

TUGAS AKHIR

**PENELITIAN LABORATORIUM
PENGARUH VARIASI SUHU PEMBAKARAN DAN
PERLAKUAN BETON PASCA BAKAR TERHADAP
PENURUNAN KUAT DESAK, MODULUS ELASTISITAS,
DAN KUAT GESER BETON**



Disusun oleh :

AMAT QOLYUBI
No. Mhs. 93 310 021
Nirm. 930051013114120021

DINA RAHMANI
No. Mhs. 93 310 083
Nirm. 930051013114120082

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1998**

TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM
PENGARUH VARIASI SUHU PEMBAKARAN DAN
PERLAKUAN BETON PASCA BAKAR TERHADAP
PENURUNAN KUAT DESAK, MODULUS ELASTISITAS, DAN
KUAT GESER BETON

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun oleh :

Amat Qolyubi
No. Mhs. 93 310 021
Nirm. 930051013114120021

Dina Rahmani
No. Mhs. 93 310 083
Nirm. 930051013114120082

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1998

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM
PENGARUH VARIASI SUHU PEMBAKARAN DAN
PERLAKUAN BETON PASCA BAKAR TERHADAP
PENURUNAN KUAT DESAK, MODULUS ELASTISITAS, DAN
KUAT GESER BETON

Disusun oleh :

Amat Qolyubi
No. Mhs. 93 310 021
Nirm. 930051013114120021

Dina Rahmani
No. Mhs. 93 310 083
Nirm. 930051013114120082

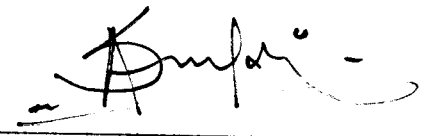
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H.M. Samsudin, MT

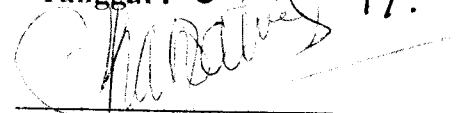
Dosen Pembimbing I

Ir. Suharyatmo, MT

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 6 - 1 - 99.



Tanggal : 31 - 12 - 98

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAKSI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metode Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Beton	5
2.2 Bahan Penyusun Beton	6
2.2.1 Semen	6
2.2.2 Air	7
2.2.3 Agregat	8
2.3 Kekuatan Beton	10
2.3.1 Faktor air semen (f.a.s)	10
2.3.2 Umur beton	12
2.3.3 Jenis semen	14
2.3.4 Jumlah semen	15
2.3.5 Sifat agregat	15

2.4 Perancangan Campuran Beton	16
2.4.1 Tujuan perancangan campuran beton	16
2.4.2 Metode DOE (Department Of Environment)	17
2.5 Metode Perawatan	27
2.6 Metode Pembakaran	28
2.7 Pengaruh Temperatur Pemanasan pada Beton	29
2.7.1 Sifat pasta semen pada temperatur tinggi	29
2.7.2 Sifat agregat pada temperatur tinggi	30
2.7.3 Sifat fisik beton pada temperatur tinggi	31
2.7.4 Pengaruh temperatur pada kuat desak beton	31
2.7.5 Pengaruh temperatur pada modulus elastisitas beton	32
2.8 Metode Pengujian	33
2.8.1 Metode pengujian kuat desak	33
2.8.2 Metode pengujian modulus elastisitas	34
2.8.3 Metode pengujian kuat geser	35
 BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN	 37
3.1 Tinjauan Umum	37
3.2 Persiapan Bahan dan Alat	37
3.3 Perhitungan Campuran Beton	39
3.4 Pelaksanaan Penelitian	42
3.4.1 Pembuatan benda uji	42
3.4.2 Perawatan benda uji	43
3.4.3 Pembakaran benda uji	44
3.4.4 Pengujian	45
 BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	 48
4.1 Hasil Penelitian	48
4.1.1 Hasil uji kuat desak	48
4.1.2 Hasil uji modulus elastisitas	50
4.1.3 Hasil uji kuat geser	52

4.2 Pembahasan	54
4.2.1 Keadaan fisik beton	54
4.2.2 Kuat desak beton	55
4.2.3 Modulus elastisitas beton	58
4.2.4 Kuat geser beton	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

No.	Nama Tabel	Hlm
2.1	Batas-batas gradasi untuk agregat halus	9
2.2	Batas-batas gradasi untuk agregat kasar	9
2.3	Perkiraan kuat tekan beton (Mpa) dengan fas 0,50	20
2.4	Persyaratan fas maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus	22
2.5	Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton (liter)	22
2.6	Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus	23
2.7	Batas gradasi pasir	24
3.1	Daftar peralatan	38
4.1	Hasil uji kuat desak beton normal suhu kamar (30°C)	48
4.2	Hasil uji kuat desak beton untuk pembakaran suhu 200°C	49
4.3	Hasil uji kuat desak beton untuk pembakaran suhu 400°C	49
4.4	Hasil uji kuat desak beton untuk pembakaran suhu 600°C	50
4.5	Hasil uji desak beton rata-rata dan %penurunan terhadap beton normal yang tidak di bakar (suhu 30°C)	50
4.6	Hasil uji modulus elastisitas rata-rata %penurunan terhadap beton suhu kamar (30°C)	51
4.7	Hasil uji kuat geser beton suhu kamar (30°C)	52
4.8	Hasil uji kuat geser beton untuk pembakaran suhu 200°C	53
4.9	Hasil uji kuat geser beton untuk pembakaran suhu 400°C	53
4.10	Hasil uji kuat geser beton untuk pembakaran suhu 600°C	53
4.11	Hasil uji kuat geser beton rata-rata dan %penurunan terhadap beton normal suhu kamar (30°C)	54
4.12	Perbandingan modulus elastisitas antara hasil eksperimen dan rumus empiris	58

DAFTAR GAMBAR

No.	Nama Gambar	Hlm
2.1	Hubungan antara f.a.s dengan kuat tekan beton	11
2.2	Hubungan antara kepadatan dengan kuat tekan beton	12
2.3	Diagram laju kenaikan kuat tekan beton	13
2.4	Pengaruh f.a.s terhadap laju kenaikan kuat desak beton	13
2.5	Kuat tekan beton untuk berbagai jenis semen	14
2.6	Hubungan f.a.s dan kuat tekan rata-rata silinder beton	19
2.7	Grafik mencari faktor air semen	20
2.8a	Grafik presentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 10 mm	25
2.8b	Grafik presentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 20 mm	25
2.8c	Grafik presentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 40 mm	26
2.9	Grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran, dan berat beton	27
2.10	Perubahan volume pasta semen akibat perubahan temperatur	30
2.11	Perubahan E – modulus elastisitas	32
2.12	Pengujian kuat desak	33
2.13	Pengujian modulus elastisitas	35
2.14	Pengujian kuat geser	36
4.1	Grafik tegangan – regangan gabungan (alami)	51
4.2	Grafik tegangan – regangan gabungan (siram)	52
4.3	Grafik tegangan desak beton	56
4.4	Grafik prosentase penurunan tegangan desak	57
4.5	Grafik kuat modulus elastisitas	59
4.6	Grafik prosentase penurunan kuat modulus elastisitas	60
4.7	Grafik kuat geser beton	62

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Hasil Pemeriksaan Pasir
- Lampiran 2. Hasil Pemeriksaan Kerikil
- Lampiran 3. Pemeriksaan Keausan Agregat (Abrasi Test)
- Lampiran 4. Tabel Tegangan - Regangan Beton Normal Suhu Kamar
(1.30. ME, 2.30. ME, 3.30. ME)
- Lampiran 5. Grafik Tegangan - Regangan Suhu Kamar (30°)
- Lampiran 6. Tabel Tegangan - Regangan Beton untuk Pembakaran Suhu 200
(Alami)
- Lampiran 7. Grafik Tegangan - Regangan Beton Suhu 200 (Alami)
- Lampiran 8. Tabel Tegangan - Regangan Beton untuk Pembakaran Suhu 200
(Siram)
- Lampiran 9. Grafik Tegangan - Regangan Beton Suhu 200 (Siram)
- Lampiran 10. Tabel Tegangan - Regangan Beton untuk Pembakaran Suhu 400
(Alami)
- Lampiran 11. Grafik Tegangan - Regangan Beton Suhu 400 (Alami)
- Lampiran 12. Tabel Tegangan - Regangan Beton untuk Pembakaran Suhu 400
(Siram)
- Lampiran 13. Grafik Tegangan - Regangan Beton Suhu 400 (Siram)
- Lampiran 14. Tabel Tegangan - Regangan Beton untuk Pembakaran Suhu 600
(Alami)

- Lampiran 15. Grafik Tegangan - Regangan Beton Suhu 600 (Alami)
- Lampiran 16. Tabel Tegangan - Regangan Beton untuk Pembakaran Suhu 600 (Siram)
- Lampiran 17. Grafik Tegangan - Regangan Beton Suhu 600 (Siram)
- Lampiran 18. Tabel Modulus Elastisitas Beton diambil dari Modulus Sekan dan Dibandingkan dengan Hasil dari Perhitungann Rumus Empiris
- Lampiran 19. Foto - foto Pelaksanaan Penelitian
- Lampiran 20. Kartu Peserta Tugas Akhir

ABSTRAKSI

Salah satu sifat penting dari struktur beton adalah masalah keawetan, yaitu kemampuan beton untuk menahan pengaruh kimia, fisika, mekanis, dan bakteri yang bisa merusak struktur beton tersebut. Contoh kerusakan beton yang diakibatkan oleh pengaruh fisika adalah terjadinya kebakaran.

Dampak kebakaran yang terjadi pada suatu bangunan menimbulkan beberapa masalah dan kerugian yang tidak sedikit. Salah satu masalah adalah kemampuan struktur beton tersebut untuk menahan beban yang ada setelah terjadi kebakaran, apakah struktur tersebut masih mampu menahan beban yang ada seperti pada desain awal, dialihfungsikan untuk keperluan lain sesuai dengan beban yang mampu ditahannya atau perlu direnovasi total.

Penelitian ini dilakukan dengan cara membakar benda uji beton secara langsung, dengan maksud mendekati kejadian yang sebenarnya. Untuk perlakuan pendinginan terhadap benda uji setelah di bakar dilakukan dengan dua cara yaitu dibiarkan dingin secara alami dan didinginkan dengan cara di siram. Dari penelitian tersebut akan dapat diketahui seberapa jauh penurunan kuat desak, modulus elastisitas, dan kuat geser beton setelah di bakar, atau kemungkinan adanya kenaikan kekuatan.

Hasil penelitian menunjukkan penurunan kekuatan, baik kuat desak, modulus elastisitas, maupun kuat geser setelah beton mengalami pembakaran, kecuali kuat desak pada beton yang di bakar pada suhu 200°C dengan perlakuan pendinginan di siram mengalami kenaikan sebesar 1,56%.

Tegangan desak, modulus elastisitas, dan tegangan geser pada beton yang di bakar dengan perlakuan di siram pada pendinginannya, mempunyai nilai lebih tinggi dari pada beton yang didinginkan secara alami, untuk suhu 200°C dan 400°C. Tetapi untuk suhu 600°C terjadi sebaliknya.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu sifat penting dari struktur beton adalah masalah keawetan, yakni kemampuan beton untuk menahan pengaruh kimia, fisika, mekanis, dan bakteri yang akan merusak struktur beton tersebut. Contoh kerusakan beton yang diakibatkan oleh pengaruh fisika adalah terjadinya kebakaran.

Akhir-akhir ini kebakaran sering dibicarakan karena merupakan salah satu bencana yang banyak terjadi. Kebakaran bisa disebabkan dari api kompor dapur, hubungan pendek arus listrik, petir, ataupun memang sengaja di bakar.

Salah satu upaya penanganan pada bangunan yang terbakar adalah dengan mendatangkan pasukan pemadam kebakaran yang akan memadamkan api dan mendinginkan bangunan dengan menyemprotkan air secara terus menerus dengan selang. Tetapi ada kalanya usaha tersebut tidak dapat dilakukan atau tidak maksimal karena berbagai kendala, seperti lokasi kebakaran yang sangat jauh dan sulit di jangkau, atau mengalami kesulitan dalam penyediaan air. Dalam kondisi demikian upaya pemadaman api hanya dilakukan seadanya atau terbatas sehingga bangunan akan mengalami pendinginan dengan sendirinya (alami).

Dampak kebakaran yang terjadi pada suatu bangunan menimbulkan kerugian yang tidak sedikit, apalagi jika tingkat kebakaran tersebut sangat hebat sehingga

bangunan tersebut rusak berat dan harus di renovasi total. Namun demikian tidak tertutup kemungkinan untuk tetap memfungsikan suatu bangunan pasca kebakaran mengingat biaya renovasi yang mahal. Penyelidikan pada bahan yang di pakai diperlukan untuk mengetahui kelayakan struktur dipergunakan kembali dengan fungsi yang berbeda sesuai dengan kapasitasnya.

Beberapa penyelidikan telah dilakukan pada bangunan yang terbakar seperti: perkiraan suhu dan lama kebakaran, jenis dan dimensi elemen struktur, kekuatan beton setelah terbakar dengan *semi destructive (core drill)* dan *non destructive (hammer test)*. Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap kuat desak, modulus elastisitas, dan kuat geser beton setelah dilakukan pembakaran pada beberapa suhu. Panas api tungku dalam penelitian ini tidak mutlak sama dengan panas api saat kebakaran, namun demikian hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu pemikiran dalam mempertimbangkan pemakaian kembali struktur beton pada bangunan setelah terbakar.

1.2. Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan besar kuat desak, modulus elastisitas, dan kuat geser beton pasca bakar kemudian membandingkannya dengan besar kuat desak, modulus elastisitas, dan kuat geser beton yang tidak di bakar sehingga dapat diketahui seberapa besar penurunannya.
2. Mengetahui apakah ada perbedaan kekuatan, baik kekuatan desak, modulus elastisitas maupun kekuatan geser beton pasca bakar akibat adanya perbedaan perlakuan pendinginan.

3. Mengetahui apakah rumus $4700\sqrt{f'_c}$ masih berlaku untuk beton pasca bakar.

1.3. Manfaat Penelitian

1. Sebagai bahan pertimbangan bagi konsultan, kontraktor, dan instansi terkait dalam menghitung struktur bangunan setelah mengalami kebakaran.
2. Aplikasinya terhadap beton yang sudah terbakar, sebagai salah satu masukan untuk dapat diketahui apakah bangunan tersebut masih mampu menerima beban yang ada seperti saat sebelum terbakar.

1.4. Batasan Masalah

1. Disain campuran beton di buat dengan menggunakan metode Department Of Environment (DOE).
2. Mutu beton direncanakan sebesar $f'_c = 20 \text{ Mpa}$.
3. Benda uji untuk kuat desak dan modulus elastisitas berbentuk silinder dengan diameter 150 mm, tinggi 300 mm, sedangkan untuk uji kuat geser berbentuk balok dengan ukuran 100mm x 100mm x 400mm.
4. Agregat kasar berupa split (batu pecah) berasal dari Clereng, agregat halus berupa pasir berasal dari Brosot, semen Nusantara (tipe I), dan air dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, FTSP, UII.
5. Adukan beton yang di campur dengan molen di anggap homogen.
6. Variasi suhu pembakaran adalah 200°C, 400°C, dan 600°C. Perlakuan setelah di bakar adalah dibiarkan dingin secara alami dan di siram air.
7. Benda uji di bakar selama 4 jam. Pada masing-masing pengujian di ambil 3(tiga) benda uji yang tidak di bakar yang akan di pakai sebagai pembanding.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan berupa serangkaian percobaan di laboratorium, meliputi :

1. Pemeriksaan agregat halus yang meliputi pemeriksaan kandungan lumpur, berat jenis, dan gradasi pasir, kemudian pemeriksaan agregat kasar yang meliputi pemeriksaan ketahanan aus, berat jenis, dan gradasi split.
2. Desain campuran beton menggunakan metode DOE.
3. Perawatan benda uji dilakukan setelah cetakan di buka dan di rendam dalam bak air selama 28 hari.
4. Pembakaran benda uji dilakukan setelah berumur 28 hari. Pembakaran menggunakan tungku bakar dengan variasi suhu 200°C, 400°C, dan 600°C.
5. Pada masing-masing pengujian terdapat sampel yang tidak di bakar yang akan digunakan sebagai pembanding. Jumlah benda uji pada masing-masing suhu dan perlakuan 5 buah untuk pengujian kuat desak dan 3 buah untuk pengujian modulus elastisitas dan kuat geser.
6. Perlakuan pada benda uji setelah di bakar adalah di siram dan dibiarkan dingin secara alami.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Beton

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SK SNI T-15-1991-03,1991).

Salah satu kebaikan beton adalah termasuk bahan yang berkekuatan tekan tinggi. Bila di buat dengan cara yang baik, kuat tekannya dapat sama dengan batuan alami (Kardiyono,1996).

Beton menunjukkan adanya kenaikan kuat desak pada temperatur 200-300°C, tetapi di atas 400°C kuat desak hanya mencapai 90% di kuat desak normal dan maksimal 40% pada suhu 700°C (Neville,1987). Dugaan Neville dibuktikan oleh Mindess bahwa kuat desak beton dapat dipertahankan sampai dengan 300°C, lebih dari itu kuat desak akan menurun.

Malhotra juga menyatakan bahwa nilai kuat desak beton setelah dipanaskan tergantung bahan dan metode penelitiannya, yaitu untuk beton ringan dengan kepadatan 2000 kg/m³ dan beton biasa dengan kepadatan 2400 kg/m³. Demikian juga dengan Hakime Faruq, dia membuktikan bahwa kuat tekan beton

ringan (agregat lempung bekah) setelah dipanaskan pada suhu 200°C lebih tinggi daripada kuat tekan pada suhu kamar (Hakimei Faruq, 1993).

Sedangkan Hansen menyatakan nilai modulus elastisitas menurun 25% jika dipanaskan sampai dengan suhu 500°F dan turun 50% jika dipanaskan suhu 800°F.

2.2. Bahan Penyusun Beton

2.2.1. Semen

Semen merupakan salah satu unsur pengikat pembentuk beton. Suatu semen jika di aduk dengan air akan terbentuk adukan pasta semen, sedangkan jika di aduk dengan air kemudian di tambah pasir menjadi mortar semen, jika di tambah lagi dengan kerikil/batu pecah di sebut beton. Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat dan untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran.

Semen portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis, bersama bahan tambahan yang biasa digunakan adalah gypsum (Kardiyono, 1996). Peraturan Bahan Bangunan Indonesia (PUBI, 1982) menggolongkan semen menjadi 5 jenis, yaitu :

- a) Jenis I, untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus.
- b) Jenis II, di pakai untuk menanggulangi gangguan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.
- c) Jenis III, pemakaiannya menuntut persyaratan kekuatan awal tinggi.

- d) Jenis IV, pemakaiannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.
- e) Jenis V, untuk melindungi beton dari gangguan sulfat tinggi.

2.2.2. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting, namun demikian untuk mendapatkannya relatif mudah dan murah. Air dalam adukan diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan melumasi butiran agregat agar mudah dikerjakan.

Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang dipakai waktu proses hidrasi berlangsung. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi hanya kira-kira 25% dari berat semennya, penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras (Kardiyono,1996). Namun demikian air kelebihan dari yang diperlukan untuk proses hidrasi pada umumnya memang diperlukan pada pembuatan beton, agar adukan beton dapat di campur dengan baik, di angkut dengan mudah, dan dapat di cetak tanpa rongga-rongga yang besar (tidak keropos).

Secara umum, air yang dipakai untuk bahan pencampur beton adalah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling. Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung khlorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.

4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Untuk air perawatan, dapat di pakai juga air yang di pakai untuk pengadukan, tetapi harus tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan hingga tidak sedap di pandang.

2.2.3. Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Walaupun hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar/betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar/beton.

Agregat dalam beton memiliki porsi terbesar yaitu sebesar 60% - 80% dari volume beton, dengan demikian gradasi agregat harus diupayakan saling mengisi menjadi satu kesatuan massa yang utuh, homogen, dan kompak, yaitu agregat berdiameter kecil mengisi ruang kosong diantara agregat besar (Nawy,1990). Karena itu untuk mendapatkan beton yang baik, diperlukan agregat yang berkualitas baik pula. Agregat yang baik untuk pembuatan beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (PBI,1971) :

1. Harus bersifat kekal, herbutir tajam dan kuat
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5% untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar.
3. Tidak mengandung bahan-bahan organis dan zat-zat yang reaktif alkali.
4. Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori.

a) Agregat halus

Agregat halus adalah agregat berdiameter lolos saringan 4,80 mm. British Standard menyebutkan bahwa distribusi butiran agregat halus di bagi menjadi empat daerah gradasi seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1 Batas-batas gradasi untuk agregat halus (Kardiyono,1996)

Lubang ayakan (mm)	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
4,8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Keterangan : daerah I= pasir kasar
daerah II= pasir agak kasar
daerah III= pasir agak halus
daerah IV= pasir halus

b) Agregat kasar

Agregat kasar ialah agregat yang berukuran diameter butiran lebih besar dari 4,80 mm, dapat berasal dari batu alam (kerikil atau batu pecah) dan agregat buatan split. Distribusi ukuran agregat kasar terbagi dalam Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Batas-batas gradasi untuk agregat kasar (Kardiyono,1996)

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan	
	besar butir maks 40 mm	besar butir maks 20 mm
40	95 - 100	100
20	30 - 70	95 - 100

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan	
	besar butir maks 40 mm	besar butir maks 20 mm
10	10 - 35	25 - 55
4,8	0 - 5	0 - 10

Jenis agregat kasar yang umum adalah (Nawy,Edward.G,1990) :

1. Batu pecah alami, di dapat dari cadas atau batu pecah alami yang di gali dari gunung api, jenis sedimen atau jenis metamorf.
2. Kerikil alami, terjadi akibat proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air yang mengalir.
3. Agregat kasar buatan, terutama berupa *slag* atau *shale* yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya merupakan hasil dari proses lain seperti dari *blast-furnace* dan lain-lain.

2.3. Kekuatan Beton

Beton dapat mempunyai kuat desak yang sangat tinggi, tetapi kuat tariknya sangat rendah. Kardiyono (1996) menyebutkan bahwa kuat desak beton dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya faktor air semen (fas) dan kepadatan, umur beton, jumlah semen, dan sifat agregat.

2.3.1. Faktor air semen (f.a.s)

Hubungan antara faktor air semen dengan kuat desak beton secara umum dapat ditunjukkan dengan rumus Duff Abrams,1919 (Kardiyono,1996), yaitu :

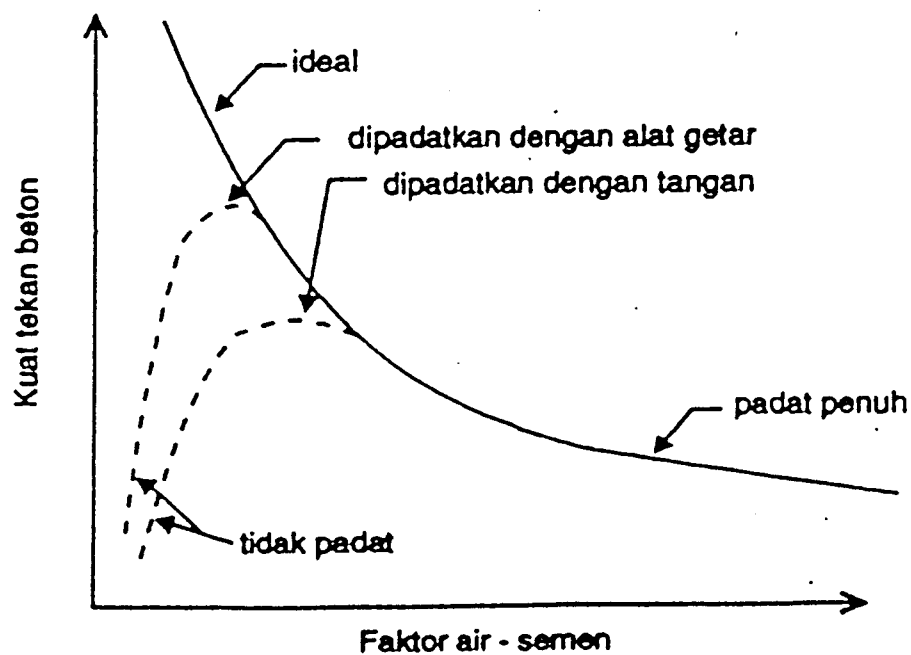
$$f_c = \frac{A}{B^{1.5X}} \quad (2.1)$$

di mana :

A, B = konstanta

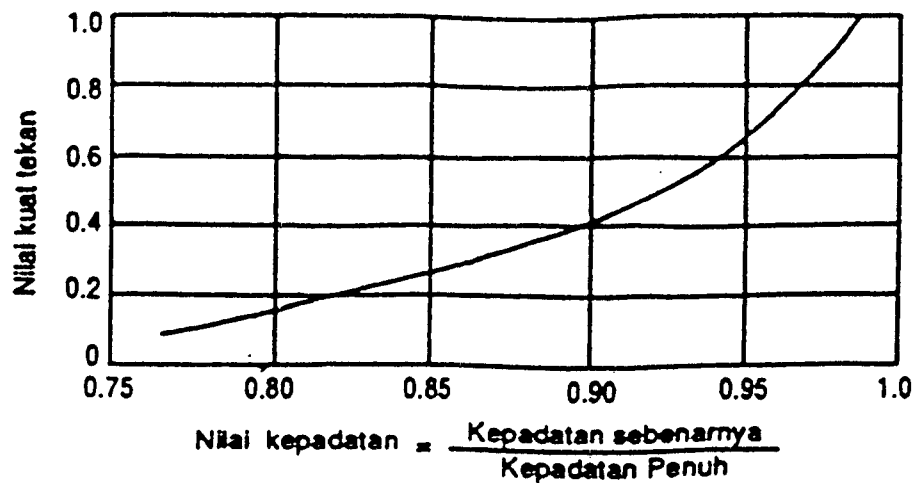
X = faktor air semen

Dari persamaan Duff Abrams ini dapat diketahui bahwa semakin rendah nilai faktor air semen maka semakin tinggi kekuatan desaknya, tetapi hal ini dibatasi oleh nilai f.a.s tertentu. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Hubungan antara f.a.s. dengan kuat tekan beton (Kardiyono, 1996)

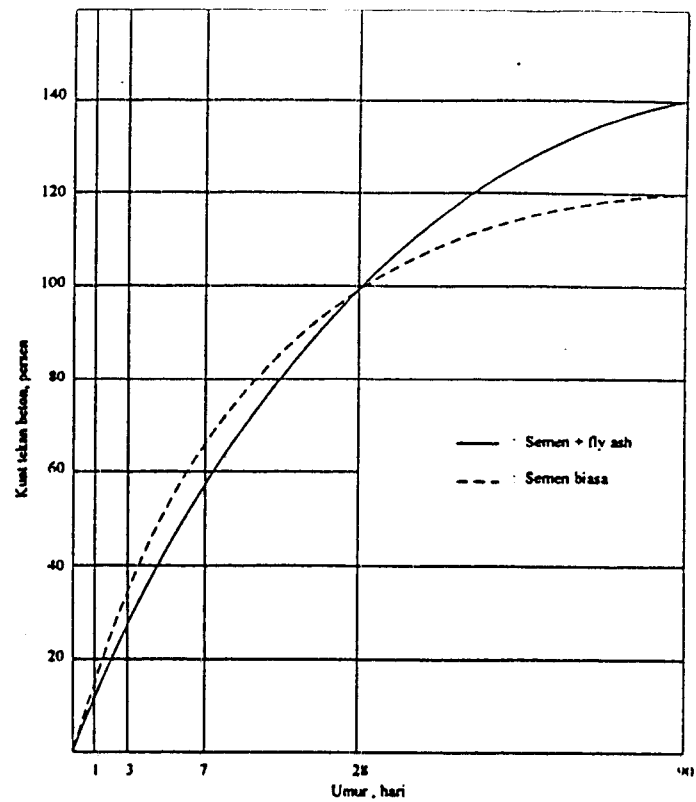
Kepadatan campuran beton sangat berpengaruh pada kuat desaknya. Setelah mengeras, hubungan antara kepadatan dan kuat desak disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 2.2



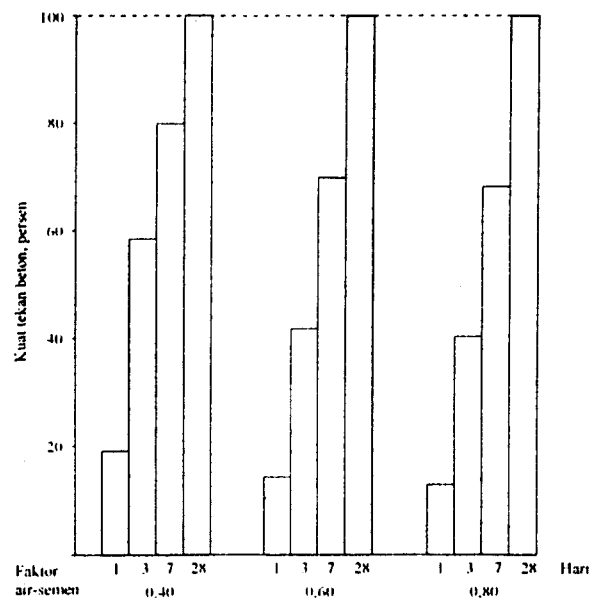
Gambar 2.2 Hubungan antara kepadatan dengan kuat tekan beton
(Kardiyono, 1996)

2.3.2. Umur beton

Kuat desak meningkat seiring dengan bertambahnya umur beton. Hal ini diperlihatkan dalam Gambar 2.3. Faktor air semen berpengaruh pada kecepatan meningkatnya nilai kuat desak. Bertambahnya nilai f.a.s. akan memperlambat kenaikan kuat desak beton dan sebaliknya semakin rendah f.a.s. semakin cepat kenaikan kuat desaknya sebagaimana terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.3 Diagram laju kenaikan kuat tekan beton (Kardiyono,1996)



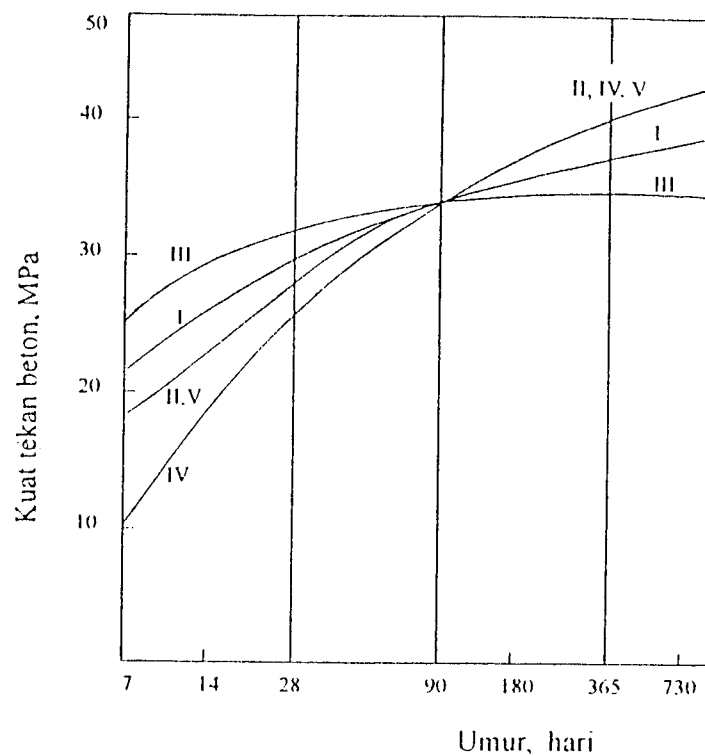
Gambar 2.4 Pengaruh f.a.s. terhadap laju kenaikan kuat desak beton (Kardiyono,1996)

2.3.3 Jenis semen

Peraturan Bahan Bangunan Indonesia (PUBI,1982) menggolongkan semen menjadi 5 jenis, yaitu :

- Jenis I, untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus.
- Jenis II, di pakai untuk menanggulangi gangguan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.
- Jenis III, pemakaiannya menuntut persyaratan kekuatan awal tinggi.
- Jenis IV, pemakaiannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.
- Jenis V, untuk melindungi beton dari gangguan sulfat tinggi.

Jenis-jenis semen tersebut mempunyai laju kenaikan kekuatan yang berbeda sebagaimana tampak pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kuat tekan beton untuk berbagai jenis semen (Kardiyono,1996)

2.3.4. Jumlah semen

Jumlah kandungan semen berpengaruh terhadap kuat desak beton sebagaimana diuraikan sebagai berikut ini.

Jika faktor air semen sama, (nilai slump berubah) beton dengan jumlah kandungan semen tertentu mempunyai kuat tekan tertinggi. Pada jumlah semen yang terlalu sedikit berarti jumlah air juga sedikit sehingga adukan beton sulit dipadatkan sehingga kuat tekan beton rendah. Namun jika jumlah semen berlebihan berarti jumlah air juga berlebihan sehingga beton mengandung banyak pori dan akibatnya kuat tekan beton rendah.

Jika nilai slump sama, (nilai faktor air semen berubah) beton dengan kandungan semen lebih banyak mempunyai kuat tekan lebih tinggi. Hal ini karena pada nilai slump sama jumlah air hampir sama, sehingga penambahan semen berarti pengurangan nilai faktor air semen, yang berakibat penambahan kuat desak beton.

2.3.5. Sifat agregat

Agregat yang berkualitas baik akan menghasilkan kuat desak yang tinggi. Volume terbesar dari bahan penyusun beton adalah volume agregat sehingga kekuatan agregat sangat berpengaruh terhadap kuat desak beton. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan agregat adalah sebagai berikut :

a) Permukaan dan bentuk agregat

Permukaan agregat menentukan kelekatan pasta semen diantara butiran, semakin kasar permukaan semakin tinggi daya lekatnya. Bentuk agregat yang

tidak beraturan adalah salah satu bentuk agregat yang dibutuhkan untuk mendapatkan beton mutu tinggi.

b) Gradasi agregat

Distribusi diameter agregat dengan ukuran sama akan menyebabkan pori, variasi ukuran sangat diperlukan untuk memperkecil volume pori. Kardiyo (1996) menyebutkan bahwa butiran agregat kecil akan mengisi ruang antara butiran agregat besar, sehingga seluruh ruang antara terisi dan menghasilkan campuran dengan kempatan tinggi.

2.4. Perancangan Campuran Beton

2.4.1 Tujuan perancangan campuran beton

Tujuan dari perancangan campuran beton ialah untuk menentukan proporsi semen, agregat halus dan kasar serta air agar dipenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut :

1. kekuatan desak yang sesuai atau memenuhi syarat seperti yang ditentukan oleh perencana konstruksi,
2. kelecakan (*workability*) yang cukup sehingga pengangkutan, penuangan, dan pemadatan beton dapat dilakukan dengan baik,
3. keawetan (*durability*) yang memadai dan pada umumnya keawetan beton banyak ditentukan oleh faktor air semen,
4. penyelesaian akhir (*finishing*) dari permukaan beton yang baik.

Ada beberapa metode perancangan campuran beton yang dapat digunakan sebagai dasar perhitungan campuran beton agar beton yang dihasilkan memenuhi

syarat dalam perancangan. Metode-metode tersebut antara lain : metode Dreux, metode ACI, metode ROAD Note No. 4, metode DOE, dan cara coba-coba.

Dari beberapa metode perancangan campuran beton tersebut, di pilih metode DOE yang akan digunakan dalam penelitian ini. Perancangan adukan beton dengan cara DOE (Department Of Environment) ini banyak di pakai sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum di Indonesia, dan di muat dalam buku Standar No.SK.SNI.T-15-1990-03 dengan judul bukunya: “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”.

2.4.2 Metode DOE (Department Of Environment)

Dalam perancangan dengan metode DOE ini digunakan tabel-tabel dan grafik-grafik. Langkah-langkah pokok cara ini adalah :

1. Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan (f'_c) pada umur tertentu , ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat.
2. Penetapan nilai deviasi standar (s), ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaannya makin kecil nilai deviasi standarnya. Penetapan nilai deviasi standar ini berdasarkan pada hasil pengalaman praktik pelaksanaan pada waktu yang lalu, untuk pembuatan beton mutu yang sama dan menggunakan bahan dasar yang sama pula.
 - a. Jika pelaksana mempunyai catatan data hasil pembuatan beton serupa pada masa yang lalu, maka persyaratannya (selain yang tersebut di atas) jumlah data hasil uji minimum 30 buah. Jika jumlah data hasil uji kurang dari 30

buah maka dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali, seperti tampak pada tabel berikut ini.

Faktor pengali deviasi standar

Jumlah data	30	25	20	15	<15
Faktor pengali	1,0	1,03	1,08	1,16	tidak boleh

b. Jika pelaksana tidak mempunyai catatan/pengalaman hasil pengujian beton pada masa lalu yang memenuhi persyaratan tersebut (termasuk data hasil uji kurang dari 15 buah), maka nilai margin langsung di ambil sebesar 12 Mpa.

3. Penghitungan nilai tambah (“margin”), (M).

Jika nilai tambah ini sudah ditetapkan sebesar 12 Mpa maka langsung ke langkah berikutnya.

Jika nilai tambah di hitung berdasarkan nilai deviasi standar s_d maka dilakukan dengan rumus berikut :

$$M = k \cdot s_d \quad (2.2)$$

dengan :

M = nilai tambah, Mpa

k = 1,64

s_d = deviasi standar, MPa

4. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan, diperoleh dengan rumus :

$$f'_{cr} = f'_c + M \quad (2.3)$$

di mana :

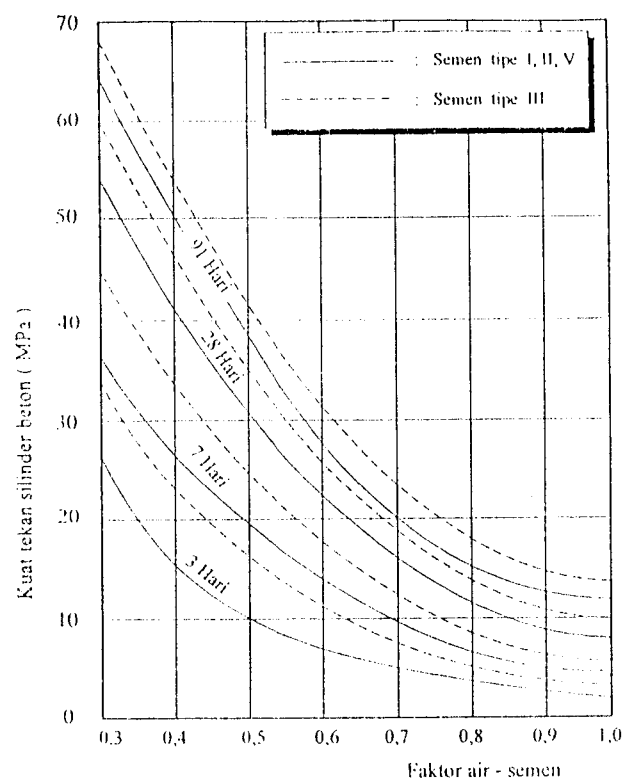
f'_{cr} = kuat tekan rata-rata, Mpa

f'_c = kuat tekan yang disyaratkan, Mpa

M = nilai tambah, Mpa

5. Penentuan jenis semen Portland, disesuaikan dengan tujuan pemakaiannya.

6. Penetapan jenis agregat, apakah berupa agregat alami ataukah agregat batu pecah.
7. Penetapan faktor air semen (f.a.s) dengan salah satu dari dua cara berikut :
 - a. Berdasarkan jenis semen yang di pakai dan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai f.a.s dengan melihat Gambar 2.6 berikut ini.

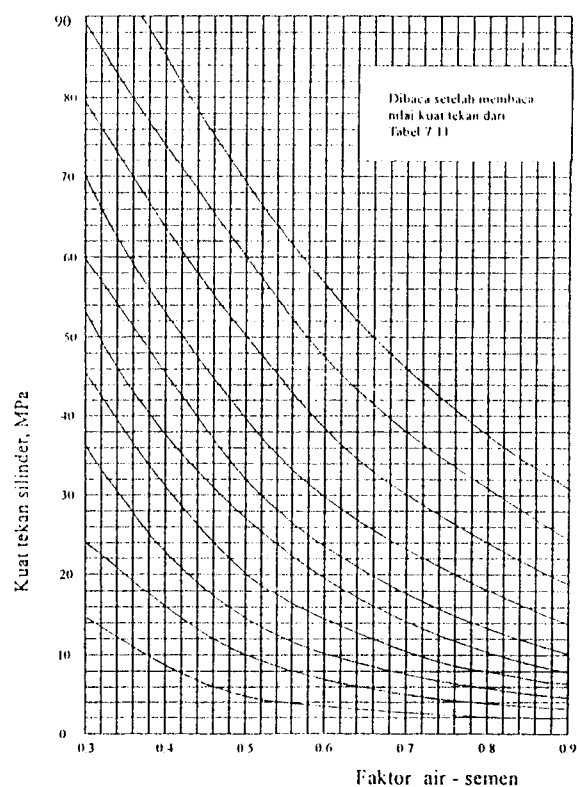


Gambar 2.6 Hubungan f.a.s dan kuat tekan rata-rata silinder beton
(Kardiyono,1996)

- b. Berdasarkan jenis semen yang di pakai, jenis agregat kasar, dan kuat tekan rata-rata yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai f.a.s dengan Tabel 2.3 dan Gambar 2.7 berikut.

Tabel 2.3 Perkiraan kuat tekan beton (Mpa) dengan f.a.s 0,50 (Kardiyono,1996)

Jenis semen	Jenis agregat kasar	Umur (hari)			
		3	7	28	91
I, II, III	Alami	17	23	33	40
	Batu pecah	19	27	37	45
IV	Alami	21	28	38	44
	Batu pecah	25	33	44	48



Gambar 2.7 Grafik mencari faktor air semen (Kardiyono,1996)

8. Penetapan faktor air semen maksimum agar beton yang diperoleh tidak cepat rusak. Penetapan f.a.s maksimum dilakukan dengan Tabel 2.4. Jika nilai f.a.s maksimum lebih rendah daripada nilai f.a.s dari langkah (7), maka nilai f.a.s maksimum ini yang di pakai untuk perhitungan selanjutnya.

Tabel 2.4 Persyaratan f.a.s maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus (Kardiyono,1996)

Jenis pembetonan	Fas maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :	
a. keadaan keliling non-korosif	0,60
b. keadaan keliling korosif	0,52
Beton di luar ruang bangunan :	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,55
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali tanah	tabel tersendiri
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/ payau/ laut	tabel tersendiri

9. Penetapan nilai slump.

Penetapan nilai slump dilakukan dengan memperhatikan pelaksanaan pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan maupun jenis strukturnya.

10. Penetapan agregat maksimum.

11. Penetapan jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump, lihat Tabel 2.5 berikut ini.

Tabel 2.5 Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton (liter), (Kardiyono,1996)

Besar ukuran maks. kerikil (mm)	Jenis batuan	slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Dari tabel di atas, apabila agregat halus dan agregat kasar yang di pakai dari jenis yang berbeda (alami dan pecahan), maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki dengan rumus :

$$A = 0,67 A_h + 0,33 A_k \quad (2.4)$$

dengan : A = jumlah air yang dibutuhkan, liter/m³

A_h = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halusnya

A_k = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya

12. Menghitung berat semen yang diperlukan, dihitung dengan membagi jumlah air (dari langkah (11)) dengan f.a.s yang diperoleh pada langkah (7) dan (8).
13. Kebutuhan semen minimum, ditetapkan dengan Tabel 2.6. Kebutuhan semen minimum ini ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus, misalnya lingkungan korosif, air payau, air laut.

Tabel 2.6. Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus (Kardiyono,1996)

Jenis pembetonan	Semen minimum (kg/m ³ beton)
Beton di dalam ruang bangunan :	
a. keadaan keliling non-korosif	275
b. keadaan keliling korosif	325
Beton di luar ruang bangunan :	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	375
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali tanah	tabel tersendiri
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/ payau/ laut	tabel tersendiri

14. Penyesuaian kebutuhan semen. Apabila kebutuhan semen yang diperoleh dari langkah (12) ternyata lebih sedikit daripada kebutuhan semen minimum pada langkah (13) maka kebutuhan semen harus di pakai yang minimum (yang nilainya lebih besar).

15. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen.

Jika jumlah semen ada perubahan akibat langkah (14) maka nilai fas berubah.

Dalam hal ini dapat dilakukan dua cara berikut :

- Faktor air semen di hitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum.
- Jumlah air disesuaikan dengan mengalikan jumlah semen minimum dengan faktor air semen.

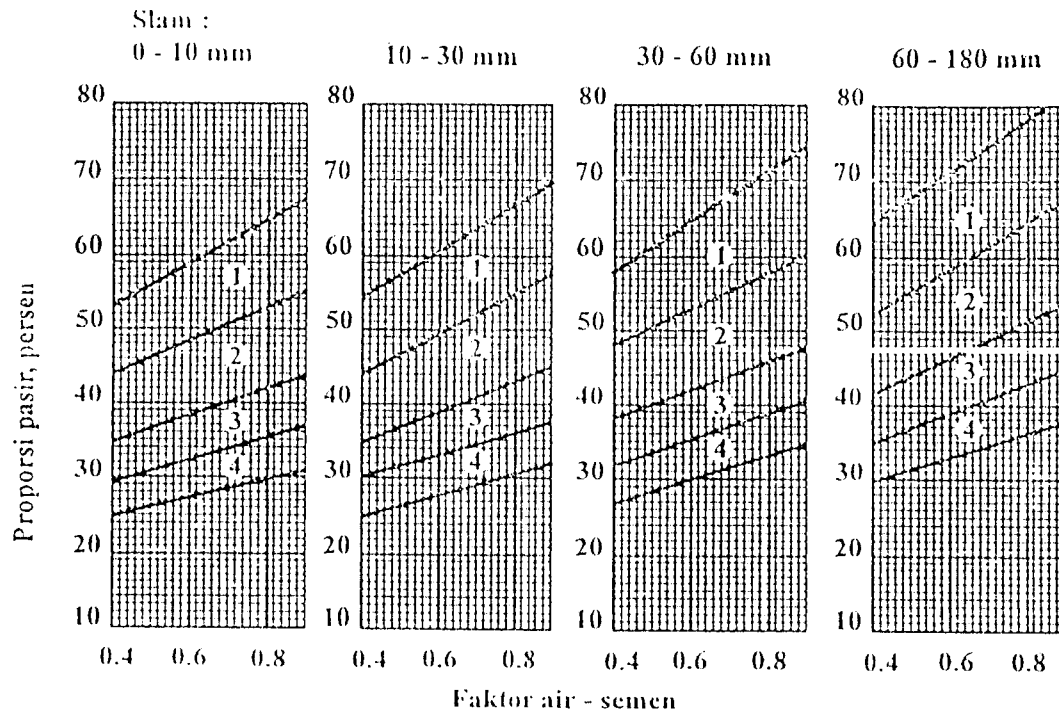
Cara pertama akan menurunkan f.a.s, sedangkan cara ke dua akan menaikkan jumlah air yang diperlukan.

16. Penentuan daerah gradasi agregat halus didasarkan atas grafik gradasi yang diberikan pada Tabel 2.7. Dengan tabel tersebut agregat halus dapat dimasukkan menjadi salah satu dari 4 daerah.

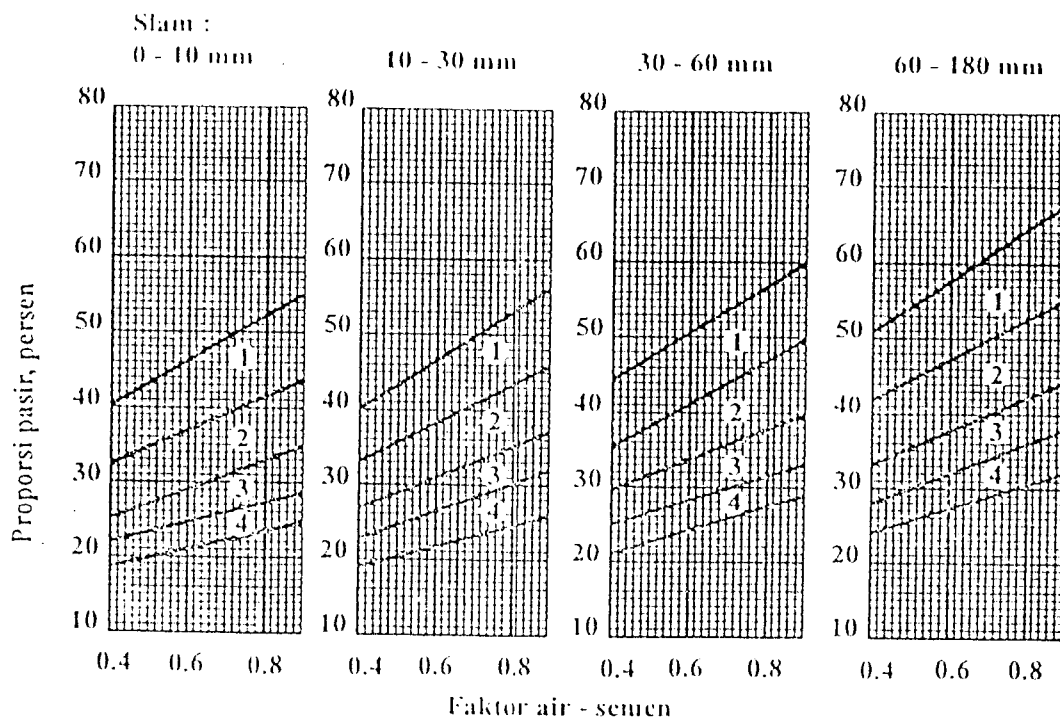
Tabel 2.7 Batas gradasi pasir (Kardiyono,1996)

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	1	2	3	4
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

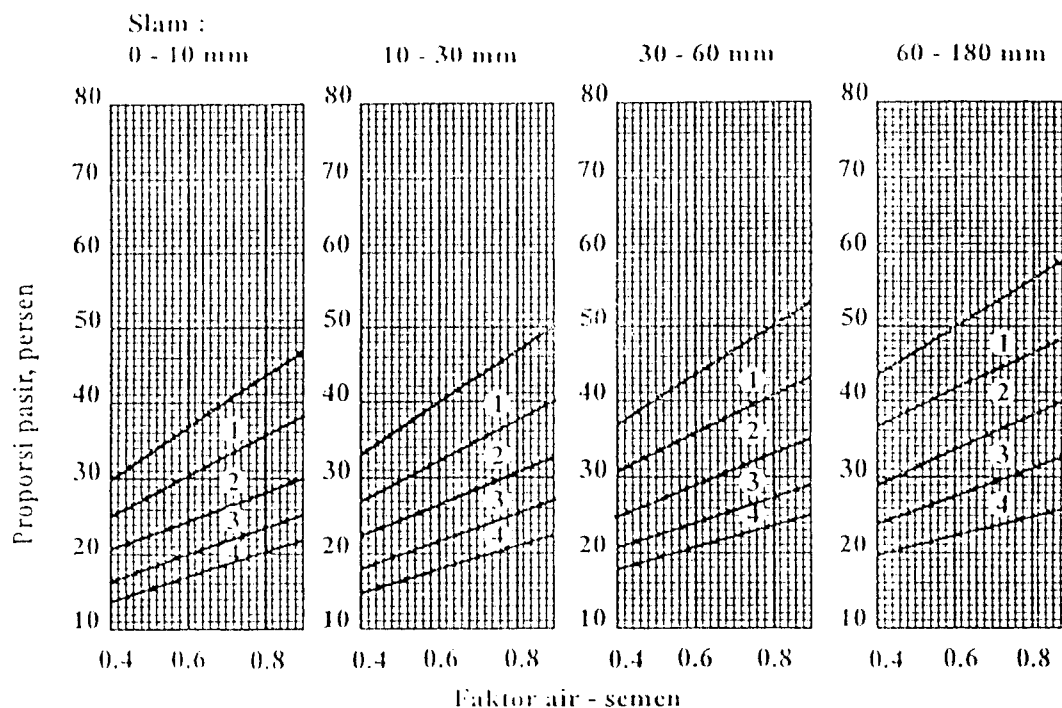
17. Perbandingan agregat halus dan kasar. Nilai banding antara berat agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, f.a.s, dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data tersebut dan grafik pada Gambar 2.8a atau Gambar 2.8b atau Gambar 2.8c dapat diperoleh presentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.



Gambar 2.8a Grafik presentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 10 mm (Kardiyono,1996)



Gambar 2.8b Grafik persentase agregat halus terhadap keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 20 mm (Kardiyono,1996)



Gambar 2.8c Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (Kardiyono,1996)

18. Berat jenis agregat campuran, dihitung dengan rumus :

$$Bj \text{ campuran} = \frac{P}{100} \times bj \text{ ag. hls} + \frac{K}{100} \times bj \text{ ag. kas} \quad (2.5)$$

dengan :

$bj \text{ ag. hls}$ = berat jenis agregat halus

$bj \text{ ag. kas}$ = berat jenis agregat kasar

P = presentase agregat halus terhadap agregat campuran

K = presentase agregat kasar terhadap agregat campuran

19. Penentuan berat jenis beton, diperkirakan dari Gambar 2.9.

20. Menghitung kebutuhan agregat campuran dengan cara mengurangi berat beton per-meter kubik dikurangi kebutuhan air dan semen.

21. Menghitung berat agregat halus yang diperlukan.

22. Menghitung berat agregat kasar yang diperlukan.

Tujuan dari perawatan adalah :

1. Mencegah terjadinya penguapan/pelepasan air yang berlebihan, karena penguapan/pelepasan air yang berlebihan akan menyebabkan hambatan dalam proses hidrasi.
2. Beton harus dipelihara agar berada dalam suhu tertentu sedemikian rupa sehingga terhindar dari perbedaan suhu yang berlebihan, yang dapat menimbulkan retak.

Untuk memperoleh hasil pengujian yang diharapkan, maka setelah beton dikeluarkan dari cetakan harus segera dilakukan perawatan dengan menggunakan salah satu metode berikut ini :

1. Beton dibasahi terus menerus dengan air.
2. Beton di rendam dalam air.
3. Beton dilindungi dengan karung basah, film plastik, atau kertas perawatan tahan air.

2.6 Metode Pembakaran

Dalam penelitian ini pembakaran benda uji dilakukan dengan menggunakan tungku bakar yang bisa mencapai suhu 1200°C.

Penggunaan tungku bakar ini dimaksudkan untuk mendekati kebakaran secara nyata yang terjadi pada kasus-kasus kebakaran yakni pembakaran langsung dengan api. Hal tersebut tidak seperti pembakaran dengan menggunakan oven yang mana hanya terjadi perambatan panas. Pendeteksian suhu pada pembakaran langsung ini menggunakan termokopel dan pengendalian suhu menggunakan keran yang dihubungkan menggunakan selang ke tungku bakar.

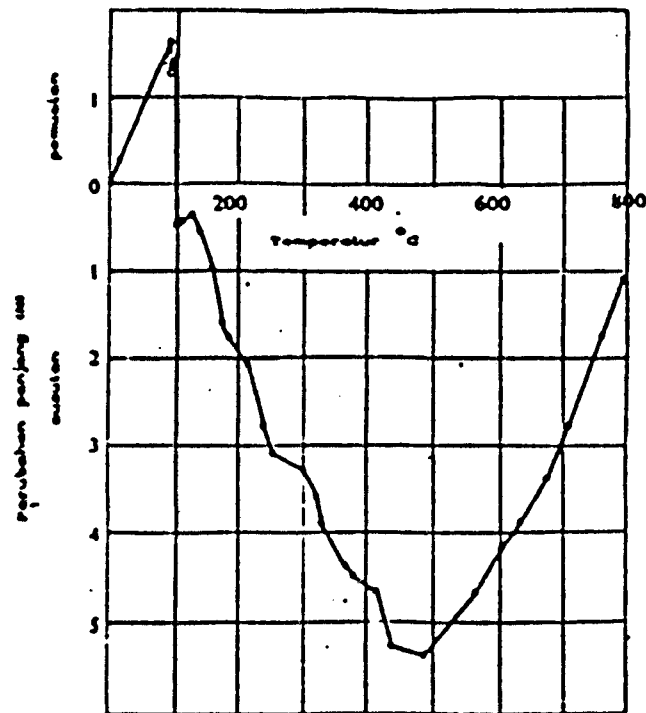
2.7. Pengaruh Temperatur Pemanasan pada Beton

2.7.1. Sifat pasta semen pada temperatur tinggi

Hansen menyatakan bahwa pasta semen yang dipanaskan dari temperatur ruang sampai 300°C akan mengalami kenaikan kekuatan, karena hilangnya air bebas pada bagian arang yang terhidrasi, kemudian air yang melekat. Pada pemanasan di atas 300°C sebagian air yang terikat secara kimia akan hilang pula. Pada suhu 400°C kekuatan pasta semen sama dengan suhu ruang. Penurunan kekuatan terjadi pada suhu 400°C - 600°C, terjadi dehidrasi pada kalsium hidroksida dan berubah menjadi kalsium oksida.

Retak menjalar terjadi di permukaan pasta semen setelah didinginkan dari suhu 400°C - 500°C dan juga karena sebab meningkatnya volume kalsium oksida pada suhu kamar sampai dengan 100°C dan penyusutan pada suhu 100°C sampai dengan 500°C. Perubahan volume dapat di lihat pada Gambar 2.10.

Perubahan kimia pasta semen pada temperatur tinggi juga disertai perubahan volume. Jika dipanaskan dari temperatur ruang sampai 100°C pasta semen akan mengembang, kemudian terjadi penyusutan sampai temperatur 500°C karena dehidrasi. Pada temperatur tinggi volume mengembang lagi tapi tidak sampai pada volume semula. Di atas temperatur 700°C pasta semen akan rusak dan kekuatannya hilang sama sekali, juga mengakibatkan hilangnya ikatan pasta semen dengan agregat. Kerusakan pasta semen akibat proses kimiawi pada temperatur tinggi ini disebabkan adanya perubahan volume pasta semen.



Gambar 2.10. Perubahan volume pasta semen akibat perubahan temperatur (Hansen, 1976)

2.7.2. Sifat agregat pada temperatur tinggi

Nekrassow menyebutkan bahwa reaksi agregat pada temperatur tinggi sangat bergantung pada struktur dan komposisi mineral penyusunnya dan kandungan air, kekuatan batuan sedimen saat basah lebih kecil di banding saat kering. Jika temperatur meningkat dengan mendadak pemuaian batuan sedimen menjadikan beton retak, ini disebabkan adanya *flint*, yaitu partikel yang terkandung dalam batuan sedimen yang berisi sejumlah air pada pori-pori mikroskopinya. Jika air ini menguap pada temperatur 300°C, timbul rongga-rongga yang berisi tekanan uap panas yang dapat mengakibatkan keretakan pada beton.

Batuan alam dengan kandungan *feldspar* yang tinggi seperti *basalt*, *andesit*, *diabase* dan agregat buatan yang terbuat dari *slag* (lempung bakar) atau batuan

keras yang lain adalah bahan yang sangat cocok untuk beton yang tahan panas. Bahan-bahan ini tidak akan menghasilkan kekuatan tahan panas yang tinggi bila tidak di campur dengan semen yang bersifat tahan panas misalnya semen aluminat.

2.7.3. Sifat fisik beton pada temperatur tinggi

Neville mengemukakan tiga sifat dari bahan penyusun beton yang mempengaruhi perilaku beton bila dipanasi, yaitu koefisien muai panas, panas jenis, dan daya hantar panas. Jika koefisien muai panas bahan susun beton makin besar maka semakin besar pula koefisien muai panas betonnya. Aspek lain dari pengamatan masalah ini memberikan pengertian bahwa jika perbedaan koefisien muai panas antara pasta semen dan agregat terlalu besar, maka dapat menimbulkan keretakan pada pasta semennya.

2.7.4. Pengaruh temperatur pada kuat desak beton

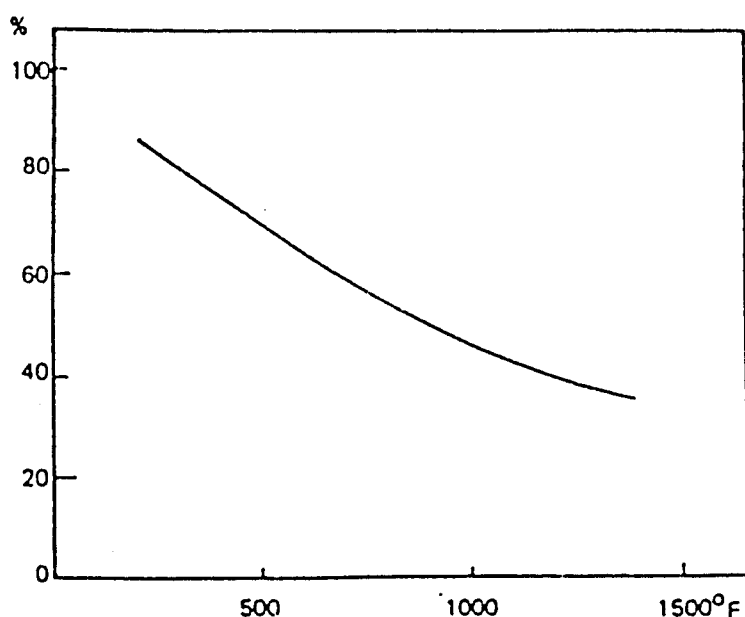
Hasil penelitian Neville menunjukkan bahwa kenaikan suhu cenderung mengakibatkan penurunan kuat desak beton dengan agregat batu kapur dan batu silika. Ada dugaan terjadi kenaikan pada temperatur 200°C - 300°C, tetapi di atas 400°C kuat desak hanya mencapai 90% dari kuat desak normal dan maksimal 40% bila pembakaran mencapai suhu 700°C.

Menurut Hansen reaksi kimia dan fisika terjadi selama pemanasan, sifat beton tidak berubah bila dipanasi pada suhu tinggi yang konstan walaupun dalam waktu yang lama. Beton akan rusak bila dipanaskan berulang-ulang pada suhu 400°C.

Perubahan faktor air seman sedikit pengaruhnya terhadap kuat desak beton pada kenaikan temperatur. Meskipun demikian penurunan kuat desak beton pada kenaikan temperatur akan berkurang jika kandungan semen dikurangi.

2.7.5. Pengaruh temperatur pada modulus elastisitas beton

Hansen mengemukakan bahwa penurunan modulus elastisitas pada beton dipengaruhi oleh kenaikan suhu, demikian juga halnya pada modulus elastisitas beton tahan panas. Nilai modulus elastisitas dari beton turun 25% jika dipanaskan sampai 500°F dan turun 50% jika dipanaskan 800°F. Perubahan modulus elastisitas pada beton ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Perubahan E - modulus elastisitas (Hansen,1976)

Hasil uji kuat desak beton pasca bakar dibandingkan dengan hasil uji kuat desak beton yang tidak di bakar.

2.8.2 Metode pengujian modulus elastisitas

Pengujian modulus elastisitas dilakukan pada benda uji berupa silinder beton dengan ukuran 15 cm x 30 cm, setelah benda uji tersebut di bakar.

Untuk mengetahui besar modulus elastisitas dengan cara membagi tegangan yang di capai sampai kuat runtuh dengan regangan yang di pakai. Sebelumnya benda uji di tekan sampai sepertiga beban ($1/3 P$), hal ini untuk meyakinkan bahwa benda uji sudah benar-benar mampat. Secara matematis modulus elastisitas dapat di tulis sebagai berikut :

$$E = \frac{f_c}{\varepsilon} \quad (2.7)$$

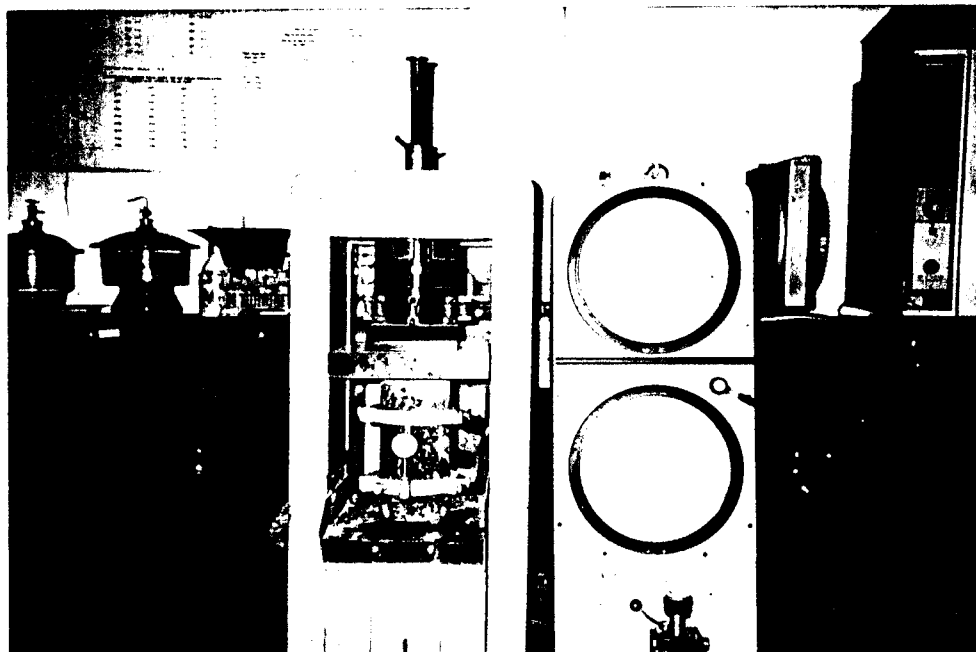
di mana :

f_c = tegangan (N/mm^2)

ε = regangan (mm/mm)

Hasil perbandingan antara tegangan - regangan dari penelitian dibandingkan dengan rumus $E = 4700\sqrt{f_c}$.

Pengujian modulus elastisitas pada penelitian ini adalah seperti pada Gambar 2.13 berikut ini.



Gambar 2.13 Pengujian modulus elastisitas

Hasil uji modulus elastisitas beton pasca bakar dibandingkan dengan hasil uji modulus elastisitas beton yang tidak di bakar.

2.8.3 Metode pengujian kuat geser

Balok beton murni tanpa tulangan sangat kecil ketahanannya terhadap gaya geser dan lentur dibandingkan kekuatan tekannya. Sebagai akibatnya, balok tersebut mengalami kegagalan pada sisi tariknya pada beban yang rendah jauh sebelum kekuatan beton pada sisi tekan dapat dimanfaatkan sepenuhnya.

Pada penelitian kali ini dimaksudkan untuk membandingkan kekuatan geser beton setelah di bakar dan membandingkannya dengan yang tidak di bakar. Benda uji yang di pakai berupa balok beton berukuran 10 cm x 10 cm x 40 cm.

BAB III

PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1 Tinjauan Umum

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian laboratorium dengan membuat benda uji silinder dan balok. Benda uji silinder berukuran 15 cm x 30 cm digunakan untuk menguji kekuatan desak dan mengetahui besar modulus elastisitas, sedangkan benda uji balok berukuran 10 cm x 10 cm x 40 cm untuk menguji kuat geser. Benda uji tersebut akan di bakar pada suhu 200°C, 400°C, dan 600°C selama 4(empat)jam. Setelah mengalami pendinginan yang melalui 2 cara yakni di siram dan dibiarkan dingin secara alami, benda uji tersebut di uji kekuatan desak, modulus elastisitas, dan kekuatan gesernya, serta hasilnya dibandingkan dengan kekuatan benda uji yang tidak di bakar.

Tahapan pelaksanaan penelitian ini meliputi tahapan persiapan bahan dan alat, pemeriksaan material, perhitungan campuran beton, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, pembakaran, dan pengujian.

3.2. Persiapan Bahan dan Alat

Bahan dan peralatan yang akan digunakan harus terlebih dahulu dipersiapkan agar dalam pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar. Bahan yang digunakan

pada penelitian ini merupakan bahan lokal kecuali semen. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Pasir : asal Sungai Brosot, Yogyakarta,
2. Batu pecah : asal Sungai Clereng, Yogyakarta,
3. Semen : tipe I merek Nusantara,
4. Air : asal Lab. Bahan Konstruksi Teknik, FTSP, UII.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini seperti tercantum dalam Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1. Daftar Peralatan

No.	Alat	Kegunaan
1	Ayakan	Menyaring agregat
2	Bak Air	Merendam beton selama perawatan
3	Cetakan Silinder	Mencetak benda uji silinder
4	Cetakan Balok	Mencetak benda uji balok
5	Gelas Ukur	Menakar air
6	Kerucut Abrams	Pengujian slump
7	Mesin Siever	Pengayak mekanik
8	Mesin Uji Ketahanan Aus	Memeriksa tingkat ketahanan aus split
9	Mesin Uji Desak	Uji desak beton
10	Mesin Uji Modulus Elastisitas	Uji elastisitas beton
11	Mesin Uji Geser	Uji geser beton
12	Mesin Pengaduk Beton	Pencampur adukan beton
13	Mistar/Jangka Sorong	Pemeriksaan nilai slump dan dimensi silinder beton
14	Piknometer	Memeriksa BJ pasir
15	Sekop Kecil	Mengaduk agregat
16	Talam Beton	Wadah beton

No.	Alat	Kegunaan
17	Tongkat Penumbuk	Memadatkan beton
18	Timbangan	Menimbang bahan
19	Tungku Bakar	Membakar benda uji
20	Thermokopel	Mengetahui suhu pembakaran

Pembuatan benda uji dan pengujian pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP, UIL, sedangkan pembakaran benda uji dilakukan di Kasongan menggunakan tungku bakar milik Unit Pelayanan Teknis (UPT) Gerabah Kasongan, Bantul.

3.3. Perhitungan Campuran Beton

Perhitungan campuran beton ini didasarkan pada data bahan susun beton sebagai berikut :

1. diameter maksimum agregat kasar = 20 mm
2. kuat tekan rencana = 32 Mpa
3. modulus halus butir (mhb) pasir = 2,575
4. berat jenis pasir (SSD) = 2,67 g/cm³
5. berat jenis kerikil (SSD) = 2,60 g/cm³
6. berat jenis kerikil kering tusuk (SSD) = 1,5 g/cm³

Perhitungan campuran beton dengan metode DOE adalah sebagai berikut :

1. kuat tekan beton yang disyaratkan pada 28 hari : 20 Mpa
2. deviasi standar : 12 Mpa, karena data hasil uji kurang dari 15 buah
3. kuat tekan rata-rata yang direncanakan, f'_c : $20 + 12 = 32$ Mpa
4. jenis semen : semen portland tipe I, merk Nusantara

5. jenis agregat halus (pasir) : alami
jenis agregat kasar (kerikil) : batu pecah
6. faktor air semen bebas : 0,48
7. faktor air semen maksimum : 0,6, di pakai fas yang rendah : 0,48
8. nilai slump : 60 - 180 mm
9. ukuran agregat maksimum : 20 mm
10. kebutuhan air : $(2/3) \times 195 + (1/3) \times 225 = 205$ liter , karena pasir dan kerikil dari jenis yang berbeda (alami dan batu pecah)
11. kebutuhan semen : $205/0,48 = 427$ kg
12. kebutuhan semen minimum : 275 kg
13. di pakai semen (di ambil yang besar): 427 kg
14. penyesuaian jumlah air atau faktor air semen. Karena pada langkah 13 tidak merubah jumlah kebutuhan semen yang di hitung pada langkah 11 maka tidak perlu ada penyesuaian jumlah air maupun faktor air semen. Jadi air tetap 205 liter dan faktor air semen tetap 0,48
15. gradasi pasir masuk dalam daerah 2
16. persentase pasir terhadap campuran : 42%
17. berat jenis campuran pasir dan kerikil : $(0,42 \times 2,67) + (0,58 \times 2,60) = 2,63$
18. berat jenis beton : 2375 kg/m³
19. kebutuhan berat pasir dan kerikil di hitung dengan rumus :

$$W_{psr+krk} = W_{btn} - A - S$$

$$= 2375 - 205 - 427$$

$$= 1743 \text{ kg/m}^3$$

21. kebutuhan pasir di hitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} W_{\text{psr}} &= (P/100) \times W_{\text{psr+krk}} \\ &= (42/100) \times 1743 \\ &= 732 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

22. kebutuhan kerikil di hitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} W_{\text{krk}} &= W_{\text{psr+krk}} - W_{\text{psr}} \\ &= 1743 - 732 \\ &= 1011 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga :

Untuk 1 m³ beton dibutuhkan :

- a. air : 205 liter
- b. semen : 427 kg
- c. pasir : 732 kg
- d. kerikil : 1011 kg

Untuk membuat satu adukan beton kapasitas 12 silinder (volume = $12 \times \pi \times r^2 \times t$ = 0,064 m³) maka dibutuhkan :

- a. air : $(0,064/1) \times 205 = 13,12$ liter
- b. semen : $(0,064/1) \times 427 = 27,33$ kg
- c. pasir : $(0,064/1) \times 729 = 46,92$ kg
- d. kerikil : $(0,064/1) \times 1049 = 64,70$ kg

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pembuatan benda uji

Untuk mendapatkan benda uji yang sesuai rencana, pembuatan benda uji dilakukan melalui tahapan-tahapan :

1. Bahan disiapkan dan di timbang dengan proporsi yang telah ditentukan sesuai dengan rencana. Sebelumnya dilakukan pemeriksaan kandungan lumpur, berat jenis, dan gradasi pasir. Pemeriksaan terhadap split juga dilakukan yaitu meliputi pemeriksaan ketahanan aus, berat jenis, dan berat jenis kering tusuk. Pada saat penimbangan, pasir dan split dalam keadaan jenuh-kering permukaan (SSD).
2. Pengadukan campuran dilakukan dengan memasukkan bahan-bahan campuran secara bertahap. Proporsi bahan-bahan ini disesuaikan dengan kapasitas tabung pengaduk yang di pakai. Bahan-bahan agregat kasar dan sebagian air dari jumlah air yang dibutuhkan dimasukkan ke dalam mesin pengaduk (molen) yang sedang berputar. Setelah beberapa saat tambahkan agregat halus, semen, dan air sedikit demi sedikit sampai campuran rata.
3. Setelah benar-benar tercampur dengan baik untuk mengetahui kelecakan adukan beton, maka dilakukan pengukuran slump dengan kerucut Abrams berdiameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm, yang dilengkapi penumbuk dari baja berdiameter 16 mm. Pelaksanaan percobaan slump dilakukan dengan cara kerucut di desak pada penyokong-penyokong kakinya sambil di isi adukan beton. Di buat tiga lapis adukan dan tiap lapis di tumbuk sebanyak 25 kali. Bagian atas kerucut diratakan dan didiamkan

selama 30 - 60 detik. Kemudian kerucut Abrams di angkat perlahan-lahan dengan tegak lurus dan diletakkan di samping adukan tadi. Di ukur antara puncak kerucut dengan puncak adukan yang telah mengalami penurunan, selisih tinggi tersebut dinamakan slump. Dari sembilan kali pengecoran di dapat nilai slump bervariasi sebesar : 8, 15, 17, dan 18 cm.

4. Jika kelecakan adukan telah di capai, beton segar segera di tuang ke dalam cetakan yang telah diolesi oli. Bersamaan dengan masuknya beton ke dalam cetakan, dilakukan pemadatan dengan cara di tusuk-tusuk pada adukan beton dan juga di ketuk-ketuk sisi luar cetakan dengan palu kayu agar gelembung udara yang terperangkap bisa keluar. Setelah penuh dan padat, bagian atas diratakan kemudian didiamkan selama 24 jam di tempat yang terlindung dari panas dan hujan.
5. Setelah 24 jam cetakan dapat di buka kemudian dilakukan perawatan beton.

3.4.2. Perawatan benda uji

Perawatan benda uji beton adalah suatu upaya untuk menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak adukan beton dipadatkan sampai beton di anggap cukup keras pada umur yang direncanakan. Kelembaban permukaan beton itu harus di jaga untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan, akan terjadi beton yang kurang kuat, dan juga timbul retak-retak. Kelembaban permukaan juga menambah beton lebih tahan cuaca dan lebih kedap air.

Dari beberapa metode perawatan yang ada maka pada penelitian ini di pilih perawatan dengan cara merendam benda uji selama 28 hari.

4. Penambahan suhu linier sampai dengan suhu yang ditentukan, selama 4 (empat) jam. Kemudian tungku dimatikan, pasangan bata di bongkar dan benda uji yang mendapatkan perlakuan di siram segera dikeluarkan dan di siram dengan air sampai dingin (± 30 menit), sedangkan lainnya dibiarkan dingin secara alami.

3.4.4. Pengujian

Pengujian dilakukan setelah benda uji di bakar dan telah mengalami pendinginan baik secara alami maupun di siram. Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, FTSP, UIR, Yogyakarta.

Pelaksanaan pengujian kuat desak menggunakan mesin uji desak merk "Control" dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Setelah di timbang, benda uji diletakkan pada alas pembebanan mesin uji kuat desak beton.
2. Mesin uji desak dihidupkan, pembebanan diberikan secara berangsur-angsur sampai benda uji tersebut hancur pada pembebanan maksimal. Kemudian mesin dimatikan dan besar beban di catat sesuai jarum penunjuk pembebanan.
3. Benda uji diamati keadaan pecahnya. Di lihat perbandingan antara kerikil yang lepas dan kerikil yang pecah.

Tegangan beton diperoleh dengan membagi beban yang mampu di tahan masing-masing benda uji dengan luas permukaan beton yang di desak. Rumus tegangan desak beton adalah :

$$f'_c = \frac{P}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (3.1)$$



di mana : P = Beban maksimum yang mampu di tahan (N)
 A = Luas permukaan desak beton (mm^2).

Pengujian modulus elastisitas dilakukan melalui tahap- tahap sebagai berikut :

1. Benda uji yang telah di timbang dan dilengkapi dengan alat pencatat penurunan (Δt) di letakkan pada alas pembebanan mesin uji kuat desak beton kemudian di desak sebesar sepertiga beban yang mampu di tahan oleh benda uji ($1/3 P$). Besarnya P di dapat dari rata-rata beban maksimum yang mampu di tahan benda uji yang telah di desak dengan mesin uji desak pada pengujian kuat desak untuk masing-masing suhu pembakaran.
2. Setelah itu mesin uji desak dinormalkan kembali dan benda uji mulai diberi pembebanan secara berangsur-angsur sambil di catat penurunannya pada tiap 10 KN, dilakukan sampai beban maksimal dan benda uji rusak.

Modulus elastisitas diperoleh dengan cara membagi tegangan dengan regangan. Tegangan di dapat dengan membagi beban pada tiap tahap kenaikan dengan luas daerah benda uji yang di desak, sedangkan regangan di dapat dari perbandingan antara penurunan yang terjadi (Δt) dengan tinggi benda uji (t). Satuan dari masing-masing disesuaikan dahulu. Dari perbandingan tegangan - regangan hasil pengujian tersebut kemudian dibandingkan dengan rumus $E = 4700 \sqrt{f'_c}$. Secara matematis mencari modulus elastisitas pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

$$E = \frac{f'_c}{\varepsilon} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (3.2)$$

di mana : E = modulus elastisitas (N/mm^2)

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta t}{t} \quad (\text{mm})$$

Selanjutnya adalah pelaksanaan pengujian kuat geser. Alat yang di pakai pada pengujian ini belum tersedia di Laboratorium BKT, FTSP, UII, sehingga peneliti harus mengusahakan sendiri alat modifikasi tambahan yang bisa di pakai untuk pengujian geser. Pada penelitian ini yang terjadi adalah geser tunggal dan kecil kemungkinan terjadinya lentur.

Tahapan pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Benda uji yang telah di timbang diletakkan pada mesin uji geser yang telah dimodifikasi. Benda uji di jepit dengan baut-baut pada salah satu bagian dan bagian lain dibiarkan bebas serta di beri beban. Setelah semuanya siap, mesin dihidupkan.
2. Bagian yang bebas dan di beri beban di desak perlahan-lahan sampai terjadi retakan pada benda uji dan akhirnya patah.
3. Beban maksimum yang terjadi di catat sesuai dengan jarum penunjuk yang ada. Satuan beban di ubah dulu dari kg menjadi N (1 KN = 1000 N = 101 kg).

Rumus yang di pakai adalah :

$$\tau = \frac{P}{A} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (3.5)$$

di mana : τ = tegangan geser (N/mm^2)

P = beban maksimal yang mampu di tahan (N)

A = luasan yang terkena geser (mm^2)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Setelah semua pelaksanaan penelitian di laboratorium selesai, sebagai hasilnya didapatkan data-data mengenai dimensi benda uji, beban yang mampu di tahan, penurunan pada tiap satuan pembebanan, dan akhirnya di dapat tegangan desak, modulus elastisitas serta tegangan geser beton untuk masing-masing benda uji pada masing-masing suhu dan perlakuan.

4.1.1 Hasil uji kuat desak

Pada masing-masing suhu dan perlakuan di ambil sampel lima buah benda uji yang nantinya dapat di ambil hasil akhir dengan cara di rata-rata. Data-data mengenai hasil pengujian kuat desak di laboratorium satu per satu dapat di lihat pada tabel-tabel berikut ini.

Tabel 4.1 Hasil uji kuat desak beton normal suhu kamar (30°C)

No	Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm ²)	Beban (kN)	Beban (N)	Teg.desak (N/mm ²)
1	1.30.KD	150.5	305	17780.4	700	700000	39.369091
2	2.30.KD	150.75	304.6	17839.6	730	730000	40.920277
3	3.30.KD	150.6	302.3	17804.1	700	700000	39.316825
4	4.30.KD	150.35	302.35	17745	730	730000	41.1383
5	5.30.KD	150.6	301.6	17804.1	708	708000	39.76616
Rata- rata							40.10213

Tabel 4.4 Hasil uji desak beton untuk pembakaran suhu 600°C

a. Alami

No	Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm ²)	Beban (kN)	Beban (N)	Teg.desak (N/mm ²)
1	1.600.A.KD	151.6	300.4	18041.3	490	490000	27.159891
2	2.600.A.KD	149.75	294.5	17603.7	440	440000	24.994782
3	3.600.A.KD	148.5	304.5	17311	614	614000	35.468744
4	4.600.A.KD	151.6	301.8	18041.3	520	520000	28.822741
5	5.600.A.KD	152	302.7	18136.6	500	500000	27.568502
Rata-rata							29.93906

b. Siram

No	Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm ²)	Beban (kN)	Beban (N)	Teg.desak (N/mm ²)
1	1.600.S.KD	150.45	301.75	17768.6	520	520000	29.265052
2	2.600.S.KD	156.5	303	19226.4	570	570000	24.445533
3	3.600.S.KD	150.7	302.55	17827.7	406	406000	22.773505
4	4.600.S.KD	150.6	301.35	17804.1	450	450000	25.275102
5	5.600.S.KD	150.85	301	17863.2	630	630000	35.267954
Rata-rata							27.40543

Tabel 4.5 Hasil uji desak beton rata-rata dan % penurunan terhadap beton normal yang tidak di bakar (suhu 30°C)

No	Suhu (°Celcius)	Alami		Siram	
		Teg.desak(N/mm2)	% Penurunan	Teg.desak(N/mm2)	% Penurunan
1	30	40.10213	0	40.10213	0
2	200	38.18547	4.77945	40.7282	-1.561
3	400	29.92069	25.3888	30.79187	23.216
4	600	28.80293	28.1761	27.40543	31.661

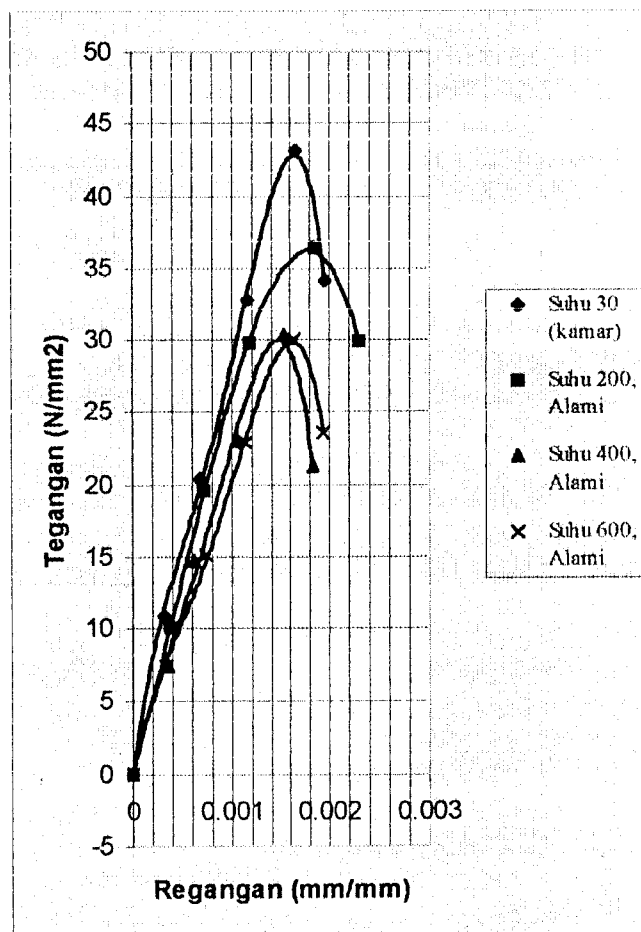
4.1.2 Hasil uji modulus elastisitas

Pengujian tegangan – regangan untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas membutuhkan waktu dan ketelitian lebih. Pada penelitian ini untuk masing-masing suhu dan perlakuan di ambil 3 sampel yang hasilnya dirata-ratakan. Data-data mengenai hasil pengujian di laboratorium secara lengkap dapat di lihat pada

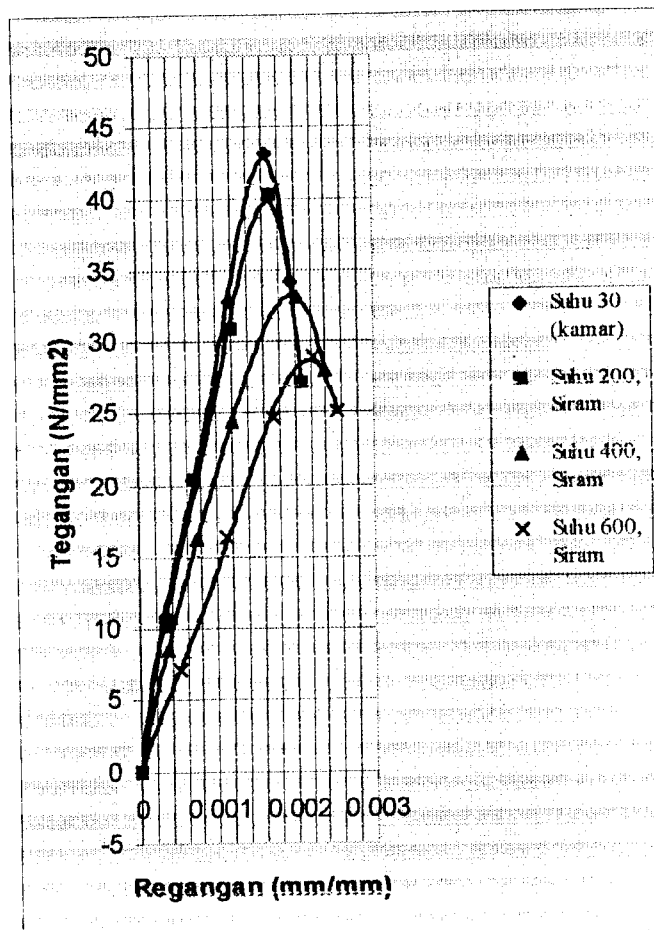
lampiran, sedangkan pada tabel dan gambar berikut adalah data rata-rata (gabungan).

Tabel 4.6 Hasil uji modulus elastisitas beton rata-rata dan % penurunan terhadap beton suhu kamar (30°C)

Suhu (°Celcius)	Alami		Siram	
	E (N/mm ²)	% Penurunan	E (N/mm ²)	% Penurunan
30	31242.17	0	31242.17	0
200	27089.08	13.29322	28707.57	8.112777
400	23917.37	23.44524	22241.84	28.80828
600	20464.37	34.4976	13404.6	57.09454



Gambar 4.1 Grafik tegangan – regangan gabungan (Alami)



Gambar 4.2 Grafik tegangan – regangan gabungan (Siram)

4.1.3 Hasil uji kuat geser

Seperti pada pengujian modulus elastisitas, pada pengujian kuat geser ini untuk masing-masing suhu dan perlakuan di ambil 3 sampel yang hasilnya dirata-ratakan. Data-data mengenai hasil pengujian di laboratorium satu per satu dapat di lihat pada tabel-tabel berikut ini.

Tabel 4.7 Hasil uji kuat geser beton suhu kamar (30°C)

No	Kode benda uji	Luas (mm ²)	Beban (ton)	Beban (N)	Teg.geser (N/mm ²)
1	1.30.KG	10887.6	5.125	50742.57	4.660584
2	2.30.KG	10077.14	5.16	51089.11	5.069802
3	3.30.KG	10281.95	6	59405.94	5.777692
Rata-rata					5.169359

Tabel 4.8 Hasil uji kuat geser beton untuk pembakaran suhu 200°C

a. Alami

No	Kode benda uji	Luas (mm ²)	Beban (ton)	Beban (N)	Teg.geser (N/mm ²)
1	1.200.A.KG	10095.23	5.28	52277.23	5.178409
2	2.200.A.KG	10541.39	3.32	32871.29	3.118307
3	3.200.A.KG	10160.64	4.08	40396.04	3.975738
Rata-rata					4.090818

b. Siram

No	Kode benda uji	Luas (mm ²)	Beban (ton)	Beban (N)	Teg.geser (N/mm ²)
1	1.200.S.KG	10100.23	3.82	37821.78	3.744646
2	2.200.S.KG	10412.88	5.42	53663.37	5.153557
3	3.200.S.KG	10337.67	4.2	41584.16	4.022585
Rata-rata					4.306929

Tabel 4.9 Hasil uji kuat geser beton untuk pembakaran suhu 400°C

a. Alami

No	Kode benda uji	Luas (mm ²)	Beban (ton)	Beban (N)	Teg.geser (N/mm ²)
1	1.400.A.KG	10368.11	3.77	37326.73	3.600148
2	2.400.A.KG	10414	4.03	39900.99	3.831476
3	3.400.A.KG	10418.04	2.04	20198.02	1.938754
Rata-rata					3.123459

b. Siram

No	Kode benda uji	Luas (mm ²)	Beban (ton)	Beban (N)	Teg.geser (N/mm ²)
1	1.400.S.KG	10210	3.6	35643.56	3.491045
2	2.400.S.KG	10358.01	3.14	31089.11	3.001456
3	3.200.S.KG	10246.5	3.65	36138.61	3.526923
Rata-rata					3.339808

Tabel 4.10 Hasil uji kuat geser beton untuk pembakaran suhu 600°C

a. Alami

No	Kode benda uji	Luas (mm ²)	Beban (ton)	Beban (N)	Teg.geser (N/mm ²)
1	1.600.A.KG	10421.52	3.6	35643.56	3.420189
2	2.600.A.KG	10531.13	2.35	23267.33	2.209386
3	3.600.A.KG	10479.38	3.26	32277.23	3.08007
Rata-rata					2.903215

b. Siram

No	Kode benda uji	Luas (mm ²)	Beban (ton)	Beban (N)	Teg.geser (N/mm ²)
1	1.600.S.KG	10064.16	3.08	30495.05	3.030064
2	2.600.S.KG	10195.73	2.4	23762.38	2.33062
3	3.600.S.KG	10500.85	2.3	22772.28	2.168613
Rata-rata					2.509766

Dari data pada masing-masing suhu dan perlakuan di ambil rata-ratanya sehingga didapatkan hasil pada tabel berikut ini.

Tabel 4.11 Hasil uji kuat geser beton rata-rata dan % penurunan terhadap beton Normal suhu kamar (30°C)

Suhu (°Celcius)	Alami		Siram	
	Teg.geser (N/mm ²)	% Penurunan	Teg.geser (N/mm ²)	% Penurunan
30	5.1694	0	5.1694	0
200	4.0908	20.865	4.3069	20.026
400	3.1235	39.577	3.3398	35.393
600	2.9032	43.839	2.5098	51.449

4.2 Pembahasan

4.2.1 Keadaan fisik beton

Dari hasil pembakaran terhadap benda uji, beton yang sudah di bakar mengalami retak-retak pada permukaannya. Pembakaran pada suhu 200°C dan 400°C retak-retak belum begitu terlihat, tetapi pada suhu 600°C sudah terlihat agak jelas.

Perubahan warna pada benda uji setelah di bakar tidak begitu kelihatan. Hal ini dimungkinkan karena pembakaran dilakukan secara langsung sehingga permukaannya banyak terkena asap hitam hasil pembakaran terutama pada suhu 600°C.

4.2.2 Kuat desak beton

Kuat desak beton rata-rata yang direncanakan pada benda uji adalah 32 Mpa. Dari hasil uji desak untuk beton yang tidak di bakar di dapat kuat desak rata-rata sebesar 40,1021 Mpa. Dari hasil tersebut juga menunjukkan bahwa penggunaan metode DOE dengan distribusi gradasi yang sudah tertentu akan mendapatkan kekuatan yang bagus. Kuat desak ini akan digunakan sebagai pembanding terhadap kuat desak beton yang di bakar.

Untuk beton yang mengalami pembakaran, setelah di uji desak keadaan beton hancur dengan keadaan kerikil yang lepas lebih kecil dari pada kerikil yang pecah. Hal tersebut menunjukkan bahwa lekatan antara agregat dengan pasta semen cukup bagus.

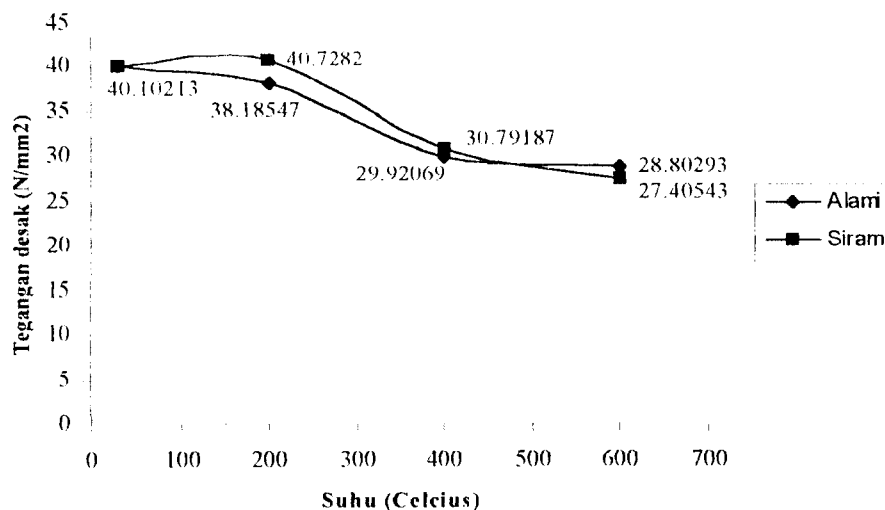
Berdasarkan data-data pada tabel uji desak di atas, ternyata setelah beton di bakar akan mengalami penurunan tegangan desak, kecuali pada beton yang di bakar pada suhu 200°C dengan perlakuan pendinginan dengan cara di siram.

Pada penelitian ini ada dua macam perlakuan pendinginan setelah beton di bakar yakni dibiarkan dingin secara alami dan di siram dengan air. Beton yang dibiarkan dingin secara alami setelah di bakar, untuk pembakaran pada suhu 200°C mengalami penurunan sebesar 4,78%, suhu 400°C mengalami penurunan sebesar 25,39%, dan suhu 600°C mengalami penurunan 28,18%. Sedangkan beton yang didinginkan dengan cara di siram setelah di bakar, untuk pembakaran pada suhu 200°C mengalami kenaikan sebesar 1,56%, pada suhu 400°C terjadi

penurunan sebesar 23,22%, dan pada suhu 600°C mengalami penurunan sebesar 31,66%.

Dengan demikian dapat di lihat di sini bahwa beton yang di bakar dengan mendapatkan perlakuan pendinginan secara alami, mengalami penurunan tegangan desak terhadap beton normal yang tidak di bakar, dari suhu 200°C sampai dengan suhu 600°C. Sedangkan beton yang mengalami proses pendinginan dengan cara di siram dengan air setelah di bakar, mengalami kenaikan pada suhu 200°C tetapi setelah itu mengalami penurunan sampai dengan suhu 600°C.

Grafik tegangan desak beton setelah mengalami pembakaran dapat dilihat pada Gambar 4.3 sedangkan grafik prosentase penurunan tegangan desak beton dapat di lihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Grafik tegangan desak beton

4.2.3 Modulus elastisitas beton

Perhitungan nilai modulus elastisitas mengacu pada literatur yang menyebutkan bahwa modulus sekan pada 25 sampai 50% dari kekuatan tekan (f'_c) di ambil sebagai modulus elastisitas.

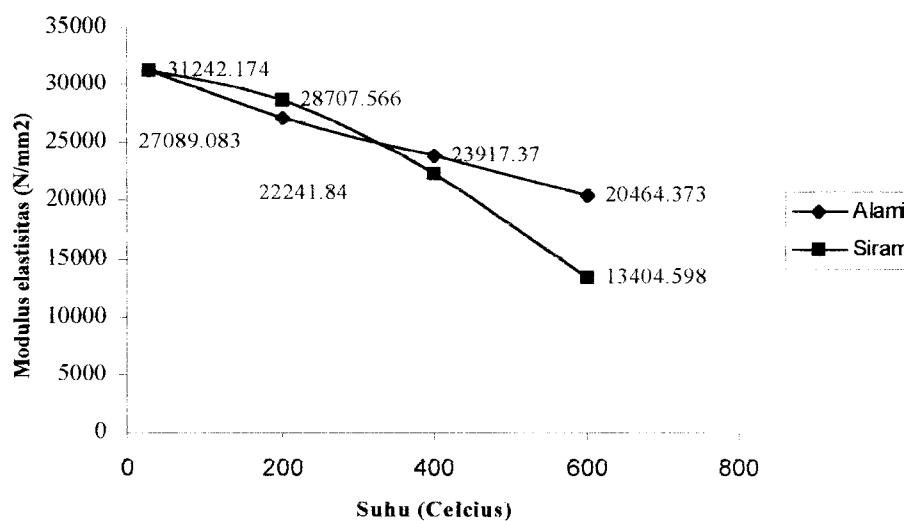
Kuat modulus elastisitas untuk beton normal suhu kamar (30°C) berdasarkan rumus empiris $4700\sqrt{f'_c}$ adalah $30840,98 \text{ N/mm}^2$, sedangkan hasil dari penelitian adalah $31242,17 \text{ N/mm}^2$. Dari hasil tersebut terdapat selisih relatif kecil yakni sebesar 1,3%. Hal tersebut dimungkinkan karena agak sulit dalam melakukan penelitian kuat modulus elastisitas beton sebab selain membutuhkan ketelitian lebih juga alatnya harus benar-benar memadai. Dengan demikian di sini tidak di bahas lebih lanjut hubungannya dengan rumus empiris, hanya saja ditunjukkan pada Tabel 4.12 bahwa terjadi prosentase selisih yang relatif besar sehingga dimungkinkan rumus empiris kuat modulus elastisitas tidak berlaku untuk beton yang telah di bakar.

Tabel 4.12 Perbandingan modulus elastisitas antara hasil eksperimen dan rumus empiris

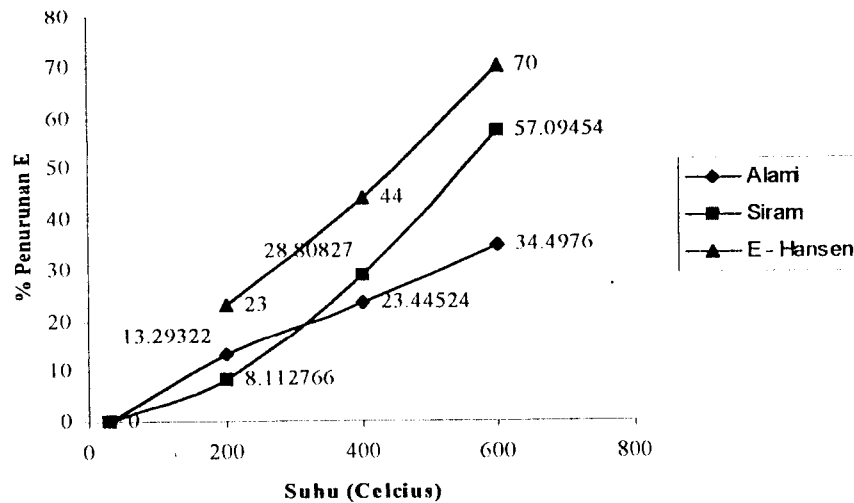
Suhu ($^\circ\text{Celcius}$)	Alami			Siram		
	E eksp. (N/mm^2)	E rumus (N/mm^2)	% Selisih	E eksp. (N/mm^2)	E rumus (N/mm^2)	% Selisih
30	31242.17	30840.98	-1.30084			
200	27089.08	29417.97	7.916555	28707.57	29930.36	4.085461
400	23917.37	25687.14	6.889701	22241.84	26996.18	17.61116
600	20464.37	25966.15	21.18826	13404.6	25185.38	46.77626

Kuat modulus elastisitas beton bakar mengalami penurunan terhadap kuat modulus elastisitas beton normal suhu kamar. Hal ini dapat di lihat dari Tabel 4.6. Prosentase penurunan kuat modulus elastisitas beton bakar dengan perlakuan

pendinginan secara alami berturut-turut untuk suhu 200°C adalah 13,29%, suhu 400°C sebesar 23,46%, dan suhu 600°C sebesar 34,50%. Sedangkan beton bakar yang mendapat perlakuan di siram pada proses pendinginannya mengalami penurunan berturut-turut adalah 8,11% untuk suhu 200°C, 28,81% untuk suhu 400°C, dan 57,09% untuk suhu 600°C. Diagram kuat modulus elastisitas beton rata-rata pada masing-masing suhu dan perlakuan diperlihatkan pada Gambar 4.5, sedangkan Gambar 4.6 menunjukkan besar prosentase penurunan kuat modulus elastisitas beton bakar terhadap beton normal suhu kamar.



Gambar 4.5 Grafik kuat modulus elastisitas beton



Gambar 4.6 Grafik prosentase penurunan kuat modulus elastisitas

Berdasarkan literatur yang ada, bahwa penurunan modulus elastisitas pada beton dipengaruhi oleh kenaikan suhu. Penelitian Hansen menunjukkan menunjukkan nilai modulus elastisitas turun 25% jika dipanaskan sampai 500°F atau 245°C, dan turun 50% jika dipanaskan 800°F atau 412°C. Seperti pada literatur untuk kuat desak, di sini juga tidak disebutkan cara pemanasan dan perlakuan pendinginannya sehingga ada sedikit perbedaan prosentase penurunan dengan hasil penelitian. Tetapi pada prinsipnya sama bahwa akibat dari pemanasan atau kenaikan suhu maka kuat modulus elastisitas mengalami penurunan.

Kuat modulus elastisitas beton yang di bakar pada suhu 200°C dan 400°C dengan mendapatkan perlakuan di siram mempunyai nilai lebih tinggi dari pada kuat modulus elastisitas beton yang didinginkan secara alami. Tetapi untuk suhu

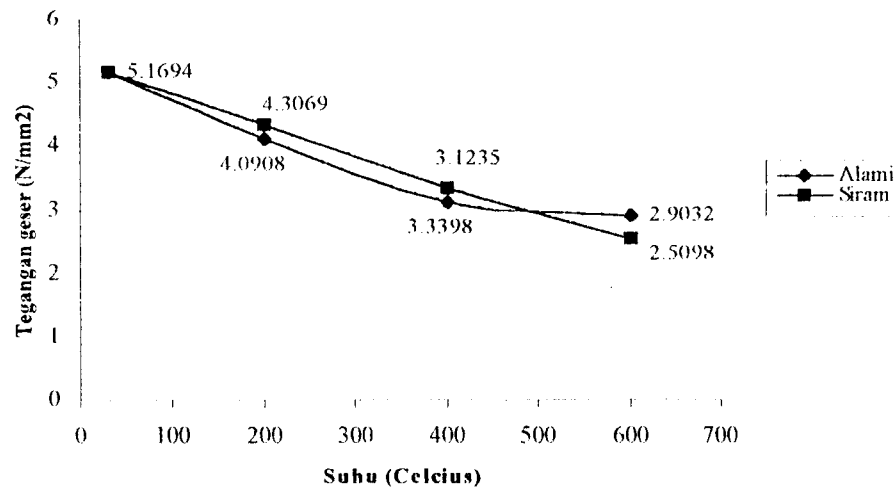
600°C kuat modulus elastisitas beton yang dibiarkan dingin secara alami mempunyai nilai yang lebih tinggi dari pada di siram.

4.2.4 Kuat geser beton

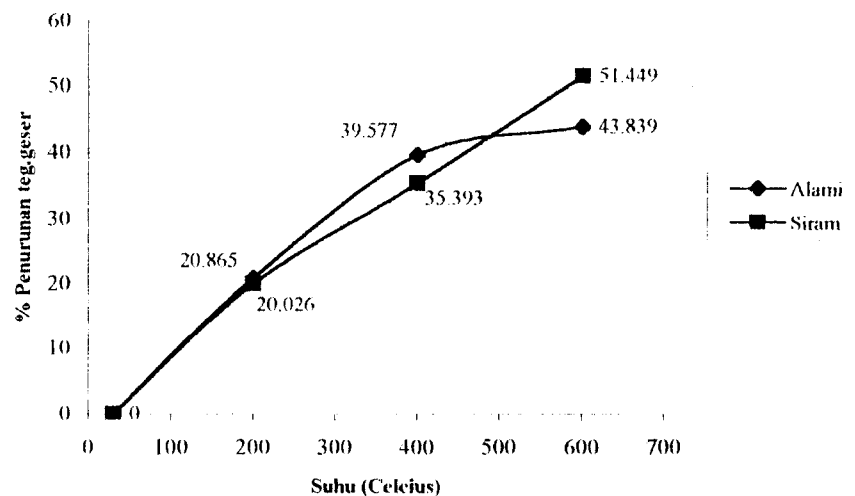
Dari hasil penelitian didapatkan tegangan geser beton sebesar 5,1694 N/mm² untuk beton normal suhu kamar (tidak di bakar). Nilai ini akan digunakan sebagai pembandingan untuk nilai tegangan geser pada beton yang di bakar pada masing-masing suhu dan perlakuan sehingga didapatkan prosentase penurunan tegangan geser akibat pengaruh kenaikan suhu pembakaran.

Data-data dari Tabel 4.11 menunjukkan adanya penurunan tegangan geser akibat dari kenaikan suhu. Beton yang mendapat perlakuan didinginkan secara alami, untuk pembakaran pada suhu 200°C mengalami penurunan tegangan 20,87%, pembakaran pada suhu 400°C mengalami penurunan 39,58%, dan pembakaran pada suhu 600°C mengalami penurunan 43,84%. Sedangkan beton yang mendapat perlakuan di siram pada proses pendinginannya, untuk pembakaran pada suhu 200°C mengalami penurunan 20,03%, pembakaran pada suhu 400°C mengalami penurunan 35,39%, dan pembakaran pada suhu 600°C mengalami penurunan 51,45%. Semua penurunan tersebut adalah terhadap tegangan geser beton normal suhu kamar.

Grafik tegangan geser serta prosentase penurunan terhadap beton normal suhu kamar berturut-turut dapat di lihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 berikut ini.



Gambar 4.7 Grafik kuat geser beton



Gambar 4.8 Grafik prosentase penurunan kuat geser beton

Secara umum tegangan geser beton mengalami penurunan setelah di bakar. Jika dibandingkan antara perlakuan dibiarkan dingin secara alami dan di siram pada proses pendinginannya maka seperti halnya pada penelitian kuat desak dan modulus elastisitas, bahwa tegangan geser beton yang di bakar pada suhu 200°C

dan 400°C dengan mendapatkan perlakuan di siram mempunyai nilai lebih tinggi dari pada tegangan geser beton yang didinginkan dengan cara alami. Tetapi untuk suhu 600°C tegangan geser beton yang dibiarkan dingin secara alami mempunyai nilai lebih tinggi dari pada yang di siram.

4. Prosentase penurunan kuat geser beton pasca bakar dengan pendinginan secara alami berturut-turut adalah 20,87%, 39,58%, dan 43,84% pada suhu 200°C, 400°C, dan 600°C. Sedangkan beton pasca bakar yang didinginkan dengan cara di siram prosentase penurunannya adalah 20,03% pada suhu 200°C, 35,39% pada suhu 400°C, dan 51,45% pada suhu 600°C.
5. Nilai tegangan desak, modulus elastisitas, dan tegangan geser pada beton yang di bakar dengan perlakuan di siram lebih tinggi dari pada beton yang didinginkan secara alami, untuk suhu 200°C dan 400°C. Tetapi untuk suhu 600°C terjadi sebaliknya.
6. Rumus empiris $E=4700\sqrt{f'_c}$ tidak berlaku untuk beton setelah mengalami pembakaran

5.2 Saran

Untuk lebih sempurnanya penelitian ini maka perlu diperhatikan saran-saran berikut :

1. Pada saat pembuatan benda uji sebaiknya di buat dalam satu adukan sehingga didapatkan mutu beton yang seragam.
2. Perlu ada penelitian lanjutan tentang pengaruh pembakaran pada balok beton bertulang.
3. Perlu dilakukan penelitian pengaruh penurunan kekuatan beton pasca bakar pada beton mutu tinggi ataupun beton yang dapat dikategorikan tahan panas.

12. _____, 1990, **STANDAR TATA CARA PEMBUATAN RENCANA CAMPURAN BETON NORMAL**, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB, Bandung.

Lampiran

HASIL PEMERIKSAAN PASIR**I. MENENTUKAN MODULUS HALUS BUTIR PASIR**

Benda Uji 1: Pasir Sungai Brosot

SARINGAN		TERTINGGAL		% KOMULATIF	
No.	mm	gram	%	tertinggal	lolos
4	4,76	37,3	3,73	3,73	96,27
8	2,38	73,5	7,35	11,08	88,92
16	1,9	121,3	12,13	23,21	76,79
30	0,59	224,3	22,43	45,64	54,36
50	0,30	270,4	27,04	72,68	27,32
100	0,15	206,8	20,68	93,36	6,64
Pan	0	66,4	6,64	0	0
	JUMLAH	1000	100	249,7	350,3

$$\text{Modulus Halus Butir (mhb)} = \frac{249,7}{100} = 2,5$$

Benda Uji 2 : Pasir Sungai Brosot

SARINGAN		TERTINGGAL		% KOMULATIF	
No.	mm	gram	%	tertinggal	lolos
4	4,76	66,7	6,67	6,67	93,33
8	2,38	82,0	8,20	14,87	85,13
16	1,9	118,8	11,88	26,75	73,25
30	0,59	218,5	21,85	48,60	51,40
50	0,30	251,8	25,18	73,78	26,22
100	0,15	201,3	20,13	93,91	6,09
Pan	0	60,9	6,09	0	0
	JUMLAH	1000	100	264,58	335,42

$$\text{Modulus Halus Butir (mhb)} = \frac{264,58}{100} = 2,65$$

$$\text{Modulus Halus Butir (mhb) rata-rata} = \frac{2,5+2,65}{2} = 2,575$$

2. PEMERIKSAAN BERAT JENIS PASIR

Benda Uji : Pasir Sungai Brosot

Hasil Pengujian :

URAIAN	Benda uji I	Benda uji II	Rata-rata
Berat pasir (SSD) = w	400 gram	400 gram	400 gram
volume air = v_1	500 ml	500 ml	500 ml
volume air dan pasir = v_2	650 ml	650 ml	650 ml
Berat jenis pasir = $w/(v_2-v_1)$	2,67 gr/cm ³	2,67 gr/cm ³	2,67 gr/cm ³

3. PEMERIKSAAN KANDUNGAN LUMPUR PADA PASIR

Benda Uji : Pasir Sungai Brosot

Hasil Pengujian :

URAIAN	Benda uji I	Benda uji II	Rata-rata
Berat pasir kering oven (w_1)	200 gram	200 gram	200 gram
Berat pasir bersih setelah di cuci (w_2)	199 gram	198,4 gram	198,7 gram
Kandungan lumpur = $(w_1-w_2)/w_1 \times 100\%$	0,5 %	0,8%	0,65%

HASIL PEMERIKSAAN KERIKIL**1. PEMERIKSAAN BERAT JENIS KERIKIL**

Benda Uji : Kerikil dari Clereng

Hasil Pengujian :

URAIAN	Benda uji I	Benda uji II	Rata-rata
Berat kerikil (SSD) = w	400 gram	400 gram	400 gram
volume air = v_1	500 ml	500 ml	500 ml
volume air dan kerikil = v_2	650 ml	660 ml	650 ml
Berat jenis pasir = $w/(v_2-v_1)$	2,50 gr/cm ³	2,67 gr/cm ³	2,60 gr/cm ³

2. PEMERIKSAAN BERAT KERING TUSUK KERIKIL

Benda Uji : Kerikil dari Clereng

Hasil Pengujian :

URAIAN	Benda Uji
Berat cetakan silinder kosong (w_1)	4077 gram
Berat cetakan silinder kosong + kerikil SSD (w_2)	12086 gram
Berat kering tusuk = $(w_2-w_1)/0,25 \cdot \pi \cdot 15^2 \cdot 30$	1,5 gr/cm ³

3. PEMERIKSAAN KEAUSAN KERIKIL (BATU PECAH)

Benda Uji : Kerikil dari Clereng

Hasil Pengujian :

URAIAN	Berat (gram)		Kcausan (%)
	Semula	Sesudah 500 putaran	
Benda uji	5000	4189	16,22



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)

AASHTO T 96 - 77

Contoh dari : Clereng, Kulon Progo Dikerjakan Oleh :
 Jenis Contoh : Gradasi kasar Sukanto HM & Syamsudin
 DI TEST TANGGAL : 28 Juli 1998 DIPERIKSA : Miftahul F, ST.
 Untuk Proyek : Penelitian Tugas Akhir Sdr. A. Qolyubi, 93310021

JENIS GRADASI		B	
SARINGAN		BENDA UJI	
LOLOS	TERTAHAN	I	II
72,2 mm (3")	63,5 mm (2,5")		
63,5mm (2,5")	50,8 mm (2")		
50,8mm (2")	37,5 mm (1,5")		
37,5 mm (1,5")	25,4 mm (1")		
25,4mm (1")	19,0 mm (3/4")		
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")	2500 gram	
12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/4")	2500 gram	
09,5 mm (3/8")	06,3 mm (1/4")		
06,3 mm (1/4")	4,75 mm (No 4)		
4,75 mm (No 4)	2,36 mm (No 8)		
JUMLAH BENDA UJI (A)		5000 gram	
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		4189 gram	
KEAUSAN = $\frac{(A - B)}{A} \times 100 \%$		16,22 %	

Yogyakarta, 29 Juli 1998

a.n/ Kepala Lab Jalan Raya FT. UII

Sukanto HM.

Laboran.

Tabel Tegangan - Regangan Beton Normal Suhu Kamar (1.30.ME, 2.30.ME, 3.30.ME)

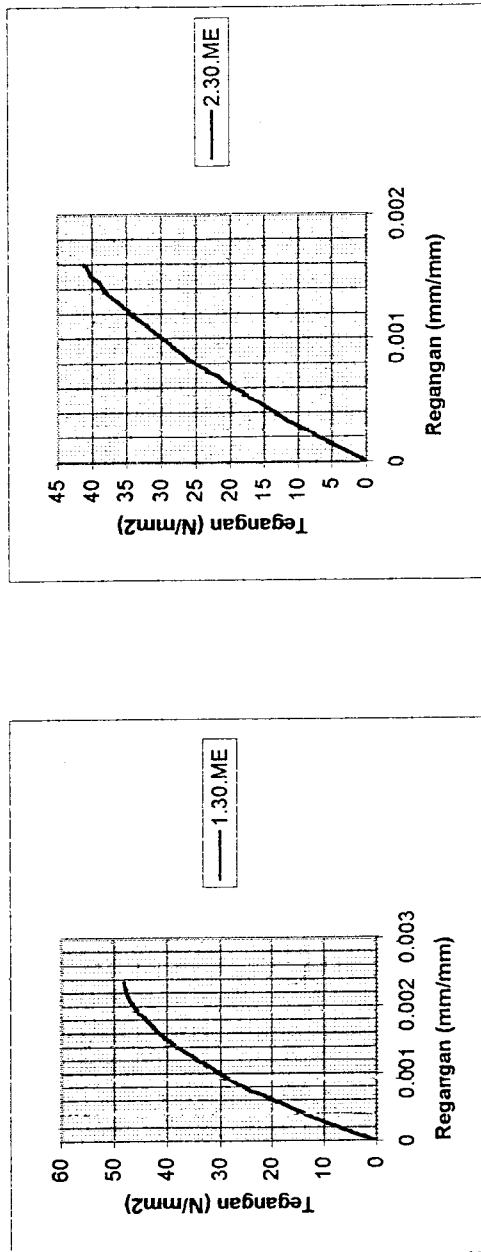
1.30.ME										2.30.ME										3.30.ME															
Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)	Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)	Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)	Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)	Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)		
0	17351.4	0	0	0	0	17745	0	0	0	0	0	17745	0	0	0	0	0	0	17663	0	0	0	0	0	17663	0	0	0	0	0	0	0	0		
18000	17351.4	0.005	1.653E-05	0.56018	10000	17745	0.005	1.654E-05	0.563538	2.5	24752	17663	0.005	1.654E-05	0.563538	2.5	24752	17663	0.005	1.654E-05	0.563538	2.5	24752	17663	0.005	1.654E-05	0.563538	2.5	24752	17663	0.005	1.654E-05	0.563538	2.5	24752
20000	17351.4	0.008	2.646E-05	1.12036	20000	17745	0.01	3.307E-05	1.127077	5	49505	17663	0.01	3.307E-05	1.127077	5	49505	17663	0.01	3.307E-05	1.127077	5	49505	17663	0.01	3.307E-05	1.127077	5	49505	17663	0.01	3.307E-05	1.127077	5	49505
30000	17351.4	0.013	4.299E-05	1.68054	30000	17745	0.014	4.63E-05	1.690615	6	59406	17663	0.014	4.63E-05	1.690615	6	59406	17663	0.014	4.63E-05	1.690615	6	59406	17663	0.014	4.63E-05	1.690615	6	59406	17663	0.014	4.63E-05	1.690615	6	59406
40000	17351.4	0.018	5.952E-05	2.24072	40000	17745	0.019	6.284E-05	2.254153	7.5	74257	17663	0.019	6.284E-05	2.254153	7.5	74257	17663	0.019	6.284E-05	2.254153	7.5	74257	17663	0.019	6.284E-05	2.254153	7.5	74257	17663	0.019	6.284E-05	2.254153	7.5	74257
50000	17351.4	0.021	6.944E-05	2.8009	50000	17745	0.025	8.269E-05	2.817692	9.5	94059	17663	0.025	8.269E-05	2.817692	9.5	94059	17663	0.025	8.269E-05	2.817692	9.5	94059	17663	0.025	8.269E-05	2.817692	9.5	94059	17663	0.025	8.269E-05	2.817692	9.5	94059
60000	17351.4	0.025	8.267E-05	3.36108	60000	17745	0.03	9.922E-05	3.38123	11.5	113861	17663	0.03	9.922E-05	3.38123	11.5	113861	17663	0.03	9.922E-05	3.38123	11.5	113861	17663	0.03	9.922E-05	3.38123	11.5	113861	17663	0.03	9.922E-05	3.38123	11.5	113861
70000	17351.4	0.03	9.921E-05	3.921261	70000	17745	0.034	0.0001125	3.944768	13	128713	17663	0.034	0.0001125	3.944768	13	128713	17663	0.034	0.0001125	3.944768	13	128713	17663	0.034	0.0001125	3.944768	13	128713	17663	0.034	0.0001125	3.944768	13	128713
80000	17351.4	0.034	0.0001124	4.481441	80000	17745	0.038	0.0001257	4.508307	14.5	143564	17663	0.038	0.0001257	4.508307	14.5	143564	17663	0.038	0.0001257	4.508307	14.5	143564	17663	0.038	0.0001257	4.508307	14.5	143564	17663	0.038	0.0001257	4.508307	14.5	143564
90000	17351.4	0.04	0.0001323	5.041621	90000	17745	0.043	0.0001422	5.071845	16.5	163366	17663	0.043	0.0001422	5.071845	16.5	163366	17663	0.043	0.0001422	5.071845	16.5	163366	17663	0.043	0.0001422	5.071845	16.5	163366	17663	0.043	0.0001422	5.071845	16.5	163366
100000	17351.4	0.044	0.0001455	5.601801	100000	17745	0.05	0.0001654	5.635384	18	178218	17663	0.05	0.0001654	5.635384	18	178218	17663	0.05	0.0001654	5.635384	18	178218	17663	0.05	0.0001654	5.635384	18	178218	17663	0.05	0.0001654	5.635384	18	178218
110000	17351.4	0.049	0.000162	6.161981	110000	17745	0.054	0.0001786	6.198922	19	188119	17663	0.054	0.0001786	6.198922	19	188119	17663	0.054	0.0001786	6.198922	19	188119	17663	0.054	0.0001786	6.198922	19	188119	17663	0.054	0.0001786	6.198922	19	188119
120000	17351.4	0.054	0.0001786	6.722161	120000	17745	0.057	0.0001885	6.76246	21	207921	17663	0.057	0.0001885	6.76246	21	207921	17663	0.057	0.0001885	6.76246	21	207921	17663	0.057	0.0001885	6.76246	21	207921	17663	0.057	0.0001885	6.76246	21	207921
130000	17351.4	0.059	0.0001951	7.282341	130000	17745	0.063	0.0002084	7.325999	22.5	222772	17663	0.063	0.0002084	7.325999	22.5	222772	17663	0.063	0.0002084	7.325999	22.5	222772	17663	0.063	0.0002084	7.325999	22.5	222772	17663	0.063	0.0002084	7.325999	22.5	222772
140000	17351.4	0.064	0.0002116	7.842521	140000	17745	0.07	0.0002315	7.889537	25	247525	17663	0.07	0.0002315	7.889537	25	247525	17663	0.07	0.0002315	7.889537	25	247525	17663	0.07	0.0002315	7.889537	25	247525	17663	0.07	0.0002315	7.889537	25	247525
150000	17351.4	0.07	0.0002315	8.402701	150000	17745	0.075	0.0002481	8.453075	26.5	262376	17663	0.075	0.0002481	8.453075	26.5	262376	17663	0.075	0.0002481	8.453075	26.5	262376	17663	0.075	0.0002481	8.453075	26.5	262376	17663	0.075	0.0002481	8.453075	26.5	262376
160000	17351.4	0.074	0.0002447	8.962881	160000	17745	0.08	0.0002646	9.016614	28	277228	17663	0.08	0.0002646	9.016614	28	277228	17663	0.08	0.0002646	9.016614	28	277228	17663	0.08	0.0002646	9.016614	28	277228	17663	0.08	0.0002646	9.016614	28	277228
170000	17351.4	0.078	0.0002579	9.523061	170000	17745	0.084	0.0002778	9.580152	29	287129	17663	0.084	0.0002778	9.580152	29	287129	17663	0.084	0.0002778	9.580152	29	287129	17663	0.084	0.0002778	9.580152	29	287129	17663	0.084	0.0002778	9.580152	29	287129
180000	17351.4	0.083	0.0002745	10.08324	180000	17745	0.089	0.0002944	10.14369	31	306931	17663	0.089	0.0002944	10.14369	31	306931	17663	0.089	0.0002944	10.14369	31	306931	17663	0.089	0.0002944	10.14369	31	306931	17663	0.089	0.0002944	10.14369	31	306931
190000	17351.4	0.088	0.000291	10.64342	190000	17745	0.094	0.0003109	10.70723	32.5	321782	17663	0.094	0.0003109	10.70723	32.5	321782	17663	0.094	0.0003109	10.70723	32.5	321782	17663	0.094	0.0003109	10.70723	32.5	321782	17663	0.094	0.0003109	10.70723	32.5	321782
200000	17351.4	0.094	0.0003108	11.2036	200000	17745	0.098	0.0003241	11.27077	34.5	341584	17663	0.098	0.0003241	11.27077	34.5	341584	17663	0.098	0.0003241	11.27077	34.5	341584	17663	0.098	0.0003241	11.27077	34.5	341584	17663	0.098	0.0003241	11.27077	34.5	341584
210000	17351.4	0.099	0.0003274	11.76378	210000	17745	0.102	0.0003374	11.83431	35.5	351485	17663	0.102	0.0003374	11.83431	35.5	351485	17663	0.102	0.0003374	11.83431	35.5	351485	17663	0.102	0.0003374	11.83431	35.5	351485	17663	0.102	0.0003374	11.83431	35.5	351485
220000	17351.4	0.104	0.0003439	12.32396	220000	17745	0.109	0.0003605	12.39784	37	366337	17663	0.109	0.0003605	12.39784	37	366337	17663	0.109	0.0003605	12.39784	37	366337	17663	0.109	0.0003605	12.39784	37	366337	17663	0.109	0.0003605	12.39784	37	366337
230000	17351.4	0.111	0.0003671	12.88414	230000	17745	0.115	0.0003804	12.96138	38	376238	17663	0.115	0.0003804	12.96138	38	376238	17663	0.115	0.0003804	12.96138	38	376238	17663	0.115	0.0003804	12.96138	38	376238	17663	0.115	0.0003804	12.96138	38	376238
240000	17351.4	0.117	0.0003869	13.44432	240000	17745	0.122	0.0004035	13.52492	40	396040	17663	0.122	0.0004035	13.52492	40	396040	17663	0.122	0.0004035	13.52492	40	396040	17663	0.122	0.0004035	13.52492	40	396040	17663	0.122	0.0004035	13.52492	40	396040

Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)
250000	17851.4	0.125	0.0004134	14.0045	250000	17745	0.127	0.00042	14.08846	41.5	410891	17663	0.25	0.0008267	23.26347
260000	17851.4	0.13	0.0004299	14.56468	260000	17745	0.133	0.0004399	14.652	42.5	420792	17663	0.26	0.0008398	23.82404
270000	17851.4	0.135	0.0004454	15.12486	270000	17745	0.138	0.0004564	15.21554	44.5	440594	17663	0.27	0.0008929	24.94517
280000	17851.4	0.14	0.000463	15.68504	280000	17745	0.145	0.0004796	15.77907	45.5	450495	17663	0.28	0.0009249	25.50574
290000	17851.4	0.147	0.0004861	16.24522	290000	17745	0.15	0.0004961	15.34251	47	465347	17663	0.29	0.000959	26.34658
300000	17851.4	0.151	0.0004993	16.8054	300000	17745	0.155	0.0005127	15.90615	49	485149	17663	0.3	0.0009921	27.46771
310000	17851.4	0.157	0.0005192	17.36558	310000	17745	0.162	0.0005358	17.46969	50	495050	17663	0.32	0.0010582	28.02828
320000	17851.4	0.163	0.000539	17.92576	320000	17745	0.168	0.0005556	18.03323	51	504950	17663	0.32	0.0010582	28.58885
330000	17851.4	0.169	0.0005589	18.48594	330000	17745	0.174	0.0005755	18.59677	52.5	519802	17663	0.33	0.0010913	29.42969
340000	17851.4	0.173	0.0005721	19.04612	340000	17745	0.178	0.0005887	19.1603	53.5	529703	17663	0.34	0.0011243	29.99026
350000	17851.4	0.179	0.0005919	19.6063	350000	17745	0.185	0.0006119	19.72384	55	544554	17663	0.35	0.0011574	30.83111
360000	17851.4	0.185	0.0006118	20.16648	360000	17745	0.191	0.0006317	20.28738	56.5	559406	17663	0.36	0.0011905	31.67196
370000	17851.4	0.191	0.0006316	20.72666	370000	17745	0.195	0.0006449	20.85092	57	564356	17663	0.37	0.0012235	31.95224
380000	17851.4	0.197	0.0006515	21.28684	380000	17745	0.203	0.0006714	21.41446	58	574257	17663	0.38	0.0012566	32.51281
390000	17851.4	0.205	0.0006779	21.84702	390000	17745	0.211	0.0006979	21.978	60	594059	17663	0.39	0.0012897	33.63394
400000	17851.4	0.209	0.0006911	22.4072	400000	17745	0.216	0.0007144	22.54153	62	613861	17663	0.4	0.0013228	34.75507
410000	17851.4	0.214	0.0007077	22.96738	410000	17745	0.22	0.0007276	23.10507	62	613861	17663	0.41	0.0013558	34.75507
420000	17851.4	0.218	0.0007209	23.52756	420000	17745	0.227	0.0007508	23.66861	63	623762	17663	0.42	0.0013889	35.31563
430000	17851.4	0.221	0.0007308	24.08774	430000	17745	0.233	0.0007706	24.23215	64	633663	17663	0.43	0.001422	35.8762
440000	17851.4	0.228	0.000754	24.64792	440000	17745	0.238	0.0007872	24.79569	65	643564	17663	0.44	0.001455	36.43676
450000	17851.4	0.237	0.0007837	25.2081	450000	17745	0.244	0.000807	25.35923	66.5	658416	17663	0.45	0.0014881	37.27761
460000	17851.4	0.243	0.0008036	25.76828	460000	17745	0.25	0.0008269	25.92276	68	673267	17663	0.46	0.0015212	38.11846
470000	17851.4	0.249	0.0008234	26.32846	470000	17745	0.257	0.00085	26.4863	69	683168	17663	0.47	0.0015542	38.67903
480000	17851.4	0.257	0.0008499	26.88864	480000	17745	0.265	0.0008765	27.04984	70	693069	17663	0.48	0.0015873	39.23959
490000	17851.4	0.265	0.0008763	27.44882	490000	17745	0.272	0.0008996	27.61338	70	693069	17663	0.49	0.0016204	39.23959
500000	17851.4	0.272	0.0008995	28.009	500000	17745	0.278	0.0009195	28.17692	70	693069	17663	0.5	0.0016534	39.23959
510000	17851.4	0.279	0.0009226	28.56918	510000	17745	0.287	0.0009492	28.74046	70	693069	17663	0.51	0.0016865	39.23959
520000	17851.4	0.285	0.0009425	29.12936	520000	17745	0.295	0.0009757	29.30399	70	693069	17663	0.52	0.0017196	39.23959
530000	17851.4	0.295	0.0009755	29.68954	530000	17745	0.303	0.0010021	29.86753	70.5	698020	17663	0.53	0.0017526	39.51988
540000	17851.4	0.302	0.0009987	30.24972	540000	17745	0.31	0.0010253	30.43107	71	702970	17663	0.54	0.0017857	39.80016

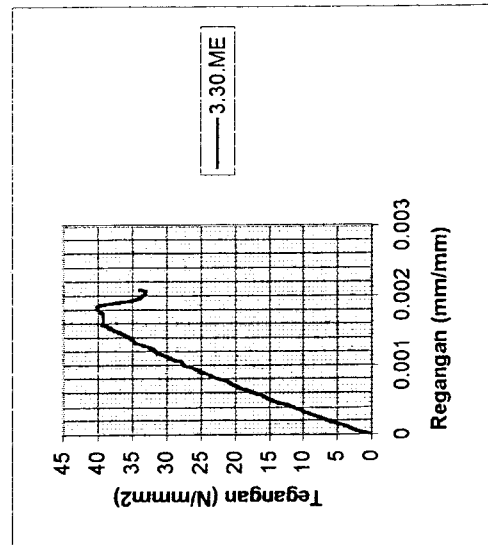
Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	Penurunan (mm)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Tegangan (N/mm ²)		
550000	17351.4	0.312	0.0010317	30.8099	550000	17745	0.317	0.0010485	30.99461	71.5	707921	17663	0.55	0.0018188	40.08044
560000	17351.4	0.322	0.0010648	31.3708	560000	17745	0.326	0.0010782	31.55815	71.5	707921	17663	0.56	0.0018519	40.08044
570000	17351.4	0.333	0.0011012	31.9326	570000	17745	0.335	0.001108	32.12169	69	683168	17663	0.57	0.0018849	38.67903
580000	17351.4	0.341	0.0011276	32.49044	580000	17745	0.34	0.0011245	32.68522	64	633663	17663	0.58	0.001918	35.8762
590000	17351.4	0.349	0.0011541	33.0562	590000	17745	0.347	0.0011477	33.24876	61	603960	17663	0.59	0.0019511	34.1945
600000	17351.4	0.355	0.0011739	33.6108	600000	17745	0.354	0.0011708	33.8123	60	594059	17663	0.6	0.0019841	33.63394
610000	17351.4	0.36	0.0011995	34.17098	610000	17745	0.36	0.0011907	34.37584	59	584158	17663	0.62	0.0020503	33.07337
620000	17351.4	0.372	0.0012302	34.73116	620000	17745	0.372	0.0012304	34.93938	60.5	599010	17663	0.63	0.0020833	33.91422
630000	17351.4	0.38	0.0012566	35.29134	630000	17745	0.379	0.0012535	35.50292						
640000	17351.4	0.388	0.0012831	35.85153	640000	17745	0.388	0.0012833	36.06645						
650000	17351.4	0.395	0.0013052	36.41171	650000	17745	0.395	0.0013064	36.62999						
660000	17351.4	0.405	0.0013393	36.97189	660000	17745	0.403	0.0013329	37.19353						
670000	17351.4	0.415	0.0013724	37.53207	670000	17745	0.412	0.0013627	37.75707						
680000	17351.4	0.421	0.0013922	38.09225	680000	17745	0.423	0.001399	38.32061						
690000	17351.4	0.432	0.0014286	38.65243	690000	17745	0.435	0.0014387	38.88415						
700000	17351.4	0.442	0.0014616	39.21261	700000	17745	0.445	0.0014718	39.44768						
710000	17351.4	0.452	0.0014947	39.77279	710000	17745	0.453	0.0014983	40.01122						
720000	17351.4	0.462	0.0015278	40.33297	720000	17745	0.47	0.0015545	40.57476						
730000	17351.4	0.472	0.0015608	40.89215	730000	17745	0.485	0.0016041	41.1383						
740000	17351.4	0.483	0.0015972	41.45333											
750000	17351.4	0.495	0.0016369	42.01351											
760000	17351.4	0.512	0.0016931	42.57369											
770000	17351.4	0.525	0.0017361	43.13387											
780000	17351.4	0.537	0.0017758	43.69405											
790000	17351.4	0.553	0.0018287	44.25423											
800000	17351.4	0.564	0.0018651	44.81441											
810000	17351.4	0.578	0.0019114	45.37459											
820000	17351.4	0.595	0.0019676	45.93477											
830000	17351.4	0.613	0.0020271	46.49495											
840000	17351.4	0.633	0.0020933	47.05513											

Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)
850000	17851.4	0.662	0.0021892	47.61531
860000	17851.4	0.71	0.0023479	48.17549

Grafik tegangan - regangan suhu kamar (30)



ket :
 1,2,3 = nomor benda uji
 30 = suhu kamar (tidak di bakar)
 ME = pengujian modulus elastisitas



Tabel Tegangan - Regangan Beton untuk Pembakaran Suhu 200 (Alami)

3.200.A.ME															
Beban	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)
0	17851.4	0	0	0	0	18184.4	0	0	0	0	0	17875	0	0	0
10000	17851.4	0.005	2E-05	0.56018	10000	18184.4	0.007	2.32E-05	0.54992	1.5	14851.5	17875	0.01	3.31E-05	0.83085
20000	17851.4	0.011	3.6E-05	1.12036	20000	18184.4	0.012	3.98E-05	1.09984	3	29703	17875	0.02	6.62E-05	1.6617
30000	17851.4	0.014	4.6E-05	1.68054	30000	18184.4	0.018	5.97E-05	1.64977	4	39604	17875	0.03	9.93E-05	2.2156
40000	17851.4	0.013	5.9E-05	2.24072	40000	18184.4	0.024	7.96E-05	2.19969	5.5	54455.4	17875	0.04	0.000132	3.04644
50000	17851.4	0.025	8.2E-05	2.8009	50000	18184.4	0.03	9.95E-05	2.74961	7.5	74257.4	17875	0.05	0.000165	4.15424
60000	17851.4	0.031	0.0001	3.36108	60000	18184.4	0.035	0.000116	3.29953	9	89108.9	17875	0.06	0.000199	4.98509
70000	17851.4	0.035	0.00012	3.921261	70000	18184.4	0.04	0.000133	3.84945	10.5	103960	17875	0.07	0.000232	5.81594
80000	17851.4	0.038	0.00013	4.481441	80000	18184.4	0.045	0.000149	4.39938	12	118812	17875	0.08	0.000265	6.64679
90000	17851.4	0.044	0.00014	5.041621	90000	18184.4	0.051	0.000169	4.9493	13	128713	17875	0.09	0.000298	7.20069
100000	17851.4	0.052	0.00017	5.601801	100000	18184.4	0.056	0.000186	5.49922	15	148515	17875	0.1	0.000331	8.30848
110000	17851.4	0.057	0.00019	6.161981	110000	18184.4	0.062	0.000206	6.04914	17	168317	17875	0.11	0.000364	9.41628
120000	17851.4	0.062	0.0002	6.722161	120000	18184.4	0.068	0.000226	6.59906	18.5	183168	17875	0.12	0.000397	10.2471
130000	17851.4	0.065	0.00021	7.282341	130000	18184.4	0.073	0.000242	7.14899	20	198020	17875	0.13	0.00043	11.078
140000	17851.4	0.07	0.00023	7.842521	140000	18184.4	0.079	0.000262	7.69891	21.5	212871	17875	0.14	0.000463	11.9088
150000	17851.4	0.075	0.00025	8.402701	150000	18184.4	0.085	0.000282	8.24883	23	227723	17875	0.15	0.000496	12.7397
160000	17851.4	0.08	0.00026	8.962881	160000	18184.4	0.09	0.000299	8.79875	25	247525	17875	0.16	0.00053	13.8475
170000	17851.4	0.091	0.0003	9.523061	170000	18184.4	0.095	0.000315	9.34867	25.5	252475	17875	0.17	0.000563	14.1244
180000	17851.4	0.096	0.00032	10.08324	180000	18184.4	0.1	0.000332	9.89859	26.5	262376	17875	0.18	0.000596	14.6783
190000	17851.4	0.101	0.00033	10.64342	190000	18184.4	0.107	0.000355	10.4485	28	277228	17875	0.19	0.000629	15.5092
200000	17851.4	0.106	0.00035	11.2036	200000	18184.4	0.115	0.000382	10.9984	29.5	292079	17875	0.2	0.000662	16.34
210000	17851.4	0.115	0.00038	11.76378	210000	18184.4	0.12	0.000398	11.5484	31	306931	17875	0.21	0.000695	17.1709
220000	17851.4	0.125	0.00041	12.32396	220000	18184.4	0.128	0.000425	12.0983	32.5	321782	17875	0.22	0.000728	18.0017
230000	17851.4	0.134	0.00044	12.88414	230000	18184.4	0.135	0.000448	12.6482	34	336634	17875	0.23	0.000761	18.8326
240000	17851.4	0.139	0.00046	13.44432	240000	18184.4	0.138	0.000458	13.1981	35	346535	17875	0.24	0.000794	19.3865

2.200.A.ME															
Beban	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)
0	17851.4	0	0	0	0	18184.4	0	0	0	0	0	17875	0	0	0
10000	17851.4	0.005	2E-05	0.56018	10000	18184.4	0.007	2.32E-05	0.54992	1.5	14851.5	17875	0.01	3.31E-05	0.83085
20000	17851.4	0.011	3.6E-05	1.12036	20000	18184.4	0.012	3.98E-05	1.09984	3	29703	17875	0.02	6.62E-05	1.6617
30000	17851.4	0.014	4.6E-05	1.68054	30000	18184.4	0.018	5.97E-05	1.64977	4	39604	17875	0.03	9.93E-05	2.2156
40000	17851.4	0.013	5.9E-05	2.24072	40000	18184.4	0.024	7.96E-05	2.19969	5.5	54455.4	17875	0.04	0.000132	3.04644
50000	17851.4	0.025	8.2E-05	2.8009	50000	18184.4	0.03	9.95E-05	2.74961	7.5	74257.4	17875	0.05	0.000165	4.15424
60000	17851.4	0.031	0.0001	3.36108	60000	18184.4	0.035	0.000116	3.29953	9	89108.9	17875	0.06	0.000199	4.98509
70000	17851.4	0.035	0.00012	3.921261	70000	18184.4	0.04	0.000133	3.84945	10.5	103960	17875	0.07	0.000232	5.81594
80000	17851.4	0.038	0.00013	4.481441	80000	18184.4	0.045	0.000149	4.39938	12	118812	17875	0.08	0.000265	6.64679
90000	17851.4	0.044	0.00014	5.041621	90000	18184.4	0.051	0.000169	4.9493	13	128713	17875	0.09	0.000298	7.20069
100000	17851.4	0.052	0.00017	5.601801	100000	18184.4	0.056	0.000186	5.49922	15	148515	17875	0.1	0.000331	8.30848
110000	17851.4	0.057	0.00019	6.161981	110000	18184.4	0.062	0.000206	6.04914	17	168317	17875	0.11	0.000364	9.41628
120000	17851.4	0.062	0.0002	6.722161	120000	18184.4	0.068	0.000226	6.59906	18.5	183168	17875	0.12	0.000397	10.2471
130000	17851.4	0.065	0.00021	7.282341	130000	18184.4	0.073	0.000242	7.14899	20	198020	17875	0.13	0.00043	11.078
140000	17851.4	0.07	0.00023	7.842521	140000	18184.4	0.079	0.000262	7.69891	21.5	212871	17875	0.14	0.000463	11.9088
150000	17851.4	0.075	0.00025	8.402701	150000	18184.4	0.085	0.000282	8.24883	23	227723	17875	0.15	0.000496	12.7397
160000	17851.4	0.08	0.00026	8.962881	160000	18184.4	0.09	0.000299	8.79875	25	247525	17875	0.16	0.00053	13.8475
170000	17851.4	0.091	0.0003	9.523061	170000	18184.4	0.095	0.000315	9.34867	25.5	252475	17875	0.17	0.000563	14.1244
180000	17851.4	0.096	0.00032	10.08324	180000	18184.4	0.1	0.000332	9.89859	26.5	262376	17875	0.18	0.000596	14.6783
190000	17851.4	0.101	0.00033	10.64342	190000	18184.4	0.107	0.000355	10.4485	28	277228	17875	0.19	0.000629	15.5092
200000	17851.4	0.106	0.00035	11.2036	200000	18184.4	0.115	0.000382	10.9984	29.5	292079	17875	0.2	0.000662	16.34
210000	17851.4	0.115	0.00038	11.76378	210000	18184.4	0.12	0.000398	11.5484	31	306931	17875	0.21	0.000695	17.1709
220000	17851.4	0.125	0.00041	12.32396	220000	18184.4	0.128	0.000425	12.0983	32.5	321782	17875	0.22	0.000728	18.0017
230000	17851.4	0.134	0.00044	12.88414	230000	18184.4	0.135	0.000448	12.6482	34	336634	17875	0.23	0.000761	18.8326
240000	17851.4	0.139	0.00046	13.44432	240000	18184.4	0.138	0.000458	13.1981	35	346535	17875	0.24	0.000794	19.3865

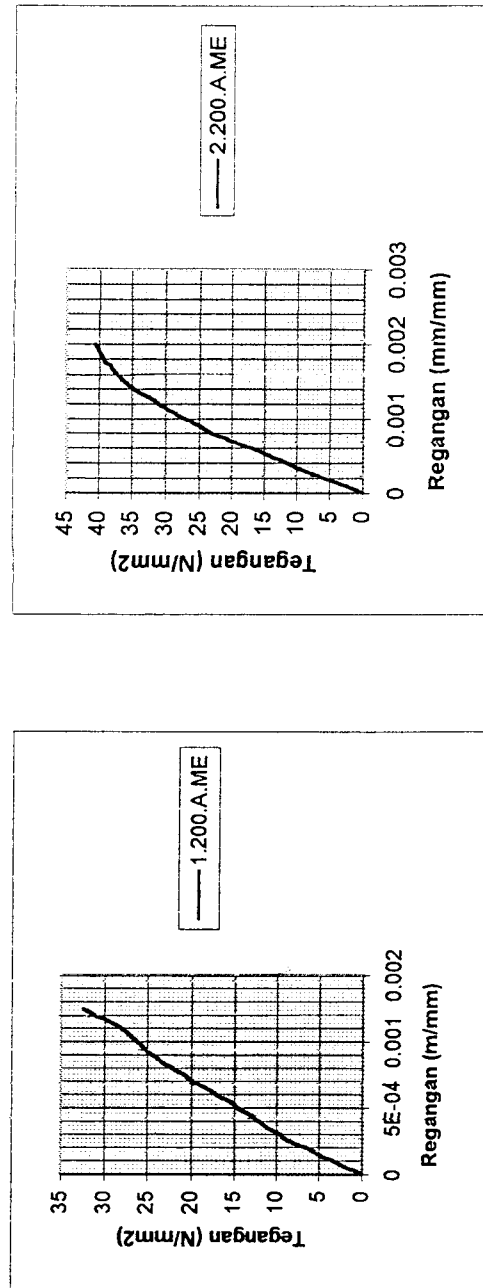
Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (ton)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)
250000	17851.4	0.145	0.00048	14.0245	250000	18184.4	0.145	0.00048	13.748	36.5	17875	0.25	0.000327	20.2173
260000	17851.4	0.15	0.00049	14.56468	260000	18184.4	0.151	0.000501	14.298	37.5	17875	0.26	0.000386	20.7712
270000	17851.4	0.16	0.00053	15.12486	270000	18184.4	0.156	0.000518	14.3479	39	17875	0.27	0.000394	21.6021
280000	17851.4	0.167	0.00055	15.68504	280000	18184.4	0.163	0.000541	15.3978	40	17875	0.28	0.000327	22.156
290000	17851.4	0.173	0.00057	16.24522	290000	18184.4	0.17	0.000564	15.9477	42	17875	0.29	0.000396	23.2638
300000	17851.4	0.175	0.00058	16.8354	300000	18184.4	0.175	0.000581	16.4977	43	17875	0.3	0.000293	23.8177
310000	17851.4	0.184	0.00061	17.36558	310000	18184.4	0.18	0.000597	17.0476	44	17875	0.31	0.001026	24.3716
320000	17851.4	0.191	0.00063	17.92576	320000	18184.4	0.186	0.000617	17.5975	45	17875	0.32	0.001059	24.9254
330000	17851.4	0.197	0.00065	18.48594	330000	18184.4	0.192	0.000637	18.1474	47	17875	0.33	0.001092	25.0332
340000	17851.4	0.205	0.00067	19.04612	340000	18184.4	0.197	0.000654	18.6973	48	17875	0.34	0.001125	26.5871
350000	17851.4	0.21	0.00069	19.6063	350000	18184.4	0.203	0.000674	19.2473	49.5	17875	0.35	0.001158	27.418
360000	17851.4	0.216	0.00071	20.16648	360000	18184.4	0.208	0.00069	19.7972	50.5	17875	0.36	0.001191	27.9719
370000	17851.4	0.225	0.00074	20.72666	370000	18184.4	0.212	0.000703	20.3471	51.5	17875	0.37	0.001225	28.5258
380000	17851.4	0.232	0.00076	21.28684	380000	18184.4	0.219	0.000727	20.897	52.5	17875	0.38	0.001258	29.0797
390000	17851.4	0.237	0.00078	21.84702	390000	18184.4	0.225	0.000747	21.447	54	17875	0.39	0.001291	29.9105
400000	17851.4	0.245	0.00081	22.4072	400000	18184.4	0.228	0.000756	21.9969	55	17875	0.4	0.001324	30.4644
410000	17851.4	0.25	0.00082	22.96738	410000	18184.4	0.235	0.00078	22.5468	56.5	17875	0.41	0.001357	31.2953
420000	17851.4	0.258	0.00085	23.52756	420000	18184.4	0.24	0.000796	23.0967	57.5	17875	0.42	0.00139	31.8492
430000	17851.4	0.268	0.00088	24.08774	430000	18184.4	0.25	0.000829	23.6466	59	17875	0.43	0.001423	32.68
440000	17851.4	0.275	0.00091	24.64792	440000	18184.4	0.257	0.000853	24.1966	59.5	17875	0.44	0.001456	32.957
450000	17851.4	0.285	0.00094	25.2081	450000	18184.4	0.267	0.000886	24.7465	61	17875	0.45	0.001489	33.7878
460000	17851.4	0.295	0.00097	25.76828	460000	18184.4	0.273	0.000906	25.2964	62	17875	0.46	0.001522	34.3417
470000	17851.4	0.305	0.001	26.32846	470000	18184.4	0.283	0.000939	25.8463	63	17875	0.47	0.001556	34.8956
480000	17851.4	0.315	0.00104	26.88864	480000	18184.4	0.292	0.000969	26.3963	64	17875	0.48	0.001589	35.4495
490000	17851.4	0.325	0.00107	27.44882	490000	18184.4	0.298	0.000989	26.9462	65	17875	0.49	0.001622	36.0034
500000	17851.4	0.333	0.0011	28.009	500000	18184.4	0.305	0.001012	27.4961	66	17875	0.5	0.001655	36.5573
510000	17851.4	0.34	0.00112	28.56918	510000	18184.4	0.312	0.001035	28.046	67	17875	0.51	0.001688	37.1112
520000	17851.4	0.346	0.00114	29.12936	520000	18184.4	0.322	0.001068	28.5959	68	17875	0.52	0.001721	37.6651
530000	17851.4	0.352	0.00116	29.68954	530000	18184.4	0.33	0.001095	29.1459	69	17875	0.53	0.001754	38.219
540000	17851.4	0.356	0.00117	30.24972	540000	18184.4	0.338	0.001121	29.6958	70	17875	0.54	0.001787	38.7729

Lanjutan Lampiran 6

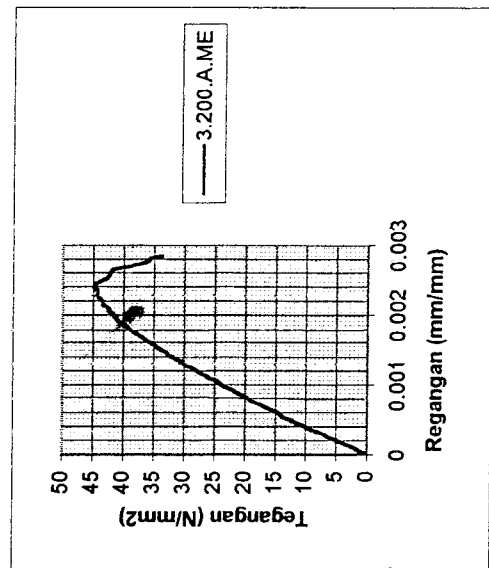
Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (ton)	Elbas (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)
550000	17851.4	0.36	0.00119	30.8099	550000	18184.4	0.35	0.001161	30.2457	71	702970	17875	0.55	0.00182	39.3268
560000	17851.4	0.366	0.0012	31.37008	560000	18184.4	0.356	0.001181	30.7956	72	712871	17875	0.56	0.001353	39.8807
570000	17851.4	0.372	0.00122	31.93026	570000	18184.4	0.368	0.001221	31.3455	73	722772	17875	0.57	0.001386	40.4346
580000	17851.4	0.378	0.00124	32.49044	580000	18184.4	0.377	0.001251	31.8955	74	732673	17875	0.58	0.00192	40.9885
					590000	18184.4	0.385	0.001277	32.4454	74.5	737624	17875	0.59	0.001953	41.2655
					600000	18184.4	0.393	0.001304	32.9953	75	742574	17875	0.6	0.001986	41.5424
					610000	18184.4	0.4	0.001327	33.5452	75.5	747525	17875	0.61	0.002019	41.8194
					620000	18184.4	0.409	0.001357	34.0952	76.5	757426	17875	0.62	0.002052	42.3733
					630000	18184.4	0.418	0.001387	34.6451	77	752376	17875	0.63	0.002085	42.6502
					640000	18184.4	0.429	0.001423	35.195	77.5	757327	17875	0.64	0.002118	42.9272
					650000	18184.4	0.442	0.001466	35.7449	78.5	777228	17875	0.65	0.002151	43.4811
					660000	18184.4	0.455	0.00151	36.2948	78.5	777228	17875	0.66	0.002184	43.4811
					670000	18184.4	0.465	0.001543	36.8448	79	782178	17875	0.67	0.002217	43.758
					680000	18184.4	0.482	0.001599	37.3947	79.5	787129	17875	0.68	0.002251	44.035
					690000	18184.4	0.498	0.001652	37.9446	80	792079	17875	0.69	0.002284	44.3119
					700000	18184.4	0.519	0.001722	38.4945	80	792079	17875	0.7	0.002317	44.3119
					710000	18184.4	0.525	0.001742	39.0445	80	792079	17875	0.71	0.00235	44.3119
					720000	18184.4	0.55	0.001825	39.5944	81	801980	17875	0.72	0.002383	44.8658
					730000	18184.4	0.572	0.001898	40.1443	81	801980	17875	0.73	0.002416	44.8658
					740000	18184.4	0.602	0.001997	40.6942	80.5	797030	17875	0.74	0.002449	44.5889
										79	782178	17875	0.75	0.002482	43.758
										77.5	767327	17875	0.76	0.002515	42.9272
										77	762376	17875	0.77	0.002548	42.6502
										76.5	757426	17875	0.78	0.002581	42.3733
										76	752475	17875	0.79	0.002615	42.0963
										75.5	747525	17875	0.8	0.002648	41.8194
										72	712871	17875	0.81	0.002681	39.8807
										69	683168	17875	0.82	0.002714	38.219
										66	653465	17875	0.83	0.002747	36.5573
										65	643564	17875	0.84	0.00278	36.0034

Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)
64	633663	17875	0.85	0.002813	35.4495
61	603960	17875	0.86	0.002846	33.7878

Grafik tegangan - regangan suhu 200 (Alami)



ket :
 1,2,3 = nomor benda uji
 200 = di bakar pada suhu 200
 A = didinginkan secara alami
 ME = pengujian modulus elastisitas



Tabel Tegangan - Regangan Beton untuk Pembakaran Suhu 200 (Siram)

1.200 S.ME					2.200 S.ME					3.200 S.ME					
Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)
0	0	7521.5	0	0	0	0	1774.5	0	0	0	0	17827.73	0	0	0
2.5	24752.48	7521.5	0.01	3.3E-05	1.412693	10000	1774.5	0.007	2.32E-05	0.563538	10000	17827.73	0.006	1.991E-05	0.560924
5	49504.95	7521.5	0.02	6.6E-05	2.825386	20000	1774.5	0.012	3.97E-05	1.127077	20000	17827.73	0.012	3.983E-05	1.121848
6.5	64356.44	7521.5	0.03	9.89E-05	3.673002	30000	1774.5	0.015	5.3E-05	1.690615	30000	17827.73	0.016	5.31E-05	1.682771
8	79207.92	7521.5	0.04	0.000132	4.320617	40000	1774.5	0.022	7.28E-05	2.254153	40000	17827.73	0.023	7.634E-05	2.243695
9	89108.91	7521.5	0.05	0.000165	5.085595	50000	1774.5	0.025	8.61E-05	2.817652	50000	17827.73	0.028	9.293E-05	2.804619
10.5	103960.4	7521.5	0.06	0.000198	5.93331	60000	1774.5	0.033	0.000109	3.38123	60000	17827.73	0.032	0.0001062	3.365543
12	118811.9	7521.5	0.07	0.000231	6.780926	70000	1774.5	0.037	0.000123	3.944768	70000	17827.73	0.037	0.0001228	3.926466
13	128712.9	7521.5	0.08	0.000264	7.346003	80000	1774.5	0.043	0.000142	4.508307	80000	17827.73	0.042	0.0001394	4.48739
15.5	153465.3	7521.5	0.09	0.000297	8.758696	90000	1774.5	0.049	0.000162	5.071845	90000	17827.73	0.049	0.0001626	5.048314
17	168316.8	7521.5	0.1	0.00033	9.606312	100000	1774.5	0.055	0.000182	5.635384	100000	17827.73	0.054	0.0001792	5.609238
18	178217.8	7521.5	0.11	0.000363	10.17139	110000	1774.5	0.059	0.000195	6.198922	110000	17827.73	0.059	0.0001958	6.170161
20	198019.8	7521.5	0.12	0.000396	11.30154	120000	1774.5	0.065	0.000219	6.76246	120000	17827.73	0.064	0.0002124	6.731085
21.5	212871.3	7521.5	0.13	0.000429	12.14916	130000	1774.5	0.071	0.000235	7.325999	130000	17827.73	0.07	0.0002323	7.292009
23	227722.8	7521.5	0.14	0.000462	12.99678	140000	1774.5	0.075	0.000252	7.889537	140000	17827.73	0.074	0.0002456	7.852933
24.5	242574.3	7521.5	0.15	0.000495	13.84439	150000	1774.5	0.072	0.000238	8.453075	150000	17827.73	0.08	0.0002655	8.413856
26	257425.7	7521.5	0.16	0.000528	14.69201	160000	1774.5	0.089	0.000295	9.016614	160000	17827.73	0.085	0.0002821	8.97478
27.5	272277.2	7521.5	0.17	0.000561	15.53962	170000	1774.5	0.095	0.000315	9.580152	170000	17827.73	0.091	0.000302	9.535704
29	287128.7	7521.5	0.18	0.000594	16.38724	180000	1774.5	0.101	0.000334	10.14369	180000	17827.73	0.097	0.0003219	10.09663
30.5	301980.2	7521.5	0.19	0.000627	17.23485	190000	1774.5	0.107	0.000354	10.70723	190000	17827.73	0.101	0.0003352	10.65755
31.5	311881.2	7521.5	0.2	0.00066	17.79993	200000	1774.5	0.115	0.000381	11.27077	200000	17827.73	0.107	0.0003551	11.21848
32.5	321782.2	7521.5	0.21	0.000693	18.36501	210000	1774.5	0.121	0.000401	11.83431	210000	17827.73	0.112	0.0003717	11.7794
34	336633.7	7521.5	0.22	0.000726	19.21262	220000	1774.5	0.127	0.000421	12.39784	220000	17827.73	0.119	0.000395	12.34032
35	346534.7	7521.5	0.23	0.000759	19.7777	230000	1774.5	0.134	0.000444	12.96138	230000	17827.73	0.126	0.0004182	12.90125
36.5	361386.1	7521.5	0.24	0.000792	20.62532	240000	1774.5	0.14	0.000464	13.52492	240000	17827.73	0.132	0.0004381	13.46217

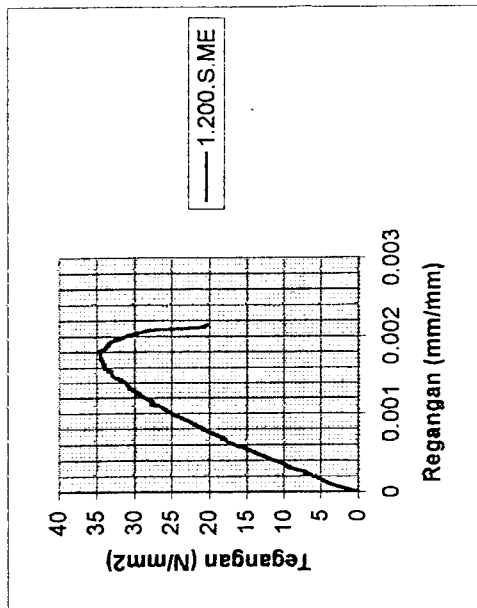
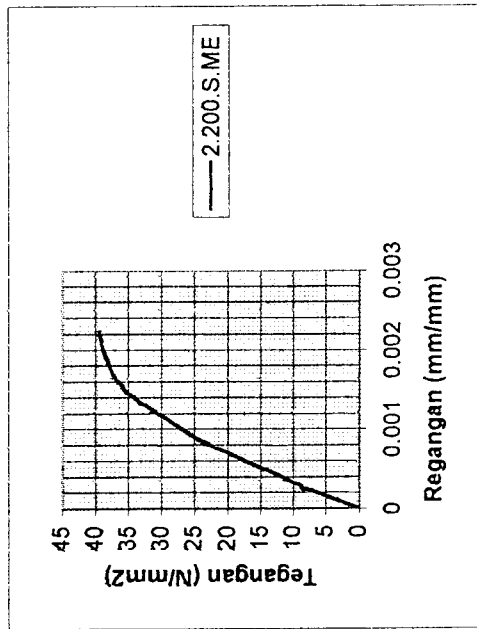
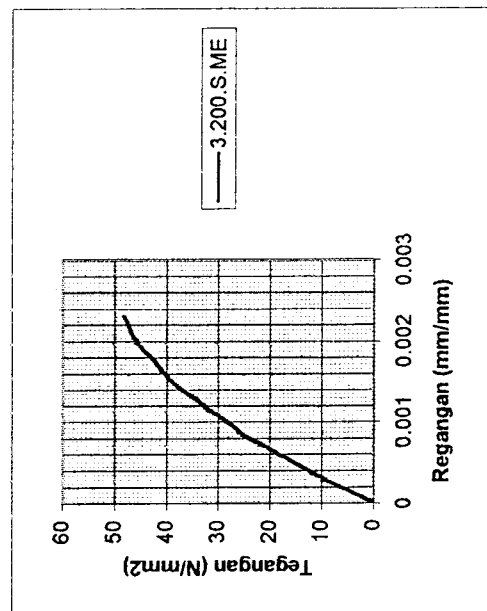
Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)
37.5	371287.1	7521.5	0.25	0.000825	21.19039	25000	17745	0.145	0.000483	14.08846	25000	17827.73	0.137	0.0004547	14.02309
39	386138.6	7521.5	0.26	0.000858	22.03801	26000	17745	0.151	0.0005	14.652	26000	17827.73	0.143	0.0004745	14.58402
40	396039.6	7521.5	0.27	0.000891	22.60309	27000	17745	0.155	0.000517	15.21554	27000	17827.73	0.148	0.0004912	15.14494
41.5	410891.1	7521.5	0.28	0.000923	23.4507	28000	17745	0.162	0.000536	15.77907	28000	17827.73	0.155	0.0005144	15.70587
42.5	420792.1	7521.5	0.29	0.000956	24.01578	29000	17745	0.17	0.000563	16.34261	29000	17827.73	0.16	0.000531	16.26679
44	435643.6	7521.5	0.3	0.000989	24.8634	30000	17745	0.175	0.000579	16.90615	30000	17827.73	0.166	0.0005509	16.82771
45	445544.6	7521.5	0.31	0.001022	25.42847	31000	17745	0.181	0.000599	17.46969	31000	17827.73	0.172	0.0005709	17.38864
46	455445.5	7521.5	0.32	0.001055	25.99355	32000	17745	0.188	0.000623	18.03323	32000	17827.73	0.176	0.0005841	17.94956
47	465346.5	7521.5	0.33	0.001088	26.55863	33000	17745	0.194	0.000642	18.59677	33000	17827.73	0.183	0.0006074	18.51048
48.5	480198	7521.5	0.34	0.001121	27.40524	34000	17745	0.202	0.000669	19.1603	34000	17827.73	0.19	0.0006305	19.07141
49	485148.5	7521.5	0.35	0.001154	27.68878	35000	17745	0.209	0.000692	19.72384	35000	17827.73	0.196	0.0006505	19.63233
50	495049.5	7521.5	0.36	0.001187	28.25386	36000	17745	0.215	0.000712	20.28738	36000	17827.73	0.203	0.0006737	20.19326
51.5	509901	7521.5	0.37	0.00122	29.10148	37000	17745	0.221	0.000732	20.85092	37000	17827.73	0.21	0.000697	20.75418
52	514851.5	7521.5	0.38	0.001253	29.38401	38000	17745	0.228	0.000755	21.41446	38000	17827.73	0.214	0.0007103	21.3151
53	524752.5	7521.5	0.39	0.001286	29.94909	39000	17745	0.234	0.000775	21.978	39000	17827.73	0.223	0.0007401	21.87603
54	534653.5	7521.5	0.4	0.001319	30.51417	40000	17745	0.24	0.000795	22.54153	40000	17827.73	0.226	0.0007501	22.43695
54.5	539604	7521.5	0.41	0.001352	30.79571	41000	17745	0.246	0.000815	23.10507	41000	17827.73	0.231	0.0007667	22.99787
55	544554.5	7521.5	0.42	0.001385	31.07925	42000	17745	0.254	0.000841	23.66861	42000	17827.73	0.236	0.0007833	23.5588
56	554455.4	7521.5	0.43	0.001418	31.64432	43000	17745	0.26	0.000861	24.23215	43000	17827.73	0.24	0.0007965	24.11972
57	564356.4	7521.5	0.44	0.001451	32.2094	44000	17745	0.267	0.000884	24.79569	44000	17827.73	0.248	0.0008231	24.68065
58	574257.4	7521.5	0.45	0.001484	32.77448	45000	17745	0.275	0.000911	25.35923	45000	17827.73	0.255	0.0008463	25.24157
58.5	579207.9	7521.5	0.46	0.001517	33.05702	46000	17745	0.285	0.000944	25.92276	46000	17827.73	0.263	0.0008729	25.80249
58.5	579207.9	7521.5	0.47	0.00155	33.05702	47000	17745	0.294	0.000974	26.4863	47000	17827.73	0.273	0.0009061	26.36342
60	594059.4	7521.5	0.48	0.001583	33.90463	48000	17745	0.303	0.001003	27.04984	48000	17827.73	0.283	0.0009393	26.92434
60	594059.4	7521.5	0.49	0.001616	33.90463	49000	17745	0.312	0.001033	27.61338	49000	17827.73	0.291	0.0009658	27.48526
60.5	599009.9	7521.5	0.5	0.001649	34.18717	50000	17745	0.321	0.001063	28.17692	50000	17827.73	0.298	0.000989	28.04619
60.5	599009.9	7521.5	0.51	0.001682	34.18717	51000	17745	0.33	0.001093	28.74046	51000	17827.73	0.304	0.001009	28.60711
61	603960.4	7521.5	0.52	0.001715	34.46971	52000	17745	0.342	0.001132	29.30399	52000	17827.73	0.313	0.0010388	29.16804
61	603960.4	7521.5	0.53	0.001748	34.46971	53000	17745	0.351	0.001162	29.86753	53000	17827.73	0.321	0.0010654	29.72896
61	603960.4	7521.5	0.54	0.001781	34.46971	54000	17745	0.359	0.001189	30.43107	54000	17827.73	0.329	0.0010919	30.28988

Lanjutan Lampiran 8

Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)
61	603960.4	7521.5	0.55	0.001814	34.46971	550000	17745	0.369	0.001222	30.99461	550000	17827.73	0.335	0.001113	30.85081
60	594059.4	7521.5	0.56	0.001847	33.90463	560000	17745	0.378	0.001252	31.55815	560000	17827.73	0.344	0.001417	31.41173
59.5	589108.9	7521.5	0.57	0.00188	33.62209	570000	17745	0.387	0.001281	32.12169	570000	17827.73	0.35	0.001616	31.97265
59	584158.4	7521.5	0.58	0.001913	33.33955	580000	17745	0.394	0.001305	32.68522	580000	17827.73	0.355	0.001915	32.53358
58	574257.4	7521.5	0.59	0.001946	32.77448	590000	17745	0.4	0.001325	33.24876	590000	17827.73	0.365	0.0012247	33.0945
56	554455.4	7521.5	0.6	0.001979	31.64432	600000	17745	0.415	0.001374	33.8123	600000	17827.73	0.376	0.0012479	33.65543
54.5	539604	7521.5	0.61	0.002012	30.79671	610000	17745	0.425	0.001407	34.37584	610000	17827.73	0.386	0.0012811	34.21635
52	514851.5	7521.5	0.62	0.002045	29.38401	620000	17745	0.435	0.00144	34.93938	620000	17827.73	0.392	0.001301	34.77727
48	475247.5	7521.5	0.63	0.002078	27.1237	630000	17745	0.445	0.001474	35.50292	630000	17827.73	0.395	0.0013243	35.3382
37.5	371287.1	7521.5	0.64	0.002111	21.19039	640000	17745	0.467	0.001546	36.06645	640000	17827.73	0.406	0.0013475	35.89912
36	356435.6	7521.5	0.65	0.002144	20.34278	650000	17745	0.485	0.001606	36.62999	650000	17827.73	0.413	0.0013707	36.46004
						660000	17745	0.505	0.001672	37.19353	660000	17827.73	0.422	0.0014005	37.02057
						670000	17745	0.527	0.001745	37.75707	670000	17827.73	0.43	0.0014271	37.58189
						680000	17745	0.565	0.001871	38.32061	680000	17827.73	0.437	0.0014504	38.14282
						690000	17745	0.602	0.001993	38.88415	690000	17827.73	0.447	0.0014836	38.70374
						700000	17745	0.675	0.002235	39.44768	700000	17827.73	0.46	0.0015267	39.26466
						710000	17827.73	0.47	0.0015599	39.82559	710000	17827.73	0.47	0.0015599	39.82559
						720000	17827.73	0.484	0.0016064	40.38651	720000	17827.73	0.484	0.0016064	40.38651
						730000	17827.73	0.495	0.0016429	40.94743	730000	17827.73	0.495	0.0016429	40.94743
						740000	17827.73	0.508	0.001686	41.50836	740000	17827.73	0.508	0.001686	41.50836
						750000	17827.73	0.523	0.0017358	42.06928	750000	17827.73	0.523	0.0017358	42.06928
						760000	17827.73	0.535	0.0017756	42.63021	760000	17827.73	0.535	0.0017756	42.63021
						770000	17827.73	0.546	0.0018121	43.19113	770000	17827.73	0.546	0.0018121	43.19113
						780000	17827.73	0.556	0.0018453	43.75205	780000	17827.73	0.556	0.0018453	43.75205
						790000	17827.73	0.566	0.0018785	44.31298	790000	17827.73	0.566	0.0018785	44.31298
						800000	17827.73	0.58	0.001925	44.8739	800000	17827.73	0.58	0.001925	44.8739
						810000	17827.73	0.593	0.0019681	45.43482	810000	17827.73	0.593	0.0019681	45.43482
						820000	17827.73	0.61	0.0020246	45.99575	820000	17827.73	0.61	0.0020246	45.99575
						830000	17827.73	0.62	0.0020577	46.55667	830000	17827.73	0.62	0.0020577	46.55667
						840000	17827.73	0.65	0.0021573	47.1176	840000	17827.73	0.65	0.0021573	47.1176

Beban (N)	Luas (mm ²)	Peturunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)
850000	17827.73	0.672	0.0022303	47.67852
860000	17827.73	0.695	0.0023067	48.23944

Grafik tegangan - regangan suhu 200 (Siram)



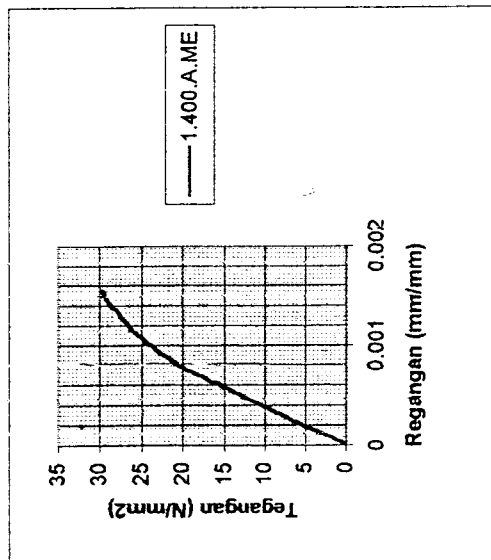
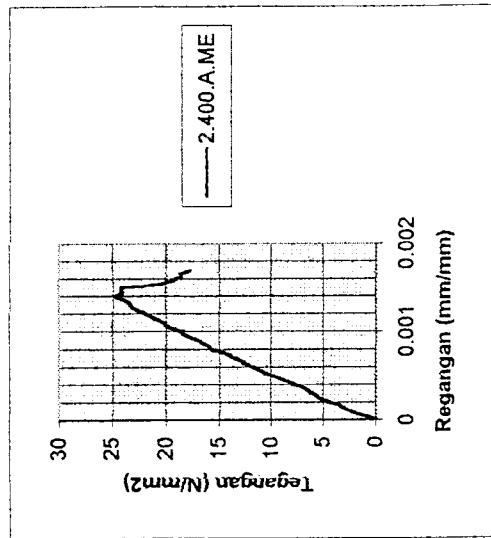
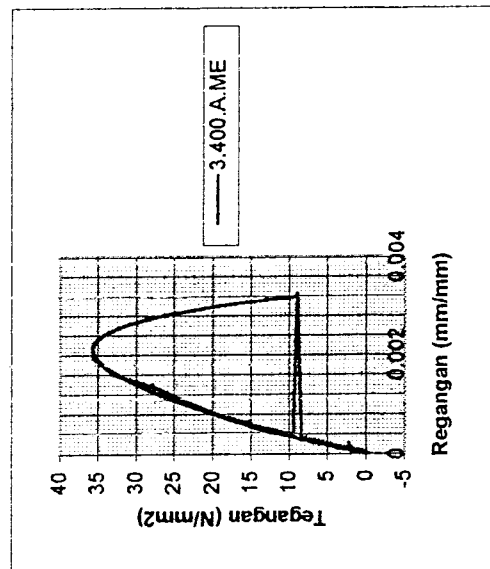
ket :
 1,2,3 = nomor benda uji
 200 = di bakar pada suhu 200
 S = perlakuan di siram
 ME = pengujian modulus elastisitas

Tabel Tegangan - Regangan Beton untuk Pembakaran Suhu 400 (Alami)

1.400 A.ME										2.400 A.ME										3.400 A.ME									
Beban (N)	Luas (mm2)	Per unuran (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)	Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)									
0	17851.4	0	0	0	0	0	17568.4	0	0	0	0	17970	0	0	0	0	17970	0	0	0									
10000	17851.4	0.01	3.31E-05	0.56018	1.5	14851	17568.4	0.01	3.32E-05	0.845351	10000	17970	0.005	1.658E-05	0.556484														
20000	17851.4	0.015	4.97E-05	1.12036	3	29703	17568.4	0.02	6.65E-05	1.690702	20000	17970	0.01	3.316E-05	1.112968														
30000	17851.4	0.023	7.62E-05	1.68054	4.5	44554	17568.4	0.03	9.97E-05	2.536053	30000	17970	0.015	4.974E-05	1.669451														
40000	17851.4	0.03	9.94E-05	2.24072	5.5	54455	17568.4	0.04	0.000133	3.09962	40000	17970	0.05	0.0001658	2.225935														
50000	17851.4	0.035	0.000116	2.8009	6.5	64356	17568.4	0.05	0.000166	3.663187	50000	17970	0.027	8.954E-05	2.782419														
60000	17851.4	0.041	0.000136	3.36108	8	79208	17568.4	0.06	0.000199	4.508538	60000	17970	0.033	0.0001094	3.338903														
70000	17851.4	0.046	0.000152	3.921261	9.5	94059	17568.4	0.07	0.000233	5.333889	70000	17970	0.04	0.0001326	3.895386														
80000	17851.4	0.052	0.000172	4.481441	10	99010	17568.4	0.08	0.000266	5.635673	80000	17970	0.046	0.0001525	4.45187														
90000	17851.4	0.057	0.000189	5.041621	11	108911	17568.4	0.09	0.000299	6.19924	90000	17970	0.053	0.0001758	5.008354														
100000	17851.4	0.064	0.000212	5.601801	12.5	123762	17568.4	0.11	0.000366	7.044591	100000	17970	0.06	0.000199	5.564838														
110000	17851.4	0.07	0.000232	6.161981	14	138614	17568.4	0.12	0.000399	7.889942	110000	17970	0.067	0.0002222	6.121321														
120000	17851.4	0.075	0.000248	6.722161	15	148515	17568.4	0.13	0.000432	8.453509	120000	17970	0.073	0.0002421	6.677805														
130000	17851.4	0.082	0.000272	7.282341	16.25	160891	17568.4	0.14	0.000465	9.157969	130000	17970	0.076	0.000252	7.234289														
140000	17851.4	0.09	0.000298	7.842521	17.5	173267	17568.4	0.15	0.000499	9.862428	140000	17970	0.085	0.0002819	7.790773														
150000	17851.4	0.095	0.000315	8.402701	19	188119	17568.4	0.16	0.000532	10.70778	150000	17970	0.091	0.0003018	8.347256														
160000	17851.4	0.101	0.000335	8.962881	20	198020	17568.4	0.17	0.000565	11.27135	160000	17970	0.096	0.00031836	8.90374														
170000	17851.4	0.11	0.000364	9.523061	21	207921	17568.4	0.18	0.000598	11.83491	170000	17970	0.104	0.0003449	9.460224														
180000	17851.4	0.115	0.000381	10.08324	22.5	222772	17568.4	0.19	0.000632	12.68026	180000	17970	0.11	0.0003648	10.01671														
190000	17851.4	0.123	0.000407	10.64342	23	227723	17568.4	0.2	0.000665	12.96205	190000	17970	0.115	0.0003814	10.57319														
200000	17851.4	0.13	0.000431	11.2036	24.5	242574	17568.4	0.21	0.000698	13.8074	200000	17970	0.12	0.0003979	11.12968														
210000	17851.4	0.137	0.000454	11.76378	25	247525	17568.4	0.22	0.000731	14.08918	210000	17970	0.13	0.0004311	11.68616														
220000	17851.4	0.142	0.00047	12.32396	26.5	262376	17568.4	0.23	0.000765	14.93453	220000	17970	0.135	0.0004477	12.24264														
230000	17851.4	0.15	0.000497	12.88414	28	277228	17568.4	0.24	0.000798	15.77988	230000	17970	0.14	0.0004643	12.79913														
240000	17851.4	0.156	0.000517	13.44432	28.5	282178	17568.4	0.25	0.000831	16.06167	240000	17970	0.145	0.0004808	13.35561														
250000	17851.4	0.16	0.00053	14.0045	29.5	292079	17568.4	0.26	0.000864	16.62524	250000	17970	0.152	0.0005041	13.91209														

Beban (N)	Luas (mm ²)	Per ununan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)
260000	17851.4	0.17	0.000563	14.56468	30	297030	17568.4	0.27	0.000897	16.90702	260000	17970	0.158	0.000524	14.46858
270000	17851.4	0.175	0.00058	15.12486	31.5	311881	17568.4	0.28	0.000931	17.75237	270000	17970	0.168	0.0005571	15.02506
280000	17851.4	0.185	0.000613	15.68504	32.5	321782	17568.4	0.29	0.000964	18.31594	280000	17970	0.175	0.0005803	15.58155
290000	17851.4	0.19	0.000629	16.24522	33	326733	17568.4	0.3	0.000997	18.59772	290000	17970	0.183	0.0006069	16.13803
300000	17851.4	0.192	0.000636	16.8054	34.5	341584	17568.4	0.31	0.00103	19.44307	300000	17970	0.19	0.0006301	16.69451
310000	17851.4	0.202	0.000669	17.36558	35.5	351485	17568.4	0.32	0.001064	20.00664	310000	17970	0.198	0.0006566	17.251
320000	17851.4	0.209	0.000692	17.92576	36	356436	17568.4	0.33	0.001097	20.28842	320000	17970	0.207	0.0006865	17.80748
330000	17851.4	0.215	0.000712	18.48594	37	366337	17568.4	0.34	0.00113	20.85199	330000	17970	0.408	0.001353	27.82419
340000	17851.4	0.222	0.000735	19.04612	38	376238	17568.4	0.35	0.001163	21.41556	340000	17970	0.48	0.0015918	32.83254
350000	17851.4	0.228	0.000755	19.6063	39	386139	17568.4	0.36	0.001197	21.97912	350000	17970	0.59	0.0019566	35.61496
360000	17851.4	0.237	0.000785	20.16648	40	396040	17568.4	0.37	0.00123	22.54269					
370000	17851.4	0.245	0.000812	20.72666	41	405941	17568.4	0.38	0.001263	23.10626					
380000	17851.4	0.255	0.000845	21.28684	41.5	410891	17568.4	0.39	0.001296	23.38804					
390000	17851.4	0.265	0.000878	21.84702	42	415842	17568.4	0.4	0.00133	23.66983					
400000	17851.4	0.273	0.000904	22.4072	43	425743	17568.4	0.41	0.001363	24.23339					
410000	17851.4	0.28	0.000927	22.96738	44	435644	17568.4	0.42	0.001396	24.79696					
420000	17851.4	0.295	0.000977	23.52756	43	425743	17568.4	0.43	0.001429	24.23339					
430000	17851.4	0.304	0.001007	24.08774	43	425743	17568.4	0.44	0.001463	24.23339					
440000	17851.4	0.315	0.001043	24.64792	43	425743	17568.4	0.45	0.001496	24.23339					
450000	17851.4	0.328	0.001086	25.2081	37.5	371287	17568.4	0.46	0.001529	21.13377					
460000	17851.4	0.34	0.001126	25.76828	35	346535	17568.4	0.47	0.001562	19.72486					
470000	17851.4	0.353	0.001169	26.32846	34	336634	17568.4	0.48	0.001595	19.16129					
480000	17851.4	0.37	0.001226	26.88864	33	326733	17568.4	0.49	0.001629	18.59772					
490000	17851.4	0.387	0.001282	27.44882	33	326733	17568.4	0.5	0.001662	18.59772					
500000	17851.4	0.408	0.001351	28.009	31.5	311881	17568.4	0.51	0.001695	17.75237					
510000	17851.4	0.415	0.001375	28.56918											
520000	17851.4	0.435	0.001441	29.12936											
530000	17851.4	0.467	0.001547	29.68954											

Grafik Tegangan - Regangan Suhu 400 (Alami)



ket :
 1,2,3 = nomor benda uji
 400 = di bakar pada suhu 400
 A = didinginkan secara alami
 ME = pengujian modulus elastisitas

Tabel Tegangan - Regangan Beton untuk Pembakaran Suhu 400 (Siram)

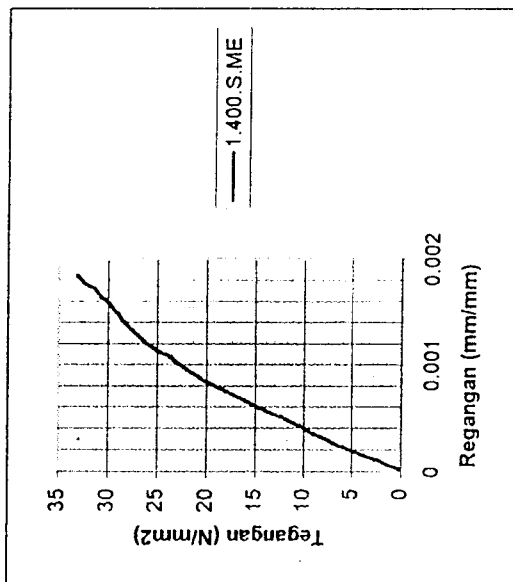
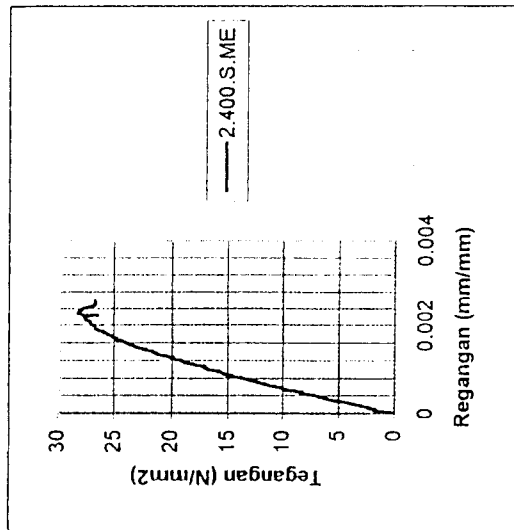
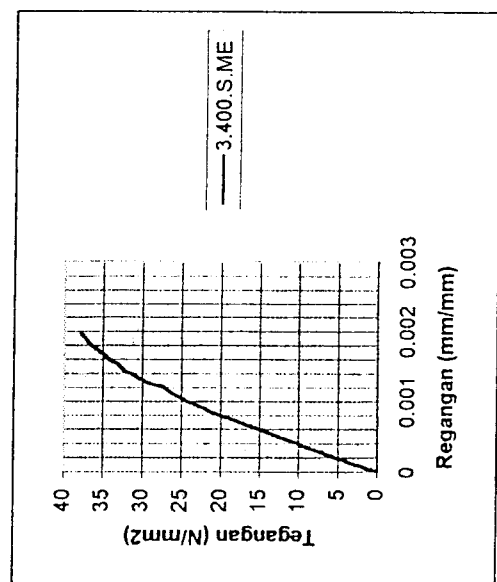
3.400 S.ME															
Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)
0	17509.8	0	0	0	0	0	17745	0	0	0	0	17686.1	0	0	0
10000	17509.8	0.01	3.31E-05	0.57111	2	19802	17745	0.01	3.32E-05	1.115918	10000	17686.1	0.007	2.32E-05	0.565417
20000	17509.8	0.015	4.97E-05	1.14222	3	29703	17745	0.02	6.63E-05	1.673876	20000	17686.1	0.012	3.97E-05	1.130834
30000	17509.8	0.022	7.28E-05	1.71333	3.5	34653.5	17745	0.03	9.95E-05	1.952856	30000	17686.1	0.019	6.29E-05	1.696251
40000	17509.8	0.03	9.93E-05	2.28444	4.5	44554.5	17745	0.04	0.000133	2.510814	40000	17686.1	0.025	8.27E-05	2.261669
50000	17509.8	0.035	0.000116	2.85555	5.5	54455.4	17745	0.05	0.000166	3.068773	50000	17686.1	0.031	0.000103	2.827086
60000	17509.8	0.04	0.000132	3.42666	6.5	64356.4	17745	0.06	0.000199	3.626732	60000	17686.1	0.035	0.000116	3.392503
70000	17509.8	0.046	0.000152	3.99777	7.5	74257.4	17745	0.07	0.000232	4.184691	70000	17686.1	0.041	0.000136	3.95792
80000	17509.8	0.052	0.000172	4.56888	9	89108.9	17745	0.08	0.000265	5.021629	80000	17686.1	0.05	0.000165	4.523337
90000	17509.8	0.057	0.000189	5.13999	10	99009.9	17745	0.09	0.000298	5.579588	90000	17686.1	0.055	0.000182	5.088754
100000	17509.8	0.065	0.000215	5.711102	11	108911	17745	0.1	0.000332	6.137546	100000	17686.1	0.063	0.000208	5.654171
110000	17509.8	0.071	0.000235	6.282212	12	118812	17745	0.11	0.000365	6.695505	110000	17686.1	0.07	0.000232	6.219588
120000	17509.8	0.077	0.000255	6.853322	13	128713	17745	0.12	0.000398	7.253464	120000	17686.1	0.075	0.000248	6.785006
130000	17509.8	0.085	0.000281	7.424432	14	138614	17745	0.13	0.000431	7.811423	130000	17686.1	0.083	0.000275	7.350423
140000	17509.8	0.093	0.000308	7.995542	15	148515	17745	0.14	0.000464	8.369381	140000	17686.1	0.091	0.000301	7.91584
150000	17509.8	0.1	0.000331	8.566652	16	158416	17745	0.15	0.000497	8.92734	150000	17686.1	0.097	0.000321	8.481257
160000	17509.8	0.106	0.000351	9.137763	17.5	173267	17745	0.16	0.00053	9.764278	160000	17686.1	0.104	0.000344	9.046674
170000	17509.8	0.115	0.000381	9.708873	18	178218	17745	0.17	0.000564	10.04326	170000	17686.1	0.11	0.000364	9.612091
180000	17509.8	0.125	0.000414	10.27998	19	188119	17745	0.18	0.000597	10.60122	180000	17686.1	0.12	0.000397	10.17751
190000	17509.8	0.132	0.000437	10.85109	20	198020	17745	0.19	0.00063	11.15918	190000	17686.1	0.127	0.00042	10.74293
200000	17509.8	0.139	0.00046	11.4222	21	207921	17745	0.2	0.000663	11.71713	200000	17686.1	0.133	0.00044	11.30834
210000	17509.8	0.149	0.000493	11.99331	22	217822	17745	0.21	0.000696	12.27509	210000	17686.1	0.14	0.000463	11.87376
220000	17509.8	0.155	0.000513	12.56442	23	227723	17745	0.22	0.000729	12.83305	220000	17686.1	0.146	0.000483	12.43918
230000	17509.8	0.16	0.00053	13.13553	23.5	232673	17745	0.23	0.000762	13.11203	230000	17686.1	0.153	0.000506	13.00459
240000	17509.8	0.167	0.000553	13.70664	24.5	242574	17745	0.24	0.000796	13.66999	240000	17686.1	0.16	0.000529	13.57001
250000	17509.8	0.175	0.000579	14.27775	26	257426	17745	0.25	0.000829	14.50693	250000	17686.1	0.167	0.000553	14.13543

2.400 S.ME															
Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)
0	17509.8	0	0	0	0	0	17745	0	0	0	0	17686.1	0	0	0
10000	17509.8	0.01	3.31E-05	0.57111	2	19802	17745	0.01	3.32E-05	1.115918	10000	17686.1	0.007	2.32E-05	0.565417
20000	17509.8	0.015	4.97E-05	1.14222	3	29703	17745	0.02	6.63E-05	1.673876	20000	17686.1	0.012	3.97E-05	1.130834
30000	17509.8	0.022	7.28E-05	1.71333	3.5	34653.5	17745	0.03	9.95E-05	1.952856	30000	17686.1	0.019	6.29E-05	1.696251
40000	17509.8	0.03	9.93E-05	2.28444	4.5	44554.5	17745	0.04	0.000133	2.510814	40000	17686.1	0.025	8.27E-05	2.261669
50000	17509.8	0.035	0.000116	2.85555	5.5	54455.4	17745	0.05	0.000166	3.068773	50000	17686.1	0.031	0.000103	2.827086
60000	17509.8	0.04	0.000132	3.42666	6.5	64356.4	17745	0.06	0.000199	3.626732	60000	17686.1	0.035	0.000116	3.392503
70000	17509.8	0.046	0.000152	3.99777	7.5	74257.4	17745	0.07	0.000232	4.184691	70000	17686.1	0.041	0.000136	3.95792
80000	17509.8	0.052	0.000172	4.56888	9	89108.9	17745	0.08	0.000265	5.021629	80000	17686.1	0.05	0.000165	4.523337
90000	17509.8	0.057	0.000189	5.13999	10	99009.9	17745	0.09	0.000298	5.579588	90000	17686.1	0.055	0.000182	5.088754
100000	17509.8	0.065	0.000215	5.711102	11	108911	17745	0.1	0.000332	6.137546	100000	17686.1	0.063	0.000208	5.654171
110000	17509.8	0.071	0.000235	6.282212	12	118812	17745	0.11	0.000365	6.695505	110000	17686.1	0.07	0.000232	6.219588
120000	17509.8	0.077	0.000255	6.853322	13	128713	17745	0.12	0.000398	7.253464	120000	17686.1	0.075	0.000248	6.785006
130000	17509.8	0.085	0.000281	7.424432	14	138614	17745	0.13	0.000431	7.811423	130000	17686.1	0.083	0.000275	7.350423
140000	17509.8	0.093	0.000308	7.995542	15	148515	17745	0.14	0.000464	8.369381	140000	17686.1	0.091	0.000301	7.91584
150000	17509.8	0.1	0.000331	8.566652	16	158416	17745	0.15	0.000497	8.92734	150000	17686.1	0.097	0.000321	8.481257
160000	17509.8	0.106	0.000351	9.137763	17.5	173267	17745	0.16	0.00053	9.764278	160000	17686.1	0.104	0.000344	9.046674
170000	17509.8	0.115	0.000381	9.708873	18	178218	17745	0.17	0.000564	10.04326	170000	17686.1	0.11	0.000364	9.612091
180000	17509.8	0.125	0.000414	10.27998	19	188119	17745	0.18	0.000597	10.60122	180000	17686.1	0.12	0.000397	10.17751
190000	17509.8	0.132	0.000437	10.85109	20	198020	17745	0.19	0.00063	11.15918	190000	17686.1	0.127	0.00042	10.74293
200000	17509.8	0.139	0.00046	11.4222	21	207921	17745	0.2	0.000663	11.71713	200000	17686.1	0.133	0.00044	11.30834
210000	17509.8	0.149	0.000493	11.99331	22	217822	17745	0.21	0.000696	12.27509	210000	17686.1	0.14	0.000463	11.87376
220000	17509.8	0.155	0.000513	12.56442	23	227723	17745	0.22	0.000729	12.83305	220000	17686.1	0.146	0.000483	12.43918
230000	17509.8	0.16	0.00053	13.13553	23.5	232673	17745	0.23	0.000762	13.11203	230000	17686.1	0.153	0.000506	13.00459
240000	17509.8	0.167	0.000553	13.70664	24.5	242574	17745	0.24	0.000796	13.66999	240000	17686.1	0.16	0.000529	13.57001
250000	17509.8	0.175	0.000579	14.27775	26	257426	17745	0.25	0.000829	14.50693	250000	17686.1	0.167	0.000553	14.13543

Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)
260000	17509.8	0.182	0.000603	14.84886	26.5	262376	17745	0.26	0.000862	14.78591	260000	17686.1	0.173	0.000572	14.70085
270000	17509.8	0.19	0.000629	15.41997	27.5	272277	17745	0.27	0.000895	15.34387	270000	17686.1	0.18	0.000596	15.26626
280000	17509.8	0.197	0.000652	15.99108	28	277228	17745	0.28	0.000928	15.62285	280000	17686.1	0.189	0.000625	15.83168
290000	17509.8	0.205	0.000679	16.56219	29	287129	17745	0.29	0.000961	16.1808	290000	17686.1	0.195	0.000645	16.3971
300000	17509.8	0.213	0.000705	17.1333	30	297030	17745	0.3	0.000995	16.73876	300000	17686.1	0.202	0.000668	16.96251
310000	17509.8	0.22	0.000728	17.70442	30.5	301980	17745	0.31	0.001028	17.01774	310000	17686.1	0.209	0.000691	17.52793
320000	17509.8	0.23	0.000762	18.27553	31	306931	17745	0.32	0.001061	17.29672	320000	17686.1	0.215	0.000711	18.09335
330000	17509.8	0.235	0.000778	18.84664	32	316832	17745	0.33	0.001094	17.85468	330000	17686.1	0.223	0.000738	18.65877
340000	17509.8	0.245	0.000811	19.41775	33	326733	17745	0.34	0.001127	18.41264	340000	17686.1	0.23	0.000761	19.22418
350000	17509.8	0.253	0.000838	19.98886	34	336634	17745	0.35	0.00116	18.9706	350000	17686.1	0.235	0.000778	19.7896
360000	17509.8	0.26	0.000861	20.55997	34.5	341584	17745	0.36	0.001193	19.24958	360000	17686.1	0.243	0.000804	20.35502
370000	17509.8	0.272	0.000901	21.13108	35.5	351485	17745	0.37	0.001227	19.80734	370000	17686.1	0.25	0.000827	20.92043
380000	17509.8	0.282	0.000934	21.70219	36	356436	17745	0.38	0.00126	20.08652	380000	17686.1	0.257	0.00085	21.48585
390000	17509.8	0.292	0.000967	22.2733	37	366337	17745	0.39	0.001293	20.64447	390000	17686.1	0.269	0.00089	22.05127
400000	17509.8	0.303	0.001003	22.84441	38	376238	17745	0.4	0.001326	21.20243	400000	17686.1	0.277	0.000916	22.61669
410000	17509.8	0.315	0.001043	23.41552	38.5	381188	17745	0.41	0.001359	21.48141	410000	17686.1	0.286	0.000946	23.1821
420000	17509.8	0.328	0.001086	23.98663	39	386139	17745	0.42	0.001392	21.76039	420000	17686.1	0.292	0.000966	23.74752
430000	17509.8	0.335	0.001109	24.55774	40	396040	17745	0.43	0.001425	22.31835	430000	17686.1	0.3	0.000993	24.31294
440000	17509.8	0.342	0.001132	25.12885	40.5	400990	17745	0.44	0.001459	22.59733	440000	17686.1	0.31	0.001026	24.87835
450000	17509.8	0.355	0.001175	25.69996	41.5	410891	17745	0.45	0.001492	23.15529	450000	17686.1	0.32	0.001059	25.44377
460000	17509.8	0.365	0.001209	26.27107	42	415842	17745	0.46	0.001525	23.43427	460000	17686.1	0.33	0.001092	26.00919
470000	17509.8	0.38	0.001258	26.84218	42.5	420792	17745	0.47	0.001558	23.71325	470000	17686.1	0.343	0.001135	26.5746
480000	17509.8	0.395	0.001308	27.41329	43	425743	17745	0.48	0.001591	23.99223	480000	17686.1	0.356	0.001178	27.14002
490000	17509.8	0.41	0.001358	27.9844	43.5	430693	17745	0.49	0.001624	24.27121	490000	17686.1	0.368	0.001218	27.70544
500000	17509.8	0.425	0.001407	28.55551	44.5	440594	17745	0.5	0.001658	24.82917	500000	17686.1	0.372	0.001231	28.27086
510000	17509.8	0.45	0.00149	29.12662	44.5	440594	17745	0.51	0.001691	24.82917	510000	17686.1	0.376	0.001244	28.83627
520000	17509.8	0.468	0.00155	29.69773	45	445545	17745	0.52	0.001724	25.10814	520000	17686.1	0.383	0.001267	29.40169
530000	17509.8	0.487	0.001613	30.26884	45.5	450495	17745	0.53	0.001757	25.38712	530000	17686.1	0.392	0.001297	29.96711
540000	17509.8	0.5	0.001656	30.83995	46	455446	17745	0.54	0.00179	25.6661	540000	17686.1	0.402	0.00133	30.53252
550000	17509.8	0.52	0.001722	31.41106	46.5	460396	17745	0.55	0.001823	25.94508	550000	17686.1	0.413	0.001366	31.09794

Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)
560000	17509.8	0.528	0.001748	31.98217	47	465347	17745	0.56	0.001856	26.22406	560000	17686.1	0.425	0.001406	31.66336
570000	17509.8	0.539	0.001785	32.55328	47.5	470297	17745	0.57	0.00189	26.50304	570000	17686.1	0.432	0.001429	32.22878
580000	17509.8	0.558	0.001848	33.12439	48	475248	17745	0.58	0.001923	26.78202	580000	17686.1	0.451	0.001492	32.79419
					48	475248	17745	0.59	0.001956	26.78202	590000	17686.1	0.465	0.001538	33.35961
					48.5	480198	17745	0.6	0.001989	27.061	600000	17686.1	0.472	0.001562	33.92503
					48.75	482673	17745	0.61	0.002022	27.20049	610000	17686.1	0.486	0.001608	34.49044
					48.75	482673	17745	0.62	0.002055	27.20049	620000	17686.1	0.505	0.001671	35.05586
					49	485149	17745	0.63	0.002089	27.33998	630000	17686.1	0.52	0.00172	35.62128
					49.5	490099	17745	0.64	0.002122	27.61896	640000	17686.1	0.534	0.001767	36.1867
					49.5	490099	17745	0.65	0.002155	27.61896	650000	17686.1	0.55	0.00182	36.75211
					49.75	492574	17745	0.66	0.002188	27.75845	660000	17686.1	0.572	0.001892	37.31753
					47.5	470297	17745	0.67	0.002221	26.50304	670000	17686.1	0.594	0.001963	37.88295
					50.75	502475	17745	0.68	0.002254	28.31641					
					50.75	502475	17745	0.69	0.002287	28.31641					
					50	495050	17745	0.72	0.002387	27.89794					
					48	475248	17745	0.75	0.002486	26.78202					
					48	475248	17745	0.78	0.002586	26.78202					

Grafik Tegangan - Regangan Suhu 400 (Siram)



ket :
 1,2,3 = nomor benda uji
 400 = di bakar pada suhu 400
 S = perlakuan di siram
 ME = pengujian modulus elastisitas

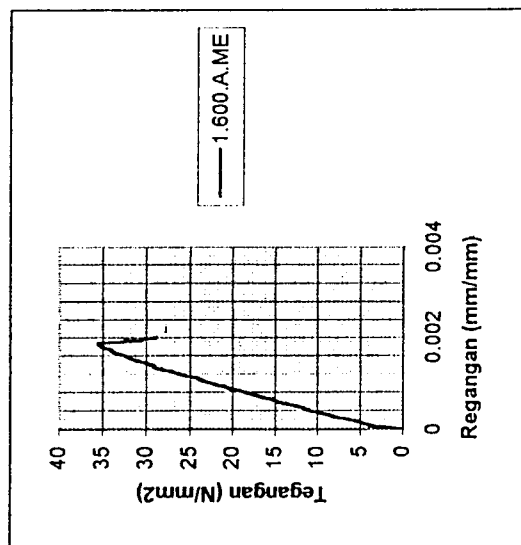
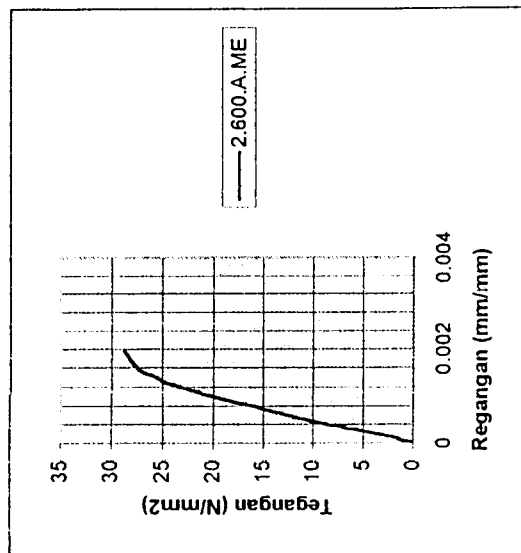
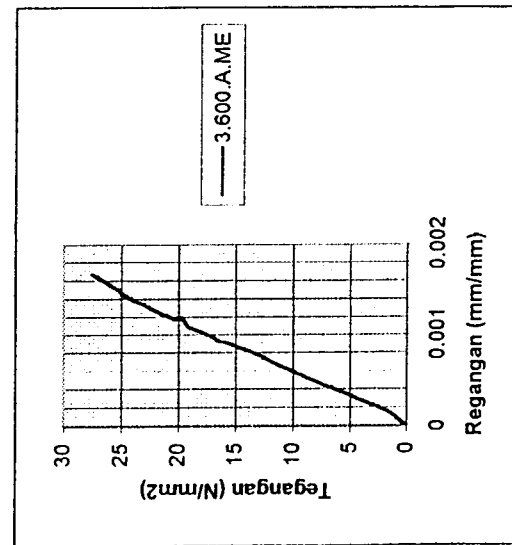
Tabel Tegangan - Regangan Beton untuk Pembakaran Suhu 600 (Alami)

1.600 A.ME						2.600 A.ME						3.600 A.ME					
Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)		
0	0	17311	0	0	0	0	18041.3	0	0	0	0	18136.6	0	0	0		
3	29702.97	17311	0.01	3.29E-05	1.715842	10000	18041.3	0.01	3.31E-05	0.554283	10000	18136.6	0.015	4.96E-05	0.55137		
6.5	64356.44	17311	0.02	6.57E-05	3.717658	20000	18041.3	0.018	5.96E-05	1.108567	20000	18136.6	0.033	0.000109	1.10274		
7	69306.93	17311	0.03	9.86E-05	4.003632	30000	18041.3	0.035	0.000116	1.66285	30000	18136.6	0.044	0.000145	1.65411		
8.5	84158.42	17311	0.04	0.000131	4.861553	40000	18041.3	0.042	0.000139	2.217134	40000	18136.6	0.054	0.000178	2.20548		
9.5	94059.41	17311	0.05	0.000164	5.4335	50000	18041.3	0.049	0.000162	2.771417	50000	18136.6	0.064	0.000211	2.75685		
11	108910.9	17311	0.06	0.000197	6.291421	60000	18041.3	0.055	0.000182	3.325701	60000	18136.6	0.072	0.000238	3.30822		
12	118811.9	17311	0.07	0.00023	6.863368	70000	18041.3	0.062	0.000205	3.879984	70000	18136.6	0.08	0.000264	3.85959		
14	138613.9	17311	0.08	0.000263	8.007263	80000	18041.3	0.07	0.000232	4.434268	80000	18136.6	0.088	0.000291	4.41096		
15	148514.9	17311	0.09	0.000296	8.57921	90000	18041.3	0.076	0.000252	4.988551	90000	18136.6	0.098	0.000324	4.96233		
16.5	163366.3	17311	0.1	0.000329	9.437131	100000	18041.3	0.082	0.000272	5.542835	100000	18136.6	0.107	0.000353	5.5137		
17.5	173267.3	17311	0.11	0.000361	10.00908	110000	18041.3	0.089	0.000295	6.097118	110000	18136.6	0.114	0.000377	6.06507		
19	188118.8	17311	0.12	0.000394	10.867	120000	18041.3	0.095	0.000315	6.651402	120000	18136.6	0.123	0.000406	6.616441		
20	198019.8	17311	0.13	0.000427	11.43895	130000	18041.3	0.103	0.000341	7.205685	130000	18136.6	0.131	0.000433	7.167811		
20.5	202970.3	17311	0.14	0.00046	11.72492	140000	18041.3	0.11	0.000364	7.759969	140000	18136.6	0.14	0.000463	7.719181		
22	217821.8	17311	0.15	0.000493	12.58284	150000	18041.3	0.116	0.000384	8.314252	150000	18136.6	0.149	0.000492	8.270551		
23.5	232673.3	17311	0.16	0.000526	13.44076	160000	18041.3	0.125	0.000414	8.868536	160000	18136.6	0.156	0.000515	8.821921		
24.5	242574.3	17311	0.17	0.000559	14.01271	170000	18041.3	0.133	0.000441	9.422819	170000	18136.6	0.167	0.000552	9.373291		
26	257425.7	17311	0.18	0.000592	14.87063	180000	18041.3	0.138	0.000457	9.977103	180000	18136.6	0.175	0.000578	9.924661		
26.5	262376.2	17311	0.19	0.000624	15.15661	190000	18041.3	0.148	0.00049	10.53139	190000	18136.6	0.187	0.000618	10.47603		
28	277227.7	17311	0.2	0.000657	16.01453	200000	18041.3	0.155	0.000514	11.08567	200000	18136.6	0.195	0.000644	11.0274		
29	287128.7	17311	0.21	0.00069	16.58647	210000	18041.3	0.165	0.000547	11.63995	210000	18136.6	0.205	0.000677	11.57877		
30	297029.7	17311	0.22	0.000723	17.15842	220000	18041.3	0.173	0.000573	12.19424	220000	18136.6	0.215	0.00071	12.13014		
31.5	311881.2	17311	0.23	0.000756	18.01634	230000	18041.3	0.182	0.000603	12.74852	230000	18136.6	0.228	0.000753	12.68151		
32.5	321782.2	17311	0.24	0.000789	18.58829	240000	18041.3	0.191	0.000633	13.3028	240000	18136.6	0.236	0.00078	13.23288		
34	336633.7	17311	0.25	0.000822	19.44621	250000	18041.3	0.2	0.000663	13.85709	250000	18136.6	0.246	0.000813	13.78425		

Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)	Tegangan (N/mm2)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)
35	346534.7	17311	0.26	0.000854	20.01816	260000	18041.3	0.21	0.000696	14.41137	260000	18136.6	0.253	0.000836	14.33562	14.33562
36	356435.6	17311	0.27	0.000887	20.59011	270000	18041.3	0.217	0.000719	14.96565	270000	18136.6	0.261	0.000862	14.88699	14.88699
37	366336.6	17311	0.28	0.00092	21.16205	280000	18041.3	0.228	0.000755	15.51994	280000	18136.6	0.27	0.000892	15.43836	15.43836
38.5	381188.1	17311	0.29	0.000953	22.01997	290000	18041.3	0.239	0.000792	16.07422	290000	18136.6	0.277	0.000915	15.98973	15.98973
39.5	391089.1	17311	0.3	0.000986	22.59192	300000	18041.3	0.247	0.000818	16.6285	300000	18136.6	0.281	0.000928	16.5411	16.5411
40.5	400990.1	17311	0.31	0.001019	23.16387	310000	18041.3	0.254	0.000842	17.18279	310000	18136.6	0.295	0.000975	17.09247	17.09247
41.5	410891.1	17311	0.32	0.001052	23.73582	320000	18041.3	0.262	0.000868	17.73707	320000	18136.6	0.304	0.001004	17.64384	17.64384
42	415841.6	17311	0.33	0.001084	24.02179	330000	18041.3	0.272	0.000901	18.29136	330000	18136.6	0.314	0.001037	18.19521	18.19521
43	425742.6	17311	0.34	0.001117	24.59374	340000	18041.3	0.279	0.000924	18.84564	340000	18136.6	0.321	0.00106	18.74658	18.74658
44.5	440594.1	17311	0.35	0.00115	25.45166	350000	18041.3	0.289	0.000958	19.39992	350000	18136.6	0.333	0.0011	19.29795	19.29795
45.5	450495	17311	0.36	0.001183	26.02361	360000	18041.3	0.297	0.000984	19.95421	360000	18136.6	0.36	0.001189	19.84932	19.84932
46.5	460396	17311	0.37	0.001216	26.59555	370000	18041.3	0.306	0.001014	20.50849	370000	18136.6	0.353	0.001166	20.40069	20.40069
47.5	470297	17311	0.38	0.001249	27.1675	380000	18041.3	0.315	0.001044	21.06277	380000	18136.6	0.365	0.001206	20.95206	20.95206
49	485148.5	17311	0.39	0.001282	28.02342	390000	18041.3	0.327	0.001083	21.61706	390000	18136.6	0.372	0.001229	21.50343	21.50343
50	495049.5	17311	0.4	0.001314	28.59737	400000	18041.3	0.338	0.00112	22.17134	400000	18136.6	0.382	0.001262	22.0548	22.0548
51	504950.5	17311	0.41	0.001347	29.16932	410000	18041.3	0.35	0.00116	22.72562	410000	18136.6	0.393	0.001298	22.60617	22.60617
51	504950.5	17311	0.42	0.00138	29.16932	420000	18041.3	0.358	0.001186	23.27991	420000	18136.6	0.405	0.001338	23.15754	23.15754
52	514851.5	17311	0.43	0.001413	29.74126	430000	18041.3	0.373	0.001236	23.83419	430000	18136.6	0.413	0.001364	23.70891	23.70891
53	524752.5	17311	0.44	0.001446	30.31321	440000	18041.3	0.383	0.001269	24.38847	440000	18136.6	0.425	0.001404	24.26028	24.26028
54	534653.5	17311	0.45	0.001479	30.88516	450000	18041.3	0.393	0.001302	24.94276	450000	18136.6	0.435	0.001437	24.81165	24.81165
55	544554.5	17311	0.46	0.001512	31.4571	460000	18041.3	0.413	0.001368	25.49704	460000	18136.6	0.453	0.001497	25.36302	25.36302
56	554455.4	17311	0.47	0.001545	32.02905	470000	18041.3	0.432	0.001431	26.05132	470000	18136.6	0.465	0.001536	25.91439	25.91439
56.5	559405.9	17311	0.48	0.001577	32.31503	480000	18041.3	0.443	0.001468	26.60361	480000	18136.6	0.478	0.001579	26.46576	26.46576
57	564356.4	17311	0.49	0.00161	32.601	490000	18041.3	0.455	0.001508	27.15989	490000	18136.6	0.492	0.001625	27.01713	27.01713
58	574257.4	17311	0.5	0.001643	33.17295	500000	18041.3	0.49	0.001624	27.71417	500000	18136.6	0.503	0.001662	27.5685	27.5685
59	584158.4	17311	0.51	0.001676	33.74489	510000	18041.3	0.54	0.001789	28.26846						
59.5	589108.9	17311	0.52	0.001709	34.03087	520000	18041.3	0.589	0.001952	28.82274						
60	594059.4	17311	0.53	0.001742	34.31684											
61	603960.4	17311	0.54	0.001775	34.88879											
61.5	608910.9	17311	0.55	0.001807	35.17476											

Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)
62	613861.4	17311	0.56	0.00184	35.46074
62	613861.4	17311	0.57	0.001873	35.46074
56	554455.4	17311	0.58	0.001906	32.02905
53.5	529703	17311	0.59	0.001939	30.59918
53	524752.5	17311	0.6	0.001972	30.31321
50.5	500000	17311	0.61	0.002005	28.88334

Grafik Tegangan - Regangan Suhu 600 (Alami)



ket :
 1,2,3 = nomor benda uji
 600 = di bakar pada suhu 600
 A = didinginkan secara alami
 ME = pengujian modulus elastisitas

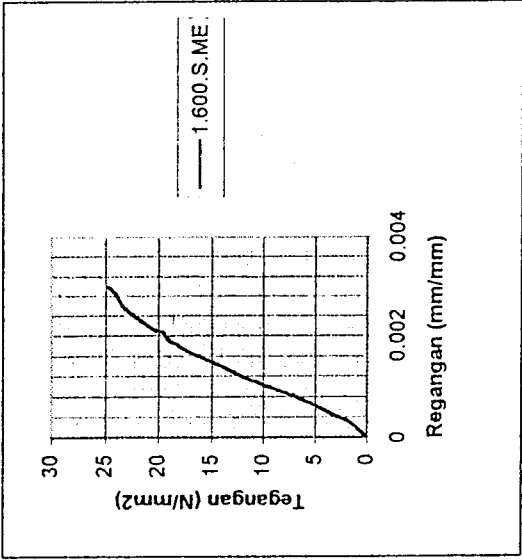
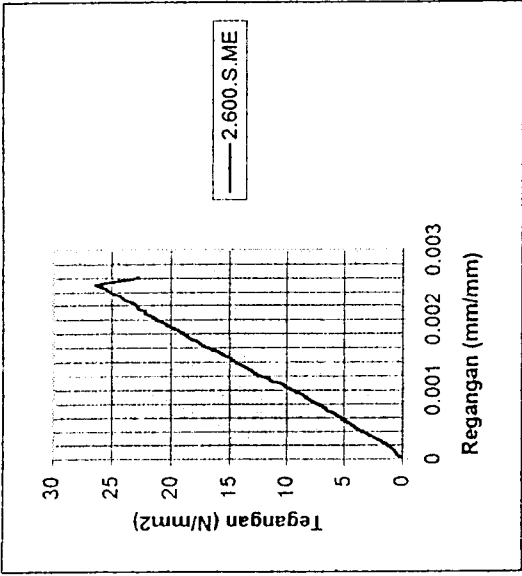
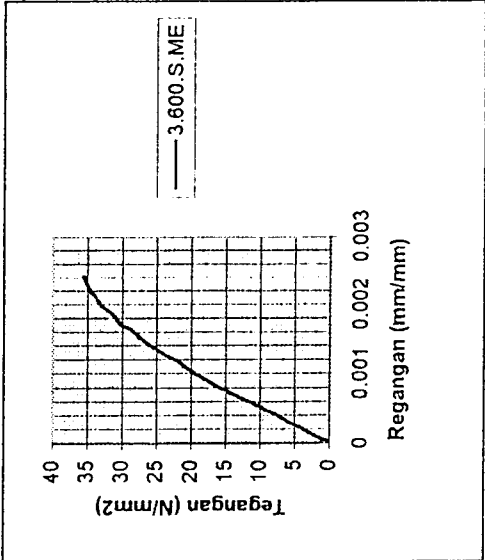
Tabel Tegangan - Regangan Beton untuk Pembakaran Suhu 600 (Siram)

1.600 S. ME										2.600 S. ME										3.600 S. ME									
Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)	Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)	Beban (N)	Luas (mm2)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm2)									
0	17804.1	0	-0	0	0	0	17827.7	0	0	0	0	17863.2	0	0	0	0	17863.2	0	0	0									
10000	17804.1	0.03	9.96E-05	0.56167	0.5	4950.495	17827.7	0.01	3.305E-05	0.277685	10000	17863.2	0.011	3.305E-05	0.277685	10000	17863.2	0.011	3.65E-05	0.565417									
20000	17804.1	0.065	0.000216	1.12334	1	9900.99	17827.7	0.02	6.61E-05	0.55537	20000	17863.2	0.017	6.61E-05	0.55537	20000	17863.2	0.017	5.65E-05	1.130834									
30000	17804.1	0.09	0.000299	1.68501	1.25	12376.24	17827.7	0.03	9.916E-05	0.694213	30000	17863.2	0.025	9.916E-05	0.694213	30000	17863.2	0.025	8.31E-05	1.696251									
40000	17804.1	0.105	0.000348	2.24668	1.5	14851.49	17827.7	0.04	0.0001322	0.833055	40000	17863.2	0.033	0.0001322	0.833055	40000	17863.2	0.033	0.00011	2.261669									
50000	17804.1	0.123	0.000408	2.80834	2	19801.98	17827.7	0.05	0.0001653	1.11074	50000	17863.2	0.043	0.0001653	1.11074	50000	17863.2	0.043	0.000143	2.827086									
60000	17804.1	0.138	0.000458	3.37001	2.5	24752.48	17827.7	0.06	0.0001983	1.388425	60000	17863.2	0.052	0.0001983	1.388425	60000	17863.2	0.052	0.000173	3.392503									
70000	17804.1	0.155	0.000514	3.93168	3	29702.97	17827.7	0.07	0.0002314	1.66611	70000	17863.2	0.062	0.0002314	1.66611	70000	17863.2	0.062	0.000206	3.95792									
80000	17804.1	0.172	0.000571	4.49335	3.5	34653.47	17827.7	0.08	0.0002644	1.943795	80000	17863.2	0.072	0.0002644	1.943795	80000	17863.2	0.072	0.000239	4.523337									
90000	17804.1	0.19	0.00063	5.05502	4.25	42079.21	17827.7	0.09	0.0002975	2.360323	90000	17863.2	0.077	0.0002975	2.360323	90000	17863.2	0.077	0.000256	5.088754									
100000	17804.1	0.205	0.00068	5.61669	5	49504.95	17827.7	0.1	0.0003305	2.77685	100000	17863.2	0.086	0.0003305	2.77685	100000	17863.2	0.086	0.000286	5.654171									
110000	17804.1	0.22	0.00073	6.17836	5.5	54455.45	17827.7	0.11	0.0003636	3.054535	110000	17863.2	0.095	0.0003636	3.054535	110000	17863.2	0.095	0.000316	6.219588									
120000	17804.1	0.235	0.00078	6.74003	6.25	61881.19	17827.7	0.12	0.0003966	3.471063	120000	17863.2	0.105	0.0003966	3.471063	120000	17863.2	0.105	0.000349	6.785006									
130000	17804.1	0.25	0.00083	7.3017	7	69306.93	17827.7	0.13	0.0004297	3.88759	130000	17863.2	0.115	0.0004297	3.88759	130000	17863.2	0.115	0.000382	7.350423									
140000	17804.1	0.263	0.000873	7.86337	7.5	74257.43	17827.7	0.14	0.0004627	4.165275	140000	17863.2	0.125	0.0004627	4.165275	140000	17863.2	0.125	0.000415	7.91584									
150000	17804.1	0.275	0.000913	8.42503	8	79207.92	17827.7	0.15	0.0004958	4.44296	150000	17863.2	0.133	0.0004958	4.44296	150000	17863.2	0.133	0.000442	8.481257									
160000	17804.1	0.289	0.000959	8.9867	8.5	84158.42	17827.7	0.16	0.0005288	4.720646	160000	17863.2	0.141	0.0005288	4.720646	160000	17863.2	0.141	0.000468	9.046674									
170000	17804.1	0.3	0.000996	9.54837	9	89108.91	17827.7	0.17	0.0005619	4.998331	170000	17863.2	0.149	0.0005619	4.998331	170000	17863.2	0.149	0.000495	9.612091									
180000	17804.1	0.313	0.001039	10.11	9.5	94039.41	17827.7	0.18	0.0005949	5.276016	180000	17863.2	0.156	0.0005949	5.276016	180000	17863.2	0.156	0.000518	10.17751									
190000	17804.1	0.327	0.001085	10.6717	10.25	101485.1	17827.7	0.19	0.000628	5.692543	190000	17863.2	0.165	0.000628	5.692543	190000	17863.2	0.165	0.000548	10.74293									
200000	17804.1	0.338	0.001122	11.2334	10.5	105960.4	17827.7	0.2	0.000661	5.831386	200000	17863.2	0.177	0.000661	5.831386	200000	17863.2	0.177	0.000588	11.30834									
210000	17804.1	0.352	0.001168	11.795	11.5	113861.4	17827.7	0.21	0.0006941	6.386756	210000	17863.2	0.18	0.0006941	6.386756	210000	17863.2	0.18	0.000598	11.87376									
220000	17804.1	0.367	0.001218	12.3567	12	118811.9	17827.7	0.22	0.0007272	6.664441	220000	17863.2	0.188	0.0007272	6.664441	220000	17863.2	0.188	0.000625	12.43918									
230000	17804.1	0.387	0.001284	12.9184	12.5	123762.4	17827.7	0.23	0.0007602	6.942126	230000	17863.2	0.196	0.0007602	6.942126	230000	17863.2	0.196	0.000651	13.00459									
240000	17804.1	0.402	0.001334	13.4801	13	128712.9	17827.7	0.24	0.0007933	7.219811	240000	17863.2	0.205	0.0007933	7.219811	240000	17863.2	0.205	0.000681	13.57001									
250000	17804.1	0.42	0.001394	14.0417	14	138613.9	17827.7	0.25	0.0008263	7.775181	250000	17863.2	0.213	0.0008263	7.775181	250000	17863.2	0.213	0.000708	14.13543									

Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)
260000	17804.1	0.435	0.001444	14.6034	14.5	143564.4	17827.7	0.26	0.0008594	8.052866	260000	17863.2	0.225	0.000748	14.70085
270000	17804.1	0.45	0.001493	15.1651	15	148514.9	17827.7	0.27	0.0008924	8.330551	270000	17863.2	0.232	0.000771	15.26626
280000	17804.1	0.467	0.00155	15.7267	15.5	153465.3	17827.7	0.28	0.0009255	8.608236	280000	17863.2	0.238	0.000791	15.83168
290000	17804.1	0.483	0.001603	16.2884	16.5	163366.3	17827.7	0.29	0.0009585	9.163606	290000	17863.2	0.248	0.000824	16.3971
300000	17804.1	0.496	0.001646	16.8501	17	168316.8	17827.7	0.3	0.0009916	9.441291	300000	17863.2	0.256	0.00085	16.96251
310000	17804.1	0.513	0.001702	17.4117	18	178217.8	17827.7	0.31	0.0010246	9.996661	310000	17863.2	0.268	0.00089	17.52793
320000	17804.1	0.533	0.001769	17.9734	18.5	183168.3	17827.7	0.32	0.0010577	10.27435	320000	17863.2	0.277	0.00092	18.09335
330000	17804.1	0.555	0.001842	18.5351	19	188118.8	17827.7	0.33	0.0010907	10.55203	330000	17863.2	0.287	0.000953	18.65877
340000	17804.1	0.572	0.001898	19.0967	20.5	202970.3	17827.7	0.34	0.0011238	11.38509	340000	17863.2	0.297	0.000987	19.22418
350000	17804.1	0.625	0.002074	19.6584	21	207920.8	17827.7	0.35	0.0011568	11.66277	350000	17863.2	0.307	0.00102	19.7896
360000	17804.1	0.633	0.002101	20.2201	22	217821.8	17827.7	0.36	0.0011899	12.21814	360000	17863.2	0.318	0.001056	20.35502
370000	17804.1	0.65	0.002157	20.7818	23	227722.8	17827.7	0.37	0.0012229	12.77351	370000	17863.2	0.33	0.001096	20.92043
380000	17804.1	0.675	0.00224	21.3434	23.5	232673.3	17827.7	0.38	0.001256	13.0512	380000	17863.2	0.344	0.001143	21.48585
390000	17804.1	0.7	0.002323	21.9051	24	237623.8	17827.7	0.39	0.001289	13.32888	390000	17863.2	0.354	0.001176	22.05127
400000	17804.1	0.73	0.002422	22.4668	24.5	242574.3	17827.7	0.4	0.0013221	13.60657	400000	17863.2	0.362	0.001203	22.61669
410000	17804.1	0.76	0.002522	23.0284	25.5	252475.2	17827.7	0.41	0.0013551	14.16194	410000	17863.2	0.37	0.001229	23.1821
420000	17804.1	0.8	0.002655	23.5901	26	257425.7	17827.7	0.42	0.0013882	14.43962	420000	17863.2	0.378	0.001256	23.74752
430000	17804.1	0.86	0.002854	24.1518	26.5	262376.2	17827.7	0.43	0.0014213	14.71731	430000	17863.2	0.39	0.001296	24.31294
440000	17804.1	0.9	0.002987	24.7134	27	267326.7	17827.7	0.44	0.0014543	14.99499	440000	17863.2	0.4	0.001329	24.87835
					28	277227.7	17827.7	0.45	0.0014874	15.55036	450000	17863.2	0.41	0.001362	25.44377
					28.5	282178.2	17827.7	0.46	0.0015204	15.82805	460000	17863.2	0.42	0.001395	26.00919
					29	287128.7	17827.7	0.47	0.0015535	16.10573	470000	17863.2	0.433	0.001439	26.5746
					30	297029.7	17827.7	0.48	0.0015865	16.6611	480000	17863.2	0.445	0.001478	27.14002
					31	306930.7	17827.7	0.49	0.0016196	17.21647	490000	17863.2	0.457	0.001518	27.70544
					31.5	311881.2	17827.7	0.5	0.0016526	17.49416	500000	17863.2	0.475	0.001578	28.27086
					32	316831.7	17827.7	0.51	0.0016857	17.77184	510000	17863.2	0.49	0.001628	28.83627
					33	326732.7	17827.7	0.52	0.0017187	18.32721	520000	17863.2	0.502	0.001668	29.40169
					33.5	331683.2	17827.7	0.53	0.0017518	18.6049	530000	17863.2	0.505	0.001678	29.96711
					34	336633.7	17827.7	0.54	0.0017848	18.88258	540000	17863.2	0.52	0.001728	30.53252
					34.5	341584.2	17827.7	0.55	0.0018179	19.16027	550000	17863.2	0.546	0.001814	31.09794

Beban (ton)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)	Beban (N)	Luas (mm ²)	Penurunan (mm)	Regangan (mm/mm)	Tegangan (N/mm ²)
35	346334.7	17827.7	0.56	0.0018509	19.43795	560000	17863.2	0.563	0.00187	31.66336
36	356435.6	17827.7	0.57	0.001884	19.99332	570000	17863.2	0.575	0.00191	32.22878
36.5	361386.1	17827.7	0.58	0.001917	20.27101	580000	17863.2	0.588	0.001953	32.79419
37	366336.6	17827.7	0.59	0.0019501	20.54869	590000	17863.2	0.61	0.002027	33.35961
38	376237.6	17827.7	0.6	0.0019831	21.10406	600000	17863.2	0.633	0.002103	33.92503
38.5	381188.1	17827.7	0.61	0.0020162	21.38175	610000	17863.2	0.65	0.002159	34.49044
39	386138.6	17827.7	0.62	0.0020492	21.65943	620000	17863.2	0.685	0.002276	35.05586
40	396039.6	17827.7	0.63	0.0020823	22.2148	630000	17863.2	0.727	0.002415	35.62128
40	396039.6	17827.7	0.64	0.0021154	22.2148					
41	405940.6	17827.7	0.65	0.0021484	22.77017					
41	405940.6	17827.7	0.66	0.0021815	22.77017					
41.5	410891.1	17827.7	0.67	0.0022145	23.04786					
42	415841.6	17827.7	0.68	0.0022476	23.32554					
43	425742.6	17827.7	0.69	0.0022806	23.88091					
43.5	430693.1	17827.7	0.7	0.0023137	24.1586					
44	435643.6	17827.7	0.71	0.0023467	24.43628					
45	445544.6	17827.7	0.72	0.0023798	24.99165					
45.5	450495	17827.7	0.73	0.0024128	25.26934					
46	455445.5	17827.7	0.74	0.0024459	25.54702					
47	465346.5	17827.7	0.75	0.0024789	26.10239					
47.5	470297	17827.7	0.76	0.002512	26.38008					
48	445544.6	17827.7	0.77	0.002545	24.99165					
42.5	420792.1	17827.7	0.78	0.0025781	23.60323					
41	405940.6	17827.7	0.79	0.0026111	22.77017					

Grafik Tegangan - Regangan Suhu 600 (Siram)



ket ;
1,2,3 = nomor benda uji
600 = di bakar pada suhu 600
S = perlakuan di siram
ME = pengujian modulus elastisitas

Tabel modulus elastisitas beton di ambil dari modulus sekan dan dibandingkan dengan hasil dari perhitungan rumus empiris

Tabel modulus elastisitas beton suhu kamar (30)

	1.30.ME			2.30.ME			3.30.ME			Rata-rata		
	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm ²)	E. Rumus (N/mm ²)	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm ²)	E. Rumus (N/mm ²)	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm ²)	E. Rumus (N/mm ²)
E0	0	0	0		0	0	0		0	0	0	
E25	12.324	0.00034	35825.6		10.1437	0.00029	34502.4		10.0902	0.00033	30484	
E50	24.0877	0.00073	32951.7	32622	20.2874	0.00063	32100.3	30145.4	19.9001	0.00069	28674.5	29755.27
E75	36.4117	0.00131	27880.3		30.9946	0.00105	29575		30.8311	0.00116	26647.5	
E100	48.1755	0.00235	20517.7		41.1383	0.0016	25647.3		40.0804	0.00185	21641.7	
Eturun									34.1945	0.00195	17526.7	

Tabel modulus elastisitas beton untuk pembakaran suhu 200 (alami)

	1.200.A.ME			2.200.A.ME			3.200.A.ME			Rata-rata		
	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm ²)	E. Rumus (N/mm ²)	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm ²)	E. Rumus (N/mm ²)	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm ²)	E. Rumus (N/mm ²)
E0	0	0	0		0	0	0		0	0	0	
E25	8.4027	0.00025	34019		10.4485	0.00036	29432.4		11.078	0.00043	25762.8	
E50	16.2452	0.00057	28500.4	26790.2	20.3471	0.0007	28943.2	29982.24	22.156	0.00093	23823.7	31481.51
E75	24.6479	0.00091	27235.2		30.7956	0.00118	26075.9		33.7878	0.00149	22676.4	
E100	32.4904	0.00124	26117.7		40.6942	0.002	20377.7		44.8658	0.00242	18539.6	
Eturun									39.8807	0.00268	14880.9	

Tabel modulus elastisitas beton untuk pembakaran suhu 200 (siram)

	1.200.S.ME			2.200.S.ME			3.200.S.ME			Rata-rata		
	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm ²)	E. Rumus (N/mm ²)	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm ²)	E. Rumus (N/mm ²)	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm ²)	E. Rumus (N/mm ²)
E0	0	0	0		0	0	0		0	0	0	
E25	8.7587	0.0003	29195.7		9.5812	0.00032	30416.5		12.3403	0.0004	31241.3	
E50	17.2349	0.00063	27357	27594.1	19.7238	0.00069	28502.6	29519.48	24.1197	0.0008	30263.1	32677.47
E75	25.9936	0.00106	24522.3		29.8675	0.00116	25703.5		36.46	0.00137	26593.7	
E100	34.4697	0.00181	19044		39.4477	0.00224	17650		48.5394	0.00231	20953.4	
Eturun	27.1237	0.00208	13040.2									

Tabel modulus elastisitas beton untuk pembakaran suhu 400 (alami)

1.400.A.ME			2.400.A.ME			3.400.A.ME			Rata-rata		
Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm ²)	E. Rumus (N/mm ²)	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm ²)	E. Rumus (N/mm ²)	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm ²)	E. Rumus (N/mm ²)
E0	0	0		0	0	0		0	0	0	
E25	7.2823	0.00027	26971.5	6.1992	0.0003	20733.1		7.461733	0.001251	16833.66	
E50	14.5647	0.00056	26008.4	11.8349	0.0006	19790.8	23404.4	14.734431	0.000615	23917.37	25687.14
E75	22.4072	0.0009	24896.9	18.5877	0.001	18643.6		22.9397	0.001083	21368.45	
E100	29.6895	0.00155	19154.5	24.797	0.0014	17762.9		30.03283	0.001634	18371.55	
Eturun				21.1338	0.00153	13822		21.1338	0.001529	13821.98	

Tabel modulus elastisitas beton untuk pembakaran suhu 400 (siram)

1.400.S.ME			2.400.S.ME			3.400.S.ME			Rata-rata		
Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm ²)	E. Rumus (N/mm ²)	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm ²)	E. Rumus (N/mm ²)	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm ²)	E. Rumus (N/mm ²)
E0	0	0		0	0	0		0	0	0	
E25	8.5667	0.0003	28555.7	7.2535	0.0004	18133.8		8.477433	0.000355	24365.43	
E50	16.5622	0.00068	24356.2	13.67	0.0008	17087.5	25010.18	16.29673	0.000739	22241.84	26996.18
E75	24.5577	0.00111	22124.1	20.0865	0.00126	15941.7		24.30503	0.0012	20343.84	
E100	33.1244	0.00185	17905.1	28.3164	0.00229	12365.2		33.1079	0.002035	16516.38	
Eturun				27.8979	0.00239	11672.8		27.8979	0.00239	11672.76	

Tabel modulus elastisitas beton untuk pembakaran suhu 600 (alami)

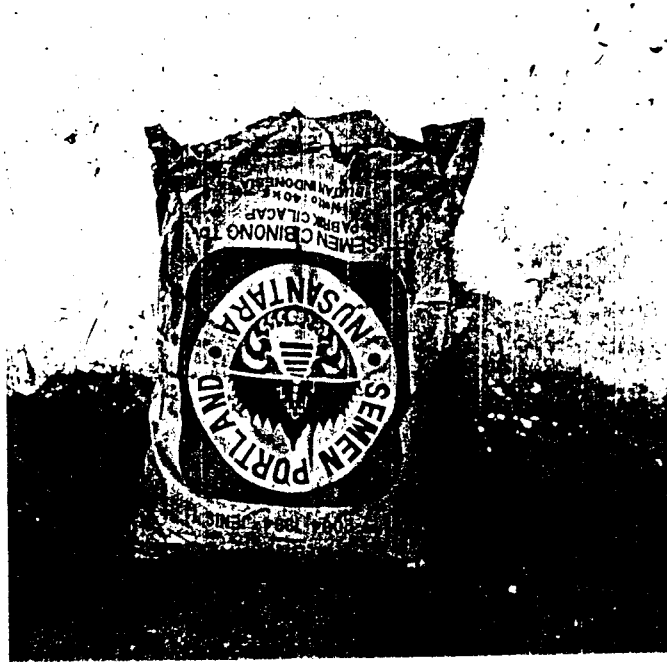
1.600.A.ME			2.600.A.ME			3.600.A.ME			Rata-rata		
Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm ²)	E. Rumus (N/mm ²)	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm ²)	E. Rumus (N/mm ²)	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm ²)	E. Rumus (N/mm ²)
E0	0	0		0	0	0		0	0	0	
E25	8.5792	0.0003	28983.8	7.2057	0.00034	21131.1		7.4671	0.000348	22137.14	
E50	17.1584	0.00072	23732.2	14.4114	0.0007	20706	25232.79	15.11803	0.000744	20464.37	25966.15
E75	26.5956	0.00122	21871.4	21.6171	0.00108	19960.4		22.87113	0.001155	19776.03	
E100	35.4607	0.00187	18932.6	28.8227	0.00195	14765.7		30.6173	0.001829	16761.95	
Eturun	30.5992	0.00194	15780.9					30.5992	0.001939	15780.92	

Tabel modulus elastisitas beton untuk pembakaran suhu 600 (siram)

	1.600.S.ME			2.600.S.ME			3.600.S.ME			Rata-rata						
	Tegangan (N/mm2)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm2)	E. Rumus (N/mm2)	Tegangan (N/mm2)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm2)	E. Rumus (N/mm2)	Tegangan (N/mm2)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm2)	E. Rumus (N/mm2)	Tegangan (N/mm2)	Regangan (mm/mm)	E. Sekan (N/mm2)	E. Rumus (N/mm2)
E0	0	0	0		0	0	0		0	0	0		0	0	0	
E25	6.1784	0.00068	9085.88		6.6644	0.00073	9166.99		8.4813	0.00044	19188.5		7.108033	0.000616	12480.44	
E50	12.3567	0.00122	10128.4	23364.9	13.0512	0.00126	10391.1	24139.93	17.5279	0.00089	19694.3	28051.28	14.31193	0.001122	13404.6	25185.38
E75	18.5351	0.00184	10073.4		19.9933	0.00188	10612.2		26.5746	0.00144	18467.4		21.701	0.001721	13051	
E100	24.7134	0.00299	8265.35		26.3801	0.00251	10501.6		35.6213	0.00242	14750		28.90493	0.002639	11172.33	
Eturun					24.9917	0.00255	9819.92						24.9917	0.002545	9819.921	

FOTO-FOTO PELAKSANAAN PENELITIAN

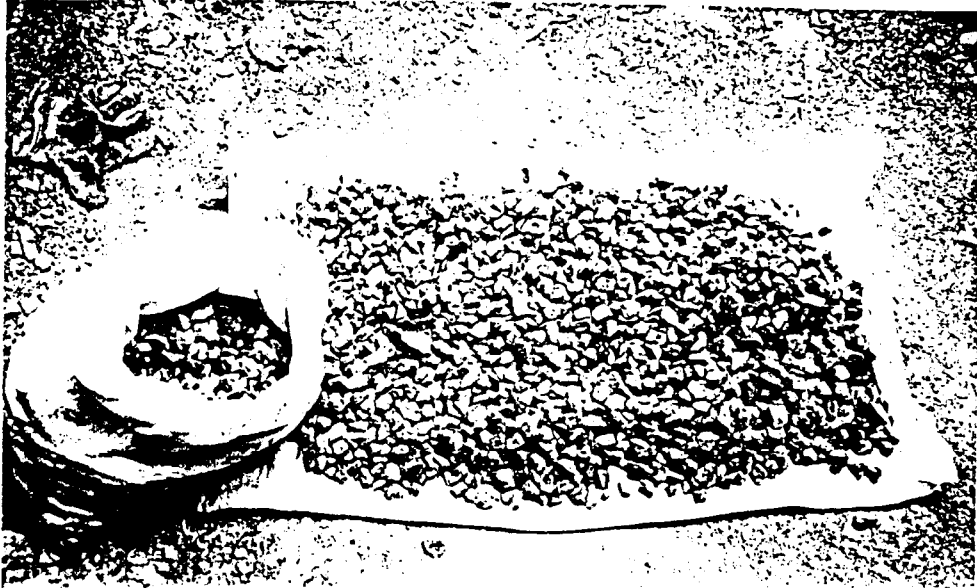
1. Material penyusun beton



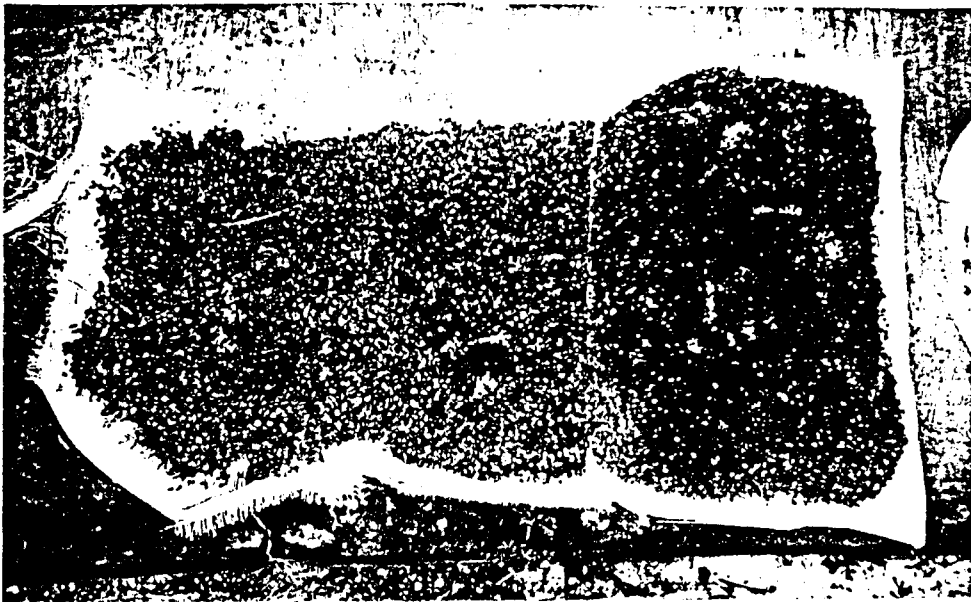
Semen



Pasir lolos lubang ayakan 4,8 mm

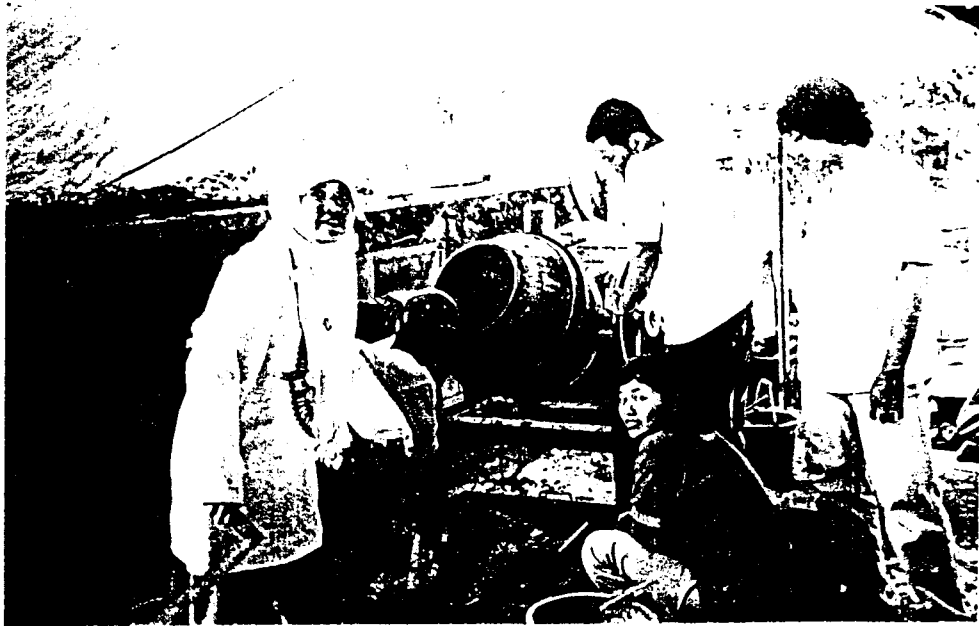


Kerikil lolos lubang ayakan 20 mm tertahan 10 mm



Kerikil lolos lubang ayakan 10 mm tertahan 4,8 mm

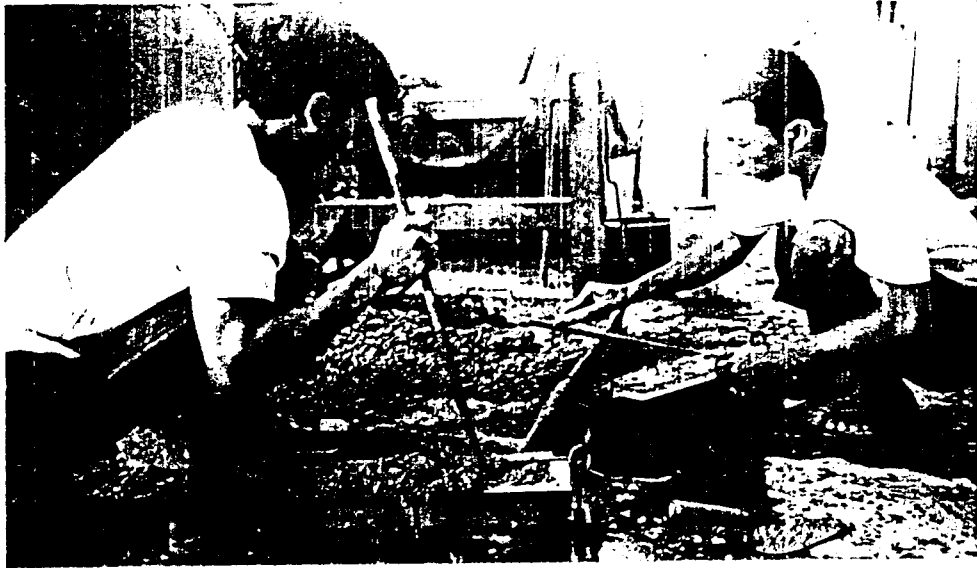
2. Pengecoran



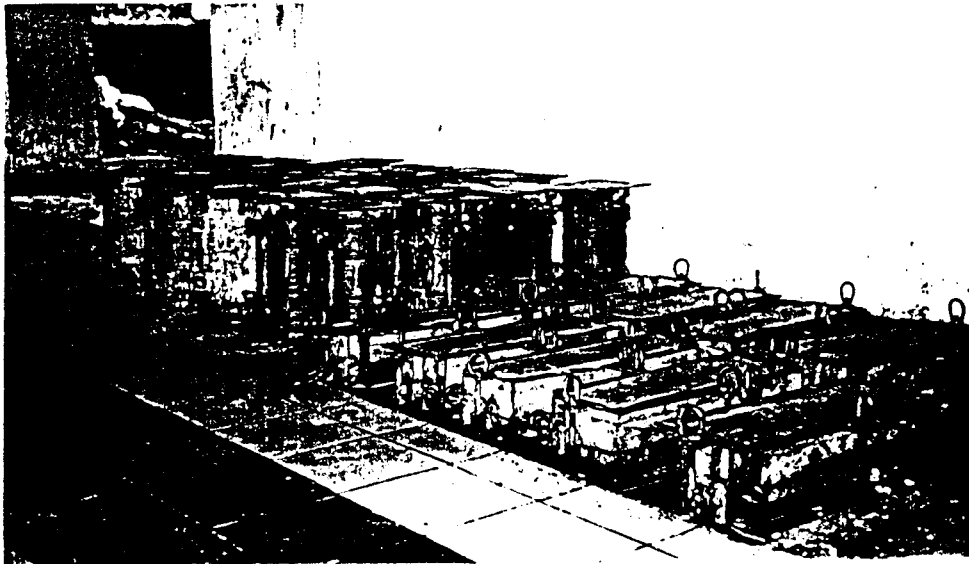
Pengadukan beton



Pengujian slump



Pemasukan beton segar ke dalam cetakan



Pencetakan

3. Perawatan beton



Perendaman beton ke dalam bak air

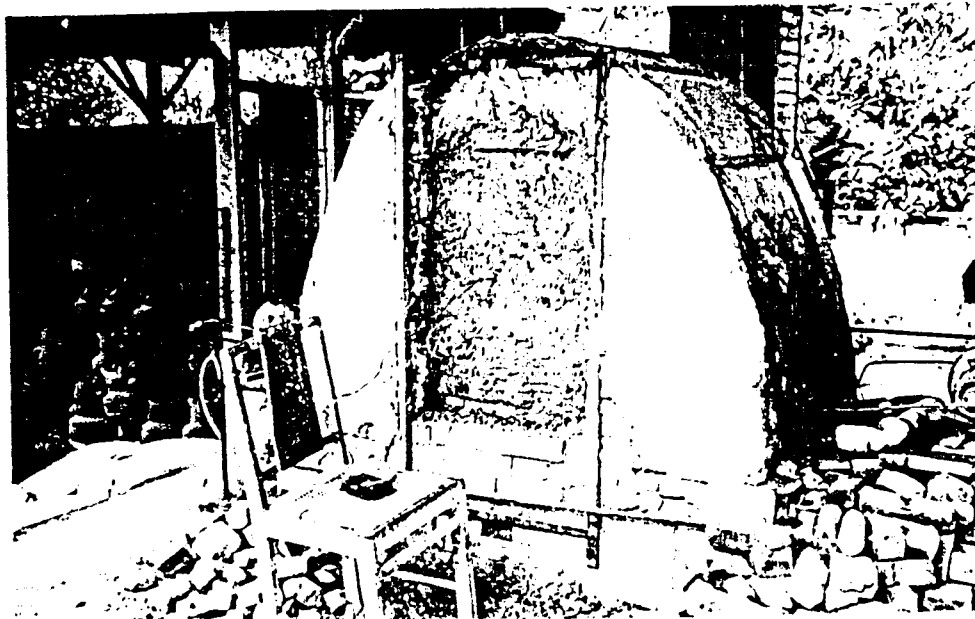
4. Pembakaran beton



Benda uji sebelum di bakar



Pemasukan benda uji ke dalam tungku



Tungku lengkap dengan termokopel siap untuk membakar beton



Pengambilan beton setelah di bakar



Benda uji didinginkan secara alami



Benda uji didinginkan dengan cara di siram



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

Lampiran 20

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

Io.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
.	DINA RAHMANI	93 310 083		STRUKTUR
.	AMAT QOLYUBI	93 310 021		STRUKTUR

UL TUGAS AKHIR : HUBUNGAN..MARLASI..SUHU..REMBAKAERAN..TERHADAP..PENJURUNAN..
KUAT DESAK. MODULUS ELASTISITAS & KUAT GESER. *Beton*

sen Pembimbing I : : IR. HM. SAMSUDIN. MT
sen Pembimbing II : : IR. SUHARYATMO. MT



Yogyakarta, 18 Juni 1998

An. Dekan,

Ket. Jurusan Teknik Sipil.

[Signature]
IR. H. TALJUDDIN BMA.. MS