

MEMACU KEKUATAN DAN MEMPERBAIKI MUTU BETON DENGAN BAHAN ADMIXTURES

oleh

Darmono

Abstrak

Dewasa ini, bidang konstruksi sipil cukup pesat perkembangannya. Dalam kaitan ini, konstruksi beton memegang peranan penting dalam mewujudkan sarana dan prasarana kebutuhan manusia, baik itu berupa rumah pribadi maupun proyek-proyek dalam skala yang besar. Berbagai kelebihan konstruksi beton bila dibandingkan dengan bahan bangunan lain (kayu atau baja), yaitu (1) tahan terhadap kelapukan, (2) tahan korosi, (3) tahan bakar dan pengaruh air, (4) mudah dibentuk, dan (5) tidak perlu pemeliharaan yang rutin.

Klasifikasi beton menurut PBI 1971 dibedakan menjadi enam mutu yaitu: Bo, B1, K-125, K-175, K-225 dan K > 225. Angka-angka indeks dalam mutu beton ini menunjukkan kekuatan tekan beton karakteristik dalam umur 28 hari. Sedangkan menurut Pedoman Beton 1991 kekuatan tekan beton (f_c') harus dihitung dengan persamaan $\{0,76 + 0,2^{10} \log (f_c/15)\} f_{ck}$.

Untuk mencapai kekuatan beton tersebut, kadangkala timbul berbagai masalah yang menunjukkan kekurangan dari beton yang dihasilkan. Oleh karenanya banyak produsen yang menawarkan berbagai bahan tambahan (admixtures) guna mengatasi masalah tersebut, seperti: produk dari PT. Inerona Raya dan Sika. Disamping itu di pasaran beredar juga berbagai produk lain yang fungsinya juga untuk memperbaiki mutu, dan meningkatkan kekuatan tekan beton tersebut. Berbagai hasil penelitian memfokuskan pada masalah penggunaan admixtures ini, menunjukkan bahwa: pertama, penambahan tricosal BV special dapat meningkatkan kekuatan tekan beton sebesar 10,80% pada umur 7 hari, dan 5,40 % pada umur 28 hari. Kedua, pengaruh variasi pencampuran pemakai retarder dan plasticizer dapat meningkatkan kekuatan tekan beton sebesar 15,6% pada umur 28 hari. Ketiga, peninjauan, penambahan bahan tambah conplast memberikan hasil "ada perbedaan kuat tekan beton antara tanpa bahan tambah dengan diberi bahan tambah tersebut". Dengan demikian pemakaian bahan yang di atas dapat dipakai sebagai usaha meningkatkan mutu dan kekuatan tekan beton. Untuk bahan tambah merk lain yang belum ada hasil penelitiannya, perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu di laboratorium.

Pendahuluan

Dewasa ini, bidang konstruksi merupakan bidang yang cukup pesat perkembangannya. Bagi Indonesia yang sedang gait-giatnya membangun, dalam melengkapi sarana dan prasarana penunjang tercapainya masyarakat yang adil dan makmur, konstruksi beton merupakan

hal yang sangat penting artinya, karena cukup banyak di perlukan kehadirannya. Hal ini disebabkan karena konstruksi beton yang dikombinasi dengan tulangan dan segala bentuknya dapat menunjang pembangunan sarana perhubungan (jalan raya, jembatan, landasan pesawat terbang dan lain-lain), gedung-gedung baik bertingkat maupun tidak, bendungan, saluran irigasi, dan masih banyak yang lainnya. Disamping proyek-proyek dalam skala besar, konstruksi beton juga banyak diperlukan oleh hampir setiap orang, sebab dari beton ini manusia dapat mewujudkan rencananya dalam membuat suatu rumah. Bukankah rumah (tempat tinggal) merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia.

Bila kehadiran beton dalam pembuatan suatu rumah atau proyek-proyek besar kurang memuaskan hasilnya (keropos, porous, ataupun kekuatan tekannya rendah/ tidak sesuai dengan yang direncanakan), maka akan timbul suatu masalah di kemudian hari (bangunannya menjadi miring bahkan dapat roboh). Melihat kenyataan seperti yang dijelaskan ini, akhirnya banyak produsen yang menghadirkan berbagai macam produk guna mengatasi kekurangan-kekurangan untuk mendapatkan hasil akhir dalam pencetakan suatu konstruksi beton.

Dibandingkan dengan jenis bahan konstruksi yang lain (misalnya konstruksi kayu, dan baja), konstruksi beton mempunyai kelebihan diantaranya, yaitu (Sutarjo, 1988:2):

1. Tahan terhadap kelapukan.
2. Tahan terhadap korosi.
3. Tahan terhadap kebakaran maupun pengaruh air.
4. Tidak membutuhkan pemeliharaan yang rutin atau mahal.
5. Dapat dibentuk menurut ukuran dan bentuk yang dikehendaki (Sutarjo, 1988:2). Selain alasan yang telah disebutkan di atas, dikarenakan juga bahan bakunya tersedianya cukup banyak di Indonesia yang memerlukan daerah vulkanik (Imam Subakti dan Joko P., 1944:1).

Pengertian Beton

Secara garis besar bahan utama dalam konstruksi bangunan dapat dibedakan menjadi tiga yaitu dari kayu, baja, dan beton bertulang. Dari ketiga bahan ini, hanya beton bertulanglah yang terdiri dari dua unsur, yaitu beton sendiri dan baja tulangan. Kedua bahan pembentuk beton bertulang ini mempunyai fungsi yang berbeda. Beton lebih tahan terhadap gaya desak, sedangkan baja tulangan mempunyai sifat kuat menahan gaya tarik. Lebih jauh Lim Yandrianto Ferry, (1994:1) menegaskan bahwa beton polos mempunyai kekuatan tekan yang tinggi tetapi kekua-

tan tariknya rendah dan baja tulangan mempunyai kekuatan tarik yang tinggi.

Unsur beton sebagai bahan utama pembentuk beton bertulang bila ditinjau lebih utama pembentuk beton bertulang bila ditinjau lebih jauh tidak hanya terdiri dari satu bahan saja, melainkan ada lima macam bahan pembentuknya, yaitu: semen (PC), pasir, agregat halus (pasir), kerikil atau batu pecah (agregat kasar), dan air sebagai bahan pengaduknya.

Dengan demikian dapat didefinisikan bahwa beton adalah kesatuan campuran yang terdiri dari semen, pasir, dan kerikil (batu pecah) ditambah air, selanjutnya dituangkan ke dalam suatu cetakan dan dibiarkan sampai mengeras (Sutarto, 1988:1). Tidak jauh berbeda Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI) memberi batasan bahwa beton adalah bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air, dan semen portland atau bahan pengikat hidrolis lain yang sejenis, dengan atau tanpa bahan tambahan lain (1985:23).

Beton mempunyai sifat-sifat yang tidak jauh berbeda dengan batu, yang antra lain: berat, keras, getas, dan kekuatan tariknya kecil. Sifat-sifat ini sangat tergantung dari kualitas dan perbandingan campuran bahan-bahan pembentukannya. Secara umum semakin banyak semen yang digunakan dalam campuran beton tersebut akan semakin tinggi kekuatan tekannya dan sebaliknya.

Klasifikasi Beton

Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971, mengelompokkan beton menjadi enam mutu yaitu mutu Bo, B1, K-125, K-175, K-225 (1977:34). Beton mutu Bo disebut juga sebagai beton kelas I yang fungsinya untuk disebut juga sebagai beton kelas I yang fungsinya untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Beton mutu B1, k-125, K-175, K-225 termasuk beton kelas II yang gunanya untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Dalam pelaksanaan pengecoran beton kelas II ini memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga ahli, sedangkan beton mutu $K > 225$ diklasifikasikan sebagai beton kelas III dan gunanya untuk pekerjaan-pekerjaan struktural dengan kekuatan tekan karakteristik yang lebih tinggi dari 225 kg/cm^2 . Jadi angka-angka indek dalam mutu beton K-125, K-175, dan K-225 menunjukkan kekuatan tekan beton dalam satuan kg/cm^2 pada umur 28 hari setelah tersebut dicetak.

Agak berbeda dengan peraturan pembuatan beton yang telah disebutkan di atas, Pedoman Beton Tahun 1991 sebagai pengganti PBI 1971 menegaskan bahwa kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c') ditentukan dalam satuan Mega Pascal (MPa). Penentuan kuat tekan beton berdasarkan peraturan yang baru ini harus didasarkan pada hasil pengujian benda uji yang berbentuk silinder (1991:16). Sedangkan bila benda ujinya berbentuk kubus yang berisi 1500 mm, maka nilai f_c' dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$f_c' = \{0,76 + 0,2^{10} \log (f_{ck}/15)\} f_{ck}.$$

dengan nama:

f_c' = kuat tekan beton yang disyaratkan dalam MPa.

f_{ck} = kuat teknan beton (MPa) yang didapat dari benda uji kubus dengan sisi 150 mm

Selain mutu beton yang telah disebutkan, baik menurut PBI 1971 maupun Pedoman Beton Tahun 1991, dewasa ini banyak dikembangkan mutu beton yang mempunyai kekuatan tekan yang tinggi atau disebut dengan beton mutu tinggi. Pada umumnya bahan-bahan untuk campuran beton mutu tinggi ini tidak berbeda dengan bahan untuk mutu beton yang telah disebutkan sebelumnya. Hanya saja pada bahan beto mutu tinggi ini diberikan bahan campuran tambahan (admixtures) sebagai salah satu usaha untuk menaikkan kekuatan tekan karakteristiknya.

Admixtures selain digunakan untuk membuat beton mutu tinggi, juga dapat digunakan untuk memperbaiki (meninggikan) kekuatan beton dan untuk mengatasi berbagai masalah seperti yang telah dijelaskan di atas. Hal ini sejalan dengan yang ditegaskan dalam kedua peraturan beton Indonesia, yang mengatakan bahwa untuk memperbaiki mutu beton, sifat-sifat pengerjaan, waktu pengikatan, dan pengerasan ataupun untuk maksud-maksud lain dapat dipakai bahan-bahan pembantu (PBI, 1971: 31). Sedangkan Pedoman Beton tahun 1991 juga mengisyaratkan bahwa dalam keadaan tertentu boleh dipakai campuran tambahan untuk memperbaiki sifat suatu campuran beton. Jenis dan jumlah bahan yang ditambahkan dan cara penggunaan bahan campuran tambahan tersebut harus disetujui terlebih dahulu oleh Tenaga Ahli Drajad Hoedajanto, (1991:2).

Jenis-jenis Admixtures

Sutarto (1988:8-9) dalam bukunya mengklasifikasikan bahan pembantu (admixtures) untuk campuran beton menjadi lima golongan, yaitu: (1) WRA (Water Reducing Agents). Bahan ini bekerja sebagai pelumas pada waktu pengadukan beton berlangsung. Fungsinya yaitu untuk mengurangi jumlah air semen yang berlebihan agar beton mudah dikerjakan (workability), kekuatan meningkat, dan mengurangi penyusutan beton shrinkage). (2) AEA (air entraining Agent). Pengaruh bahan ini terhadap beton yaitu membuat beton mengeras lebih baik, tahan terhadap salju, dan pengaruh negatif kimiawi. (3) Accelerators, adalah bahan penambah untuk mempercepat pengerasan beton. (4) Retarder yakni untuk memperlambat pengerasan. (5) Platicizers dan superplaticizers, berfungsi untuk mengencerkan campuran beton agar mudah masuk ke dalam cetakan.

Lebih jauh PT. Incrona Raya, telah menawarkan berbagai merk bahan campuran beton (concrete admixtures), yaitu: (1) Water reducer (plasticizer), terdiri dari: macamnya meliputi: conplast P 509. (2) Superplasticizer, macamnya meliputi: conplast 337, conplast 33 NR, conplast 430, dan conplast 423. (3) retarder (untuk penundaan pengikatan awal), antra lain : conplast RP 264 dan conplast W dan conplast NC. (5) Air Entrainment Agent (AEA), seperti: conplast AEA dan conplast AE21.

Sumber lain yaitu Sika, juga memproduksi berbagai macam merk concrete admixtures yang fungsinya tidak jauh berbeda dari merk-merk yang telah disebutkan di atas. Berbagai merk produk Sika yang dikhususkan sebagai bahan tambah beton yaitu : (1) Superplasticizer: Sikament LN, Sikament 163, Sikament NN, dan Sikament 520. (2) Plasticizer: plastocrete NC, Plastocrete NC Special, dan Sika Retardol-025. (3) Plasticizer dan Retarder: Plastiment VZ, Plastocrete R, dan Sika Retarder.

Fungsi dan pengaruh penambahan masing-masing jenis admixtures pada campuran beton dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Water reducer (platicizer), akan membuat beton lebih plastis tanpa mempengaruhi proses pengikatannya. Penerapan admixture jenis ini yaitu dengan :
 - a. Mengurangi pemakaian air (sampai dengan 15%) dengan tetap mempertahankan workability betonnya.
Efek dari pengurangan air akan dapat : (1) menambah kekuatan beton, (2) mengurangi penyusutan, (3) membuat beton lebih kedap air, (4)

mengurangi retak-retak, dan (5) mengurangi naiknya air pencampur di atas permukaan beton (bleeding).

- b. Meningkatkan workability dengan tetap mempertahankan kekuatan beton.

Dampaknya akan memperoleh : (1) hasil pemadatan yang lebih sempurna, (2) permukaan beton menjadi lebih baik, dan (3) mengurangi sarang-sarang kerikil

- c. Mengurangi pemakaian semen dengan tetap mempertahankan kekuatan dan workability beton.

Efek dari pengurangan semen ini, yaitu : (1) biayanya menjadi lebih ekonomis, mengurangi retak-retak dan (2) mengurangi penyusutan.

2. Superplasticizer, akan membuat beton jauh lebih plastis bila dibandingkan dengan water reducer (plasticizer) tanpa mengurangi proses pengurangan betonnya. Penerapan bahan tambah ini adalah dengan :

- a. Mengurangi pemakaian air (sampai dengan 30%) dengan tetap mempertahankan workability beton.

Akibat dari pengurangan air hingga 30% akan : (1) meningkatkan kekuatan beton yang jauh lebih tinggi, (2) dapat memperkecil penyusutan beton, (3) mengurangi retak-retak, (4) membuat beton jauh lebih kedap air, dan (5) mengurangi bleeding yang lebih banyak.

- b. Lebih meningkatkan workability dapat : (1) mengurangi pekerjaan vibrasi, (2) menghemat waktu pencetakan dan (3) menghilangkan sarang-sarang kerikil.

- c. Lebih mengurangi pemakaian semen dengan tetap mempertahankan kekuatan dan workability beton.

Pengaruhnya pada pembuatan beton yaitu: (1) biaya pembuatannya lebih ekonomis, (2) penyusutan beton menjadi lebih kecil, dan (3) retak-retak dapat berkurang jauh lebih banyak.

3. Retarder, berfungsi untuk memperlambat pengikatan beton, yang sangat cocok untuk pembetonan dalam cuaca panas.

Akibat terlambatnya proses pengikatan akan dapat menambah umur pengerjaan beton.

4. Accelerator, berfungsi mempercepat proses pengikatan yang sangat cocok dipakai untuk pembetonan dalam cuaca dingin. Akibatnya kekuatan awal beton akan meningkat dan cetakan (begeesting) dapat dibuka lebih cepat sehingga kecepatan kerja menjadi lebih meningkat.

5. Air entrainment agent, yaitu untuk memberikan tambahan gelembung udara mikroskopis di dalam beton. Akibat penambahan kimia bahan

ini yaitu : (1) dapat meningkatkan workability, (2) meningkatkan ketahanan beton terhadap siklus basah-kering air laut, dan (3) mengurangi permeabilitas beton.

6. Plasticizer dan retarder, bahan tambah kimia ini merupakan kombinasi antara water reducer (plasticizer) dengan retarder.

Selain yang telah disebutkan di atas, di pasaran (toko-toko bahan bangunan) juga beredar admixtures dari berbagai produk yang berbeda-beda dengan harga yang bervariasi juga. Berbagai admixtures yang beredar di pasaran selain yang telah disebutkan di atas antara lain: tricosal BV Special, Speed crete, Merguss, Plastocrete, Bestmitell, dan masih banyak yang lainnya. Karena harga dari berbagai merk bahan admixture itu berbeda-beda, maka kualitasnya pun berbeda-beda pula. Pada umumnya merk yang harganya mahal kualitasnya akan lebih baik bila dibandingkan dengan merk yang harganya relatif lebih murah.

Komposisi Campuran

Untuk memperoleh hasil akhir pencetakan beton perlu memperhatikan jumlah bahan tambah yang akan dicampurkan ke dalam adukan itu.

Tabel 1. Komposisi Bahan Tambah Beton Produksi PT. Incrona Raya

No.	Deskripsi	Nama produk	Spesifikasi	Komposisi
1a.	Plasticizer	Conplast 211	ASTM C494 type A	100-160 CC/40 kg PC
b		Conplast P509	ASTM C494 type A dan D	60-180 CC/40 kg PC
2a.	Super Plasticizer	Conplast 337	ASTM C494 type A	280-400 CC/40 kg PC (untuk meningkatkan workability) 400-600 CC/40 kg PC (untuk meningkatkan kekuatan)
b		Conplast 337 NR	ASTM C494 68 type D	240-400 CC/40 kg PC (untuk beton encer) atau 400-800 CC/40 kg PC (untuk meningkatkan kekuatan)

c		Conplast 430	ASTM C494 type F	240-400 CC/40 kg PC (untuk beton encer) atau 600-800 CC/40 kg PC (untuk meningkatkan kekuatan)
d.		Conplast 423	ASTM C494-80 type G	320-480 CC/40 kg PC
3a.	Retarder	Conplast RP264	ASTM C494D dan C494B	80-200 CC/ 40 kg PC
b		Conplast	ASTM C494 type D	112-224 CC/ 40 kg PC
4a.	Accelerator	Conplast W Conplast NC	ASTM C494-71 ASTM C494-71 type C	680 CC/ 40 kg PC 280 CC/ 40 kg PC
5a.	Air Entrain men Agent (AEA)	Conplast AEA	ASTM C494-74	24-48 CC/ 40 kg PC
b		Conplast AE 21	ASTM C494 type A 1977	80-160 CC/40 kg PC per 40 kg PC

(PT. Incrona Raya, Tt:3-4)

Tabel 2. Komposisi Tambahan Beton Produksi Sika

No.	Deskripsi	Nama Produk	Spesifikasi	Komposisi
1.	Superplasticizer	Sikament LN Sikament 163 Sikament NN	ASTM C494 type F	0.3 -2.0% berat semen
2.	Superplasticizer	Sikamen 520	ASTM C494 type G	0,4 - 1,5% berat semen
3.	Plasticizer	Plastocrete NC	ASTM C494 type A	0,2 - 0,6% berat semen
4.	Plasticizer	Plastocrete NC Special	ASTM C494 type D	0,2 - 0,6% berat semen

5.	Plasticizer dan Retarder	Plastiment VZ Plastocrete R Sika Retarder	ASTM C494 type D	0,2 - 0,6% berat semen
6.	Plasticizer	Sika Retardol - 025	ASTM C494 type B	0,3 - 0,6% berat semen

Sika, Tt: 1)

Hasil-hasil Penelitian Sebelumnya

Telah ada hasil-hasil penelitian yang mencoba mengetahui dampak pemberian admixtures terhadap kekuatan tekan beton yang dihasilkan. Endaryanto (1991:27). Dalam penelitiannya yang mengkoncentrasikan pemberian aditive terhadap kuat desak beton menyimpulkan bahwa : (1) Terdapat perbedaan kuat tekan beton antara beton tanpa bahan aditive dan campuran beton dengan 0,225% bahan aditive; (2) Terdapat perbedaan hasil kuat tekan beton 1:2:3 pada umur 7 dan 28 hari. Lebih tegasnya kelompok peneliti ini menegaskan bahwa penambahan tricosal dengan type BV Special pada adukan beton umur tujuh hari dapat meningkatkan kekuatamn tekan beton sebesar 10,80% dan umur 28 hari besar 5,40%.

Lain halnya dengan Amam Subakti dan Joko P. (1994:2) yang meninjau pengaruh variasi pencampuran pemakaian retarder dan plasticizer terhadap, nilai slump dan kuat tekab beton, mendapatkan hasil: (1) Penambahan plasticizer dengan cara menambahkan 0,2% pada awal dan 0,2% pada akhir pencampuran (2 jam dari awal pencampuran), nilai kuat tekan beton yang dihasilkan sebesar 1,06% lebih tinggi dari kuat tekan beton normal; (2) Penambahan retarder (R) pada awal dan penambahan plasticizer (P) setelah 2 jam saat akan pengecoran mempunyai hasil yang cukup baik, untuk umur 28 hari 15,6% lebih tinggi dari campuran beton normal.

Sementara itu Darmono (1992:43-44) juga pernah melakukan penelitian yang mengungkap penambahan conplast dan umur beton, yang hasilnya yaitu: pertama, terdapat perbedaan kuat tekan beton berdasarkan perbandingan berat 1:2:3 tanpa diberi bahan tambah conplast dengan diberi bahan tambah conplast pada umur tujuh hari. Kedua, terdapat perbedaan kuat tekan beton berdasarkan perbandingan berat 1:2:3 diberi bahan tambah conplast pada umur tujuh hari dengan 28 hari. Pada kesimpulan kedua ini selain pengaruh dari pemberian bahan tambah, tentunya ada juga pengaruh dari umur betonnya. Sebab beton pada umur

28 hari diprediksi telah mencapai kekuatan tekan yang optimum (100%). Ketiga, terdapat perbedaan kuat tekan beton tambah conplast umur tujuh hari dengan 28 hari tanpa diberi bahan tambah conplast.

Lain lagi admixtures yang digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat beton untuk perkerasan jalan. Rudy Mathias ((1990:28) dalam tulisannya menegaskan bahwa adukan beton untuk perkerasan jalan biasanya menggunakan zat tambah (additive). Biasanya dipakai jenis-jenis zat tambah gelembung udara (air entraining-admixture). Zat penambah jenis ini berfungsi seakan-akan sebagai "pelumas", yang disebabkan oleh timbulnya gelembung udara kecil-kecil dalam adukan yang rendah nilai "slump"-nya). Lebih lanjut penulis mengatakan bahwa zat tambahan "retarder" (penghambat pengerasan) juga lazim dipakai dan dikaitkan dengan kekhawatiran atas telah mulai mengerasnya beton sebelum mencapai tujuan akhirnya.

Penutup

Dari uraian di atas dapat disarikan bahwa:

1. Pemakaian beton sebagai bahan bangunan dapat dikatakan menempati urutan pertama bila dibandingkan dengan penggunaan bahan-bahan bangunan lain, seperti: kayu dan baja.
2. Alasan pemakaian beton yaitu bahan bakunya tersedia cukup banyak di Indonesia, mudah dibentuk sesuai dengan disain yang diinginkan, mempunyai daya keawetan yang relatif lama, dan tidak memerlukan perawatan khusus.
3. Terdapat berbagai macam merk admixtures yang beredar di pasaran dan dengan variasi harag yang berbeda-beda pula. Admixture yang harganya lebih mahal, pada umumnya kualitasnya lebih baik bila dibandingkan yang lebih murah harganya.
4. Pada dasarnya kuat tekan dan berbagai masalah yang ada kaitannya dengan kekurangan beton dapat diatasi dengan cara penambahan admixtures. Namun untuk admixture merk-merk tertentu (yang belum diteliti) perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu di laboratorium tingkat keefektipannya.

H. Daftar Pustaka

Anonim. (1985). *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982)*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.

Anonim. (Tt). *Ringkasan Produk Bahan Campuran Beton (Concrete Admixture)*, Jakarta: PT. Incrona Raya.

Anonim. (Tt). *Product Information Chart*. Jakarta: Sika.

Amam Subakti dan Joko P. (1994). Pengaruh Variasi Pencampuran Pemakaian Retarder dan Plasticizer Terhadap Nilai Slump dan Kuat Tekan Beton. *Procedings Seminar mekanika bahan*. Yogyakarta: Pusat Antar Universitas UGM.

Darmono, (1992). Pengaruh Penambahan Conplast dan Umur Beton Terhadap Kuat Tekannya. *Laporan Penelitian*. Yogyakarta: FPTK IKIP Yogyakarta.

Drajad Hoedajanto, dkk. (1991). *Pedoman Beton 1991*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

Endaryanto, dkk. (1991). Pengaruh Aditive dan Umur Beton Terhadap Kekuatan Tekannya. *Abstrak Hasil Penelitian* Yogyakarta: Pusat Penelitian IKIP Yogyakarta.

Lim Yandrianto Ferry. 1994. Perancangan dan Analisis Beton Bertulang dengan Program Komputer. *Tugas Akhir*. Yogyakarta: Fakultas Teknik UGM.

Rudy Mathias. 1990. Beberapa Aspek Pada Pelaksanaan Konstruksi Permukaan Perkerasan Jalan Beton Semen. *Makalah Komperensi Jakarta: Direktorat Bina Marga*.

Sutarto. 1988. *Konstruksi Beton Bertulang Dengan Pendimensian Cara Ultimit*. Yogyakarta: Depdikbud.

Wiratman Wangsadinata. 1977. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia NI-2*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.