

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Batako

Batako merupakan salah satu bahan bangunan pengganti batu bata yang terbuat dari campuran semen, pasir dan air dengan perbandingan komposisi tertentu dan dicetak dalam cetakan yang telah ditentukan ukurannya.

Pemakaian batako apabila dibandingkan dengan batu bata terlihat penghematannya dari beberapa segi, misalnya per m² luas dinding lebih sedikit jumlah batu yang dibutuhkan, berat tembok/dinding juga dapat berkurang dengan demikian dapat mempengaruhi design dan kebutuhan pondasi.

Campuran bahan-bahan pembentuk batako harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan batako yang baik dan sesuai dengan mutu yang diinginkan. Kualitas bahan dan komposisinya sangat mempengaruhi kekuatan mutu batako tersebut.

2.2 Material Pembentuk Batako

Untuk mendapatkan mutu yang baik tergantung dari faktor perbandingan campuran material pembentuk batako, mutu pasir, agregat yang dipakai, jenis air yang dipakai, cara pengadukan campuran, proses pemadatan, dan pemeliharannya. Oleh karena itu, perlu diketahui terlebih dahulu mutu material yang akan dipakai dalam pembuatan batako.

2.2.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki karakteristik mengenai pengikatan serta pengerasan jika dicampur dengan air, sehingga berbentuk pasta semen. Semen memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa padat. Semen pada pembuatan batako berfungsi sebagai pengikat material terutama agregat halus sehingga menjadi satu kesatuan yang solid

melalui proses kimiawi. Ditinjau dari susunan oksidanya semen merupakan campuran dari kapur (CaCO_3) dan tanah liat dalam perbandingan tertentu yang dipijarkan sampai lebur dan berubah menjadi suatu massa seperti batu. Senyawa utama semen terdiri dari material *calcareous* seperti *limestone* atau kapur dan material *argillaceous* seperti oksida, silica, dan alumina yang berupa lempung (*shale*). Pengolahan semen menjadi semen secara benar baru dilakukan pada tahun 1824 oleh Joseph Aspdin di kota Leeds (Inggris), yaitu dengan ditemukannya semen *portland*.

A. Komposisi Kimia Semen

Ada 4 senyawa kimia utama yang membentuk bahan semen terhadap proses pengikatan dan pengerasan, antara lain : batu kapur (CaO), silica (SiO_2), Alumina (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3). Keempat senyawa tersebut bereaksi satu sama lain di dalam klin berbentuk klinker. Klinker mengandung empat senyawa kompleks seperti tercantum pada tabel 2.1, sedangkan susunan oksida semen dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.1 Senyawa semen

| Nama Senyawa | Rumus Kimia | Singkatan Nama |
|-------------------------------|---|-------------------|
| <i>Tricalcium Silicate</i> | 3 CaO . SiO ₂ | C ₃ S |
| <i>Dicalcium Silicate</i> | 2 CaO . SiO ₂ | C ₂ S |
| <i>Tricalcium Aluminate</i> | 3 CaO . Al ₂ O ₃ | C ₃ A |
| <i>Tetracalcium Aluminate</i> | 4 CaO . Al ₂ O ₃ . Fe ₂ O ₃ | C ₄ AF |

Tabel 2.2 Susunan oksida semen

| Oksida | Jumlah (%) |
|---|------------|
| Kapur, CaO | 60-67 |
| Silica, SiO ₂ | 17-25 |
| Alumina, Al ₂ O ₃ | 3-8 |
| Besi, Fe ₂ O ₃ | 0.5-1.3 |
| Magnesia, MgO | 0.1-4 |
| Sulfur, SO ₃ | 1-3 |
| Alkali (K ₂ O + Na ₂ O) | |

Sumber : Ir. Gunawan T.,1991, Teori dan Penyelesaian Konstruksi Beton I, Delta Teknik Jakarta

Keempat senyawa yang terdandung di dalam semen tersebut di atas menyebabkan sifat semen yang berbeda karena senyawa memiliki kelakuan masing-masing apabila bereaksi dengan air. Sifat senyawa semen dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Sifat senyawa semen

| Sifat | C3S | C2S | C3A | C4AF |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------------|--------------|
| Reaksi dengan air | Sedang | Lambat | Cepat | Cepat sekali |
| Panas hidrasi (kal/gr) | 120 | 60 | 207 | 100 |
| Nilai rekat sebagai semen | Baik | Baik | Tidak ada | Tidak ada |
| Pengembangan karena reaksi | Tidak ada | Tidak ada | Besar dan cepat | Pasif |

Sumber : Dekdikbud Dikti, Proyek Pengembangan Politeknik, 1987 Teknologi Bahan II, PEDC, Bandung

B. Klasifikasi Semen

Adanya perbedaan kadar semen akan mempengaruhi sifat semen. Oleh sebab itu, semen *Portland* dibagi menjadi beberapa jenis dan tipe. Di dalam standar industri Indonesia yang telah disesuaikan dengan standar ASTM, kita mengenal lima tipe semen *Portland* yaitu :

1) Semen *Portland* Tipe I (*Ordinary Portland Cement*)

Semen *Portland* tipe I dapat digunakan pada konstruksi yang bersifat umum dan tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada semen jenis tipe lain. Semen *Portland* tipe I ini dapat dipergunakan untuk konstruksi perkerasan jalan, gedung, jembatan, tangki, batako, waduk, pipa-pipa dimana tidak dipengaruhi sifat-sifat lingkungan yang mengandung bahan-bahan sulfat dan perbedaan temperatur yang ekstrim

2) Semen *Portland* Tipe II (*Modified Portland Cement*)

Semen *Portland* tipe ini merupakan modifikasi dari semen tipe I dengan sifat panas hidrasi lebih rendah dan lebih tahan terhadap sulfat. Tipe ini cocok untuk konstruksi yang mempunyai volume beton yang besar seperti pilar, kepala jembatan, bendungan, irigasi, dan drainase. Dengan panas hidrasi yang lebih rendah maka semen tipe II ini dapat dipergunakan untuk pekerjaan beton dalam keadaan cuaca panas serta cocok untuk pondasi yang terletak di tanah yang mempunyai kandungan asam sulfat yang tinggi.

3) Semen *Portland* Tipe III (*Rapid-Hardening Portland Cement*)

Semen *Portland* tipe II ini adalah jenis semen dengan waktu perkerasan yang cepat. Tipe ini dipergunakan untuk konstruksi yang membutuhkan kekuatan awal yang tinggi karena harus segera dipergunakan atau berdasarkan pertimbangan tertentu. Panas hidrasi yang timbul cukup tinggi yaitu 50% lebih tinggi dari Tipe I sehingga diperlukan suatu perawatan (*curing*) yang lebih teliti untuk mencegah retak termal yang terjadi.

4) Semen *Portland* Tipe IV (*Low-Heat Portland Cement*)

Semen *Portland* tipe IV ini memiliki panas hidrasi 40%-50% lebih rendah dari tipe I. *Setting time* untuk mencapai kekuatannya memerlukan waktu yang lebih panjang. Semen Tipe IV ini digunakan pada konstruksi dimana panas hidrasi lebih rendah yaitu pada beton massal.

5) Semen *Portland* Tipe V (*Sulphate-Resisting Portland Cement*)

Semen *Portland* tipe V dapat digunakan pada konstruksi bangunan yang akan dipengaruhi oleh asam sulfat dengan konsentrasi tinggi. Panas hidrasi yang timbul antara 24%-40% lebih rendah dari tipe I sehingga untuk mencapai kekuatannya akan lebih lambat dari semen tipe I

Klasifikasi tipe semen dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Klasifikasi tipe-tipe semen berdasarkan ASTM

| Tipe ASTM | Penggunaan | Karakteristik | Persentase | | | |
|--|-------------------------------------|---|-----------------|-----------------|---------------|------|
| | | | C3S | C2S | C3A | C4AF |
| Tipe I Standar | Bangunan beton biasa | | 53 | 24 | 8 | 8 |
| Tipe II Ketahanan terhadap sulfat sedang | Pembetonan massal dan biasa | | 47 max 50 | 32 | 3 max 8 | 12 |
| Tipe III Cepat mengeras dan kekuatan awal tinggi | Pembetonan dimusim dingin | | 58 | 16 | 8 | 8 |
| Tipe IV Panas hidrasi rendah | Pembetonan massal | Mempunyai kadar C3S dan C3A yang tinggi | 26 max 35 | 54 max 40 | 2 max 7 | 12 |
| Tipe V Tahan terhadap sulfat | Air mengandung sulfat atau air laut | Kadar rendah dari C3A dan C3S | max 50 | | max 5 | |

C. Waktu Pengikatan Semen

Waktu pengikatan semen adalah perkiraan dimana semen mulai mengadakan pengikatan setelah diberi air. Jadi biasanya dicari mulai pasta semen berubah dari keadaan cair ke kondisi kaku (pengikatan awal). Reaksi antara semen dan air dibedakan menjadi dua periode yang berlainan yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Peralihan dari keadaan plastis menjadi keadaan keras disebut pengikatan, sedangkan pengerasan adalah penambahan kekuatan setelah pengikatan itu selesai. Pada proses pengikatan semen akan terjadi suatu kenaikan derajat yang ringan dari udara, air adalah hal penting atas terjadinya pengerasan semen.

Waktu pengikatan diukur dengan alat *Vicat* atau alat *Gillmore*. Tujuan pengukuran adalah untuk mengetahui kecepatan atau waktu pengikatan semen *Portland*. Dengan demikian dapat ditentukan apakah pasta semen itu cukup lama dalam keberadaan plastis sampai batako tersebut dapat dimasukkan kedalam cetakan dan dapat dipadatkan. Pengikatan semen pada campuran serbuk gergaji kayu cukup mengalami kesulitan karena banyaknya jumlah air yang diserap oleh serbuk gergaji kayu dikarenakan sifat serbuk gergaji kayu yang banyak menyerap air sehingga penggunaan air lebih banyak, untuk itu perlu diperhatikan penggunaan jumlah air agar proses pengikatan semen (hidrasi) dapat berlangsung maksimal dan didapat mutu batako yang baik.

Waktu pengikatan dihitung dalam dua kondisi, yaitu :

a. Pengikatan awal

Yaitu kondisi pasta saat mulai berubah dari plastis kekaku. Menurut SII0013-18, batas minimum pengikatan awal diukur dengan alat *Vicat* adalah 45 menit.

b. Pengikatan akhir

Yaitu kondisi pasta semen sudah mulai mengeras. Menurut SII0013-18, batas maksimum pengikatan akhir diukur dengan alat *Vicat* adalah 8 jam

D. Kehalusan Semen

Kehalusan butiran semen mempengaruhi kecepatan hidrasi. Makin halus butiran-butiran semen, makin cepat berjalannya proses hidrasi dan makin cepat perkembangan

kekuatannya selama 7 hari pertama. Adapun sifat-sifat yang berhubungan dengan kehalusan butiran semen adalah :

- 1) Kekuatan awal tinggi
- 2) Reaksi kuat dengan bahan agregat aktif
- 3) Retak-retak
- 4) Daya penyusutan tinggi
- 5) Pengikatan yang cepat
- 6) Kebutuhan air yang banyak

2.2.2 Agregat Halus

A. Pasir

Pasir merupakan agregat halus sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan yang berasal dari berbagai tempat diantaranya berasal dari sungai, laut, atau yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu (batuan pecah). Fungsi agregat halus pada pembuatan batako ini antara lain adalah untuk menghemat pemakaian semen, menciptakan batako yang ringan, dan menambah kekuatan batako. Agar kekuatan yang diinginkan dapat tercapai maka dalam pelaksanaannya di lapangan, agregat-agregat yang digunakan yang dalam hal ini adalah pasir harus memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan.

Syarat untuk agregat halus (pasir) yaitu :

- a. Agregat halus (pasir) harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir pasir harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- b. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm, apabila kadar umpur melampaui 5% maka pasir harus dicuci.
- c. Pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder (dengan larutan NaOH). Bila di uji dengan larutan Natrium sulfat dan dibandingkan dengan warna standar

maka tidak berwarna lebih tua dari warna standar. Alat untuk melihat warna air adalah *Halage tester* (standar organik no 3)

d. Pasir harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan harus memenuhi syarat :

- sisa di atas ayakan 4 mm harus minimum 2% berat
- sisa di atas ayakan 1 mm harus minimum 10% berat
- sisa di atas ayakan 0,25 mm harus berkisar antara 80-95% berat

e. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

Variasi sifat agregat dalam praktek sebagian besar dapat diimbangi dengan mengatur jumlah penggunaan air yang diisikan ke dalam mixer. Apabila menggunakan pasir yang sangat kasar maka untuk mempertahankan sifat pengerjaannya atau plastisitas yang baik, faktor air semen perlu diperkecil. Pemakaian agregat yang lebih banyak dapat mengurangi penyusutan dan mempengaruhi koefisien ekspansi akibat panas.

B. Kayu

Pada pembuatan batako, kayu dalam hal ini adalah serbuk sisa hasil industri kayu yaitu berupa serbuk gergaji kayu yang berfungsi sebagai agregat halus.

Kayu merupakan sumber bahan mentah yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai dengan kemajuan teknologi. Kayu berasal dari berbagai jenis pohon yang memiliki sifat-sifat yang berbeda. Bahkan kayu yang berasal dari satu pohon memiliki sifat agak berbeda jika dibandingkan bagian ujung dan pangkalnya. Adapun beberapa sifat umum kayu, antara lain :

1. Kayu tersusun dari sel-sel yang memiliki tipe bermacam-macam dan susunan dinding selnya terdiri dari senyawa-senyawa kimia berupa selulosa dan hemi selulosa (unsur karbohidrat) serta berupa lignin (non-karbohidrat)
2. Semua kayu bersifat anisotropik, yaitu memperlihatkan sifat-sifat yang berlainan jika diuji menurut tiga arah utamanya (longitudinal, tangensial, dan radial). Hal ini disebabkan oleh struktur dan orientasi selulosa dalam dinding sel, bentuk

memanjang sel-sel kayu dan pengaturan sel terhadap sumbu vertikal dan horizontal pada batang pohon.

3. Kayu merupakan suatu bahan yang bersifat higroskopik, yaitu dapat kehilangan atau bertambah kelembabannya akibat perubahan kelembaban dan suhu udara disekitarnya
4. Kayu dapat diserang makhluk hidup perusak kayu, dapat juga terbakar terutama jika kayu keadaannya kering.
5. Kayu merupakan bahan mentah yang mudah diproses untuk dijadikan barang lain. Seperti kertas, tekstil, bahkan limbahnya sudah dapat dijadikan bahan bangunan seperti papan serat.

Adapun serbuk gergaji kayu sisa hasil industri kayu yang digunakan dalam pembuatan batako ini adalah kayu kulim dan merawan yang memiliki ciri warna kayu sawo-muda, setelah lama berwarna sawo-tua, banyak terdapat di Kalimantan dan Sumatera.

Beberapa sifat umum kayu kulim dan merawan yaitu :

- Tingkat pemakaian II dipakai pada struktur berat yang tidak terlindung dan dengan kelembaban udara yang tinggi
- Tingkat keawetan II

| Keadaan | Umur |
|--|--------------|
| a. Lembab dan tidak terlindung | 5 tahun |
| b. Tempat terlindung, tidak lembab | 13 tahun |
| c. Tempat terlindung, tanpa perawatan | Tak terbatas |
| d. Tempat terlindung, dengan perawatan (dicat dsb) | Tak terbatas |
| e. Serangan oleh rayap | Jarang |
| f. Serangan oleh kumbang, serbuk kayu, dll | Tidak |

- Tingkat kekuatan II
 Kuat lentur 725 kg/cm²
 Kuat desak 425 kg/cm²
 Berat jenis 0,6

Komponen Kimia kayu

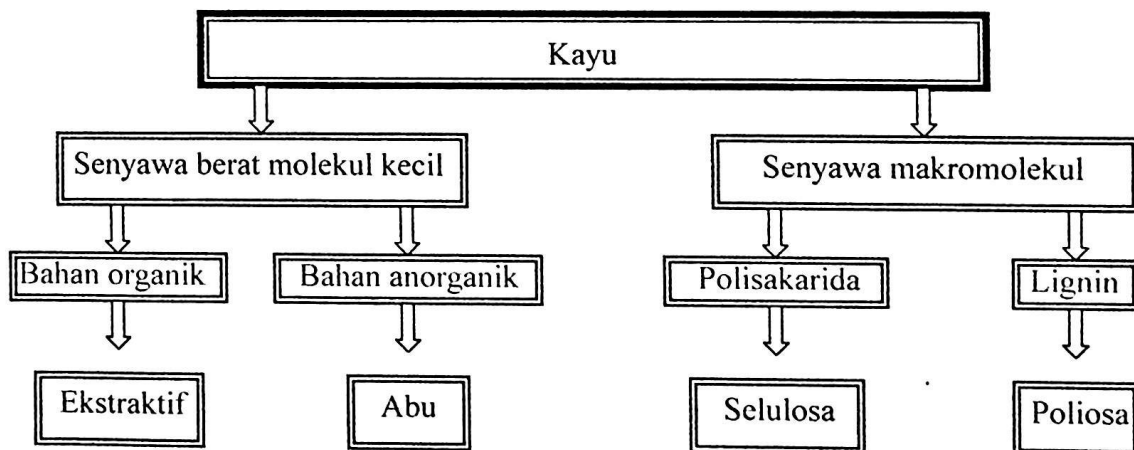
Komponen kimia di dalam kayu mempunyai arti penting karena menentukan kegunaan suatu jenis kayu. Juga dengan mengetahui komponen kimia di dalam kayu kita dapat membedakan jenis-jenis kayu. Susunan kimia kayu digunakan sebagai pengenal ketahanan kayu terhadap serangan makhluk perusak kayu, dan juga dapat menentukan pengerjaan dan pengolahan kayu.

Pada umumnya komponen kimia kayu daun lebar dan kayu daun jarum terdiri dari 3 unsur :

- unsur karbohidrat terdiri dari selulosa dan hemiselulosa
- unsur non-karbohidrat terdiri dari lignin
- unsur yang diendapkan dalam kayu selama proses pertumbuhan dinamakan zat ekstraktif

Komposisi unsur-unsur kimia dalam kayu adalah :

- karbon 50%
- hidrogen 6%
- nitrogen 0,04-0,10%
- abu 0,20-0,50%
- sisanya adalah oksigen



Gambar 2.1 Bagan umum komponen kimia

a. Selulosa

Selulosa merupakan komponen kayu yang terbesar, yang di dalam kayu lunak dan kayu keras jumlahnya mencapai hampir setengahnya. Selulosa merupakan polimer linier dengan berat molekul tinggi yang tersusun seluruhnya atas β -D-Glukosa ($C_6H_{12}O_6H_2O$). Karena sifat-sifat kimia dan fisiknya maupun struktur supramolekulnya maka ia dapat memenuhi fungsinya sebagai komponen struktur utama dinding sel tumbuhan.

Tabel 2.5 Kandungan selulosa dalam berbagai bahan tumbuhan

| Bahan Tanaman | Selulosa (%) |
|---------------|--------------|
| Kapas | 95-99 |
| Rami | 80-90 |
| Bambu | 40-50 |
| Kayu | 40-50 |
| Kulit kayu | 20-30 |
| Lumut | 25-30 |
| Ekor kuda | 20-25 |
| Bakteria | 20-30 |

b. Poliosa (Hemiselulosa)

Poliosa sangat dekat asosiasinya dengan selulosa dalam dinding sel. Lima gula netral, yaitu heksosa-heksosa glukosa ($CH_2(CHOH)_4CH_2O$ ($C_6H_{12}O_6$)), manosa ($CH_2OH(CHOH)_4CHO$), galaktosa ($C_6H_{11}O_6CHO$), pentosa-pentosa xilosa ($C_2OH(CHOH)_3CHO$), dan arabinosa ($CH_2OH(CHOH)_3CHO$). Sejumlah poliosa mengandung senyawa tambahan asam uronat. Rantai molekulnya jauh lebih pendek bila dibandingkan dengan selulosa, dan dalam beberapa senyawa mempunyai rantai-cabang. Kandungan poliosa dalam kayu keras lebih besar daripada dalam kayu lunak dan komposisi gulanya berbeda.

c. Lignin

Lignin merupakan komponen makromolekul kayu ketiga yang bukan merupakan karbohidrat, sebagai persenyawaan kimia yang jauh dari sederhana, tidak berstruktur,

bentuknya amorf. Struktur molekul lignin sangat berbeda bila dibandingkan dengan polisakarida karena terdiri dari sistem aromatik yang tersusun atas unit-unit fenilpropana C_9H_{13} . Dalam struktur kayu kandungan lignin berkisar antara 20-40%.

d. Zat Ekstraktif

Zat ekstraktif pada umumnya adalah zat yang mudah larut dalam pelarut seperti eter, alkohol, bensin, dan air. Banyaknya rata-rata 3-8% dari berat kayu. Zat ekstraktif tidak merupakan bagian struktur dinding sel, tetapi terdapat dalam rongga sel. Zat ekstraktif memiliki arti yang penting dalam kayu karena :

- dapat mempengaruhi sifat keawetan, warna, bau, dan rasa sesuatu jenis kayu
- dapat digunakan untuk mengenal sesuatu jenis kayu
- dapat digunakan sebagai bahan industri
- dapat menyulitkan dalam pengerjaan dan mengakibatkan kerusakan pada alat-alat pertukangan

e. Abu

Di samping persenyawaan-persenyawaan organik, di dalam kayu masih ada beberapa zat organik yang disebut bagian-bagian abu (mineral pembentuk abu yang tertinggal setelah lignin dan selulosa habis terbakar). Kadar zat ini bervariasi antara 0,2-1% dari berat kayu.

2.2.3 Air

Tujuan dari pemakaian air adalah agar terjadi proses hidrasi, yaitu reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan campuran batako mengeras setelah jangka waktu tertentu. Jumlah air yang dibutuhkan untuk proses hidrasi berkisar 20% dari berat semen. Namun pemakaian air dalam adukan batako harus lebih diperhatikan mengingat banyaknya serbuk gergaji kayu yang ada dalam adukan sehingga cepat menyerap air.

2.3 Pengujian Kuat Tekan Batako

Pengujian kuat tekan batako dilakukan dengan menggunakan *compressor testing machine* dengan tujuan untuk mengetahui kuat tekan batako baik yang normal atau tanpa menggunakan campuran serbuk gergaji kayu dengan batako yang menggunakan campuran serbuk gergaji kayu.

Dalam memperhitungkan gaya-gaya yang didistribusi secara kontinu, perlu diketahui intensitas gaya yaitu besarnya gaya persatuan luas. Resultan gaya tersebut akan bekerja melalui titik-titik berat penampang dan bekerja sepanjang sumbu longitudinal yang sesuai dengan rumus tegangan, sehingga :

$$F_c' = P / A$$

Dimana : f_c' = kuat tekan batako (kg/cm^2)

P = beban tekan maksimum (kg)

A = luas penampang (cm^2)

Syarat fisis bata beton harus memenuhi syarat-syarat fisis sesuai dengan SNI 03-0349-1989 seperti pada tabel 2.7 berikut ini.

Tabel 2.7 Syarat-syarat fisis bata beton berlubang untuk dinding (batako)

| Syarat fisis | Satuan | Tingkat Mutu Bata Beton Berlubang | | | |
|---|------------------|-----------------------------------|----|-----|----|
| | | I | II | III | IV |
| Kuat tekan bruto* rata-rata min | kg/cm^2 | 70 | 50 | 35 | 20 |
| Kuat tekan bruto* masing-masing benda uji | kg/cm^2 | 65 | 45 | 30 | 17 |
| Penyerapan air rata-rata maks | % | 25 | 35 | | |

* Kuat tekan bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda coba pecah, dibagi dengan luas ukuran nyata dari bata termasuk luas lobang serta cekungan tepi.

2.4 Analisa Regresi

Apabila ada data yang terdiri dari dua variabel atau lebih yang dinyatakan sebagai (X_1, Y_1) maka sebaiknya dipelajari bagaimana variabel-variabel tersebut berhubungan. Sebagai contoh kuat tekan batako yang dipengaruhi oleh umur batako, cara perawatan batako, agregat dan penambahan bahan lainnya. Hubungan yang didapat

Selain itu jumlah air yang dibutuhkan dalam pembuatan batako tidak sebanyak pada pembuatan beton dan mortar. Perbandingan jumlah air-semen akan mempengaruhi:

- kemudahan pekerjaan (*workability*)
- kestabilan volume (*volume stability*)
- kekuatan batako
- keawetan batako

Proses pengikatan semen atau hidrasi pada batako akan berjalan baik bila menggunakan air dengan syarat :

1. Air bersih, tidak berbau, tidak mempunyai rasa, dan dapat diminum
2. Tidak mengandung lumpur, minyak, benda-benda terapung yang dapat terlihat secara visual
3. Tidak mengandung garam yang larut sehingga dapat merusak batako
4. Bila dibandingkan kuat tekannya dengan menggunakan air suling sebagai pencampur maka persentase penurunan kekuatan tekan yang terjadi tidak boleh lebih dari 10%
5. Dalam beberapa spesifikasi, kualitas air yang dapat digunakan sebagai air campuran yang memiliki batasan maksimum kandungan zat kimia yang masih diperbolehkan (dalam ppm = part per million) seperti yang tercantum dalam tabel 2.6

Tabel 2.6 Kandungan zat kimia yang diizinkan terkandung di dalam air

| Kandungan Unsur Kimia | Konsentrasi Maksimum |
|---|----------------------|
| <i>Chloride</i> , CL | |
| • Beton prategang | 500 ppm |
| • Beton bertulang | 1000 ppm |
| Alkali ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$) | 600 ppm |
| <i>Sulphate</i> SO_4 | 1000 ppm |
| Total solid | 50.000 ppm |

Sumber ASTM C 94

Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai. Sebagai akibatnya batako yang dihasilkan akan kurang kekuatannya.

pada umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematika yang menyatakan hubungan fungsional antara variabel-variabel tersebut. Studi yang menyangkut masalah ini dikenal dengan analisis regresi.

Bila dua atau lebih variabel tersebut dihubungkan dan digambarkan pada kertas berskala, maka dapat diperoleh serangkaian titik-titik koordinat. Hasil penggambarannya disebut dengan diagram pencar (*scatter diagram*). Untuk mencari garis atau kurva yang diterapkan melalui titik koordinat dapat dilakukan dengan diagram pencar disebut garis taksir. Dengan demikian analisa regresi dilakukan untuk mempelajari secara fungsional hubungan antara beberapa variabel bebas dan satu variabel tak bebas yang mempunyai hubungan probabilistik. Biasanya hubungan fungsional tersebut dinyatakan dalam bentuk persamaan sistematis.

Analisa regresi dapat dilakukan secara linier atau non linier. Kurva regresi yang terbaik adalah dapat mengikuti atau melalui semua titik yang ada. Bentuk umum persamaan regresi adalah sebagai berikut :

1. Regresi linier

$$\text{Bentuk umum regresi linier} \quad y = a + bx \quad (2.1)$$

2. Regresi non linier

a. Persamaan logaritma

$$\text{Bentuk umum} \quad y = a + b \ln x \quad (2.2)$$

b. Persamaan Eksponensial

$$\text{Bentuk umum} \quad y = ae^{bx} \quad (2.3)$$

c. Persamaan Polynominal

$$\text{Bentuk umum} \quad y = a + bx + cx^2 + dx^3 \quad (2.4)$$

d. Persamaan Geometrik (power)

$$\text{Bentuk umum} \quad y = ax^b \quad (2.5)$$

Dimana : y = variabel independen

x = variebel dependen

a, b, c, d adalah konstan

Nilai penyimpangan antara grafik regresi baik itu regresi linier ataupun non linier dengan titik-titik data dikenal sebagai residu atau simpangan. Jumlah kuadrat residu tersebut disingkat r-square adalah :

$$r^2 = 1 - \left(\frac{\Delta^2}{n-2} \right) \times \frac{n-1}{\sum (y - \bar{y})^2} \quad (2.6)$$

Dimana: r^2 = kuadrat residu
 Δ = total residu
 n = jumlah total data
 y = sampel y
 \bar{y} = rata-rata sampel y

Dengan catatan jika harga r-square yang didapat mendekati 1 maka terdapat hubungan yang kuat antara titik-titik data tersebut, berarti nilai penyimpangan yang terjadi semakin kecil.

Nilai Rata-rata

Apabila dalam kumpulan data-data tersebut terdapat n buah nilai yang diteliti, maka untuk mendapatkan nilai rata-ratanya dihitung dengan membagi jumlah data dengan banyaknya data. Adapun rumus untuk mencari nilai rata-rata tersebut adalah:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.7)$$

Dimana: \bar{x} = nilai rata-rata

$\sum_{i=1}^n x_i$ = jumlah nilai data dari 1 ke n

n = banyaknya data

pembuatan batako dengan komposisi perbandingan 1:3 dengan 50% serbuk gergaji kayu yang menggantikan volume pasir dan didapatkan hasil kuat tekan sebesar $6,3 \text{ kg/cm}^2$, dimana didapat bahwa nilai kuat tekan batako 1:3 dengan 50% serbuk gergaji kayu ini pada umur 28 hari sama besarnya dengan nilai kuat tekan batako tanpa serbuk gergaji kayu dengan perbandingan komposisi 1:4 pada umur 14 hari.