tekan Beton Polimer Dengan Menggunakan Pasir Pantai Sebagai Pengganti Agregat Halus dan Genteng Jatiwangi Sebagai Agregat Kasar	Dari percobaan didapati kuat tekan beton polimer PG50 memiliki nilai kuat tekan dengan urutan sebagai berikut PG501 (27.5 MPa), PG502 (34.6 MPa) dan PG503 (38.0 MPa). Persentase besaran kenaikan nilai kuat tekan benda uji yaitu PG501 ke PG502 sebesar 20.5% sedangkan benda uji PG502 ke PG503 sebesar 8.9%. Untuk Specimen PG60 memiliki nilai kuat tekan dengan urutan sebagai berikut PG601 (36.9 MPa), PG602 (38.7 MPa) dan PG603 (57.2 MPa). Persentase besaran kenaikan nilai kuat tekan benda uji yaitu PG601 ke PG602 sebesar 11.4% sedangkan benda uji PG602 ke PG603 sebesar 32.3%. Dan yang terakhir Specimen PG70 memiliki nilai kuat tekan dengan urutan sebagai berikut PG701 (23.3 MPa), PG702 (26.3 MPa) dan PG703 (52.7 MPa). Persentase besaran kenaikan nilai kuat tekan benda uji yaitu PG701 ke PG702 sebesar 4.7% sedangkan benda uji PG702 ke PG703 sebesar 50.0%.

5	Zaid Zabbar, 2019	Kajian Beton Polimer Menggunakan Bahan Campuran Perekat Resin Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Pengujian Kuat Tekan Beton	Dari hasil uji kuat tekan beton umur 2 hari tanpa perawatan menunjukkan bahwa beton dengan campuran epoxy dan Polymer Polygrout memiliki nilai kuat tekan yang tinggi dengan nilai paling rendah 45,7 Mpa dari campuran epoxy + 75% agregat kasar + 25% agregat halus, dan 36,6 Mpa dari campuran Polymer Polygrout + 75% agregat kasar + 25% agregat halus.
---	----------------------	---	--

2.2 Beton

Beton merupakan suatu material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat kasar, agregat halus, dengan atau tanpa bahan tambahan. Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang sering digunakan di bidang Teknik Sipil seperti pada bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain. Secara umum, pertumbuhan atau perkembangan industri konstruksi di Indonesia cukup pesat. Hampir 60% material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton (concrete), yang pada umumnya dipadukan dengan baja (composite) atau jenis seperti ditambahkan juga dengan zat aditif yang bersifat kimiawi pada perbandingan tertentu sampai menjadi kesatuan yang homogen. Campuran tersebut akan mengeras karena terjadi peristiwa reaksi kimia antara semen dan air. Beton memiliki bermacam-macam jenis beton seperti beton siklop, beton ringan, beton non pasir, beton hampa, beton bertulang, beton prategang, beton pracetak, beton massa, fero semen, beton serat, beton polimer dan lain-lain. Masing-masing dari jenis beton di atas mempunyai fungsi dan kegunaan yang berbeda-beda.

Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Beton adalah

campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat- agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air yang membentuk suatu massa mirip batuan. Sering kali ditambahkan bahan *additive* untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan (*workability*), *durability* dan waktu pengerasan (**McCormack, 2003**).

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. (**Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007**).

Beton juga dapat didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih (**Dr. Wuryati Samekto, M.Pd dan Candra Rahmadiyanto, S.T., 2001**).

Menurut SNI-03-2847-2002, pengertian beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat.

2.2.1 Kelebihan Penggunaan Beton

Adapun kelebihan dari penggunaan beton yaitu :

- a) Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
- b) Mampu memikul beban yang berat
- c) Tahan terhadap temperatur yang tinggi⁴. Biaya pemeliharaan yang kecil

2.2.2 Kekurangan Penggunaan Beton

Adapun kekurangan dari penggunaan beton yaitu :

1. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
2. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
3. Beban yang berat.
4. Daya pantul suara yang besar.
5. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh

karena itu, perlu diberi baja tulangan atau tulangan kasar

2.3 Sifat – Sifat Beton

Sifat dan karakteristik beton :

1. Karakteristik beton adalah mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah.
2. Beton tidak dapat dipergunakan pada elemen konstruksi yang memikul momen lengkung atau tarikan.
3. Beton sangat lemah dalam menerima gaya tarik, sehingga akan terjadi retak yang makin lama makin besar.
4. Proses kimia pengikatan semen dengan air menghasilkan panas dan dikenal dengan proses hidrasi.
5. Air berfungsi juga sebagai pelumas untuk mengurangi gesekan antar butiran sehingga beton dapat dipadatkan dengan mudah.
6. Kelebihan air dari jumlah yang dibutuhkan akan menyebabkan butiran semen berjarak semakin jauh sehingga kekuatan beton akan berkurang.
7. Dengan perkiraan komposisi (mix desain) dibuat rekayasa untuk memeriksa dan mengetahui perbandingan campuran agar dihasilkan kekuatan beton yang tinggi.
8. Selama proses pengerasan campuran beton, kelembaban beton harus dipertahankan untuk mendapatkan hasil yang direncanakan.
9. Setelah 28 hari, beton akan mencapai kekuatan penuh dan elemen konstruksi akan mampu memikul beban luar yang bekerja padanya.
10. Untuk menjaga keretakan yang lebih lanjut pada suatu penampang balok, maka dipasang tulangan baja pada daerah yang tertarik.
11. Pada beton bertulang memanfaatkan sifat beton yang kuat dalam menerima gaya tekan serta tulangan baja yang kuat menerima gaya tarik.
12. Dari segi biaya, beton menawarkan kemampuan tinggi dan harga yang relative rendah.
13. Beton hampir tidak memerlukan perawatan dan masa konstruksinya mencapai 50 tahun serta elemen konstruksinya yang mempunyai

kekakuantinggi serta aman terhadap bahaya kebakaran.

14. Salah satu kekurangan yang besar adalah berat sendiri konstruksi dengan massa jenis γ_c sekitar 2400 kg/m³ bahan ini memiliki berat jenis 23,54 kN/m³ (1000g kg setara dengan 1 kN, di mana gravitasi dalam cm/dt²), mengakibatkan bangunan beton sangat berat.
15. Kelemahan lainnya adalah perubahan volume sebagai fungsi waktu berupususut dan rangkak.

2.4 Jenis – Jenis Beton

Beton dibedakan menjadi 2 kelompok besar yaitu :

2.4.1 Beton Keras

Sifat-sifat beton keras yang penting adalah kekuatan karakteristik, kekuatan tekan, tegangan dan regangan, susut dan rangkak, reaksi terhadap temperatur, keawetan dan kedapapan terhadap air . Dari semua sifat tersebut yang terpenting adalah kekuatan tekan beton karena merupakan gambaran dari mutu beton yang ada kaitannya dengan struktu beton. Berbagai test uji kekuatan dilakukan pada beton keras ini antara lain :

1. Uji kekuatan tekan (compression test)
2. Uji kekuatan tarik belah (spilling tensile test)
3. Uji kekuatan lentur
4. Uji lekatan antara beton dan tulangan
5. Uji Modulus Elastisitas dan lain sebagainya.

2.4.2 Beton Segar

Sifat-sifat beton segar hanya penting sejauh mana mempengaruhi pemilihan peralatan yang dibutuhkan untuk pengerjaan dan pemadatan serta kemungkinan mempengaruhi sifat-sifat beton pada saat mengeras. Ada 2 hal yang harus dipenuhi ketika membuat beton :

1. Sifat-sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu lama oleh beton yang mengeras, seperti kekuatan, keawetan, dan kestabilan volume.
2. Sifat-sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu pendek ketika

beton dalam kondisi plastis (*workability*) atau kemudahan pengerjaan tanpa adanya bleeding dan segregation.

Sifat workabilitas pada beton segar dapat dilakukan dengan beberapa cara, tetapi kebanyakan dari pengetesan tersebut hanya bersifat empiris. Hanya sedikit yang memenuhi standart, dan semua test tersebut bersifat '*a single point test*' jadi tidak dapat dibandingkan satu samalainnya karena mereka mengukur sifat-sifat beton yang berbeda. Walaupun begitu adalah penting untuk mendapatkan beberapa dari sifat workabilitas karena penting untuk control kualitas. Pengukuran workabilitas yang telah dikembangkan antara lain:

1. *Slump test*
2. *Compaction test*
3. *Flow test*
4. *Remoulding test*
5. *Penetration test*
6. *Mixer test*

Berdasarkan fungsi dan kegunaannya, jenis beton dapat dibedakan menjadi sepuluh macam yaitu :

1. Beton mortar

Bahan baku pembuatan beton mortar terdiri atas mortar, pasir, dan air. Ada tiga ragam mortar yang sering digunakan antara lain semen, kapur, dan lumpur. Beton mortar semen yang dipasangi anyaman tulangan baja di dalamnya dikenal sebagai ferro cement. Beton ini memiliki kekuatan tarik dan daktilitas yang baik.

Seperti kita ketahui, dalam proses penggunaan semen oleh tukang, biasanya kita melihat tukang mencampur semen, pasir ayak, kapur (lime), bata merah halus (opsional), dan air. Pencampuran ini tentunya selalu tidak pernah seragam dan juga hanya berdasarkan "intuisi" si tukang. Adanya mortar tentunya merubah konsep cara pencampuran seperti itu karena mortar adalah Semen Instant siap pakai, hanya tambah air, aduk, kemudian langsung bisa

dipakai.

2. Beton ringan

Sesuai namanya, beton ringan dibuat dengan memakai agregat yang berbobot ringan. Beberapa orang juga kerap menambahkan zat aditif yang bisa membentuk gelembung-gelembung udara di dalam beton. Semakin banyak jumlah gelembung udara yang tersimpan padabeton, maka pori-porinya pun akan semakin bertambah sehingga ukurannya juga bakal kian membesar. Hasilnya, bobot beton tersebut lebih ringan daripada beton lain yang memiliki ukuran sama persis. Beton ringan biasanya diaplikasikan pada dinding non-struktur.

3. Beton non pasir

Proses pembuatan beton non-pasir sama sekali tidak menggunakan pasir, melainkan hanya kerikil, semen, dan air. Hal ini menyebabkan terbentuknya rongga udara di celah-celah kerikil sehingga total berat jenisnya pun lebih rendah. Karena tidak memakai pasir, kebutuhan semen pada beton ini juga lebih sedikit. Penggunaan beton non-pasir misalnya pada struktur ringan, kolom dan dinding sederhana, bata beton, serta buis beton.

4. Beton hampa

Disebut hampa karena dalam pembuatannya dilakukan penyedotan air pengencer adukan beton memakai vacuum khusus. Akibatnya beton pun hanya mengandung air yang telah bereaksi dengan semen saja sehingga memiliki kekuatan yang sangat tinggi. Tak heran, beton hampa banyak sekali dimanfaatkan dalam pendirian bangunan-bangunan pencakar langit.

5. Beton bertulang

Beton bertulang tercipta dari perpaduan adukan beton dan tulangan baja. Perlu diketahui, beton mempunyai sifat kuat terhadap gaya tekan, tetapi lemah dengan gaya tarik. Oleh karena itu, tulangan baja sengaja ditanamkan ke dalamnya agar kekuatan beton tersebut terhadap gaya tarik meningkat. Beton bertulang biasanya dipasang pada struktur bentang lebar seperti pelat lantai, kolom bangunan, jalan, jembatan, dan sebagainya.

6. Beton pra tegang

Pada dasarnya, pembuatan beton pra-tegang mirip sekali dengan beton

bertulang. Perbedaan tipis hanyalah terletak pada tulangan baja yang bakal dimasukkan ke beton harus ditegangkan terlebih dahulu. Tujuannya supaya beton tidak mengalami keretakan walaupun menahan beban lenturan yang besar. Penerapan beton pra-tegang juga banyak dilakukan untuk menyangga struktur bangunan bentang lebar.

7. Beton pra cetak

Beton yang dicetak di luar area pengerjaan proyek pembangunan disebut beton pra-cetak. Beton ini memang sengaja dibuat di tempat lain agar kualitasnya lebih baik. Selain itu, pemilihan beton tersebut juga kerap didasari pada sempitnya lokasi proyek dan tidak adanya tenaga yang tersedia. Beton pra-cetak biasanya diproduksi oleh perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang pembangunan dan pengadaan material.

8. Beton massa

Beton massa yaitu beton yang dibuat dalam jumlah yang cukup banyak. Penuangan beton ini juga sangat besar di atas kebutuhan rata-rata. Begitu pula dengan perbandingan antara volume dan luas permukaannya pun sangat tinggi. Pada umumnya, beton massa memiliki dimensi yang berukuran lebih dari 60 cm. Beton ini banyak diaplikasikan pada pembuatan pondasi besar, pilar bangunan, dan bendungan.

9. Beton siklop

Beton siklop merupakan beton yang menggunakan agregat cukup besar sebagai bahan pengisi tambahannya. Ukuran penampang agregat tersebut berkisar antara 15-20 cm. Bahan ini lantas ditambahkan ke adukan beton normal sehingga dapat meningkatkan kekuatannya. Beton siklop seringkali dibangun pada bendungan, jembatan, dan bangunan air lainnya.

10. Beton serat

Secara prinsip, beton serat dibuat dengan menambahkan serat-serat tertentu ke dalam adukan beton. Contoh-contoh serat yang lumrah dipakai di antaranya asbestos, plastik, kawat baja, hingga tumbuh-tumbuhan. Penambahan serat dimaksudkan untuk menaikkan daktilitas pada beton tersebut sehingga tidak mudah mengalami keretakan.

2.5. Bahan Penyusun Beton

Beton merupakan hasil dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan semacamnya lainnya, dengan menambahkan semen secukupnya yang berfungsi sebagai perekat bahan susun beton, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susunan kasar pencampuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran dan kondisi perawatannya. Jika diperlukan, bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan.

Kekakuan, keawetan dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat bahan-bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan. Luasnya pemakaian beton disebabkan karena terbuat dari bahan-bahan yang umumnya mudah diperoleh, serta mudah diolah sehingga menjadikan beton mempunyai sifat yang dituntut sesuai dengan keadaan situasi pemakaian tertentu.

Jika ingin membuat beton yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton (*beton segar / fresh concrete*) yang baik dan beton (*beton keras / hardened concrete*) yang dihasilkan juga baik. Beton yang baik ialah beton yang kuat, tahan lama/awet, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume (kembang susutnya kecil).

Faktor – faktor yang membuat beton banyak digunakan karena memiliki keunggulan- keunggulannya antara lain :

1. Kemudahan pengolahannya : yaitu dalam keadaan plastis, beton dapat diendapkan dan diisi dalam cetakan.
2. Material yang mudah didapat : Sebagian besar dari material- material

pembentuknya, biasanya tersedia dilokasi dengan harga murah atau pada tempat yang tidak terlalu jauh dari lokasi konstruksi.

3. Kekuatan tekan tinggi : Seperti juga kekuatan tekan pada batu alam, yang membuat beton cocok untuk dipakai sebagai elemen yang terutama memikul gaya tekan, seperti kolom dan konstruksi busur.
4. Daya tahan yang tinggi terhadap api dan cuaca merupakan bukti dari kelebihan.
5. Harganya relatif murah.
6. Mampu memikul beban yang berat.
7. Mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
8. Biaya pemeliharaan/perawatannya kecil Kekurangan beton antara lain :
 - a) Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan, atau tulangan kasa (*meshes*).
 - b) Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.
 - c) Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
 - d) Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.

2.5.1 Semen

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar, sedangkan jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*hardened concrete*).

Fungsi semen ialah untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butiran agregat. Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu :

1. Semen non hidrolik

Semen non-hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur.

1 Semen hidrolik

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Contoh semen hidrolik antara lain : kapur hidrolik, semen pozollan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland pozollan dan semen alumina.

2 Semen portland

Semen Portland adalah suatu bahan pengikat hidrolis (*hydraulic binder*) yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Komposisi yang sebenarnya dari berbagai senyawa yang ada berbeda-beda dari jenis semen yang satu dengan yang lain, untuk berbagai jenis semen ditambahkan berbagai jenis material mentah lainnya.

2.5.1.1 Jenis – jenis semen portland

Sesuai dengan kebutuhan pemakaian semen yang disebabkan oleh kondisi lokasi maupun kondisi tertentu yang dibutuhkan pada pelaksanaan konstruksi. Berdasarkan Peraturan Beton 1989 (SKBI.4.53.1989) membagi semen portland menjadi 5 jenis (SK.SNIT-15-1990-03:2) yaitu :

1. Tipe I (*Normal portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Digunakan untuk bangunan- bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Tipe II (*high – early – strength portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus-menerus berhubungan dengan air kotor atau air tanah atau untuk pondasi yang tertahan di dalam tanah yang mengandung air agresif (garam-garam sulfat) dan saluran air buangan atau bangunan yang berhubungan langsung dengan rawa.

3. Tipe III (*modified portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen jenis ini digunakan pada daerah yang bertemperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin (*winter season*).
4. Tipe IV (*low heat portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar dan masif, umpamanya untuk pekerjaan bendung, pondasi berukuran besar atau pekerjaan besar lainnya.
5. Tipe V (*Sulfate resisting portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industri, bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam persentase yang tinggi.
6. *Portland Pozzolan Cement* (PPC), Semen portland pozzolan adalah campuran dari semen tipe I biasa dengan pozzolan.

2.5.1.2 Senyawa kimia

Material semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat *adhesif* dan *kohesif* yang diperlukan untuk mengikat agregat-agregat menjadi suatu massa yang padat yang mempunyai kekuatan yang cukup. Semen merupakan hasil industri dari paduan bahan baku : batu gamping/kapur sebagai bahan utama, yaitu bahan alam yang mengandung senyawa *Calcium Oksida* (CaO), dan lempung/tanah liat yaitu bahan alam yang mengandung senyawa: *Silika Oksida* (SiO₂), *Aluminium Oksida* (Al₂O₃), *Besi Oksida* (Fe₂O₃) dan *Magnesium Oksida* (MgO) atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk (*bulk*), tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membatu pada pencampuran dengan air.

Fungsi utama dari semen adalah untuk mengikat partikel agregat yang terpisah sehingga menjadi satu kesatuan. Bahan dasar pembentuk semen adalah :

1. $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (*tricalcium silikat*) disingkat C3S (58% - 69%)
2. $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (*dicalcium silikat*) disingkat C2S (8% - 15%)
3. $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ (*tricalcium aluminate*) disingkat C3A (2% - 15%)
4. $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ (*tetracalcium alummoferrit*) disingkat C4AF(6-14%)

Senyawa tersebut menjadi kristal-kristal yang paling mengikat/mengunci ketika menjadi klinker. Komposisi C3S dan C2S adalah 70% - 80% dari berat semen dan merupakan bagian yang paling dominan memberikan sifat semen (Cokrodimuljo, 1992). Semen dan air saling bereaksi, persenyawaan ini dinamakan proses hidrasi, dan hasilnya dinamakan hidrasi semen.

2.5.2 Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi, yaitu berkisar 60%-70% dari volume beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar sehingga karakteristik dan sifat agregat memiliki pengaruh langsung terhadap sifat-sifat beton.

Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir, dan lain sebagainya) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.

Jenis agregat

Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat alam dan agregat buatan (pecahan). Agregat alam dan pecahan inipun dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (gradasi), dan tekstur permukaannya.

Dari ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agregat kasar dan agregat halus.

a. Agregat halus



Gambar 2. 1 Agregat Halus Pasir

Agregat halus (pasir) adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran kurang dari 5 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200. Agregat halus (pasir) berasal dari hasil disintegrasi alami dari batuan alam atau pasir buatan yang dihasilkan dari alat pemecah batu (*stone crusher*).

Pasir umumnya terdapat disungai-sungai yang besar. Akan tetapi sebaiknya pasir yang digunakan untuk bahan-bahan bangunan dipilih yang memenuhi syarat. Syarat-syarat untuk pasir adalah sebagai berikut:

- a) Butir-butir pasir harus berukuran antara (0,15 mm dan 5 mm).
- b) Harus keras, berbentuk tajam, dan tidak mudah hancur dengan pengaruh perubahan cuaca atau iklim.
- c) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (persentase berat dalam keadaan kering).
- d) Bila mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasirnya harus dicuci.
- e) Tidak boleh mengandung bahan organik, garam, minyak, dan sebagainya.

Pasir untuk pembuatan adukan harus memenuhi persyaratan di atas, selain pasir alam (dari sungai atau galian dalam tanah) terdapat pula pasir buatan yang

dihasilkan dari batu yang dihaluskan dengan mesin pemecah batu, dari terak dapur tinggi yang dipecah-pecah dengan suatu proses. (Daryanto, 1994)

b. Pasir galian

Pasir golongan ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Pada kasus tertentu, agregat yang terletak pada lapisan paling atas harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

c. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dalam sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butir-butirnya agak kurang karena butir yang bulat. Karena ukuran butirannya kecil, maka baik dipakai untuk memplester tembok juga untuk keperluan yang lain.

d. Pasir laut

Pasir laut ialah pasir yang diambil dari pantai. Butirannya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan ini mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan. Karena itu, sebaiknya pasir pantai (laut) tidak dipakai dalam campuran beton.

Spesifikasi Agregat Halus

Agregat halus yang akan digunakan harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ASTM. Jika seluruh spesifikasi yang ada telah terpenuhi maka barulah dapat dikatakan agregat tersebut bermutu baik.

Adapun spesifikasi tersebut adalah :

1. Susunan butiran (gradasi)

Analisa saringan akan memperlihatkan jenis dari agregat halus tersebut. Melalui analisa saringan maka akan diperoleh angka Fine Modulus. Melalui Fine Modulus ini dapat digolongkan 3 jenis pasir yaitu :

- a) Pasir Kasar : $2.9 < FM < 3.2$
 b) Pasir Sedang : $2.6 < FM < 2.9$
 c) Pasir Halus : $2.2 < FM < 2.6$

Selain itu ada juga batasan gradasi untuk agregat halus, sesuai dengan ASTM C 33 – 74a. Batasan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.2. Batasan gradasi untuk agregat halus

Ukuran Saringan ASTM	Persentase berat yang lolos pada tiap saringan
9.5 mm (3/8 in)	100
4.76 mm (No. 4)	95 – 100
2.36 mm (No.8)	80 – 100
1.19 mm (No.16)	50 – 85
0.595 mm (No.30)	25 – 60
0.300 mm (No.50)	10 – 30
0.150 mm (No.100)	2 - 10

(Sumber : ASTM C 33 – 74 a)

- Kadar Lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 5 % (terhadap berat kering). Apabila kadar Lumpur melampaui 5 % maka agregat harus dicuci.
- Kadar Liat tidak boleh melebihi 1 % (terhadap berat kering)
- Agregat halus harus bebas dari pengotoran zat organik yang akan merugikan beton, atau kadar organik jika diuji di laboratorium tidak menghasilkan warna yang lebih tua dari standart percobaan Abrams – Harder.
- Agregat halus yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami

basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaian yang berlebihan di dalam mortar atau beton dengan semen kadar alkalinnya tidak lebih dari 0,60% atau dengan penambahan yang bahannya dapat mencegah pemuaian.

6. Sifat kekal (keawetan) diuji dengan larutan garam sulfat :
 - a) Jika dipakai Natrium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
 - b) Jika dipakai Magnesium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 15%.

3 Agregat kasar



Gambar 2. 2 Agregat Kasar

Yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat yang berukuran lebih besar dari 5 mm, sifat yang paling penting dari suatu agregat kasar adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia. Serta ketahanan terhadap penyusutan. Jenis agregat kasar antara lain :

- a) Batu pecah alami : Bahan ini diperoleh dari cadas atau batu pecah alami yang digali, yang berasal dari gunung merapi.
- b) Kerikil alami : kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
- c) Agregat kasar buatan : terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya hasil dari proses lain seperti dari blast -furnace dan lain-lain.
- d) Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat : dengan adanya tuntutan yang spesifik pada zaman atom yang sekarang ini, juga untuk pelindung dari radasi nuklir sebagai akibat banyaknya pembangkit atom an stasiun tenga nuklir, maka perlu ada beton yang melindungi dari sinar X, sinar gamma, dan neutron. Pada beton demikian syarat ekonomis maupun syarat kemudahan pengerjaan tidak begitu menentukan. Agregat yang diklasifikasikan disini misalnya baja pecah, barit, magnetit, dan limonit.

Spesifikasi Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

- a) Susunan butiran (gradasi)

Agregat harus mempunyai gradasi yang baik, artinya harus terdiri dari butiran yang beragam besarnya, sehingga dapat mengisi rongga-rongga akibat ukuran yang besar, sehingga akan mengurangi penggunaan semen atau penggunaan semen yang minimal. Agregat kasar harus mempunyai susunan butiran dalam batas-batas seperti yang terlihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.3. Susunan besar butiran agregat kasar

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
38,10	95 - 100
19,10	35 - 70
9,52	10 - 30
4,75	0 - 5

(Sumber : ASTM 1991)

- b) Agregat kasar yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuai yang berlebihan di dalam mortar atau beton.
- c) Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras dan tidak berpori atau tidak akan pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan.
- d) Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 1% (terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat harus dicuci.
- e) Kekerasan butiran agregat diperiksa dengan bejana Rudeloff dengan beban penguji 20 ton dimana harus dipenuhi syarat berikut:
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 - 19,1 mm lebih dari 24% berat.
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19,1 - 30 mm lebih dari 22% berat.
- f) Kekerasan butiran agregat kasar jika diperiksa dengan mesin Los Angeles Dimana tingkat kehilangan berat lebih kecil dari 50%.

4 Air

Air di dalam campuran beton berfungsi untuk menghidrasi semen dan sangat menentukan *workability* dari pekerjaan semen. Kental atau encer nya campuran ditentukan oleh banyaknya air yang terdapat dalam beton yang baru diaduk. Kandungan air dalam beton segar harus sesuai dengan yang ditetapkan dalam mix design dan kondisi lapangan sewaktu pembuatan beton. Kadar air yang tinggi akan menyebabkan beton menjadi encer sedangkan kadar air yang rendah akan menyebabkan daya rekat campuran beton berkurang.

Nilai banding berat air dan semen untuk suatu adukan beton dinamakan *water*

cement ratio (*w.c.r*), agar terjadi proses hidraasi yang sempurna dalam adukan beton, pada umumnya dipakai *w.c.r* 0,40-0,65 tergantung mutu beton yang hendak dicapai, umumnya menggunakan nilai *w.c.r* yang rendah, sedangkan dalam kemudahan pengerjaan (*workability*) diperlukan nilai *w.c.r* yang lebih tinggi.

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut :

- a) Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b) Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c) Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d) Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Air memiliki beberapa pengaruh terhadap kekuatan beton antara lain :

- a) Air merupakan media pencampuran pada pembuatan pasta
- b) Kekuatan dari pasta pengerasan semen ditentukan oleh perbandingan berat antara air dan faktor semen
- c) Kandungan air yang tinggi menghalangi proses pengikatan, dan kandungan air yang rendah reaksi tidak selesai. Kandungan air yang tinggi dapat mengakibatkan :
 - Mudah mengerjakannya
 - Kekuatan rendah
 - Beton dapat menjadi berporos

Untuk air perawatan, dapat dipakai juga air yang dipakai untuk pengadukan, tetapi harus yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan beton. Besi dan zat organik dalam air umumnya sebagai penyebab utama pengotoran atau perubahan warna, terutama jika perawatan cukup lama.

2.6 Kekuatan Beton

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas (**Tri**

Mulyono, 2004). Nilai kekuatan beton diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder ataupun kubus pada umur 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum. Beban maksimum didapat dari pengujian dengan menggunakan alat *compression testing machine*.

2.7 Polimer

Polimer adalah suatu molekul raksasa (makromolekul) yang terbentuk dari susunan ulang molekul kecil yang terikat melalui ikatan kimia disebut polimer (poly= banyak;mer= bagian). Suatu polimer akan terbentuk bila seratus atau seribu unit molekul yang kecil (monomer), saling berikatan dalam suatu rantai. Jenis-jenis monomer yang saling berikatan membentuk suatu polimer terkadang sama atau berbeda. Sifat-sifat polimer berbeda dari monomer-monomer yang menyusunnya. Polimer merupakan senyawa- senyawa yang tersusun dari molekul sangat besar yang terbentuk oleh penggabungan berulang dari banyak molekul kecil. Molekul yang kecil disebut monomer, dapat terdiri dari satu jenis maupun beberapa jenis. Polimer adalah sebuah molekul panjang yang mengandung rantai-rantai atom yang dipadukan melalui ikatan kovalen yang terbentuk melalui proses polimerisasi dimana molekul monomer bereaksi bersama-sama secara kimiawi untuk membentuk suatu rantai linier atau jaringan tiga dimensi dari rantai polimer. Polimer didefinisikan sebagai makromolekul yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia yang kecil dan sederhana yang setara dengan monomer, yaitu bahan pembuat polimer. Penggolongan polimer berdasarkan asalnya, yaitu yang berasal dari alam (polimer alam) dan polimer yang sengaja dibuat oleh manusia (polimer sintetis).

2.7.1 Polimer Alam

Polimer alam telah dikenal sejak ribuan tahun yang lalu, Polimer alam adalah senyawa yang dihasilkan dari proses metabolisme makhluk hidup. jumlahnya yang terbatas dan sifat polimer alam yang kurang stabil, mudah menyerap air, tidak stabil karena pemanasan dan sukar dibentuk menyebabkan penggunaannya amat terbatas. Contoh sederhana polimer alam seperti ; Amilum

dalam beras, jagung dan kentang , pati , selulosa dalam kayu , protein terdapat dalam daging dan karet alam diperoleh dari getah atau lateks pohon karet, protein, DNA, kitin pada kerangka luar serangga, wool, jaring laba-laba, sutera dan kepompong ngengat, adalah polimer-polimer yang disintesis secara alami. Serat-serat selulosa yang kuat menyebabkan batang pohon menjadi kuat dan tegar untuk tumbuh dengan tinggi seratus kaki dibentuk dari monomer- monomer glukosa, yang berupa padatan kristalin yang berasa manis. Polimer alam dapat dilihat pada tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.4. Contoh jenis – jenis polimer alam

Polimer	Monomer	Polimerisasi	Contoh
Pati/amilum	Glukosa	Kondensasi	Biji-bijian, akar umbi
Selulosa	Glukosa	Kondensasi	Sayur, Kayu, Kapas
Protein	Asam amino	Kondensasi	Susu, daging, telur, wol, sutera
Asam nukleat	Nukleotida	Kondensasi	Molekul DNA dan RNA (sel)
Karet alam	Isoprena	Adisi	Getah pohon karet

(Sumber : *Anggunchemistry.blogspot.com, 2011*)

2.7.2 Polimer Sintetis

Polimer buatan dapat berupa polimer regenerasi dan polimer sintetis. Polimer regenerasi adalah polimer alam yang dimodifikasi. Contohnya rayon, yaitu serat sintetis yang dibuat dari kayu (selulosa). Polimer sintetis adalah polimer yang dibuat dari molekul sederhana (monomer) dalam pabrik atau polimer yang dibuat dari bahan baku kimia disebut polimer sintetis seperti polyetena, polipropilena, poly vinyl chlorida (PVC), dan nylon. Kebanyakan polimer ini sebagai plastik yang digunakan untuk berbagai keperluan baik untuk rumah tangga, industri, atau mainan anak-anak.

Polimer sintetis yang pertama kali yang dikenal adalah *bakelit* yaitu hasil

kondensasi fenol dengan formaldehida, yang ditemukan oleh kimiawan kelahiran **Belgia Leo Baekeland pada tahun 1907**. Bakelit merupakan salah satu jenis dari produk-produk konsumsi yang dipakai secara luas. Beberapa contoh polimer yang dibuat oleh pabrik adalah nylon dan poliester, kantong plastik dan botol, pita karet, dan masih banyak produk lain yang ada pada kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan sifatnya terhadap panas, polimer dapat dibedakan atas polimer termoplastik (tidak tahan panas, seperti plastik) dan polimer termosting (tahan panas, seperti melamin). Klasifikasi polimer ini dibedakan menjadi dua, yaitu polimer termoplastik dan polimer termoseting.

2.7.3 Polimer Termoplastik

Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan didinginkan akan mengeras. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru. Polimer yang termasuk polimer termoplastik adalah jenis polimer plastik. Jenis plastik ini tidak memiliki ikatan silang antar rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang.

Polimer Termoplastik mempunyai sifat – sifat khusus sebagai berikut :

1. Berat molekul kecil
2. Tidak tahan terhadap panas.
3. Jika dipanaskan akan melunak.
4. Jika didinginkan akan mengeras.
5. Mudah untuk diregangkan.
6. Fleksibel.
7. Titik leleh rendah.
8. Dapat dibentuk ulang (daur ulang).
9. Mudah larut dalam pelarut yang sesuai.
10. Memiliki struktur molekul linear/bercabang. Contoh plastik termoplastik sebagai berikut.

- a) Polietilena (PE) = Botol plastik, mainan, bahan cetakan, ember, drum, pipa saluran, isolasi kawat dan kabel, kantong plastik dan jas hujan.
- b) Polivinilklorida (PVC) = pipa air, pipa plastik, pipa kabel listrik, kulit sintetis, ubin plastik, piringan hitam, bungkus makanan, sol sepatu, sarung tangan dan botol detergen.
- c) Polipropena (PP) = karung, tali, botol minuman, serat, bak air, insulator, kursi plastik, alat-alat rumah sakit, komponen mesin cuci, pembungkus tekstil, dan permadani.
- d) Polistirena = Insulator, sol sepatu, penggaris, gantungan baju.

2.7.4 Polimer Termosetting

Polimer termoseting adalah polimer yang mempunyai sifat tahan terhadap panas. Jika polimer ini dipanaskan, maka tidak dapat meleleh. Sehingga tidak dapat dibentuk ulang kembali. Susunan polimer ini bersifat permanen pada bentuk cetak pertama kali (pada saat pembuatan). Bila polimer ini rusak/pecah, maka tidak dapat disambung atau diperbaiki lagi. Polimer termoseting memiliki ikatan – ikatan silang yang mudah dibentuk pada waktu dipanaskan. Hal ini membuat polimer menjadi kaku dan keras. Semakin banyak ikatan silang pada polimer ini, maka semakin kaku dan mudah patah. Bila polimer ini dipanaskan untuk kedua kalinya, maka akan menyebabkan rusak atau lepasnya ikatan silang antar rantai polimer.

Sifat polimer termosetting sebagai berikut :

1. Keras dan kaku (tidak fleksibel)
2. Jika dipanaskan akan mengeras.
3. Tidak dapat dibentuk ulang (sukar didaur ulang).
4. Tidak dapat larut dalam pelarut apapun.
5. Jika dipanaskan akan meleleh.
6. Tahan terhadap asam basa.
7. Mempunyai ikatan silang antarrantai molekul.

Dari klasifikasi polimer yang telah dijabarkan sebelumnya, dapat dilihat beberapa

perbedaan dari polimer termoplastik dan polimer termoseting pada tabel 2.4 di bawah ini :

Tabel 2.5. Perbedaan polimer termo plastik dan termosetting

Polimer Termoplas	Polimer Termoset
Mudah diregangkan	Keras dan Rigid
Fleksibel	Tidak Fleksibel
Tidak leleh rendah	Tidak meleleh jika dipanaskan
Dapat dibentuk ulang	Tidak dapat dibentuk ulang

(Sumber : www.anggunchemistry.blogspot.com)

2.8 Beton Polimer

Beton polimer (*polymer concrete*) adalah material komposit, dimana bindernya terdiri dari polimer sintesis organik atau dikenal sebagai beton resin. Beton resin dengan binder polimer seperti termoplastik atau disebut termosetting polimer dan mineral fillernya dapat berupa *aggregate, gravel dan crushed stone*. Keunggulan beton polimer antara lain. Kekuatan tinggi, tahan terhadap abrasi (pengikisan), penyerapan air rendah dan stabilitas pematangan tinggi dibandingkan 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. Produk beton polimer antara lain dapat digunakan sebagai pondasi galangan kapal, tangga, sanitari, lantai, panel, pemipaan, *skid resistant in highway* dan lain-lain. Beton polimer juga dapat digunakan sebagai bahan untuk memperbaiki bangunan- bangunan di dalam air. Hal tersebut disebabkan karena beton polimer dapat mengeras di dalam air, yang mana beton polimer memiliki sifat kedap air, tidak terpengaruh sinar ultra violet, tahan terhadap larutan agresif seperti bahan kimia serta kelebihan lainnya.

(Prilian, 2009).

Rekayasa beton dengan polimer (*polymer modified concrete*) merupakan suatu rekayasa material beton dengan menggunakan material organik rantai panjang atau polimer. Polymer modified concrete ada dua macam, yaitu *polymer impregnated concrete* (PIC) dan *polymer cement concrete* (PCC). PIC adalah suatu material yang dibuat melalui impregnasi bahan polimer ke dalam beton yang sudah mengeras agar dapat menutupi pori-pori permukaan beton sehingga lebih tahan terhadap kelembaban atau penyerapan air. PCC adalah suatu material beton yang dibuat sebagai pengganti perekat semen dengan bahan polimer.

Pada umumnya beton polimer yang dibuat dengan polimer lateks mempunyai ikatan yang baik untuk memperkuat baja dan beton tahan lama, baik dalam hal elastis, anti karat dan menghentikan adanya kerusakan.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan fiber ke dalam adukan beton akan menurunkan kelecakan adukan secara cepat sejalan dengan penambahan konsentrasi fiber dan aspek ratio fiber. Penurunan kelecakan adukan dapat dikurangi dengan penurunan diameter maksimal agregat, peninggian faktor air semen, penambahan semen ataupun pemakaian bahan tambah. Meskipun demikian jika konsentrasi fiber dan aspek ratio fiber (nilai banding panjang dan diameter fiber) melampaui suatu batas tertentu, tetap akan didapat suatu adukan dengan kelecakan yang sangat rendah yang sulit diaduk dan dicor dengan cara-cara biasa.

Rekayasa beton polimer atau disebut sebagai *polymer modified concrete* merupakan suatu perekayaan material beton dengan menggunakan material organik rantai panjang atau polimer. Polymer modified concrete ada dua macam yaitu *polymer impregnated concrete* (PIC) dan *polymer cement concrete* (PCC). *Polymer impregnated concrete* adalah suatu material yang dibuat melalui impregnasi bahan polimer ke dalam beton jadi yang sudah mengeras agar dapat menutup pori –pori permukaan beton agar lebih tahan terhadap kelembaban atau penyerapan air. Sedangkan *polymer cement concrete* adalah suatu material beton yang dibuat dengan menggantikan sebagian perekat semen dengan bahan polimer.

2.8.1 Penemu Beton Polimer

Beton polimer ditemukan oleh Prof Ir H Djuanda Suraatmadja, beliau adalah Guru Besar Teknik Sipil ITB yang pernah menjabat Ketua Rektorium Institut Teknologi Bandung pada periode 16 Februari 1978 - 30 Mei 1979. Prof. Ir. Djuanda Suraatmadja lahir di Bandung, Jawa barat pada 3 Januari 1936. Beliau adalah anak kedua dari 12 bersaudara yang lahir dari keluarga guru di Bandung. Ayahnya, Otong Suraatmadja, adalah mantan Direktur SMA I Bandung, dan ibunya Ny Kamidah Atmadidjaja, pernah menjadi guru Sekolah Kepandaian Puteri (SKP) di Sumedang.

Beton polimer tidak hanya ditemukan oleh Prof Ir H Djuanda Suraatmadja namun juga dibantu oleh kedua rekannya yang bernama Dicky dan Budi. Dicky dan Budi merupakan partner yang masih berstatus sebagai mahasiswa.

2.8.2 Awal Mula Ditemukan Beton Polimer

Penelitian beton polimer pada awalnya berdasarkan pemikiran ingin mencari beton yang dalam hal-hal tertentu memiliki sifat lebih baik dari beton semen. Ternyata dari literatur diketahui, polimer memiliki sifat seperti semen. Ditambah dengan harga semen pada waktu itu yang sedang melonjak lonjak, maka dibutuhkan suatu bahan yang diharapkan dapat menjadi solusi dalam permasalahan tersebut. Penelitian ini juga didorong oleh keinginan penemu untuk memanfaatkan limbah plastik yang banyak.

2.8.3 Lokasi Ditemukannya Beton Polimer

Dalam meneliti beton polimer ini, Prof Ir H Djuanda Suraatmadja dan kedua rekannya yaitu dicky dan Budi melakukan uji coba sejak tahun 1975 di Laboratorium Struktur dan Bahan serta Laboratorium lainnya di ITB (Institut Teknologi Bandung) yang beralamatkan di jalan Ganesha no. 10- Bandung (40132) dan laboratorium LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia) di Komplek LIPI, Jalan Cisitua No 21 / 154D Bandung (40135). Dan berkat kegigihan dan keseriusan mereka maka berhasillah ditemukan beton polimer yang memiliki keunggulan yang lebih dibandingkan dengan beton semen biasa.

2.8.4 Fungsi Beton Polimer

Beton polimer berfungsi layaknya beton semen biasa pada umumnya. Beton polimer juga dapat digunakan sebagai pilar jembatan, pondasi bangunan, jalan pada jembatan, dinding tahan gempa (modifikasi dari dinding batu bata) dll. Beton polimer juga dapat digunakan sebagai bahan untuk memperbaiki bangunan-bangunan di dalam air.

2.8.5 Keistimewaan Beton Polimer

Seperti telah disinggung di kegunaan dari beton polimer, bahwa beton polimer dapat digunakan sebagai bahan untuk memperbaiki bangunan-bangunan di dalam air. Hal tersebut disebabkan karena beton polimer dapat mengeras di dalam air.

Selain mengeras dalam air, beton polimer juga memiliki sifat sifat lainnya yang tentunya menguntungkan bagi orang yang tau cara mempergunakannya, Seperti : sifat kedap air, tidak terpengaruh sinar ultra violet, tahan terhadap larutan agresif seperti bahan kimia serta kelebihan lainnya.

Menurut kesimpulan percobaan yang dilakukan oleh sanjayaaryandi.blogspot.com. terhadap beton polimer memiliki beberapa keunggulan lainnya yaitu :

1. Densitas terbesar pada beton polimer didapat pada komposisi 80:20 %(antara berat total agregat dan *filler* abu batu) yaitu sebesar 2,1312 gram/cm³. Untuk beton normal densitas > 2,016 g/cm³ sehingga densitas pada beton polimer termasuk katagori beton normal.
2. Penyerapan air minimum pada beton polimer didapat pada komposisi 80:20 % (antara berat total agregat dan *filler* abu batu) yaitu sebesar 0,0790 % masuk standar dimana standar penyerapan air untuk beton polimer dengan penyerapan maksimum 0,2 % (*ASTM C-20*).
3. Kuat tekan terbesar pada beton polimer didapat pada komposisi 80:20 % (antara berat total agregat dan *filler* abu batu) yaitu sebesar 31,71 MPa. Beton polimer yang dibuat adalah termasuk dalam kategori beton yang dapat

digunakan sebagai bahan konstruksi struktural dengan syarat > 17 MPa.

4. Kuat tarik belah terbesar pada beton polimer didapat pada komposisi 80:20 % (antara berat total agregat dan *filler* abu batu) yaitu sebesar 6,38 MPa sehingga termasuk katagori beton normal dikarenakan adanya perpanjangan tinggi sampel akibat pengovenan sehingga berpengaruh terhadap nilai kuat tarik belah.
5. Kuat tarik lentur terbesar pada beton polimer didapat pada komposisi 80:20 % (antara berat total agregat dan *filler* abu batu) yaitu sebesar 25,3794 MPa memenuhi standar *polymer concrete* dengan *binder* resin epoksi yaitu sebesar 15 - 50 Mpa.
6. Kualitas beton optimum diperoleh pada komposisi 80:20 % (antara berat total agregat dan *filler* abu batu) dengan penambahan resin epoksi sebanyak 25% dari berat total agregat.
7. Pemilihan polimer sebagai bahan pengganti semen mempunyai keuntungan dalam proses pengerjaan dimana waktu yang dibutuhkan sedikit dan mempunyai kekuatan yang besar.
8. Analisis struktur mikro dengan (SEM) menunjukkan bahwa rongga- rongga di dalam beton terdistribusi secara merata.

2.9 Karakterisasi Beton Polimer

Pengujian sampel dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik dari keadaan beton polimer yang telah diteliti. Sampel yang diuji akan diketahui kelebihan, kekurangan dan kadar kelayakan pemakaian serta kualitasnya.

2.9.1 Pengujian Sifat Fisis

1. Densitas

Massa jenis (densitas) adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap beton merupakan total massa beton dibagi dengan total volume beton.

Pengukuran densitas menggunakan standart ASTM C 373- 88. Persamaan yang digunakan untuk menentukan densitas adalah:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

P = massa jenis beton (gr/cm³) m = massa beton (gr)

v = volume beton (cm³)

2. Porositas

Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori-pori terhadap volume total beton. Besarnya persentase ruang-ruang kosong atau besarnya kadar pori yang terdapat pada beton dan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekuatan beton. Pori-pori beton biasanya berisi udara atau berisi air yang saling berhubungan dan dinamakan dengan kapiler beton. Kapiler beton akan tetap ada walaupun air yang digunakan telah menguap, sehingga kapiler ini akan mengurangi kepadatan beton yang dihasilkan. Dengan bertambahnya volume pori maka nilai porositas juga akan semakin meningkat dan hal ini memberikan pengaruh buruk terhadap kekuatan beton.

Berdasarkan ASTM C 373-88, porositas sampel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\%P = \frac{M_b - M_k}{\rho_{air} \times V_t} \times 100\%$$

Dengan :

P = Porositas (%)

M_b = Massa basah sampel setelah direndam (gr)

M_k = Massa kering sampel (gr)

V_t = Volume total sampel (cm³)

ρ_{air} = Massa jenis air (gr/cm³)

3. Penyerapan Air

Penyerapan air merupakan salah satu parameter yang sangat penting untuk memprediksi dan mengetahui kekuatan dan kualitas beton polimer yang dihasilkan. Beton polimer yang berkualitas baik memiliki daya serap air yang kecil dimana jumlah pori-pori pada permukaan sedikit dan rapat. Semakin besar

kerapatan daripermukaannya maka semakin kecil daya serapnya terhadap air. Pengujian daya serap air (*water absorbtion*) dilakukan padamasing-masing sampel. Pengujian daya serap air ini mengacu padaASTM C-20-00-2005 tentang prosedur pengujian, dimana bertujuanuntuk menentukan besarnya persentase air yang diserap oleh sampelyang direndam dengan perendaman selama 24 jam pada suhu kamar.

Untuk mengetahui besarnya penyerapan air dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ Penyerapan air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

Dengan:

Mb= Massa sampel setelah direndam (gr)

Mk = Massa kering (gr)

2.10 Pengujian Sifat Mekanis

2.10.1 Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik adalah salah satu sifat dasar dari bahan. Hubungan tegangan regangan pada tarikan memberikan nilai yang cukup berubah tergantung pada laju tegangan, temperatur, kelembaban dan seterusnya. Kekuatan tarik diukur dengan menarik sekeping sampel dengan dimensi yang seragam.

Kemampuan maksimum bahan dalam menahan beban disebut "*Ultimate Tensile Strength*" disingkat dengan UTS. Untuk semua bahan, pada tahap sangat awal uji tarik, hubungan antar beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perabahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau linear zone. Kekuatan tarik dapat dihitung dengan persamaan berikut:

Dengan:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

σ = Tegangan tarik (N/mm²)

F = Gaya (N)

A = Luas penampang (mm²)

2.10.2 Kekuatan Lentur

Pengujian kekuatan lentur dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan polimer terhadap pembebanan pada tiga titik lentur. Pengujian kekuatan lentur ini juga bertujuan untuk mengetahui sifat keelastisan suatu bahan. Pada permukaan bagian atas yang dibebani akan terjadi kompresi, sedangkan pada bagian permukaan bawah akan terjadi tarikan. Pada pengujian ini pembebanan yang diberikan adalah tegak lurus terhadap arah sampel dengan tiga titik lentur. Pada pengujian ini bila diberi beban maka permukaan bawah akan memanjang dan terjadi pelengkungan sampel akibat regangan tarik dan regangan tekan. Besarnya pelengkungan pada titik tengah sampel dinamakan defleksi. Pengukuran kekuatan uji lentur menggunakan standar ASTM C 31-91. Kuat lentur beton dapat diperoleh dengan rumus:

Dengan:

$$F_{lt} = \frac{3PL}{2bd^2}$$

F_{lt} = Kuat lentur (Nm⁻²)

P = Gaya penekan (N)

L = Jarak antar dua penumpu (m)

b = Lebar sampel (m)

d = Tebal sampel (m)

2.10.3 Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan suatu material dapat didefinisikan sebagai kemampuan material dalam menahan beban/gaya mekanis sampai terjadinya kegagalan (failure). Kekuatan tekan pada dasarnya merupakan kekuatan material terhadap beban yang

mengakibatkan hancurnya material tersebut. Hal ini umumnya dilakukan pada beton polimer, karena umumnya kekuatan tekan pada beton polimer lebih tinggi dari kekuatan tarik. Untuk pengukuran kuat tekan beton polimer dihitung dengan persamaan berikut:

Dengan:

$$P = \frac{F_{maks}}{A}$$

P = Kuat tekan (N/m²)

F_{maks} = Gaya maksimum (N)

A = Luas penampang (m²)

2.10.4 Pengujian Sifat Mikrostruktur

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan mikroskop elektron yang banyak digunakan dalam ilmu pengetahuan material. SEM banyak digunakan karena memiliki kombinasi yang unik, mulai dari persiapan spesimen yang sederhana dan mudah, kapabilitas tampilan yang bagus serta fleksibel. SEM digunakan pada sampel yang tebal dan memungkinkan untuk analisis permukaan. Pancaran berkas yang jatuh pada sampel akan dipantulkan dan didifraksikan. Adanya elektron yang terdifraksi dapat diamati dalam bentuk pola-pola difraksi. Pola-pola difraksi yang tampak sangat bergantung pada bentuk dan ukuran sel satuan dari sampel. SEM juga dapat digunakan untuk menyimpulkan data-data kristalografi sehingga hal ini dapat dikembangkan untuk menentukan elemen atau senyawa. *Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 – 3000000x, tebal permukaan 4 – 0,4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm kombinasi dari perbesaran yang tinggi, tebal permukaan yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri. Adapaun fungsi utama dari SEM antara lain dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi mengenai:

1. Topografi, yaitu ciri-ciri permukaan dan teksturnya (kekerasan, sifat memantulkan cahaya dan sebagainya).
2. Morfologi, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek (kekuatan, cacat pada Integrated Circuit, chip dan sebagainya).
3. Komposisi, yaitu data kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung di dalam objek (titik lebur, kereaktifan, kekerasan dan sebagainya).
4. Informasi kristalografi, yaitu informasi mengenai bagaimana susunan dari butir-butir di dalam objek yang diamati yaitu konduktivitas, sifat elektrik, kekuatan dan sebagainya. (Prasetyo, 2011)

2.11 Serat

Serat merupakan material yang umumnya jauh lebih kuat dari matriks dan berfungsi memberikan kekuatan tarik. Secara umum dapat dikatakan bahwa fungsi serat adalah sebagai penguat bahan untuk memperkuat komposit sehingga sifat-sifat mekaniknya lebih kuat, kaku, tangguh, dan lebih kokoh bila dibandingkan dengan tanpa serat penguat. (Hesti, 2009)

Pada dewasa ini teknologi komposit serat mengalami kemajuan yang sangat pesat. Pada dasarnya serat dibagi menjadi dua yaitu serat alami (*natural fibers*) dan serat buatan (*synthetic fibers*). Serat banyak dimanfaatkan di dunia perindustrian, seperti pabrik pembuat tali, industri tekstil, industri kertas, karena mempunyai kekuatan yang tinggi, serat sangat baik untuk material komposit. Perkembangan komposit tidak hanya komposit sintesis saja tetapi juga mengarah ke komposit natural dikarenakan keistimewaan sifatnya yang dapat didaur ulang atau terbarukan, sehingga mengurangi konsumsi petrokimia maupun gangguan lingkungan hidup. (Evi, 2008)

2.11.1 Beton Serat

1. Deskripsi Beton Serat

Beton serat merupakan beton yang terdiri dari semen hidrolis, air, agregat halus, agregat kasar dan serat (serat baja, plastik, glass maupun serat alami) yang tersebar secara diskontinu. Tjokrodinuljo (1996) mendefinisikan beton serat

(*fiber concrete*) sebagai bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat (batang-batang dengan diameter antara 5 dan 500 μm dengan panjang sekitar 2,5 mm sampai 10 mm). Penambahan serat pada beton dimaksudkan untuk memperbaiki kelemahan sifat yang dimiliki oleh beton yaitu memiliki kuat tarik yang rendah.

2. Sifat - sifat Beton Serat

Salah satu sifat penting dari beton adalah daktilitas. Daktilitas yaitu kemampuan struktur atau komponennya untuk melakukan deformasi inelastik bolak-balik berulang di luar batas titik leleh pertama, sambil mempertahankan sejumlah besar kemampuan daya dukung bebannya (SNI 03-1729-2002). Salah satu alasan penambahan serat pada beton adalah untuk menaikkan kapasitas penyerapan energi dari matrik campuran, yang berarti meningkatkan daktilitas beton. Penambahan daktilitas juga berarti penambahan perilaku beton terhadap lelah (*fatigue*) dan kejutan (*impact*).

Beton serat mempunyai kelebihan dibanding beton tanpa serat dalam beberapa sifat strukturnya antara lain ketahanan (*ductility*), ketahanan terhadap beban kejutan (*impact resistance*), kuat tarik dan lentur (*tensile and flexural strength*), kelelahan (*fatigue life*), ketahanan terhadap pengaruh susut (*shrinkage*) dan ketahanan terhadap keausan (*abrasion*) (Soroushian and Bayashi, 1987). Menurut As'ad (2008), beton serat memberi banyak keuntungan antara lain:

- a) Serat terdistribusi secara acak di dalam volume beton pada jarak yang relatif dekat satu sama lain. Hal ini akan memberi tahanan berimbang ke segala arah dan memberi keuntungan material struktur yang dipersiapkan untuk menahan beban gempa dan angin.
- b) Perbaikan perilaku deformasi seperti ketahanan terhadap dampak, daktilitas yang lebih besar, kuat lentur, dan kapasitas torsi yang lebih baik.
- c) Meningkatkan ketahanan beton terhadap formasi dan pembentukan retak.
- d) Peningkatan ketahanan pengelupasan (*spalling*) dan retak pada selimut beton akan membantu menghambat korosi besi tulangan dari serangan kondisi lingkungan yang berpotensi korosi.

Untuk pemilihan jenis bahan serat perlu disesuaikan dengan sifat beton yang diperbaiki. Beberapa hal yang perlu mendapat perhatian pada beton *fiber* (Suhendro, 2000), adalah:

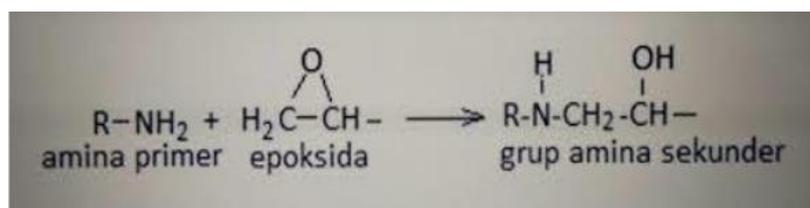
- a) Masalah *fiber dispersion* yang menyangkut teknik pencampuran fiber ke dalam adukan agar dapat tersebar merata dengan orientasi yang random.
- b) Masalah *workability* (kelecekan adukan), yang menyangkut kemudahan dalam proses pengerjaan/pemadatan, termasuk indikatornya.
- c) Masalah *mix design/proportion* untuk memperoleh mutu tertentu dengan kelecekan yang memadai.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan *fiber* ke dalam adukan beton akan menurunkan kelecekan adukan secara cepat sejalan dengan penambahan konsentrasi fiber dan aspek ratio fiber. Penurunan kelecekan adukan dapat dikurangi dengan penurunan diameter maksimal agregat, peninggian faktor air semen, penambahan semen ataupun pemakaian bahan tambah. Meskipun demikian jika konsentrasi fiber dan aspek *ratio fiber* (nilai banding panjang dan diameter fiber) melampaui suatu batas tertentu, tetap akan didapat suatu adukan dengan kelecekannya yang sangat rendah yang sulit diaduk dan dicor dengan cara-cara biasa (Sudarmoko, 1989). Aspek ratio fiber yang tinggi akan menyebabkan fiber cenderung untuk menggumpal menjadi suatu bola yang sangat sulit disebar secara merata sebelum dan sesudah proses pengadukan.

2.12 Resin Epoksi

Epoxy adalah suatu kopolimer, terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda. Ini disebut sebagai "resin" dan "pengeras". Resin ini terdiri dari monomer atau polimer rantai pendek dengan kelompok epoksida di kedua ujung. Epoxy resin paling umum yang dihasilkan dari reaksi antara epiklorohidrin dan bisphenol-A, meskipun yang terakhir mungkin akan digantikan dengan bahan kimia yang serupa. Pengeras terdiri dari monomer polyamine, misalnya Triethylenetetramine (Teta). Ketika senyawa ini dicampur bersama, kelompok amina bereaksi dengan kelompok epoksida untuk membentuk ikatan kovalen. Setiap kelompok NH dapat bereaksi dengan kelompok epoksida, sehingga

polimer yang dihasilkan sangat silang, dan dengan demikian kaku dan kuat. Proses polimerisasi disebut "curing", dan dapat dikontrol melalui suhu, pilihan senyawa resin dan pengeras, dan rasio kata senyawanya; proses dapat mengambil menit untuk jam. Beberapa formulasi manfaat dari pemanasan selama masa penyembuhan, sedangkan yang lainnya hanya memerlukan waktu, dan suhu ambien. Perak Epoxy adalah bagian utama dari kela sperekat disebut "perak struktural" atau "perak rekayasa" (yang meliputi poliuretan, akrilik, cyanoacrylate, dan kimialainnya.) perak ini kinerja tinggi digunakan dalam konstruksi pesawat terbang, mobil, sepeda, perahu, klubgolf, ski, Snowboards, dan aplikasi lain di mana obligasi kekuatan tinggi diperlukan. Epoxy perak dapat dikembangkan untuk memenuhi hampir aplikasi apapun. Mereka dapat digunakan sebagai perak untuk kayu, logam, kaca, batu, dan beberapa plastik. Mereka dapat dibuat fleksibel atau kaku, transparan atau buram/berwarna, pengaturan cepat atau pengaturan lambat. Perak epoxy lebih baik dalam ketahanan panas dan kimia dari perak umum lainnya. Secara umum, perak epoxy disembuhkan dengan panas akan lebih banyak panas dan bahan kimia tahan dari pada mereka sembuh pada suhu kamar. Kekuatan perak epoxy adalah terdegradasi pada suhu di atas 350° F (177 ° C).



Gambar 2. 3 Melekul Epoksi

Resin epoksi atau secara umum dikenal di pasaran dengan bahan epoksi adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok thermoset. Epoksi secara umum mempunyai karakteristik yang baik, yaitu:

1. Kemampuan mengikat paduan logam yang baik; Kemampuan ini disebabkan oleh adanya gugus hidroksil yang memiliki kemampuan membentuk ikatan via ikatan hidrogen.
2. Ketangguhan; Kegunaan epoksi sebagai bahan matrik dibatasi oleh

ketangguhan yang rendah dan cenderung rapuh. Resin epoksi banyak digunakan untuk bahan komposit di beberapa bagian struktural, resin ini juga dipakai sebagai bahan campuran pembuatan kemasan, bahan cetakan dan perekat. Pada beton penggunaan resin epoksi dapat mempercepat proses pengerasan, karena resin epoksi menimbulkan panas sehingga membantu percepatan pengerasan, (Nurmala,2010).

Epoksi adalah suatu kopolimer, terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda. Ini disebut sebagai "resin" dan "pengeras". Resin ini terdiri dari monomer atau polimer rantai pendek dengan kelompok epoksida di kedua ujung. Epoksi resin Paling umum yang dihasilkan dari reaksi antara epiklorohidrin dan bisphenol-A, meskipun yang terakhir mungkin akan digantikan dengan bahan kimia yang serupa. Pengeras terdiri dari monomer polyamine, misalnya Triethylenetetramine (Teta). Ketika senyawa ini dicampur bersama, kelompok amina bereaksi dengan kelompok epoksida untuk membentuk ikatan kovalen. Setiap kelompok NH dapat bereaksi dengan kelompok epoksida, sehingga polimer yang dihasilkan sangat silang, dan dengan demikian kaku dan kuat. Proses polimerisasi disebut "curing", dan dapat dikontrol melalui suhu, pilihan senyawa resin dan pengeras, dan rasio kata senyawanya; proses dapat mengambil menit untuk jam. Beberapa formulasi manfaat dari pemanasan selama masa penyembuhan, sedangkan yang lainnya hanya memerlukan waktu, dan suhu ambien.

2.12.1 Aplikasi

Aplikasi untuk bahan berbasis luas dan mencakup pelapis, perekat dan material komposit seperti yang menggunakan serat karbon dan bala bantuan *fiberglass* (meskipun polyester, vinyl ester, dan resin thermosetting lainnya juga digunakan untuk plastik yang diperkuat kaca). Kimia epoxies dan berbagai variasi yang tersedia secara komersial memungkinkan menyembuhkan polimer yang akan diproduksi dengan rentang yang sangat luas properti. Secara umum, epoxies dikenal karena sangat baik kimia, adhesi dan tahan panas, sifat mekanik yang baik-

untuk-sangat baik dan sangat baik sifat isolasi listrik. Banyak sifat epoxies dapat dimodifikasi (untuk epoxies misalnya perak yang dipenuhi dengan konduktivitas listrik yang baik yang tersedia, walaupun epoxies biasanya elektrik isolasi). Variasi menawarkan insulasi panas yang tinggi, atau konduktivitas termal dikombinasikan dengan tahanan listrik yang tinggi untuk aplikasi elektronik, yang tersedia.

2.12.2 Sifat Fisik

Sebagaimana jenis plastik lain, kebanyakan plastik adalah isolator listrik dan konduktor panas yang buruk. Kecuali bila ditambahkan campuran, misalnya serbuk logam / karbonlain.

2.12.3 Sifat Kimia

Sebagaimana umumnya plastik, secara kimia plastik termasuk inert. Dalam jangka lama, sinar ultraviolet mempengaruhi struktur kimia plastik.

2.12.4 Sifat Mekanik

Dalam bentuk asli epoksi resin keras dan getas. Tetapi dalam penggunaan, plastik hampir selalu mengandung bahan campuran lain untuk menyesuaikan sifat mekaniknya. Sifat mekanik sangat banyak dimodifikasi sifatnya. Baik dari sisi kekuatan, kekenyalan, keuletan, sampai kearah sobekan.

2.12.5 *Painting*

Dua bagian pelapis epoksi dikembangkan untuk layanan tugas berat pada substrat logam dan menggunakan energi kurang dari bubuk pelapis panas-sembohu. Sistem ini menggunakan 04:01 oleh rasio volume mixing, dan cepat kering menyediakan, tangguh tahan UV, lapisan pelindung dengan kekerasan yang sangat baik. Volatilitas yang rendah mereka dan air bersih sampai membuat mereka berguna untuk pabrik besi tuang, baja tuang, cast aluminium aplikasi dan mengurangi eksposur dan mudah terbakar isu yang terkait dengan pelapis pelarut-ditanggung. Mereka biasanya digunakan dalam aplikasi industri dan otomotif

karena mereka lebih tahan panas dari cat lateks-based dan alkid berbasis. Cat epoksi cenderung chaulk keluar karena paparan sinar UV. *Epoxies Polyester* digunakan sebagaipelapis bubuk untuk mesin cuci, pengering dan lainnya "barang putih". *Fusion Bonded Epoxy Powder Coating* (FBE) yang banyak digunakan untuk perlindungan korosi pipa baja dan alat kelengkapan yang digunakan dalam industri minyak dan gas, jaringan pipa transmisi air minum (baja), pasar ini memperkuat beton, dan lain-lain. Epoksi coating juga banyak digunakan sebagai primer untuk meningkatkan adhesi cat otomotif dan laut terutama pada permukaan logam dimana korosi (berkarat) resistensi adalah penting. Logam kaleng dan wadah sering dilapisi dengan epoksi untuk mencegah berkarat, terutama untuk makanan seperti tomat yang asam. Epoksi resin juga digunakan untuk kinerja tinggi dan aplikasi lantai hias terutama lantai teraso, lantai chip dan lantai agregat berwarna, juga digunakan sebagai perekat. Perekat epoksi adalah bagian utama dari kela sperekat disebut "perekat struktural" atau "perekat rekayasa" (yang meliputi poliuretan, akrilik, cyanoacrylate, dan kimialainnya.) perekat ini kinerja tinggi digunakan dalam konstruksi pesawat terbang, mobil, sepeda, perahu, klubgolf, ski, *Snowboards*, dan aplikasi lain di mana obligasi kekuatan tinggi diperlukan. Epoksi perekat dapat dikembangkan untuk memenuhi hampir aplikasi apapun. Mereka dapat digunakan sebagai perekat untuk kayu, logam, kaca, batu, dan beberapaplastik. Mereka dapat dibuat fleksibel atau kaku, transparan atau buram/berwarna, pengaturan cepat atau pengaturan lambat. Perekat epoksi lebih baik dalam ketahanan panas dan kimia dari perekat umum lainnya. Secara umum, perekat epoksi disembuhkan dengan panas akan lebih banyak panas dan bahan kimia tahan dari pada mereka sembuh pada suhukamar. Kekuatan perekat epoksi adalah terdegradasi pada suhu di atas 350° F (177 ° C). Beberapa epoksi disembuhkan oleh paparan sinarultraviolet. Epoksi tersebut biasa digunakan dalam optik, serat optik, dan kedokteran gigi.

2.12.6 Epoksi Di Industri

Dalam industri *aerospace*, epoksi digunakan sebagai bahan matriks struktur yang kemudian diperkuat dengan serat. Bala bantuanserat umum termasuk

kaca, karbon, Kevlar, dan boron. Epoksi juga digunakan sebagai perekat struktural. Bahan seperti kayu, dan lain- lain yang 'rendah teknologi' direkat dengan resin epoksi. Salah satu contoh akan menjadi RJ.03 IBIS homebuilt pesawat desas-desus. Desain ini didasarkan pada badan pesawat kisi kayu klasik terstruktur dan berdebat kayu klasik, internal menegang dengan busa dan benar-benar ditutup dengan kayu lapis. Kecuali untuk kayu lapis meliputi sayap, semuanya terpaku dengan resin epoksi.

2.12.7 Kegunaan Epoksi

Epoksi dijual di toko-toko perangkat keras, biasanya sebagai paket yang mengandung resin dan hardener yang terpisah, yang harus dicampur segera sebelum digunakan. Mereka juga dijual di toko-toko perahu sebagai resin perbaikan untuk aplikasi laut. Epoxies biasanya tidak digunakan pada lapisan luar perahu karena mereka memburuk oleh paparan sinar UV. Mereka sering digunakan selama perbaikan perahu dan perakitan, dan kemudian lebih-dilapisi dengan cat poliuretan konvensional atau dua bagian atau laut-pernis yang memberikan perlindungan UV.

Ada dua bidang utama penggunaan laut. Karena sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan resin poliester lebih umum, epoksi digunakan untuk pembuatan komersial dari komponen mana kekuatan tinggi / perbandingan berat diperlukan. Area kedua adalah bahwa kekuatan mereka, sifat kesenjangan mengisi dan adhesi yang sangat baik untuk banyak bahan termasuk kayu telah menciptakan booming di proyek bangunan amatir, termasuk pesawat dan kapal. Epoksi resin digunakan dalam pembuatan bilah rotor turbin angin. Resin ini tertanam pada bahan inti, seperti kayu balsa atau foam, dan media penguat, seperti kain, serat gelas atau serat karbon. Proses ini disebut VARTM, yakni *Vacuum Assisted Resin Transfer Moulding*. Karena sifat yang sangat baik dan menyelesaikan baik, epoksi adalah resin yang paling disukai untuk komposit.

Epoksi resin, dicampur dengan pigmen, digunakan sebagai media lukisan, dengan menuangkan lapisan di atas satu sama lain untuk membentuk suatu gambaran yang lengkap.

2.12.8 Epoksi Dan Bahan Lainnya

Bahan epoksi cenderung mengeras secara bertahap, sedangkan bahan poliester cenderung mengeras dengan cepat, terutama jika banyak katalis yang digunakan. reaksi kimia dalam kedua kasus adalah eksotermik. jumlah besar dari campuran akan menghasilkan panas mereka sendiri dan lebih mempercepat reaksi, sehingga biasa untuk mencampur jumlah kecil yang dapat digunakan dengan cepat.

Meskipun umum untuk resin poliester asosiasi dan resin epoksi, sifat mereka cukup berbeda bahwa mereka benar diperlakukan sebagai bahan yang berbeda. Polyester resin biasanya kekuatan rendah kecuali digunakan dengan bahan penguat seperti serat kaca, relatif rapuh kecuali diperkuat, dan memiliki adhesi rendah. Epoxies, sebaliknya, pada dasarnya kuat, agak fleksibel dan memiliki daya rekat sangat bagus. Namun, resin poliester jauh lebih murah.

Epoksi resin biasanya memerlukan campuran yang tepat dari dua komponen yang membentuk kimia ketiga. Tergantung pada sifat yang diperlukan, rasio mungkin apapun dari 1:1 atau lebih dari 10:1, tetapi dalam setiap kasus mereka harus dicampur tepat. Produk akhir kemudian plastik termo-pengaturan yang tepat. Sampai mereka campuran dua elemen relatif inert, meskipun 'pengerasan' cenderung lebih kimia aktif dan harus dilindungi dari atmosfer dan kelembaban. Laju reaksi dapat diubah dengan menggunakan pengerasan yang berbeda, yang dapat mengubah sifat produk akhir, atau dengan mengendalikan suhu. . Sebaliknya, resin poliester biasanya tersedia dalam bentuk yang 'dipromosikan', seperti bahwa kemajuan resin sebelumnya- campuran dari cair ke padat sudah berlangsung, meskipun sangat lambat. Variabel hanya tersedia untuk pengguna adalah mengubah tingkat proses ini menggunakan katalis, sering *Methyl-Ethyl-Ketone- Peroxide* (MEKP), yang sangat beracun. Keberadaan katalis dalam produk akhir benar-benar akan mengurangi sifat yang diinginkan, sehingga sejumlah kecil katalis yang lebih baik, asalkan hasil pengerasan dengan kecepatan yang dapat diterima. Tingkat kesembuhan dari poliester sehingga dapat dikontrol baik oleh jumlah katalis dan suhu. Sebagai perekat, epoxies obligasi dalam tiga

cara: a) mekanik, karena ikatan permukaan yang kasar, b) Dengan kedekatan, karena resin disembuhkan secara fisik begitu dekat dengan permukaan ikatan bahwa mereka sulit untuk memisahkan; c) Ionically, karena epoksi resin membentuk ikatan ion pada tingkat atom dengan permukaan ikatan. Hal ini memiliki substansi yang kuat dari ketiganya. Sebaliknya, resin poliester dapat hanya obligasi dengan menggunakan dua pertama, yang sangat mengurangi utilitas mereka sebagai perekat dan dalam perbaikan laut.

2.13 Bahaya Epoksi Pada Kesehatan

Risiko utama yang terkait dengan penggunaan epoksi adalah sensitisasi ke penguas, yang, dari waktu ke waktu, dapat menimbulkan reaksi alergi. Ini adalah sumber utama asma, kerja antara penggunaan dari plastik. Bisphenol A, yang digunakan dalam resin epoksi, adalah pengganggu endokrin dikenal.



Gambar 2. 4 Hardener

2.13.1 Katalis (*Hardener*)

1. Pengertian Katalis

Katalis adalah suatu senyawa kimia yang menyebabkan reaksi menjadi lebih cepat untuk mencapai kesetimbangan tanpa mengalami perubahan kimiawi diakhir reaksi. Katalis tidak mengubah nilai kesetimbangan dan berperan dalam menurunkan energi aktivasi. Dalam penurunan energi aktivasi ini, maka energi minimum yang dibutuhkan untuk terjadinya tumbukan berkurang sehingga terjadinya reaksi berjalan cepat. Katalis pada umumnya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut: aktivitas, stabilitas, selektivitas, umur, regenerasi dan kekuatan

mekanik. Secara umum katalis mempunyai 2 fungsi yaitu mempercepat reaksi menuju kesetimbangan atau fungsi aktivitas dan meningkatkan hasil reaksi yang dikehendaki atau fungsi selektivitas.

Katalis sebagai suatu substansi kimia mampu mempercepat laju reaksi kimia yang secara termodinamika dapat berlangsung. Hal ini disebabkan karena kemampuannya mengadakan interaksi dengan paling sedikit satu molekul reaktan untuk menghasilkan senyawa antara yang lebih aktif. Interaksi ini akan dapat meningkatkan ketepatan orientasi tumbukan, meningkatkan konsentrasi akibat lokalisasi reaktan, sehingga meningkatkan jumlah tumbukan dan membuka alur reaksi dengan energi pengaktifan yang lebih rendah. Katalis dapat dibagi ke dalam 3 komponen yakni situs aktif, penyangga atau pengemban dan promotor. Situs aktif berperan dalam reaksi kimia yang diharapkan, penyangga berperan dalam memodifikasi komponen aktif, menyediakan permukaan yang luas, dan meningkatkan stabilitas katalis, sementara itu promotor berperan dalam meningkatkan atau membatasi aktivitas katalis serta berperan dalam struktur katalis.

2. Jenis – jenis Katalis

a) Katalis Homogen

Katalis homogen adalah katalis yang berada dalam fase yang sama. Katalis homogen umumnya bereaksi dengan satu atau lebih pereaksi untuk membentuk suatu perantara kimia yang selanjutnya bereaksi membentuk produk akhir reaksi, dalam suatu proses yang memulihkan katalisnya.

b) Katalis Heterogen

Katalis heterogen adalah katalis yang ada dalam fase berbeda dengan pereaksi dalam reaksi kimia yang dikatalisisnya. Satu contoh sederhana untuk katalisis heterogen yaitu bahwa katalis menyediakan suatu permukaan di mana pereaksi-pereaksi (atau substrat) untuk sementara terjerat.

Ikatan dalam substrat-substrat menjadi lemah sedemikian sehingga memadai terbentuknya produk baru. Ikatan antara produk dan katalis lebih lemah, sehingga akhirnya terlepas.

c) Katalis Ziegler-Natta

Katalis Ziegler-Natta adalah campuran antara senyawa-senyawa titanium seperti titanium (III) klorida, $TiCl_3$, atau titanium (IV) klorida, $TiCl_4$, dan senyawa-senyawa aluminium seperti aluminium trietil, $Al(C_2H_5)_3$.

Pada proses polimerisasi olefin menggunakan katalis Ziegler-Natta, $AlEt_3$ dapat mereduksi $TiCl_4$ menjadi $TiCl_3$ dan atom klor digantikan dengan gugus etil. Dasar polimerisasi sebanding dengan jumlah total $TiCl_3$ dan pengaruh olefin serta konsentrasi $AlEt_3$.

d) Fungsi Katalis

Fungsi katalis yaitu memperbesar laju reaksinya (mempercepat reaksi) dengan cara memperkecil energi aktivasi suatu reaksi dan dibentuknya tahap-tahap reaksi yang baru. Dengan menurunnya energi aktivasi maka pada suhu yang sama reaksi dapat berlangsung lebih cepat. Satu yang harus diketahui tentang prinsip kerja katalis adalah bahwa katalis tersebut tetap ikut dalam jalannya reaksi, tetapi pada kondisi akhir, katalis akan keluar lagi dalam bentuk yang sama. Sifat-sifat kimia katalis akan sama sebelum dan sesudah mengkatalis suatu reaksi.

Pentingnya katalis ditunjukkan oleh kenyataan bahwa lebih dari 75% proses produksi bahan kimia di Industri disintesis dengan bantuan katalis. Contoh proses kimia yang sangat penting misalnya sintesis metanol dari syngas (CO dan H_2) dikatalisis oleh ZnO/Cr_2O_3 , dan reaksi water gas shift (WGS), dikatalisis oleh besi oksida atau oksida campuran Zn , Cu maupun Cr . Teknologi katalis telah digunakan dalam industri kimia lebih dari 100 tahun lamanya dan penelitian serta pengembangan teknologi katalis telah menjadi semacam bidang kekhususan kimia.

e) Penggolongan Katalis

Katalis dapat digolongkan ke dalam 2 jenis, yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Dalam reaksi dengan katalis homogen, katalis berada dalam fase yang sama dengan reaktan. Biasanya, semua reaktan dan katalis berada dalam satu fasa tunggal cair atau gas. Produksi biodiesel dengan katalis homogen secara umum menggunakan katalis H_2SO_4 , $NaOH$ dan KOH . Dalam reaksi dengan katalis

heterogen, katalis dan reaktan berada dalam fase yang berbeda.

Katalis heterogen cenderung lebih mudah untuk dipisahkan dan digunakan kembali dari campuran reaksi karena fasa yang digunakan berbeda dengan produk reaksinya. Katalis heterogen juga lebih mudah dibuat dan mudah diletakkan pada reaktor karena fasa yang berbeda dengan pereaktannya. Biasanya katalis heterogen yang digunakan berupa fase padat.

Adanya beda fasa pada katalis dan pereaktan menjadikan mekanismereaksi menjadi sangat kompleks. Fenomena antarmuka menjadi sesuatu yang sangat penting dan berperan. Laju reaksi dikendalikan oleh fenomena-fenomena adsorpsi, absorpsi dan desorpsi. Reaksi cairan atau gas dengan adanya katalis padat adalah contoh yang khas.

Keuntungan penggunaan katalis heterogen adalah katalisnya dapat dipisahkan dengan penyaringan dari produk bila reaksi telah selesai. Banyak proses industri yang menggunakan katalis heterogen, sehingga proses dapat berlangsung lebih cepat dan biaya produksi dapat dikurangi. Beberapa logam ada yang dapat mengikat cukup banyak molekul-molekul gas pada permukannya, misalnya Ni, Pt, Pd dan V.

Gaya tarik menarik antara atom logam dengan molekul gas dapat memperlemah ikatan kovalen pada molekul gas, dan bahkan dapat memutuskan ikatan itu. Satu contoh sederhana untuk katalisis heterogen yaitu bahwa katalis menyediakan suatu permukaan di mana pereaksi- pereaksi (atau substrat) untuk sementara terserap. Ikatan dalam substrat- substrat menjadi sedemikian lemah sehingga memadai terbentuknya produk baru. Ikatan antara produk dan katalis lebih lemah, sehingga akhirnya terlepas.

Katalis dapat bekerja dengan membentuk senyawa antara atau mengabsorpsi zat yang direaksikan. Sehingga katalis dapat meningkatkan laju reaksi, sementara katalis itu sendiri tidak mengalami perubahan kimia secara permanen.

Cara kerjanya yaitu dengan menempel pada bagian substrat tertentu dan pada akhirnya dapat menurunkan energi pengaktifan dari reaksi, sehingga reaksi

berlangsung dengan cepat. Suatu reaksi yang menggunakan katalis disebut reaksi katalis dan prosesnya disebut katalisme.