

STUDI KUAT TEKAN & SETTING TIME BETON DENGAN VARIASI DOSIS ADMIXTURE TIPE D

Arifien Nursandah¹⁾, Dio Alif Hutama³⁾, Agus Komarudin²⁾,

¹⁾ Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya
JL. Sutorejo No. 59 Kota Surabaya, Jawa Timur, 61135
E-mail: arifien.nursandah@gmail.com

²⁾ Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya
JL. Sutorejo No. 59 Kota Surabaya, Jawa Timur, 61135
E-mail: dioalifhutama@ft.um-surabaya.ac.id

³⁾ Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya
JL. Sutorejo No. 59 Kota Surabaya, Jawa Timur, 61135
E-mail: komar46321@gmail.com

Abstract

Various research and experiments in the field of concrete is done as an effort to improve the quality of concrete. One of them to improve the quality of concrete is added admixture type D-retarder. It is expected that the results of these experiments and experiments are able to answer the higher demands in the foundry implementation which sometimes takes a long time. The purpose of this study was to investigate the effect of Type D dosage admixture on moderate quality concrete fc30, the dose of this study was 0%, 0.35%, 0.75%, 1.10% of sementitious weight. The test used is a compressive strength to determine the quality of fc30 while setting time to find the initial time of sett. which is used as parameter parameter does not occur cold joint. The result showed that experiment 1 as the parameter that is design without admixture type D-VZ, dose 0,00%, compressive strength 28 days 33,13 Mpa, experiment 2 dose 0,35%, compressive strength up 10% from experiment 1, 3 dose experiments 0.75%, a compressive strength rose 6% from experiment 1, experiments 4 doses 1.10%, a compressive strength down 4% from experiment 1. As for the D-VZ admixture dosage and addition dose, concrete deceleration deceleration, D-VZ type non-admixture concrete parameter, 1 dose 0,00% experiment resulted in initial sett 127 minutes, 2 dose experiment 0.35%, resulted in initial sett 267 minutes, experiment 3 dose 0.75%, resulted in initial sett 933 minutes, experiment 4 dose 1.10%, resulted in initial sett 2520 minutes. Expected from this research, can be used as a reference for Project Supervisor, Contractor, Readymix Supplier, especially for concrete over dose (= long concrete setting), which can be maintained with the reference of strong compressive strength achieved, so that the concrete loong setting on the structure is not in Demolish (= slash). And will be used as a handle if it requires deceleration concrete can be added admixture type D.

Keywords: Concrete, Strength, and Type D Admixture.

Abstrak

Berbagai penelitian dan percobaan dibidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton. Salah satunya untuk peningkatan kualitas beton yaitu ditambahkan *admixture tipe D-retarder*. Diharapkan dari hasil penelitian dan percobaan tersebut mampu menjawab tuntutan yang semakin tinggi dalam pelaksanaan pengecoran yang terkadang membutuhkan waktu lama. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dosis *admixture Tipe D* pada beton mutu *moderat* fc30, dosis penelitian ini adalah 0%, 0,35%, 0,75%, 1,10% dari berat *sementitious*. Uji yang dipakai adalah Uji Kuat tekan untuk mengetahui mutu fc30 MPa, sedangkan *Setting time* untuk mengetahui waktu *inisial sett.* yang dipakai sebagai parameter parameter tidak terjadi *cold joint*. Hasil penelitian menunjukan, percobaan 1 sebagai parameter yaitu desain tanpa *admixture tipe D-VZ*, dosis 0,00%, kuat tekan umur 28 hari menghasilkan kuat tekan 33,13 MPa, percobaan 2 dosis 0,35%, menghasilkan kuat tekan 36,36 MPa, percobaan 3 dosis 0,75%, menghasilkan kuat tekan 35,10 MPa, percobaan 4 dosis 1,10%, menghasilkan kuat tekan 31,67 MPa. Sedangkan untuk Pemakian dan Penambahan dosis *admixture tipe D-VZ*, terjadi perlambatan pengerasan beton, parameter beton non *admixture tipe D-VZ*, percobaan 1 dosis 0,00% menghasilkan initial sett 127 menit, percobaan 2 dosis 0,35%, initial sett 127 menit 267 menit, percobaan 3 dosis 0,75%, initial sett 933 menit, percobaan 4 dosis 1,10%, initial sett 2520 menit. Yang diharapkan dari penelitian ini, bisa dijadikan referensi bagi Pengawas proyek, Kontraktor, *Suplier Readymix*, terutama untuk beton *over dosis* (= beton *long setting*), mana yang boleh dipertahankan dengan acuan mutu kuat tekan tercapai, sehingga beton *long setting* pada struktur tidak di *Demolish* (= tebang). Dan akan bisa dijadikan pegangan jika membutuhkan perlambatan pengerasan beton maka beton bisa ditambahkan *admixture tipe D*.

Kata Kunci : Beton, Kuat tekan, dan Admixture Tipe D.

Pendahuluan

Semakin meningkatnya jumlah kebutuhan produksi beton dalam dunia konstruksi, mengakibatkan peningkatan kebutuhan material penyusun beton. Salah satu material penyusun beton adalah semen. Semen berfungsi sebagai bahan pengikat antar agregat dimana dalam penggunaannya sangat mutlak ada dalam setiap konstruksi beton. Semakin meningkatnya pemakaian semen, membuat semakin menipisnya ketersediaan bahan baku semen menuntut ditemukannya suatu bahan baru yang berfungsi untuk menggantikan peran semen atau yang bisa mengurangi pemakaian semen, hal tersebut bisa di capai jika kita menambahkan *Admixture chemical* (=bahan tambahan kimia dalam beton).

Bahan tambahan atau *admixture* tersebut adalah bahan tambahan yang ditambahkan kedalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran yang berfungsi untuk memenuhi kecocokan beton untuk pekerjaan tertentu dalam hal mengubah sifat, menghemat biaya, menghemat waktu dan lain-lain.

Salah satu dari tujuh tipe bahan tambah yang berfungsi *Water Reducing and Retarder* atau tipe D adalah *admixture chemical* yang bersifat ganda. Fungsi pertama adalah sebagai mampu mengurangi kadar air bebas, sedangkan fungsi yang kedua adalah untuk menghambat waktu pengikatan beton, hanya saja jika zat yang kedua ini over dosis maka yang terjadi adalah terjadinya long setting.

Dari kondisi tersebut maka diperlukan suatu penelitian untuk bisa dijadikan suatu referensi bagi Kontraktor, Konsultan, Management Konstruksi, ataupun bagi *Ready mix* terkait langkah yang diambil kalau terjadi *overdosis* (kelebihan dosis) Admixture tipe D.

Admixture Tipe D

Dalam percobaan ini, Admixture Tipe D, deskripsi berdasar brosur, material ini berupa cairan yang berfungsi sebagai zat tambah dalam beton yang mampu mengurangi pemakaian air bebas dan mampu untuk mengatur *setting time* beton.

Keunggulan dari tipe D ini antara lain :

1. Meningkatkan setting time beton.
2. Meningkatkan workability beton (kemampuan beton di aplikasikan di lapangan).
3. Meningkatkan mutu beton dengan cara mengurangi air bebas beton.
4. Mengurangi *Shrinkage* (retak rambut) Pada permukaan beton.

Secara teori admixture tipe adalah bahan kimia tambahan berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi

air dan memperlambat proses ikatan kimia semen air pada beton.

Macam Penelitian dan Alasan Pemilihan

Penelitian ini merupakan jenis eksperimen beton, sebagai berikut :

1. Percobaan 1, beton tanpa admixture tipe D
2. Percobaan 2, beton dengan dosis admixture tipe D mengikuti brosur dari pabrikan,
3. Percobaan 3, beton dengan dosis admixture tipe D lebih dari brosur pabrikan.
4. Percobaan 4, beton dengan dosis admixture tipe D lebih dari brosur, lebih dari percobaan 3.

Alasan pemilihan dosis-dosis tersebut diatas adalah Dosis 0% adalah dosis sebagai parameter rujukan, sedangkan dosis 0,35% adalah dosis sesuai dengan skala dosis yang ada di brosur Admixture tipe D pabrikan, sedangkan dosis 0,75% adalah dosis over dari dosis maksimal yang ada di brosur Admixture tipe D pabrikan, sedangkan dosis 1,10% adalah teranggap dosis sangat over dari dosis maksimal yang ada di brosur Admixture tipe D pabrikan. Sedangkan alasan pemilihan dosis 0,35% yang teranggap dalam skala dosis yang ada di brosur Admixture tipe D pabrikan (0,15% - 0,40%) adalah karena dosis tersebut paling banyak digunakan digunakan oleh *readymix*.

Dalam percobaan ini, Admixture Tipe D yang dipakai adalah *Plastiment VZ*, deskripsi material ini berdasar brosur dari pabrikan, berupa cairan yang berfungsi sebagai zat tambah beton yang mampu mengurangi pemakaian air bebas dan mampu untuk mengatur *setting time* beton.

Agar tujuan dalam penelitian ini dapat tercapai sesuai dengan harapan, maka rencana benda uji yang akan dibuat pada penelitian ini adalah masing-masing percobaan sebanyak 20 silinder, jadi total benda uji yang terbuat adalah 80 silinder.

Mix Design Percobaan

Mix design dilakukan untuk mengetahui proporsi kebutuhan material (air, semen, krikil, dan pasir) dalam campuran beton. Metode rancangan beton yang dipakai adalah sebagai berikut :

1. Mutu beton adalah f_{c30} MPa, Slump 10 cm sampai 14 cm
2. Agregat yang dipakai adalah mak 25 mm.
3. Data berat jenis semen = 3,150 Ton/m³
Data berat jenis fly ash = 2,800 Ton/m³

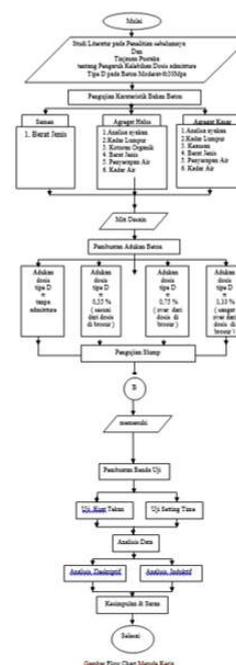
- Data berat jenis air = 1,000 Ton/m³
Data berat jenis admixture tipeD-VZ = 1,18 Ton/m³
- Menetapkan rasio water sementitious yaitu sebesar 0,452
 - Menetapkan penggunaan air untuk slump sesuai no.1 tersebut diatas dengan agregat maksimal 25mm ditemukan menjadi 190 kg/m³.
 - Dari point 5 dan 6,maka divcari volume pasta , sebagai berikut kandungan Sementitious adalah $190/0,452=420\text{kg/m}^3$.
 - Dari jumlah sementitious tersebut , ditetapkan jumlah Fly ash yang dipakai adalah sebesar 48 kg/m³, dan jumlah semen nya adalah 372 kg/m³.
 - Ditetapkan kadar udara beton = 1,5%
 - Dari data 6,8,9 , selanjutnya dicari Volume pasta :
Volume semen : $190/1000 = 0,1950$
Volume semen : $372/3150 = 0,11810$
Volume fly ash : $48/2800 = 0,01714$
Volume udara : $1,5/100 = 0,01500$
Volume pasta (semen + fly ash+air+udara) = 0,34024
Maka volume aggregate adalah = $1 - 0,34024 = 0,65976$
 - Berdasarkan Fine Modulus pasir sebesar 2,61 dan ukuran maksimum 25mm dari agregat kasar , maka ditetapkan kandungan pasir dari jumlah agregat adalah 40%.
 - Dari data no 10 dan data kombinasi grading batu pada table diatas maka , berat jenis gabungan adalah $40\%*Sg\text{pasir}+60\%((25\%*Sg\text{batu}0510)+(75\%*Sg\text{batu}1025)) = 2,704\text{ ton/m}^3$
 - Dosis Admixture tipe D akan dipakai bervariasi yaitu
 - Percobaan 1 = dosis 0% dari sementitious
 - Percobaan 2 = dosis 0,35% dari sementitious
 - Percobaan 3 = dosis 0,75% dari sementitious

- Percobaan 4 = dosis 1,1% dari sementitious
13. Dari data 9,11 dan12, Maka diperoleh mix desain sebagai berikut :
- Air : 190 Kg/m³
 - Semen : 372 Kg/m³
 - Fly ash : 48 Kg/m³
 - Pasir : 714 Kg/m³
 - Batu 0510 : 267 Kg/m³
 - Batu 1025 : 803 Kg/m³
 - Tipe D-VZ : (dosis*(semen+fly ash))/SG tipe D-VZ
- Percobaan 1 = $(0,00\% \times (372+48)) / 1,18 = 0\text{ ltr/m}^3$
Percobaan 2 = $(0,35\% \times (372+48)) / 1,18 = 1,25\text{ lt/m}^3$
Percobaan 3 = $(0,75\% \times (372+48)) / 1,18 = 2,67\text{ lt/m}^3$
Percobaan 4 = $(1,1\% \times (372+48)) / 1,18 = 3,92\text{ lt/m}^3$

Dalam penelitian ini benda uji yang digunakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Benda uji silinder ini digunakan untuk menguji berapa nilai kuat tekan dari perbandingan komposisi variasi dosis admixture tipeD-VZ.

Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan penelitian dimulai dari persiapan sampai pengambilan kesimpulan dan saran



Metode Pengadukan Beton

Setelah pembuatan komposisi pada *Mix Design* selesai dilakukan, selanjutnya adalah pembuatan benda uji. Dalam pembuatan benda uji dilakukan beberapa tahapan pembuatan benda uji :

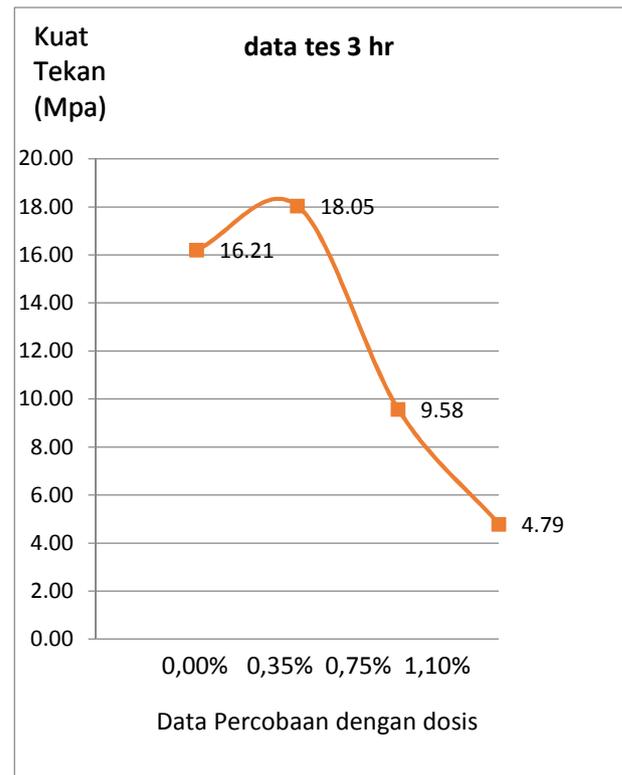
1. Menyiapkan mesin pencampur beton kecil (*minipot*) untuk membuat benda uji. Dalam proses pencampuran *beton* semua material dimasukkan kedalam mesin pencampur beton sampai rata, kemudian hasil campuran dapat langsung dimasukkan dalam cetakan yang sudah disiapkan.
2. Menyiapkan cetakan dan member pelumas pada bagian dalam cetakan silinder. 15x30 cm , cetakan tersebut akan dipakai untuk mencetak benda uji dari campuran adukan beton dari desain yang dibuat untuk penelitian ini.
3. Menimbang material yang digunakan sesuai dengan mix design ,batu, pasir, semen, fly ash , air dan liter admixture tipe D-VZ , menggunakan pan atau wadah yang sesuai untuk menimbang material/menakar liter an material tersebut.
4. Memasukan dan me-mixing kerikil dan pasir terlebih dahulu kedalam mesin pengaduk beton (*minipot*).
5. Menimbang air yang akan digunakan sesuai dengan mix design yang direncanakan.
6. Memasukan dan menjadikan satu mixing untuk semen dan fly ash dengan mixing-an batu dan pasir, sampai tercampur dengan rata (*Homogen*).
7. Setelah semua material tercampur rata kemudian tambahkan air sesuai kebutuhan, lalu mixing lagi hingga rata.
8. Lakukan cek slump secara visual , jika kurang maka tambah air secukupnya sampai dengan slump target tercapai .
9. Tuang beton yang sudah jadi pada gerobak , aduk secara manual , lalu lakukan slump aktual, slump yang didapat catat sebagai data mixing desain beton yang ada .
10. Masukan beton segar kedalam cetakan yang telah disediakan.
11. Setelah 24 jam , cetakan dibuka , kemudian benda uji yang terbuat di kelompokkan, dan dirawat dengan cara direndam didalam bak air yang telah disediakan.

Data Uji Percobaan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan saat beton berumur 3 hari , 7 hari , 14 hari , dan 28 hari , dari setiap percobaan yang ada (percobaan 1 ,2, 3, 4).

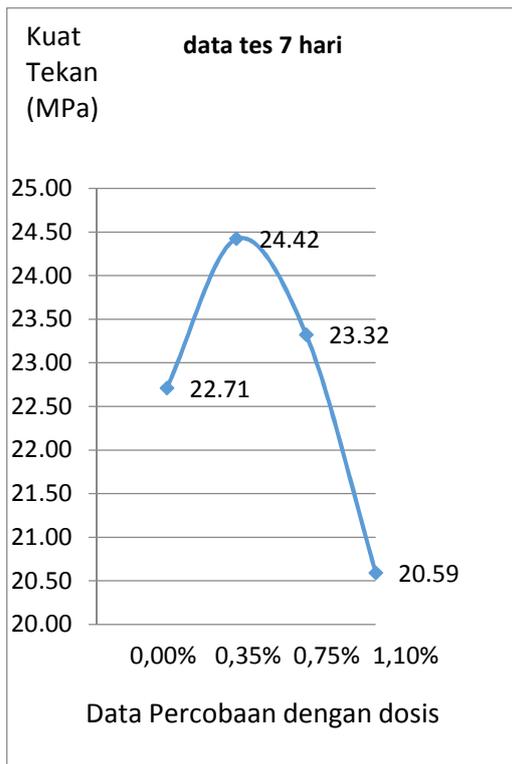
Dengan parameter utama adalah target kuat tekan umur 28 hari , berikut adalah hasil pengujian kuat tekan seperti pada tabel dan grafik dibawah ini :

1. Kuat tekan 3 hari



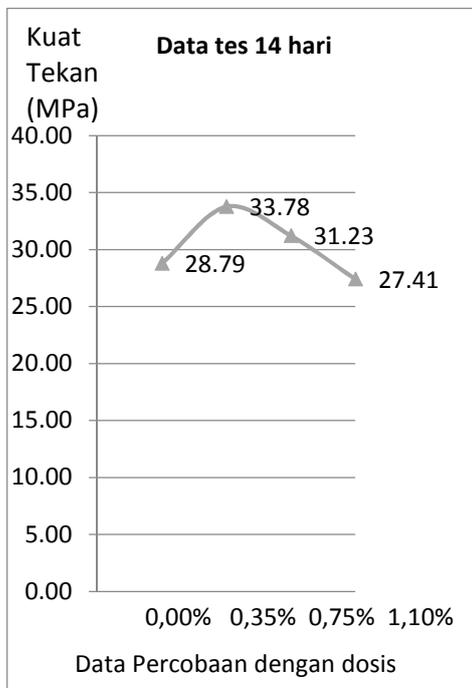
Gambar grafik kuat tekan 3 hari percobaan admixture tipe D, dengan dosis 0,00%, 0,35% , 0,75% , 1,10%.
(sumber : olah data)

2. Kuat tekan 7 hari



Gambar grafik kuat tekan 7 hari percobaan admixture tipe D, dengan dosis 0,00%, 0,35% , 0,75% , 1,10%.
(sumber : olah data)

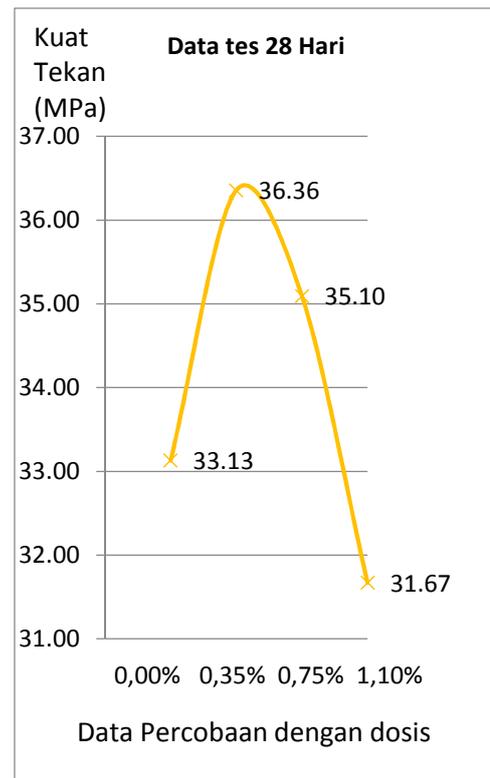
3. Kuat tekan 14 hari



Gambar grafik kuat tekan 14 hari percobaan admixture tipe D, dengan dosis 0,00% , 0,35% , 0,75% , 1,10%.

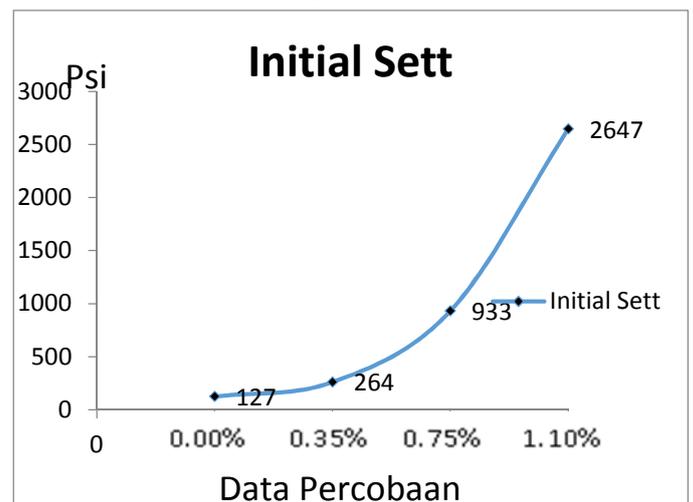
(sumber : olah data)

4. Kuat tekan 28 hari



Gambar grafik kuat tekan 28 hari percobaan admixture tipe D, dengan dosis 0,00% , 0,35% , 0,75% , 1,10%.
(sumber : olah data)

Hasil Percobaan 1,2,3,dan 4 untuk tes Initial Sett nya

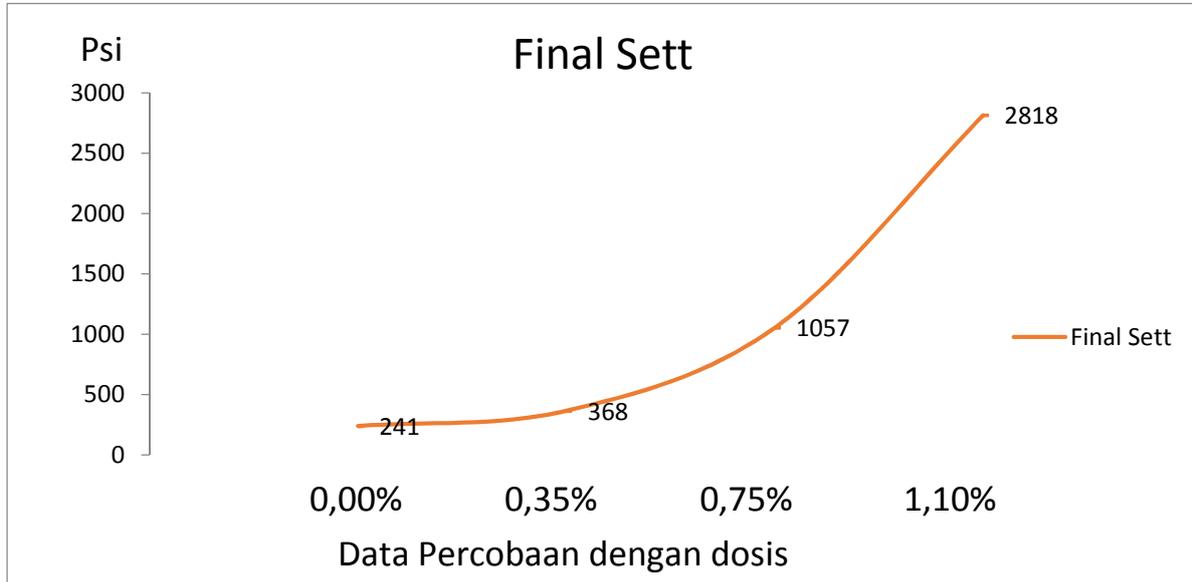


Grafik Initial Sett percobaan dengan dosis tanpa admixture tipe D , dengan dosis 0,35% , 0,75% , 1,10%.

Dari gambar grafik tersebut untuk desain percobaan 1 tanpa admixture tipe D-VZ , dosis 0,00% , inisial settnya adalah 127 menit atau 2jam 7 menit , sedangkan untuk desain percobaan 2 admixture tipe D-VZ , dosis 0,35% , inial settnya adalah 264 menit atau 4 jam 24

menit ,sedangkan untuk desain percobaan 3 admixture tipe D-VZ , dosis 0,75% , inial settnya adalah 933 menit atau 15 jam 33 menit ,sedangkan untuk desain percobaan 4 admixture tipe D-VZ , dosis 1,10% , inial settnya adalah 2647 menit atau 44 jam 7 menit

Hasil Percobaan 1,2,3,dan 4 untuk tes Final Sett nya



Grafik Final Sett percobaan dengan dosis tanpa admixture tipe D , dengan dosis 0,35% , 0,75% , 1,10%.

Dari gambar grafik tersebut diatas, Untuk desain percobaan 1 tanpa admixture tipe D-VZ , dosis 0,00% , inial sett nya adalah 241 menit atau 4 jam 1 menit , sedangkan untuk desain percobaan 2 tanpa admixture tipe D-VZ , dosis 0,35% , inial sett nya adalah 368 menit atau 6 jam 8 menit ,sedangkan untuk desain percobaan 3 tanpa admixture tipe D-VZ , dosis 0,75% , inial settnya adalah 1057 menit atau 17 jam 37 menit ,sedangkan untuk desain percobaan 4 tanpa admixture tipe D-VZ , dosis 1,10% , inial sett nya adalah 2818 menit atau 46 jam 58 menit

KESIMPULAN

Sesuai dengan rumusan masalah studi yaitu bagaimana desain proporsi campuran beton dengan menggunakan variasi dosis admixture tipe D dan bagaimana pengaruh dosis admixture tipe D pada kuat tekan dan setting time beton yang ada . Dari hasil studi dan pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya , dapat diperoleh kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Terkait kuat tekan Beton

Secara umum acuan kuat tekan beton adalah pada umur 28 hari , prosentase dosis optimum yang menghasilkan kuat tekan terbaik dari percobaan variasi dosis tersebut adalah pada prosentase dosis 0,35%.

Dan untuk dosis 1,1% , kuat tekan f_c 30 MPa masih bisa tercapai

2. Terkait waktu untuk Setting Time

a. Terkait Inisial Sett

Pemakaian dan Penambahan dosis admixture tipe D-VZ pada beton , ternyata berdampak pada proses pengerasan beton (adanya perlambatan pengersasan beton), dengan parameter beton non penambahan

admixture tipe D-VZ, percobaan 1 dengan dosis 0,00% menghasilkan inisial sett sebesar 127 menit , data perlambatan pengersaan pada percobaan 2,3 dan 4 sebagai berikut : Untuk desain percobaan 2 dengan admixture tipe D-VZ , dosis 0,35% , data inisial sett nya 267 menit , jadi mengalami lebih lambat untuk waktu inisial sett nya sebesar 137 menit atau lebih lambat 2 jam 17 menit dari inisial sett percobaan 1. Untuk desain percobaan 3 dengan admixture tipe D-VZ , dosis 0,75% , data inisial sett nya 933 menit , jadi mengalami lebih lambat untuk waktu inisial sett nya sebesar 806 menit atau lebih lambat 13 jam 26 menit dari inisial sett percobaan 1. Untuk desain percobaan 4 dengan admixture tipe D-VZ , dosis 1,10% , data inisial sett nya adalah 2647 menit , jadi mengalami waktu lebih lambat untuk waktu inisial sett nya 2520 menit atau lebih lambat 42 jam 0 menit atau lebih lambat 1 hari 18 jam 0 menit dari inisial sett percobaan 1.

b. Terkait Final Sett

Dengan parameter beton non penambahan admixture tipe D-VZ, percobaan 1 dengan dosis 0,00% menghasilkan Final sett sebesar 241 menit , data perlambatan pengersaan pada percobaan 2,3 dan 4 sebagai berikut :

Untuk desain percobaan 2 dengan admixture tipe D-VZ , dosis 0,35% , data final set nya adalah 368 menit , jadi mengalami waktu lebih lambat untuk waktu final set nya sebesar 127 menit atau lebih lambat 2 jam 7 menit dari waktu final set percobaan 1. Untuk desain percobaan 3 dengan admixture tipe D-VZ , dosis 0,75% , data final set nya adalah 1057 menit , jadi mengalami waktu lebih lambat untuk waktu final set nya sebesar 816 menit atau lebih lambat 13 jam 36 menit dari waktu final set percobaan 1. Untuk desain percobaan 4 dengan admixture tipe D-VZ , dosis 1,10% , data final set nya adalah 2818 menit , jadi mengalami lebih lambat untuk waktu final set nya sebesar 2577 menit atau lebih lambat 42 jam 57 menit atau lebih lambat 1 hari 18 jam 57 menit dari waktu final set percobaan 1.

3. Berdasar SNI Beton 2013 , evaluasi dari beton dengan kuat tekan sesuai kuat tekan rencana adalah lulus

Saran

Dari kesimpulan yang di peroleh, maka dapat diberikan saran yaitu sebagai berikut :

1. Bahwa desain dengan penambahan admixture tipe D-VZ akan menghasilkan kuat tekan lebih besar dari desain tanpa admixture tipe D-VZ , jika memakai dosis draft pada brosur admixture tipe D tersebut , kuat tekan paling optimum adalah 0,35%.
2. Untuk kondisi khusus , proyek yang jauh dari pabrik readymix dan readymix tersebut truk mixer nya dengan jumlah sedikit , sehingga interval beton lama dengan beton baru sangat jauh(lama) , maka pilihan over dosis dari dosis draft brosur adalah salah satu solusi agar beton baru dengan beton lama masih monolit tidak *cold joint* (= *sambungan beton yang tidak menyatu dengan beton sebelumnya*).
3. Untuk praktisi beton baik kontraktor , ataupun konsultan pengawas proyek , lebih baik mempunyai data valid (lebih bagus kalau dari trial sendiri) , bahwa kasus beton long setting yang dikarenakan over dosis admixture tipe D-VZ , mempunyai kuat tekan 28 hari yang juga tercapai kuat tekan rencana.
4. Berdasar SNI beton 2847:2013 , jika merasa ragu terhadap beton yang terpasang , maka bisa dilakukan dengan tes lapangan yaitu *core drill* (*pengambilan beton pada struktur beton yang terpasang dengan cara di lubang*) , sebagai catatan pengujian lapangan metode Hamer Tes hanya dipakai untuk mengetahui

nilai keseragaman beton saja , tidak bisa dijadikan parameter pada mutu beton terpasang.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM Standard C33. (2006). "*Specification for Concrete Aggregates*".
- ASTM Standard C143. (2005). *Standard Test Method for Slump of Hydraulics Cement Concrete*.
- ASTM Standard C642. (2006). "*Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*". West Conshocken
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. "*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*". SNI 03-2847-2002. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. "*Spesifikasi Abu Terbang dan Pozzolan lainnya untuk digunakan dengan kapur*". SNI 06-6867-2002. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standardisasi Nasional. 2004, "*Semen Portland*", SNI 15-2049-2004. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta: Departemen PU
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. "*Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*". SNI 03-2847-2013. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Departemen Pekerjaan Umum. 2002, "*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*", SNI 03 – 2847 - 2002. Bandung: BSN
- Mulyono, Tri (2005). "*Teknologi Beton*". Yogyakarta: Andi Offset
- PBI, 1971. "*Peraturan Beton Bertulang Indonesia*". Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung
- Samekto, Wuryati. dan Rahmadiyanto, Candra. (2001). "*Teknologi Beton*". Yogyakarta
- Kanisius. Sutikno. (2010), "*Teknologi Beton*". Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya
- Sri Murni Dewi , Lutfi Djakfar , 2008 , " Statistika Dasar" , untuk tehnik sipil
- Djarwanto Ps , Pangestu Subagyo , Edisi ke 4,(1993)"Statistika Induktif " Dosen Univ. Sebelas Maret Solo dan Dosen Univ. Gajah Mada
- Syofan Siregar , (2010), " Statistika deskriptif untuk Penelitian"
- Paul Nugraha , Antoni . (2007). " Teknologi Beton dari Material , Pembuatan, Beton Kinerja Tinggi " Yogyakarta Universitas Kristen Petra.