

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KACA PADA SEMEN DITINJAU
DARI SIFAT MEKANIS BETON.**

*Disusun Dan Ditujukan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang*

Oleh :

LEANDRO RAGA WAHYUDI

16.21.101



JURUSAN TEKNIK SIPIL – S1

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**

2024

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala Puji bagi Allah SWT. Untuk yang telah diberikan berupa kesehatan, lalu cinta dan karunianya. Tidak lupa shalawat dan salam telimpahkan kepada baginda Rasulullah SAW.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasih dan kusayang.

Ibu dan alm. Bapak tersayang

Tidak lupa bersyukur pada Allah SWT. Karena telah diturunkan 2 malaikat tak bersayap dalam hidup saya, yaitu kedua orang tua. Sebagai tanda bakti, rasa hormat dan terima kasih aku persembahkan sebuah karya sederhana ini kepada **Alm. Bapak Wahyudi** dan **Ibu Titik Sri Handayani**, yang selalu memberi semangat, motivasi, tenaga, waktu, kasih sayang serta do'a disetiap langkah yang kuambil. Karena mereka juga saya akhirnya menyanggah gelar sarjana.

Saudaraku, orang terdekatku dan orang terkasih

Karya sederhana ini juga kupersembahkan kepada orang yang sangat berjasa dalam menempuh studi ku di Malang, khususnya yang terhormat Budhe Bintit dan Alm. Poh Mujiono selaku menjadi sosok orang tua ku saat merantau di Malang, Serta orang terkasih Yusril Yahya ST yang sudah mensupport dan membantu banyak atas pengerjaan skripsi ini.. Terimakasih telah memberiku support, semangat, motivasi, tenaga, waktu, dan selalu menemaniku dalam susah maupun senang sehingga aku dapat menyelesaikan skripsi ini.

Dosen Pembimbingku yang baik

Untuk bpk Ir. Bambang Wedyantadji, MT dan bpk Mohammad Erfan, ST., MT. Terimakasih banyak telah membimbing skripsi ini menjadi lebih baik, memberikan banyak pengarahan serta pengertian dalam materi hingga skripsi ini dapat terselesaikan meskipun tidak tepat waktu di karenakan sebuah tuntutan ekonomi.

Teman – Teman

- ❖ Untuk Gilang Rizky terimakasih waktu dan tenaganya yang telah membantu pelaksanaan di lab. beton sampai selesai.
- ❖ Untuk bpk Mahfud, Mas Mea dan semua teman penelitian terimakasih telah membantu pengujian material serta memberikan masukan pengarahan pengertian dalam materi hingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan.

Hanya sebuah karya sederhana dan ucapan Terimakasih yang kupersembahkan untuk kalian semua. Atas segala kekhilafan salah, kekuranganku dengan kerendahan hati ini kuucapkan mohon maaf yang sebesar – besarnya

Habiskan masa muda mu untuk berkarya. Meskipun susah tetap jalani dengan Ikhlas. Nikmati proses dan berjuang sampai otak konslet. Dan Yakini bahwa perjuangan yang kamu bangun dari nol hingga sampai saat ini akan membuahkan hasil di hari kelak.”

(GOMBS ENGINE PROJECT)
Leandro Raga Wahyudi



LEMBAR PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KACA PADA SEMEN DITINJAU
DARI SIFAT MEKANIS BETON**

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Sipil (S-1) Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun Oleh:

LEANDRO RAGA WAHYUDI

16.21.101


**Telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan
Pada tanggal 7 Februari 2022**

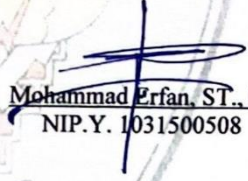
Menyetujui

Dosen Pembimbing :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Ir. Bambang Wedyantadji, MT
NIP. Y. 1018500093


Mohammad Erfan, ST., MT
NIP.Y. 1031500508

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang


Dr. Yosimpon P. Manaha, ST., MT
NIP. P. 1030300383

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KACA PADA SEMEN DITINJAU
DARI SIFAT MEKANIS BETON**

**Skripsi Ini Telah Dipertahankan Di Depan Dosen Penguji Ujian Skripsi
Jenjang Strata (S-1) Pada Tanggal 7 Februari 2022 Dan Diterima
Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Sipil S-1**

Disusun Oleh:

LEANDRO RAGA WAHYUDI

16.21.101

Anggota Penguji :

Dosen Penguji I




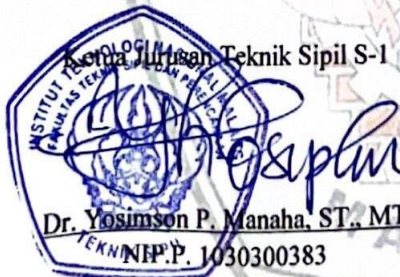
Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT
NIP.P. 1030300383

Dosen Penguji II



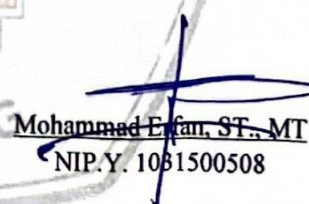
Ir. Ester Priskasari, MT
NIP.Y.1039400265

Disahkan Oleh :



Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT
NIP.P. 1030300383

Sekretaris Jurusan



Mohammad Erfan, ST., MT
NIP.Y. 1031500508

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2024**

LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : LEANDRO RAGA WAHYUDI
NIM : 16.21.101
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul:

“ PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KACA PADA SEMEN DITINJAU DARI SIFAT MEKANIS BETON”

Adalah sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam Naskah Tugas Akhir ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis terdapat dalam naskah ini disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tugas Akhir ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur Plagiasi, saya bersedia Tugas Akhir ini digugurkan dan gelar akademik yang saya peroleh (SARJANA) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 1 Februari 2024

Yang membuat pernyataan



Leandro Raga Wahyudi
16.21.101

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat dan Berkat-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi dengan baik dan benar. Skripsi ini dibuat untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan gelar strata satu (S-1), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang. Dalam proses penyelesaian Skripsi ini, penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

- 1) Bapak Awan Uji Krismanto, ST.,MT.,Ph.D. selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
- 2) Ibu Dr. Debby Budi Susanti, ST.,MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.
- 3) Bapak Dr. Yosimson P. Manaha, ST.,MT. selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang.
- 4) Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT. selaku Dosen pembimbing Skripsi I
- 5) Bapak Mohammad Erfan, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing Skripsi II.
- 6) Bapak dan Ibuk yang selalu memberikan support baik moril maupun materil.

Penyusun menyadari bahwa pada Skripsi ini, mungkin masih banyak kekurangan ataupun kesalahan. Oleh karena itu, penyusun selalu mengharapkan saran, petunjuk, kritik dan bimbingan yang bersifat membangun, demi kelanjutan kami selanjutnya.

Malang, 1 Februari 2024

Penyusun

ABSTRAK

Leandro Raga Wahyudi. 2024 .*Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca Pada Semen Ditinjau Dari Sifat Mekanis Beton*. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang. Pembimbing (I) Ir. Bambang Wedyantadji, MT, (II) Mohammad Erfan, ST., MT.

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang banyak dipergunakan dalam struktur bangunan modern. Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air, pasir, kerikil, dan untuk kondisi tertentu bisa menggunakan bahan tambahan (admixture) yang berupa bahan kimia, serat, bahan non kimia dengan perbandingan tertentu. Dalam beberapa kasus, campuran beton memerlukan bahan tambah untuk menunjang *performance* nya. Tujuan pemberian bahan tambah adalah untuk mengubah satu atau lebih dari sifat beton, sewaktu dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Misalnya untuk meningkatkan *workability*, menambah kuat tekan, menambah *daktilitas* (mengurangi sifat getas), mengurangi retak-retak pengerasan, dan sebagainya.

Berbagai usaha telah dilakukan untuk mendapatkan beton dengan mutu tinggi dan memiliki sifat-sifat yang lebih baik. Penelitian - penelitian telah dilakukan dan dengan beberapa inovasi-inovasi baru, misalkan dengan penambahan bahan tambah sehingga tidak hanya menjadi beton *konvensional*. Penelitian mengenai beton dengan berbagai bahan tambah dan tambahan serat telah dilakukan, misal penambahan abu sekam padi, silika fume, *fly ash*, serat baja, serat tembaga, serat nylon, serat aluminium dan masih banyak lagi.

Dengan adanya penelitian terdahulu dengan menambahkan serbuk kaca pada campuran sebagian dari semen meningkat kekuatannya, pada penelitian ini di iringi rasa ingin tahu saya sebagai mahasiswa, maka di dalam penelitian ini saya akan membuktikan dan mencoba mengkombinasikan campuran beton dengan sebuah parsial serbuk kaca sebagai alat penambah sebagian dari semen yang di harapkan mampu mememicu kekuatan beton tersebut.

Penggunaan serbuk kaca untuk campuran beton diharapkan dapat membantu tentang ilmu material komposit agregat dengan mengkombinasi serbuk kaca dengan mengurangi sebagian semen pada campuran beton.

Kata kunci : Serbuk kaca, Kuat tekan, Kuat Tarik, dan Kuat belah.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GRAFIK	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Batasan Masalah.....	3
1.7 Hipotesis	3
BAB II TINJUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu.....	4
2.2 Pengertian dan Sifat Beton	5
2.2.1 Pengertian Beton	5
2.2.2 Sifat – Sifat Beton	5
2.2.3 Sifat Tahan Lama	6
2.2.4 Sifat Kedap Air	7
2.2.5 Memenuhi Kekuatan Yang Hendak Dicapai.....	7
2.3 Material Penyusun Beton	8

2.3.1	Semen Portland (PC).....	8
2.3.1.1.	Sifat – Sifat Semen Portland.....	10
2.3.1.2.	Klasifikasi semen Portland	11
2.3.2	Agregat Penyusun Beton.....	11
2.3.2.1	Agregat Halus	12
2.3.2.2	Agregat Kasar	14
2.3.2.3	Air	16
2.4	Serbuk Kaca	17
2.5	Kualitas Beton	20
2.5.1	Kuat Tekan	20
2.5.2	Kuat Tarik Belah.....	21
2.5.3	Kuat Tarik Lentur.....	22
2.6	Pengolahan Data.....	24
2.6.1	Pengertian Hipotesis	24
2.6.2	Interval Kepercayaan	24
2.6.3	Analisa Regresi	25
2.6.4	Uji Korelasi.....	26
BAB III METODE PENELITIAN		29
3.1	Tempat dan Rancangan Penelitian	29
3.1.1	Tempat.....	29
3.1.2	Rancangan Penelitian.....	29
3.2	Metode Penelitian.....	30
3.3	Alat dan Bahan Penelitian	31
3.3.1	Alat Penelitian.....	31
3.3.2	Bahan Penelitian.....	32
3.4	Benda Uji.....	32

3.5	Tahapan Perancangan Benda Uji.....	33
3.5.1	Perancangan Beton.....	33
3.5.2	Tahap Pengadukan Campuran Beton.....	33
3.6	Metode Pengujian.....	34
3.7	Prosedur Pengujian.....	34
3.7.1	Pengujian kuat lentur.....	34
3.7.1.1	Persiapan Pengujian kuat lentur.....	34
3.7.1.2	Prosedur Pengujian Kuat Lentur.....	35
3.7.2	Pengujian Kuat Tarik belah.....	37
3.7.2.1	Persiapan Pengujian Kuat Tarik Belah.....	37
3.7.2.2	Prosedur Pengujian Kuat Tarik Belah.....	37
3.7.3	Kuat tekan.....	38
3.7.3.1	Persiapan Pengujian Kuat Tekan.....	38
3.7.3.2	Perosedur Pengujian Kuat Tekan.....	39
3.8	Bagan Alir Penelitian.....	40
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....		41
4.1	Pemeriksaan Mutu Bahan.....	41
4.2	Pemeriksaan Mutu Bahan.....	41
4.3	Pemeriksaan Mutu Bahan.....	43
4.3.1	Perancangan Campuran Beton Mutu $f'c = 20$ MPa.....	43
4.3.1.1	Data Perencanaan.....	43
4.3.1.2	Menentukan Kuat Tekan Rencana.....	43
4.3.1.3	Menentukan Faktor Air Semen.....	44
4.3.1.4	Menentukan Kadar Air Bebas Dan Jumlah Semen.....	46
4.3.1.5	Menentukan Berat Jenis Beton Segar.....	48
4.3.1.6	Menentukan Komposisi Campuran Kondisi di Lapangan.....	49

4.3.1.7	Menentukan Presentase Agregat Halus dan Agregat Kasar	49
4.4	Perhitungan Menentukan Presentase Serbuk Kaca Pada Campuran Beton	54
4.5	Analisa Data Kuat Tekan, Tarik, Dan Belah.....	55
4.6	Perbandingan Prosentase Kuat Belah, Lentur Terhadap Kuat Tekan	59
4.7	Pengujian Interval Kepercayaan.....	59
4.8	Pengujian Regresi.....	66
4.9	Pengujian Hipotesis	75
4.10	Pengujian Korelasi.....	78
BAB V KESIMPULAN		83
5.1	Kesimpulan.....	83
5.2	Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA		85
LAMPIRAN.....		87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 . 1 Serbuk Kaca	20
Gambar 3 . 1 Benda Uji Balok 15 cm x 15 cm x 60 cm.	32
Gambar 3 . 2 Benda Uji Silinder 15 cm x 30 cm.	32
Gambar 3 . 3 Pengujian Kuat lentur.....	34
Gambar 3 . 4 Pengujian Kuat Tarik Belah.	37
Gambar 3 . 5 Pengujian Kuat Tekan.	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2 . 1 Kandungan Bahan Kimia Dalam Semen	9
Tabel 2 . 2 Syarat Batas Gradasi Agregat Halus (Pasir)	14
Tabel 2 . 3 Berat Isi Serbuk Kaca	18
Tabel 2 . 4 Berat Jenis Dan Serbuk Kaca.....	19
Tabel 2 . 5 Kriteria Korelasi.....	27
Tabel 3 . 1 Perincian Benda Uji	33
Tabel 4 . 1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Material.....	42
Tabel 4 . 2 Standar Deviasi Berdasarkan Isi Pekerjaan	43
Tabel 4 . 3 Perkiraan Kekuatan Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen (W/C) = 0,5	44
Tabel 4 . 4 Kadar Air Bebas.....	46
Tabel 4 . 5 Hasil Perhitungan Prosentase Gradasi Gabungan Agregat Kasar dan Agregat Halus.....	50
Tabel 4 . 6 Prosentase Penambahan Serbuk Kaca Pada Beton	54
Tabel 4 . 7 Nilai Kuat Tekan Selindir Umur 28 Hari.....	57
Tabel 4 . 8 Nilai Kuat Belah Selindir Umur 28 Hari	58
Tabel 4 . 9 Nilai Kuat Lentur Balok Umur 28 Hari	58
Tabel 4 . 10 Data Pengujian Kuat Tekan Beton 2,5 % Serbuk Kaca.....	60
Tabel 4 . 11 Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton 2,5 % Serbuk Kaca	61
Tabel 4 . 12 Data Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan	61
Tabel 4 . 13 Data Pengujian Kuat Belah Beton 2,5 % Serbuk Kaca.....	62
Tabel 4 . 14 Interval Kepercayaan Kuat Belah Beton 2,5 % Serbuk Kaca.....	63
Tabel 4 . 15 Data Pengujian Kuat Belah Beton Umur 28 Hari Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan	64
Tabel 4 . 16 Data Pengujian Kuat Lentur Beton 2,5 % Serbuk Kaca	64
Tabel 4 . 17 Interval Kepercayaan Kuat Lentur Beton 2,5 % Serbuk Kaca	65
Tabel 4 . 18 Data Pengujian Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan	66
Tabel 4 . 19 Data Pengujian Kuat Tekan Beton Rata-Rata Umur 28 Hari	67
Tabel 4 . 20 Data Untuk Menentukan Regresi Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	67
Tabel 4 . 21 Data Pengujian Kuat Belah Beton Rata-Rata Umur 28 Hari.....	69

Tabel 4 . 22 Data Untuk Menentukan Regresi Kuat Belah Beton Umur 28 Hari.....	70
Tabel 4 . 23 Data Pengujian Kuat Lentur Beton Rata-Rata Umur 28 Hari.....	72
Tabel 4 . 24 Data Untuk Menentukan Regresi Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari	72
Tabel 4 . 25 Rekapitulasi Hasil Analisis Regresi Serbuk Kaca Terhadap Mutu Beton	74
Tabel 4 . 26 Data Pengujian Hipotesis Kuat Tekan	75
Tabel 4 . 27 Tabel Analisa Kuat Tekan.....	76
Tabel 4 . 28 Perhitungan Kuat Tekan Anova Single Factor Dengan MS Excel 2016	77
Tabel 4 . 29 Perhitungan Kuat Belah Anova Single Factor Dengan MS Excel 2016.	77
Tabel 4 . 30 Perhitungan Kuat Tarik Anova Single Factor Dengan MS Excel 2016 .	78
Tabel 4 . 31 Analisa Statistik Untuk Seluruh Pengamatan	78
Tabel 4 . 32 Data Untuk Menentukan Korelasi Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari.....	79
Tabel 4 . 33 Data Untuk Menentukan Korelasi Kuat Belah Beton Umur 28 Hari	80
Tabel 4 . 34 Data Untuk Menentukan Korelasi Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari	81
Tabel 4 . 35 Hasil Pengujian Uji Korelasi Campuran Serbuk Kaca	82

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4 . 1 Kurva hubungan kekuatan tekan beton dengan W/C	45
Grafik 4 . 2 Penentuan Prosentase agregat halus untuk diameter maksimum 20 mm	46
Grafik 4 . 3 Berat Jenis Beton Segar	48
Grafik 4 . 4 Batas Gradasi Gabungan Agregat Halus dan Agregat Kasar maksimal 10 mm	52
Grafik 4 . 5 Batas Gradasi Gabungan Agregat Halus dan Agregat Kasar maksimal 20 mm	52
Grafik 4 . 6 Batas Gradasi Gabungan Agregat Halus dan Agregat Kasar maksimal 40 mm	53
Grafik 4 . 7 Analisa Regresi Hubungan Penambahan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari.....	69
Grafik 4 . 8 Analisa Regresi Hubungan Penambahan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Belah Beton Umur 28 Hari	72
Grafik 4 . 9 Analisa Regresi Hubungan Penambahan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam konstruksi, beton adalah sebuah bahan material bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Dalam beberapa kasus, campuran beton memerlukan bahan tambah untuk menunjang *performance* nya. Tujuan pemberian bahan tambah adalah untuk mengubah satu atau lebih dari sifat beton, sewaktu dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Misalnya untuk meningkatkan *workability*, menambah kuat tekan, menambah *daktilitas* (mengurangi sifat getas), mengurangi retak-retak pengerasan, dan sebagainya.

Berbagai usaha telah dilakukan untuk mendapatkan beton dengan mutu tinggi dan memiliki sifat-sifat yang lebih baik. Penelitian - penelitian telah dilakukan dan dengan beberapa inovasi-inovasi baru, misalkan dengan penambahan bahan tambah sehingga tidak hanya menjadi beton *konvensional*. Penelitian mengenai beton dengan berbagai bahan tambah dan tambahan serat telah dilakukan, misal penambahan abu sekam padi, silika fume, *fly ash*, serat baja, serat tembaga, serat nylon, serat aluminium dan masih banyak lagi.

Dengan adanya penelitian terdahulu dengan menambahkan serbuk kaca pada campuran sebagian dari semen meningkat kekuatannya, pada penelitian ini di iringi rasa ingin tahu saya sebagai mahasiswa, maka di dalam penelitian ini saya akan membuktikan dan mencoba mengkombinasikan campuran beton dengan sebuah parsial serbuk kaca sebagai alat penambah sebagian dari semen yang di harapkan mampu mememicu kekuatan beton tersebut.

Penggunaan serbuk kaca untuk campuran beton diharapkan dapat sedikit membantu tentang ilmu material komposit agregat dengan mengkombinasi serbuk kaca dengan mengurangi sebagian semen pada campuran beton.

Dari uraian diatas maka peneliti mengambil judul ***Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca Pada Semen Ditinjau Sifat Mekanis Beton.***

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka identifikasi masalah dalam penelitian ini yaitu:

- 1) Diperlukannya peningkatan dalam kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton, dengan penambahan sebagian serbuk kaca pada semen.
- 2) Pengaruh yang diakibatkan dengan penambahan serbuk kaca pada semen yang di tinjau dari pengujian kuat tarik belah, kuat tekan, dan kuat lentur beton.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan beberapa uraian permasalahan yang telah diidentifikasi diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

- 1) Apakah penambahan serbuk kaca dengan mengurangi sebagian dari semen dapat mempengaruhi pengujian kuat tarik belah, kuat tekan, dan kuat lentur beton ?
- 2) Pada kadar prosentase berapa nilai optimum yang di dapat apabila serbuk kaca ditambah dengan mengurangi sebagian semen dalam material beton ?

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian yang ingin dicapai adalah sebagai berikut :

- 1) Untuk mengetahui pengaruh pada penambahan serbuk kaca sebagai bahan tambah sebagian dari semen yang di tinjau dari pengujian kuat tarik belah, kuat tekan, dan kuat lentur beton.
- 2) Untuk mendapatkan nilai maksimum dari hasil prosentase yang telah di tentukan, dengan di tambahkannya serbuk kaca sebagai bahan tambah sebagian dari semen dalam material beton.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat memberi manfaat sebagai berikut :

- 1) Memberikan informasi tentang penggunaan serbuk kaca sebagai bahan tambah sebagian semen.
- 2) Mendapatkan pengetahuan tambahan dan dapat memahami proses pembuatan benda uji sesuai syarat-syarat yang berlaku.

1.6 Batasan Masalah

Untuk membatasi penelitian dan memberikan langkah-langkah sistematis, maka lingkup permasalahan dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

- 1) Mencari pengaruh bahan tambah serbuk kaca dengan ditinjau dari nilai kuat tekan dan tarik belah pada beton.
- 2) Penelitian ini dilakukan untuk mencari nilai kekuatan maksimum pada penambahan serbuk kaca dengan parsial semen, yaitu variasi 0% ;2,5% ; 5% ; 7,5% ; 10 %.

1.7 Hipotesis

Hipotesis penelitian merupakan jawaban sementara dari pertanyaan yang diajukan dalam rumusan masalah. oleh karena jawaban sementara ini masih kurang lengkap, maka diperlukan pengujian berdasarkan data dan fakta yang dikumpulkan. Ada 2 hipotesis dalam penelitian ini yakni:

- a. Hipotesis: Ada pengaruh serbuk kaca sebagai bahan tambah semen di tinjau dari sifat mekanis beton.
- b. Hipotesis alternatif: Kemungkinan besar kualitas beton akan menurun di akibatkan pengurangan jumlah sebagian semen yang di gantikan dengan parsial serbuk kaca.

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

1. Herbudiman dan Januar (2011), penelitian yang berjudul pemanfaatan serbuk kaca sebagai powder pada *self compacting concrete* didapatkan kadar optimum substitusi parsial serbuk kaca adalah 10%. Komposisi tersebut menghasilkan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah rata-rata 49,08 MPa dan 4,08 MPa, yang menunjukkan peningkatan kekuatan sebesar +0,33% dan +4,88%. Kadar serbuk kaca hingga 20% masih menghasilkan beton diatas kuat tekan rencana 40 MPa. Pada kadar serbuk kaca hingga 30%, beton structural masih dapat dihasilkan dengan kuat tekan 32,23 MPa.
2. Yohanes (2013), melakukan penelitian tentang kuat tekan beton dengan bahan tambah serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen. Dari penelitian ini didapatkan hasil berat volume beton umur 1 hari sekitar 2057-2149 kg. Berat volume beton hasil penelitian ini termasuk kategori beton berbobot normal menurut ACI dan SNI. Semakin banyak substitusi serbuk kaca pada semen akan membuat berat volume beton berkurang. Nilai kuat tekan pada umur 28 hari untuk kaca 6%, kaca 8% dan kaca 10% mengalami peningkatan terhadap kaca 0% tetapi, nilai kuat tekan beton pada variasi berikutnya yaitu pada kaca 12% dan kaca 15% mengalami penurunan. Nilai kuat tekan optimum didapat pada variasi kaca 10% yaitu 31,1MPa.
3. Hendra dan Endang (2014) mengkaji kuat tekan dan kuat tarik belah belah beton dengan bahan tambah serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dengan variasi serbuk kaca 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5% dan 15%. Penambahan serbuk kaca di lakukan berdasarkan berat semen, pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton di lakukan pada umur 28 hari. Nilai kuat tekan dan tarik belah terbesar maksimum pada umur 28 hari terdapat pada penambah serbuk kaca 10% dengan nilai kuat tekan 21,41 MPa dan kuat tarik belah 2,78 MPa.

2.2 Pengertian dan Sifat Beton

2.2.1 Pengertian Beton

Menurut SNI 2847:2013, definisi beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada usia 28 hari.

Menurut maria dwi ferdiana (2018). Beton merupakan salah satu material konstruksi yang tersusun atas air, semen, dan gregat. Agregat di bedakan menjadi dua, yaitu agregat kasar dan halus. Agar menjadi satu kesatuan yang kuat, material penyusun beton tersebut harus di campur sesuai dengan takaran yang pas. Perencanaan campuran adukan beton merupakan perancangan campuran komponen material penyusun beton. Perancangan ini bertujuan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan penyusun beton supaya memenuhi persyaratan teknis dan ekonomis serta menghasilkan proporsi campuran yang optimal dengan kekuatan yang maksimum. Memiliki kriteria yang harus di penuhi, yaitu kekuatan tekan beton karakteristik, houngan dengan faktor air semen, serta kemudahan dalam mengerjakan.

2.2.2 Sifat – Sifat Beton

Nilai kuat tekan beton relatif lebih tinggi dibandingkan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan getas. Sehingga umumnya beton diperkuat menggunakan tulangan baja dengan asumsi bahwa kedua material bekerjasama dalam menahan gaya yang bekerja dimana tulangan baja menahan gaya tarik dan beton hanya menahan gaya tekan.

Beton bertulang adalah kombinasi antara beton dan baja dimana tulangan yang merupakan baja yang berfungsi menyediakan kuat tarik tidak dimiliki pada beton umumnya. Tulangan baja juga dapat menahan gaya tekan sehingga digunakan pada kolom dan pada berbagai kondisi lainnya. Kelebihan beton bertulang itu sendiri dapat dikatakan sebagai bahan kontruksi yang penting, seperti bangunan jembatan,

pengerasan jalan, bendungan, terowongan dan sebagainya. Beton bertulang sebagai bahan konstruksi yang universal dapat dipahami jika dilihat dari segala kelebihan yang dimiliki oleh beton itu sendiri. Adapun kelebihan dari beton itu sendiri yaitu:

1. Beton memiliki kuat tekan yang relative tinggi dibandingkan dengan kebanyakan bahan lain.
2. Beton memiliki ketahanan yang tinggi terhadap api dan air.
3. Struktur beton bertulang sangat kokoh.
4. Beton tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang relative tinggi.
5. Beton merupakan suatu bahan yang ekonomis.
6. Beton dapat dicetak dengan bentuk yang beragam.
7. Beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang murah.

Beton juga memiliki kelebihan terhadap kondisi khusus yaitu:

2.2.3 Sifat Tahan Lama

Sifat tahan lama pada beton, merupakan sifat dimana beton tahan terhadap pengaruh luar selama dalam pemakaian. Sifat tahan lama pada beton dapat dibedakan dalam beberapa hal, antara lain sebagai berikut:

a. Tahan terhadap pengaruh cuaca

Pengaruh terhadap cuaca yang dimaksud adalah pengaruh terhadap hujan dan pembekuan pada saat musim dingin, serta pengembangan dan penyusutan yang diakibatkan oleh basah dan kering yang bergantian.

b. Tahan terhadap zat kimia

Yang dimaksud dengan tahan terhadap zat kimia adalah tahan terhadap daya perusak kimiawi oleh bahan-bahan seperti air laut, air limbah yang diakibatkan oleh pembangunan pabrik, air kotor yang diakibatkan oleh pembuangan air rumah tangga, gula dan sebagainya yang mempengaruhi kekuatan beton.

c. Tahan terhadap erosi

Yang dimaksudkan disini adalah tahan terhadap erosi akibat udara, dan beton dapat mengalami keikisan yang diakibatkan oleh adanya para pejalan kaki dan

lalu lintas yang lewat melewati tempat di atasnya, gerakan ombak laut, atau partikel-partikel yang terbawa oleh angin dan air.

2.2.4 Sifat Kedap Air

Beton mempunyai kecenderungan mengandung rongga-rongga yang diakibatkan oleh adanya gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pencetakan selesai, atau ruangan yang padat saat selesai dikerjakan mengandung air. Dan jika air menguap maka akan meninggalkan rongga-rongga udara. Rongga udara ini merupakan peluang untuk masuknya air dari luar ke dalam beton. Semakin banyak rongga ini, maka kemungkinan masuknya air semakin besar. Sifat kedap air pada beton terutama didapat jika didalam beton itu tidak terdapat rongga udara yang akan menembus beton. Jika rongga-rongga udara tersebut tidak ditutup kembali, sifat beton tersebut akan menurun dengan sendirinya. Rongga ini dapat menyempit jika hidrasi semen sempurna, karena volume yang terjadi $\pm 2,1$ kali lebih besar volume semen kering.

2.2.5 Memenuhi Kekuatan Yang Hendak Dicapai

Ada dua faktor yang membuat beton memenuhi kekuatan yang hendak dicapai yakni faktor air semen (Fas) dan kepadatan. Beton dengan fase semen kecil sampai dengan jumlah air yang cukup untuk hidrasi semen secara sempurna, maka dapat dipadatkan secara sempurna, akan memiliki kekuatan yang optimal. Untuk mencapai kepadatan dan hidrasi sempurna, ada beberapa hal yang mempengaruhi antara lain sebagai berikut:

- a. Keadaan selama terjadinya pengerasan. Selama semen mengeras, selalu cukup air supaya campuran beton tidak mengering sebelum proses pengerasan selesai.
- b. Karena pengerasan semen memakan waktu, maka perlu waktu yang cukup, biasanya waktu 4 minggu yang dipakai sebagai pedoman umum untuk waktu pengerasan semen atau beton.

2.3 Material Penyusun Beton

Secara umum beton mengandung rongga udara sekitar 1-4%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25%-40%, dan agregat (agregat halus dan kasar) sekitar 60%-75%. Pencampuran bahan –bahan tersebut menghasilkan suatu adukan yang mudah dicetak sesuai dengan bentuk yang diinginkan, karena adanya hidrasi semen oleh air maka adukan tersebut akan mengeras dan mempunyai kekuatan memikul beban.

Adapun material penyusun beton yang digunakan pada penelitian ini yakni semen Portland, serbuk kaca, air, dengan perbandingan variasi yang berbeda-beda yakni 0% ; 2,5% ; 5% ; 7,5% ; 10 %.

2.3.1 Semen Portland (PC)

Semen Portland (Portland Cement) merupakan komponen beton yang berfungsi sebagai bahan pengikat anorganik. Secara umum, sifat utamanya adalah mengikat yang di bantu dengan adanya air dan akan mengeras secara hidrolis. Semen merupakan material halus, ukuran butiranya sekitar 0,05mm, yang terdiri atas hablur-hablur senyawa kompleks. (maria dwi ferdiana, 2018).

Semen Portland berfungsi sebagai pengikat bahan-bahan bangunan yang lain (batu bata, batu kali, pasir). Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat. Semen Portland komposit merupakan bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen Portland dan gypsum dengan satu atau lebih bahan anorganik. Bahan anorganik tersebut antara lain pozzolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6-35% dari masa semen Portland komposit. Bahan utama pembentuk semen Portland adalah kapur (CaO), Silikat (SiO_3), Alumina (Al_2O_3), sedikit Magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisinya, terkadang ditambahkan oksida besi, sedangkan gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen. Perbandingan bahan-bahan utama penyusun semen Portland adalah kapur CaO) sekitar 60-65%, silika (SiO_3) sekitar (20-25%), dan oksida besi serta Alumina (Fe_2O_3 dan Al_2O_3) sekitar 7-12%

Tabel 2 . 1 Kandungan Bahan Kimia Dalam Semen

Nama Oksida Utama	Kadar rata-rata %
Kapur, CaO	60 - 65
Silika, SiO ₂	7 - 25
Alumina, Al ₂ O ₃	3 - 8
Besi, Fe ₂ O ₃	0,5 - 6
Magnesia, MgO	0,5 - 4
Sulfur, SO ₃	1 - 2
Soda/Potash, Na ₂ O + K ₂ O	0,5 - 1

Sumber: Lilies Widodo, 2010

Semen Portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SNI 15-1049-2004 atau standar uji bahan bangunan Indonesia 1986 dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut, sehingga yang dipakai dalam penelitian ini adalah semen gresik yang sudah banyak dipakai di Indonesia. Ada beberapa jenis semen berdasarkan kegunaannya di bagi menjadi 3 bagian, yaitu :

1. OPC (*Ordinary Portland Cement*) atau semen jenis 1 ini adalah semen hidrolis yang dipergunakan secara luas untuk konstruksi umum atau bangunan yang tidak membutuhkan persyaratan khusus. Semen tipe ini memiliki kadar silika yang terbesar diantara tipe PPC dan PCC. Bisa di katakan jenis semen ini jenis paling baik di antara semen tipe PCC dan PPC.
2. PPC (*Portland Pozzoland Cement*) adalah semen hidrolis yang terbuat dari penggilingan terak (clinker) semen portland dengan gipsum dan bahan pozzolan, untuk bangunan umum dan bangunan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang seperti jembatan, jalan raya, perumahan, dermaga, beton massa, bendungan, dan bangunan irigasi
3. PCC (*Portland Composite Cement*) adalah semen dari hasil penggilingan terak semen portland, gipsum, dan satu atau lebih bahan anorganik, untuk konstruksi

beton umum, pasangan batu bata, plesteran, selokan, pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, dan paving block

2.3.1.1. Sifat – Sifat Semen Portland

1. Kehalusan butir

Kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi. Waktu pengikatan (setting time) menjadi semakin lama jika butir semen lebih kasar. Kehalusan penggilingan butir semen dinamakan penampang spesifik, yaitu luas butir permukaan semen. Jika permukaan penampang semen lebih besar, semen akan memperbesar bidang kontak dengan air. Semakin halus butiran semen, proses hidrasinya semakin cepat, sehingga kekuatan awal tinggi dan kekuatan akhir akan berkurang.

Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya bleeding atau naiknya air ke permukaan, tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut. Butir semen yang lewat ayakan No.200 harus lebih dari 78%. Untuk mengukur kehalusan butir semen digunakan "Turbidimeter" dari Wagner atau "Air Permeability" dari Blaine.

2. Waktu pengikatan (setting time)

Jangka waktu 30 menit sebagai waktu pengaturan minimum untuk pengaturan awal dan jangka waktu maksimum 600 menit karena waktu pengaturan maksimum ditentukan oleh spesifikasi teknis, dengan catatan tes dilakukan sesuai prosedur yang ditentukan oleh SNI 15 2049 2004.

3. Kekekalan bentuk

Yang dimaksud dengan kekekalan bentuk adalah sifat dari bubur semen yang telah mengeras, dimana bila adukan semen dibuat suatu bentuk tertentu bentuk itu tidak berubah. Apabila benda menunjukkan cacat (retak, melengkung, membesar atau menyusut), berarti semen itu tidak baik atau tidak memiliki sifat yang tetap.

4. Kekuatan semen

Kekuatan mekanis dari semen yang mengeras merupakan sifat yang perlu diketahui di dalam pemakaian. Kekuatan semen ini merupakan gambaran mengenai daya rekatnya sebagai bahan perekat/pengikat. Pada umumnya, pengukuran kekuatan daya rekat ini dilakukan dengan menentukan kuat lentur, kuat tarik atau kuat tekan dari campuran semen dengan pasir.

2.3.1.2. Klasifikasi semen Portland

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen Portland dibagi lagi menjadi 5 tipe:

Tipe I :Yaitu semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

Tipe II :Yaitu Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.

Tipe III :Yaitu semen poortland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah peningkatan terjadi.

Tipe IV :Yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya membutuhkan hidrasi rendah.

Tipe V :Yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.3.2 Agregat Penyusun Beton

Agregat adalah butiran-butiran mineral yang memiliki dimensi bervariasi. Agregat merupakan salah satu bahan penyusun beton. Berdasarkan cara pengolahan dan mendapatkannya, agregat di bedakan menjadi 2 macam, yaitu agregat batuan alam dan agregat buatan. Berdasarkan ukurannya agregat terbagi menjadi 2 macam, yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil / kricak / batu pecah). Adukan campuran beton agregat merupakan bahan pengisi yang memiliki komposisi 70-75% dari massa beton. (maria dwi ferdiana, 2018).

Secara umum agregat dapat diperoleh langsung dari alam atau diolah. Sifat yang paling penting dari suatu agregat ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.

Agregat penyusun beton adalah sebagai berikut :

2.3.2.1 Agregat Halus

Dalam penelitian ini digunakan agregat halus yang berasal dari Lumajang yang terkenal dengan kadar lumpurnya hamper tidak ada. Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan pasir alam dan olahan. Agregat halus mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03-2834-2000).

Agregat halus sendiri digolongkan menjadi 3 jenis yakni pasir galian, pasir sungai, dan pasir laut.

1) Pasir galian

Pasir galian dapat diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan menggali dari dalam tanah. Pada umumnya pasir jenis ini tajam, bersudut, berpori, dan bebas dari kandungan garam yang membahayakan.

2) Pasir sungai

Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai. Pasir sungai pada umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat, akibat proses gesekan yang terjadi sehingga daya lekat antar butir menjadi agak kurang baik.

3) Pasir laut

Pasir laut adalah pasir yang diperoleh dari pantai. Bentuk butiran halus dan bulat, karena proses gesekan. Pasir jenis ini banyak mengandung garam, oleh karena itu kurang baik untuk bahan bangunan. Garam yang ada pada pasir ini menyerap kandungan air dalam udara, sehingga mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan setelah bangunan selesai dibangun.

Berdasarkan SNI 03 – 2834 – 2000 agregat halus untuk bahan bangunan (kecuali agregat khusus, misalnya: agregat ringan dan sebagainya) sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Butir-butirnya tajam dan keras dengan indeks kekerasan $\leq 2,2$
- b. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika diuji dengan larutan garam natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 12% dan jika diuji dengan garam magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 10%.
- c. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%
- d. Tidak mengandung zat organik yang terlalu banyak, yang dibuktikan dengan menggunakan NaOH 3%. Warna cairan di atas endapan pasir tidak boleh lebih gelap dari warna standar/pembanding.
- e. Modulus halus butir (MHB) diantara 1,50-3,80 dengan variasi butir sesuai dengan standar gradasi
- f. Untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat halus tidak boleh reaktif terhadap alkali
- g. Agregat halus yang diambil dari laut/pantai diperbolehkan untuk digunakan dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

Adapun syarat batas gradasi agregat halus dapat dilihat tabel 2.2 syarat batas gradasi halus (Pasir).

Tabel 2 . 2 Syarat Batas Gradasi Agregat Halus (Pasir)

Ayakan (mm)	Prosentase Lolos Ayakan							
	Zona I Pasir Ayakan		Zona II Pasir Agak Kasar		Zona II Pasir Agak Halus		Zona IV Pasir Halus	
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas
10	100	100	100	100	100	100	100	100
4,5	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	90	12	40	15	50
0,15	0	10	0	10	0	10	0	15

Sumber:(SNI 03-2834-2000).

2.3.2.2 Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau beton semen hidrolis yang dipecah. Sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2002, bahwa agregat kasar merupakan agregat yang mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang akan dipakai untuk membuat campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

- a) Kerikil atau batu pecah harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori serta mempunyai sifat kekal (tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan). Agregat yang mengandung butir-butir pipih hanya

dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya.

- b) Tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali jika agregat kasar digunakan untuk membuat beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah. Agregat yang reaktif terhadap alkali boleh untuk membuat beton dengan semen yang kadar alkalinya dihitung setara Natrium Oksida tidak lebih dari 0,6 %, atau dengan menambahkan bahan yang dapat mencegah terjadinya pemuaian yang dapat membahayakan oleh karena reaksi alkali-agregat tersebut.
- c) Sifat kekal dari agregat kasar dapat diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
 - Jika dipakai natrium sulfat (Na_2SO_4), bagian yang hancur maksimum 12% berat agregat.
 - Jika dipakai magnesium sulfat (MgSO_4), bagian yang hancur maksimum 12% berat agregat.
- d) Agregat kasar tidak boleh mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton seperti bahan-bahan yang reaktif sekali dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan NaOH.
- e) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (terhadap berat kering) dan apabila mengandung lebih dari 1%, agregat kasar tersebut harus dicuci.
- f) Kekerasan dari agregat kasar diperiksa dengan bejana pengujian dari Rudeloff dengan beban pengujian 20 ton dan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5-19 mm lebih dari 24% berat.
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19-30 mm lebih dari 22% berat.

Jenis agregat kasar yang umum digunakan dalam pembuatan beton adalah sebagai berikut:

- a. Batu pecah alami: Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung api, jenis sedimen, atau jenis

metamorf. Meskipun dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap beton, batu pecah kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya.

- b. Kerikil alami: Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil memberikan kekuatan yang lebih rendah dibandingkan batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi.
- c. Agregat kasar buatan: Terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya merupakan hasil dari proses lain seperti blast-furnace dan lain-lain.

2.3.2.3 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Air diperlukan agar bereaksi dengan semen (proses pengikatan) serta sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan kurang lebih 25% dari berat semen. Namun, dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang kurang dari 0,35 sulit dilaksanakan. Kelebihan air yang ada digunakan sebagai pelumas. Penambahan air untuk pelumas tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan berkurang. Selain itu, akan menimbulkan bleeding. Hasil bleeding ini berupa lapisan tipis yang mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton.

Fungsi air dalam campuran beton adalah sebagai berikut:

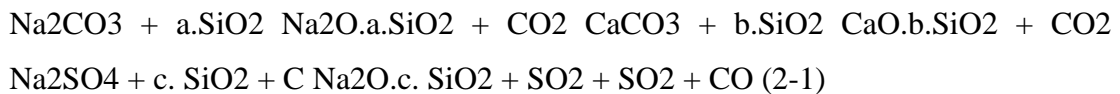
- b. Sebagai pelicin bagi agregat halus dan agregat kasar.
- c. Bereaksi dengan semen untuk membentuk pasta semen.
- d. Penting untuk mencairkan bahan/material semen ke seluruh permukaan agregat.
- e. Membasahi agregat untuk melindungi agregat dari penyerapan air vital yang diperlukan pada reaksi kimia.
- f. Memungkinkan campuran beton mengalir ke dalam cetakan.

2.4 Serbuk Kaca

Kaca adalah salah satu produk industri kimia yang paling akrab dengan kehidupan kita sehari-hari. Dipandang dari segi fisika kaca merupakan zat cair yang sangat dingin. Disebut demikian karena struktur partikel-partikel penyusunnya yang saling berjauhan seperti dalam zat cair namun dia sendiri berwujud padat. Ini terjadi akibat proses pendinginan (*cooling*) yang sangat cepat, sehingga partikel-partikel silika tidak sempat menyusun diri secara teratur. Dari segi kimia, kaca adalah gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya. Sifat-sifat kaca yang khas dipengaruhi oleh keunikan silika (SiO₂) dan proses pembentukannya.

Kaca memiliki sifat-sifat khas dibanding dengan golongan kramik lainnya. Reaksi yang terjadi dalam pembuatan kaca secara ringkas pada persamaan (2-1) (dian, 2011)

:



Tabel 2 . 3 Berat Isi Serbuk Kaca

SERBUK KACA

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7640	7680	7650
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	4090	4130	4100
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1,36	1,38	1,37
F.	Berat isi benda uji rata-ra (gr/cm ³)	1,37		

P A D A T		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	8100	8040	8010
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	4550	4490	4460
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1,52	1,50	1,49
F.	Berat isi benda uji rata-ra (gr/cm ³)	1,50		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 2 . 4 Berat Jenis Dan Serbuk Kaca

Kode				
Nomor Botol		d1	d3	
Berat picno + s.kaca (W_2)	gr	105,2	103,4	
Berat picno (W_1)	gr	40,3	39,6	
Berat s.kaca ($W_2 - W_1$)	gr	64,9	63,8	
Suhu (T)	°C	27	27	
Berat Botol + Air pada T (W_4)	gr	139,9	138,6	
$W_2 - W_1 + W_4$	gr	204,8	202,4	
Berat Botol + Air + s. kaca (W_3)	gr	177,6	176,3	
Faktor Koreksi Suhu		0,9965	0,9965	
Isi Tanah ($W_2 - W_1$) + ($W_4 - W_3$)	cm ³	27,20	26,10	
Berat Jenis s. kaca		2,378	2,436	
Rata-rata		2,407		

Sumber : Hasil Perhitungan

Karakteristik dari serbuk kaca dalam pembuatan beton adalah:

1. serbuk kaca merupakan bahan yang tidak menyerap air atau zero water absorption,
2. sifat serbuk kaca yang tidak menyerap air dapat mengisi rongga-rongga pada beton secara maksimal sehingga beton bersifat kedap air,
3. serbuk kaca dalam hal ini mempunyai sifat sebagai *pozzoland* yang dapat meningkatkan kuat tekan dari beton,
4. serbuk kaca tidak mengandung bahan yang berbahaya dan tajam, sehingga pada saat pengerjaan beton aman bagi manusia,
5. serbuk kaca juga dapat digunakan sebagai bahan pengisi pori atau filler, sehingga diharapkan akan diperoleh beton yang lebih padat dengan porositas minimum sehingga kekuatan beton dapat meningkat. Dari hasil pengujian serbuk kaca yang saya uji di Lab. Mineral & Material Maju, Universitas Malang

memiliki beberapa kandungan kimia dalam serbuk kaca yaitu seperti Si, K, Ca, Ti, Cr, Fe, dan Cu seperti tabel berikut dibawah ini.



Gambar 2 . 1 Serbuk Kaca

2.5 Kualitas Beton

2.5.1 Kuat Tekan

Kemampuan beton mampu menerima gaya tekan, mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.

Persamaan kuat tekan beton sesuai dengan SNI 1974 – 2011, dapat ditulis sebagai berikut:

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- $f'c$ = Kuat tekan Beton (N/mm^2)
- P = Beban Maksimum (N)
- A = Luas penampang yang menerima beban (mm^2)

Kuat tekan menjadi parameter untuk menentukan mutu dan kualitas beton yang ditentukan oleh agregat, perbandingan semen, dan perbandingan jumlah air.

Pembuatan beton akan berhasil jika dalam pencapaian kuat tekan beton telah sesuai dengan yang telah direncanakan dalam mix design. Hal-hal yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah:

- 1) Faktor air semen, hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton secara umum adalah bahwa semakin rendah nilai faktor air semen semakin tinggi kuat tekan betonnya, tetapi kenyataannya pada suatu nilai faktor air semen tertentu semakin rendah nilai faktor air semen kuat tekan betonnya semakin rendah. Jika faktor air semen semakin rendah maka beton semakin sulit dipadatkan, dengan demikian ada suatu nilai faktor air semen yang optimal yang menghasilkan kuat tekan yang maksimal.
- 2) Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
- 3) Jenis dan lekuk-lekuk (relief) bidang permukaan agregat. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat batu pecah akan menghasilkan beton dengan kuat desak maupun kuat tarik yang lebih besar dari pada kerikil.
- 4) Efisiensi dari perawatan (curing). Kehilangan kekuatan sampai 40 % dapat terjadi bila pengeringan terjadi sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan dilapangan dan pada pembuatan benda uji.
- 5) Suhu, pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat hancur akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
- 6) Umur pada keadaan yang normal, kekuatan beton bertambah dengan bertambahnya umur, tergantung pada jenis semen, misalnya semen dengan kadar alumina tinggi menghasilkan beton yang kuat hancurnya pada 24 jam sama dengan semen portland biasa pada 28 hari. Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai beberapa tahun.

2.5.2 Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah adalah kemampuan silinder beton yang diperoleh dari pembebanan benda uji tersebut yang diletakan mendatar sejajar pada permukaan meja

penekan mesin uji tekan sampai benda uji hancur, dinyatakan dalam satuan Mega Pascal (MPa).

Kekuatan tarik beton relatif rendah, kira-kira 10%-15% dari kekuatan tekan beton, kadang-kadang 20%. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan. Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tarik belah beton berdasarkan SNI 2491 – 2014 yaitu:

$$f'c = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots (2)$$

Ketereangan:

- f'c = kuat tarik belah beton (N/mm²)
- P = beban pada waktu belah (N)
- L = Panjang benda uji silinder (mm)
- D = Diameter benda uji silinder (mm)

Nilai pendekatan yang diperoleh dari hasil pengujian berulang kali mencapai kekuatan 0,05-0,6 kali, sehingga untuk beton normal digunakan 0,57. Alasan utama dari kuat tarik yang kecil bahwa pada kenyataannya beton dipenuhi retak-retak halus yang tidak dipengaruhi bila beton menerima beban tekan karena beban tekan menyebabkan tetak menutup sehingga memungkinkan terjadinya penyaluran tekan, berbeda jika beton menerima beban tarik.

2.5.3 Kuat Tarik Lentur

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas. Kuat lentur beton (*modulus of rupture*) dapat dihitung dengan persamaan 3 jika keruntuhan terjadi di tengah SNI 4431-2011.

$$f'c = \frac{pL}{bh^2} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- f'c = kuat tarik lentur beton (N/mm²)
- P = beban maksimum (N)
- L = Bentang benda uji balok (mm)
- b = lebar spesimen (mm)
- h = tinggi spesimen (mm)

Sedangkan persamaan 4 berikut digunakan jika keruntuha terjadi pada bagian tarik di luar tengah bentang.

$$f'c = \frac{Pa}{bh^2} \dots\dots\dots (4)$$

Ketereangan:

- f'c = kuat tarik lentur beton (N/mm²)
- P = beban maksimum (N)
- b = lebar balok (mm)
- h = tinggi balok (mm)
- a = jarak rata rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm).

2.6 Pengolahan Data

2.6.1 Pengertian Hipotesis

Hipotesis merupakan jawaban sementara terhadap pernyataan yang diajukan pada rumusan masalah penelitian. Hipotesis akan ditolak jika salah satu palsu dan akan diterima fakta-fakta membenarkan. Penolakan dan penerimaan hipotesis sangat bergantung pada hasil-hasil penyelidikan terhadap fakta-fakta empirik yang dikumpulkan.

Adapun peran hipotesis dalam penelitian ilmiah adalah :

1. Memberikan tujuan yang jelas bagi penelitian.
2. Membantu dalam penentuan arah kegiatan yang harus ditempuh, dalam pembatasan ruang lingkup, memilih fakta dan menentukan relevansi pelaksanaan kegiatan.
3. Menghindari peneliti dari suatu kegiatan pelaksanaan penelitian yang tidak terarah dan tidak bertujuan.

Hipotesis dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu :

1. Hipotesis nihil (H_0) : yaitu hipotesis yang menyatakan suatu kesamaan atau tidak adanya perbedaan antara dua kelompok atau lebih permasalahan yang dihadapi.

Secara operasional dapat ditulis : $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

2. Hipotesis alternatif (H_a) : yaitu hipotesis yang menyatakan kebalikan dari hipotesis nihil.

Secara operasional dapat ditulis : $H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$.

2.6.2 Interval Kepercayaan

Dalam menggunakan metode interval kepercayaan ini biasanya ada dua kata yaitu “*true*” dan “*false*”. Dengan kata lain, dapat diartikan bahwa kata “*true*” memiliki arti bahwa data tersebut memenuhi syarat dalam metode interval kepercayaan, sedangkan kata “*false*” dapat diartikan sebaliknya yaitu belum memenuhi syarat dalam metode interval kepercayaan. Dalam metode interval kepercayaan setidaknya dari 5 sampel benda uji yang dibuat dari masing-masing kadar haruslah

ada 3 sampel yang memenuhi standar metode interval kepercayaan. Dalam penelitian ini menggunakan Interval kepercayaan 95%, dengan toleransi kesalahan berkisar 5%.

Berikut rumus ujiInterval Kepercayaan :

$$\bar{X} - \left(t_{0.975} \times \frac{S}{\sqrt{n}} \right) \leq \mu \leq \bar{X} + \left(t_{0.975} \times \frac{S}{\sqrt{n}} \right)$$

Dimana:

X = Nilai rata-rata dari data yang diuji S =

Standar deviasi

P = Persentil = $\frac{1}{2} (1 + \text{interval konfidensi})$

tp = nilai t pada persentil P yang dipilih

n = jumlah data

2.6.3 Analisa Regresi

Analisa regresi adalah analisa dimana mempelajari hubungan data yang terdiri atas dua buah atau lebih variable. Hubungan yang didapat pada umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variable-variabel.

Analisis regresi merupakan salah satu analisis yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain. Dalam analisis regresi, variabel yang mempengaruhi disebut Independent Variable (variabel bebas) dan variabel yang dipengaruhi disebut Dependent Variable (variabel terikat). Jika dalam persamaan regresi hanya terdapat satu variabel bebas dan satu variabel terikat, maka disebut sebagai persamaan regresi sederhana, sedangkan jika variabel bebasnya lebih dari satu, maka disebut sebagai persamaan regresi berganda.

Untuk menganalisis hubungan parameter, digunakan metode fungsi kuadratik (Sudjana, 2002; 338) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan $\hat{Y} = a + bX + cX^2$.

Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

$$\Sigma Y = na + b\Sigma X + c\Sigma X^2$$

$$\Sigma XY = a\Sigma X + b\Sigma X^2 + c\Sigma X^3$$

$$\Sigma X^2Y = a\Sigma X^2 + b\Sigma X^3 + c\Sigma X^4$$

Mencari koefisien determinasi (R^2) :

$$JK(b|a) = \left(b \left\{ \Sigma XY - \frac{(\Sigma X)(\Sigma Y)}{n} \right\} \right)^2 + \left(c \left\{ \Sigma X^2Y - \frac{(\Sigma X^2)(\Sigma Y)}{n} \right\} \right)^2$$

$$JK(E) = \Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{n}$$

$$R^2 = \frac{JK(b|a)}{JK(E)}$$

Keterangan:

X = Variabel bebas.

Y = Data hasil pengujian.

n = Jumlah data

2.6.4 Uji Korelasi

Dalam analisis kolerasi yang dicari adalah koefisien kolerasi yaitu angka yang menyatakan derajat hubungan antara variabel independen (X) dengan variabel dependen (Y) atau untuk mengetahui kuat atau lemahnya hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen.

Berikut rumus uji Korelasi :

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

Dimana :

- n = Banyaknya Pasangan Data X dan Y
- $\sum x$ = Total Jumlah Dari Variabel X
- $\sum y$ = Total Jumlah Dari Variabel Y
- $\sum x^2$ = Kuadrat Dari Total Variabel X
- $\sum y^2$ = Kuadrat Dari Total Variabel Y
- $\sum xy$ = Hasil Perkalian Dari Total Jumlah Variabel X Dan Y

Tabel 2 . 5 Kriteria Korelasi

r	Kriteria Hubungan
0	Tidak Ada Korelasi
0 - 0,5	Korelasi Lemah
0,5 - 0,8	Korelasi Sedang
0,8 - 1	Korelasi Kuat/Erat
1	Korelasi Sempurna

Korelasi Positif (+)

- Perubahan salah satu nilai Variabel diikuti perubahan Nilai Variabel yang lainnya secara teratur dengan arah yang sama. Jika Nilai Variabel X mengalami kenaikan, maka variabel Y akan ikut naik. Jika Nilai Variabel X mengalami penurunan, maka Variabel Y akan ikut turun.
- Apabila Nilai Koefisien Korelasi mendekati +1 (Positif Satu) berarti pasangan data Variabel X dan Variabel Y memiliki Korelasi Positif yang kuat/erat.

Korelasi Negatif (-1)

- Perubahan salah satu Nilai Variabel diikuti perubahan Nilai Variabel yang lainnya secara teratur dengan arah yang berlawanan. Jika Nilai Variabel X mengalami kenaikan, maka Variabel Y akan turun. Jika

Nilai Variabel X mengalami penurunan, maka Nilai Variabel Y akan naik.

- Apabila Nilai Koefisien Korelasi mendekati -1 (Negatif Satu) maka hal ini menunjukkan pasangan data Variabel X dan Variabel Y memiliki Korelasi Negatif yang kuat/erat.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Rancangan Penelitian

3.1.1 Tempat

Dalam melakukan penelitian diperlukan tempat penelitian untuk memperoleh data-data yang mendukung tercapainya tujuan penelitian. Adapun yang menjadi tempat penelitian ini, peneliti mengambil tempat penelitian yang berhubungan dengan permasalahan yang di bahas, yaitu :

1. Pengujian bahan dilaksanakan di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Pembuatan benda uji beton dilaksanakan di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Pengujian kuat tarik belah beton dilaksanakan di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Pengujian lentur beton dilaksanakan di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang.

3.1.2 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dibuat untuk menyusun penelitian yang akan dilakukan sehingga dalam pelaksanaan penelitian nantinya dapat terarah sesuai dengan apa yang telah direncanakan. Rancangan penelitian dibagi menjadi dua yakni:

1) Studi Pustaka

Studi pustaka bertujuan untuk mengkaji hubungan antara variabel-variabel yang akan diteliti dengan mempelajari teori-teori yang ada untuk di rumuskan menjadi hipotesis penelitian yang merupakan kesimpulan sementara.

2) Studi Eksperimen

Studi eksperimen dilakukan di laboratorium bertujuan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan. Setelah data tersebut di analisa secara statistik, kemudian dipergunakan untuk menguji hipotesis sehingga didapat kesimpulan akhir.

3.2 Metode Penelitian

Studi penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

1. Studi pustaka, bertujuan untuk mengkaji hubungan variable yang akan diteliti dengan mempelajari teori-teori yang ada untuk merumuskan hipotesis penelitian.
2. Studi eksperimen, dilakukan di laboratorium untuk mendapat data-data yang diperlukan. Data – data tersebut dianalisa secara statistic untuk menguji hipotesis sehingga didapat kesimpulan akhir.

Adapun langkah – langkah penelitian sebagai berikut :

- a. Pemeriksaan berat isi
- b. Analisis saringan agregat kasar dan agregat halus
- c. Pemeriksaan agregat kasar lewat saringan No. 10
- d. Pemeriksaan kotoran organik
- e. Pemeriksaan kadar lumpur dalam agregat halus
- f. Pemeriksaan kadar air agregat
- g. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar
- h. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus
- i. Pengujian keausan agregat (abrasi test) dengan menggunakan alat Los Angeles
- j. Pemeriksaan berat jenis semen
- k. Pemeriksaan konsistensi normal semen hidrolis
- l. Penentuan waktu pengikatan semen hidrolis
- m. Perencanaan campuran benda uji

- n. Pembuatan benda uji
- o. Pengujian benda uji

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Suatu penelitian yang dilakukan baik didalam maupun di luar ruangan haruslah didukung oleh peralatan pengujian yang memadai. Hal ini dilakukan supaya hasil dari penelitian dapat dipertanggungjawabkan baik secara teori maupun hasil uji coba dari penelitian. Strudi penelitian ini memerlukan peralatan dan bahan, baik untuk analisa pendahuluan maupun percobaan secara keseluruhan

3.3.1 Alat Penelitian

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

1. Universasl Testing Machineataualat uji kuat lentur kapasitas 1000 KN.
2. Timbangan dengan keteleitian 0,01 gram
3. Saringan dengan ukuran 19 mm (3/4”); 9,6 mm (3/8”); 4,75 mm (No. 4); 2,36 mm (No. 8); 1,18 mm (No. 16); 0,6 mm (No. 30); 0,3 mm (No. 50); 0,15 mm (No. 100); 0,075 mm (No. 200).
4. Mesin Los Angeles.
5. Piknometer dan gelas ukur.
6. Oven.
7. Pemeriksaan semen dan serbuk kaca menggunakan alat uji penetrasi
8. Slump test
9. Alat uji sand cone
10. Silinder dengan volume 15cm (diameter) x 30cm dan balok 15cm x 15cm x 40cm
11. Kerucut Abrams dengan diameter bagian bawah 20 cm, bagian atas 10 cm dan tinggi 30 cm beserta talam dan tongkat besi, untuk pengujian kelecakan adukan beton (nilai slump)
12. Mesin mix design (molen)
13. Bak tempat perendaman beton

14. Tongkat penumbuk
15. Comperressive test atau alat uji kuat tekan beton dan Hydraulic Concrete test atau alat uji kuat lentur beton
16. Peralatan-peralatan tambahan seperti loyang, ember, kuas, sendok perata, dan alat-alat penunjang lainnya.

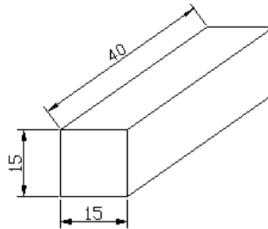
3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah:

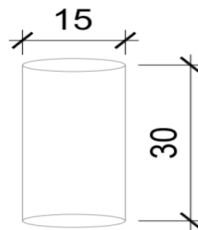
- a. Semen : Semen Gresik dengan serbuk kaca.
- b. Agregat Halus (pasir) : Pasir Lumajang.
- c. Agragat Kasar (kerikil) : Batu pecah lolos saringan $\geq 10 \text{ mm} \leq 20 \text{ mm}$
- d. Air : Air PDAM

3.4 Benda Uji

Dalam penelitian ini cetakan benda uji yang digunakan adalah cetakan silinder dan balok.. Benda uji dibuat dengan 5 variasi komposisi serbuk kaca sebagai bahan penguji beton yaitu 0% ; 2,5% ; 5% ; 7,5% ; 10% terhadap berat semen. Pengujian benda uji dilakukan pada umur 28 hari, Jumlah benda uji sebanyak 70 buah. Perincian benda uji ditunjukkan pada tabel 3.1. berikut



Gambar 3 . 1 Benda Uji Balok 15 cm x 15 cm x 40 cm.



Gambar 3 . 2 Benda Uji Silinder 15 cm x 30 cm.

Tabel 3 . 1 Perincian Benda Uji

Kadar Serbuk Kaca (%) Terhadap Kaca	Pengujian Pada Umur 28 Hari		
	Kuat Tekan (Silinder)	Kuat Tarik Belah (Silinder)	Kuat Lentur (Balok)
0%	9	3	2
2,5%	9	3	2
5%	9	3	2
7,5%	9	3	2
10%	9	3	2
Jumlah	45	15	10
Total Keseluruhan	70		

Sumber : Hasil Perhitungan

3.5 Tahapan Perancangan Benda Uji

3.5.1 Perancangan Beton

Dalam merencanakan campuran beton segar diperlukannya suatu perancangan adukan beton (mix design) yang disesuaikan dengan data hasil pengujian bahan/material. Metode yang digunakan untuk perancangan adukan beton (mix design) dalam penelitian ini adalah metode SNI 4431-2011 dengan kekuatan tekan beton sebesar 20 MPa.

3.5.2 Tahap Pengadukan Campuran Beton

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengadukan campuran beton (mixing) adalah rasio air terhadap semen dan juga homogenitas dari beton. Hal ini menjadi penting untuk diperhatikan dalam teknis pelaksanaan pekerjaan karena dapat mempengaruhi penyebaran Batu tabas dalam komponen beton supaya tidak terjadi penggumpalan. Untuk pengukuran kelecakan pada beton segar diperlukannya pemeriksaan nilai slump dari tiap kegiatan pengadukan campuran beton. Nilai slump didapat dari selisih tinggi antara kerucut Abrams dengan permukaan atas dari adukan beton setelah dilepas dari kerucut Abrams.

3.6 Metode Pengujian

Metode yang digunakan untuk pengujian pada penelitian ini adalah pengujian kuat tekan, kuat belah, dan kuat lentur dari setiap benda uji.

3.7 Prosedur Pengujian

3.7.1 Pengujian kuat lentur



Gambar 3 . 3 Pengujian Kuat lentur.

Sumber : Hasil foto di labolatorium beton kampus ITN 1

3.7.1.1 Persiapan Pengujian kuat lentur

- Persiapan pengujian dilakukan dengan beberapa tahapan menurut SNI 4431-2011 sebagai berikut:

- a. Siapkan benda uji dan lakukan beberapa hal sebagai berikut:
 1. Ukur dan catat dimensi penampang benda uji dengan jangka sorong minimum di 3 (tiga) tempat.
 2. Ukur dan catat panjang benda uji pada keempat rusuknya.
 3. Timbang dan catat berat masing-masing benda uji.
 4. Buat garis-garis melintang sebagai tanda dan petunjuk titik-titik perletakan, titik-titik pembebanan dan titik-titik sejauh 5% dari jarak bentang di luar titik perletakan.
 5. Tempatkan benda uji yang telah selesai diukur, timbang dan beri tanda pada tumpuan pada tempat yang tepat dengan sisi atas benda uji pada waktu pengecoran berada di bagian samping alat penekan.
- b. Siapkan mesin tekan beton dan lakukan tahapan sebagai berikut.
 1. Pasang 2 (dua) buah perletakan dengan lebar bentang 3 kali jarak titik-titik pembebanan dan pasang alat pembebanan sehingga mesin tekan beton berfungsi sebagai alat uji lentur.
 2. Atur pembebanan dan skala pembacaannya.
 3. Tempatkan benda uji yang sudah diberi tanda di atas perletakan sedemikian sehingga tanda tumpuan yang dibuat pada benda uji, tepat pada pusat tumpuan dari alat uji, dengan kedudukan sisi atas benda uji pada waktu pengecoran berada pada bagian samping alat penekan dan menyentuh benda uji pada sepertiga bentang titik tumpuan.
- c. Siapkan formulir pengujian

3.7.1.2 Prosedur Pengujian Kuat Lentur

- Perosedur dilakukan dengan beberapa tahapan menurut SNI 4431-2011 sebagai berikut:
- a. Hidupkan mesin uji tekan beton yang telah dipersiapkan, tunggu kira-kira 30 detik.
 - b. Letakkan benda uji pada tumpuan dan atur benda uji sehingga siap untuk pengujian.

- c. Atur pembebanannya untuk menghindari terjadi benturan.
- d. Atur katup-katup pada kedudukan pembebanan dan kecepatan pembebanan pada kedudukan yang tepat sehingga jarum skala bergerak secara perlahan-lahan dan kecepataannya 8 kg/cm² -10 kg/cm² tiap menit.
- e. Kurangi kecepatan pembebanan pada saat-saat menjelang patah yang ditandai dengan kecepatan gerak jarum pada skala beban agak lambat, sehingga tidak terjadi kejut.
- f. Hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang menyebabkan patahnya benda uji, pada formulir uji seperti contoh pada lampiran.
- g. Ambil benda uji yang telah selesai diuji, yang dapat dilakukan dengan menurunkan plat perletakan benda uji atau menaikkan alat pembebanannya.
- h. Ukur dan catat lebar dan tinggi tampang lintang patah dengan ketelitian 0,25 mm sedikitnya pada 3 tempat dan ambil harga rata-ratanya.
- i. Ukur dan catat jarak antara tampang lintang patah dari tumpuan luar terdekat pada 4 tempat di bagian tarik pada arah bentang dan ambil harga rata-ratanya

3.7.2 Pengujian Kuat Tarik belah



Gambar 3 . 4 Pengujian Kuat Tarik Belah.

3.7.2.1 Persiapan Pengujian Kuat Tarik Belah

- Persiapan pengujian dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:
 1. Mengambil benda uji dari bak perendam.
 2. Membersihkan kotoran yang tertempel pada benda uji dengan kain basah.
 3. Ukur dan catat panjang benda uji.
 4. Tempatkan benda uji yang telah selesai di beri tanda, diukur, dan di timbang untuk di uji pada mesin tekan.

3.7.2.2 Prosedur Pengujian Kuat Tarik Belah

- a. Taruh benda uji di atas alat pemegang (bantalan) benda uji supaya tidak menggelinding

- b. Pasang pemegang (bantalan) dan benda uji belah secara secara sentris, kemudian letakkan benda uji beserta pemegangnya pada mesin tekan secara sentris.
- c. Setelah posisi benda uji diatur, kemudian mesin dijalankan
- d. Lakukan pembebanan sampai benda uji terbelah dan catatlah beban maksimum yang terjadi pada saat benda uji terbelah
- e. Catat nilai max. dan tampak penampang beton

3.7.3 Kuat tekan



Gambar 3 . 5 Pengujian Kuat Tekan.

Sumber : Hasil foto di labolatorium beton kampus ITN 1

3.7.3.1 Persiapan Pengujian Kuat Tekan

- Persiapan pengujian dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:
 1. Mengambil benda uji dari bak perendam
 2. Membersihkan kotoran yang tertempel pada benda uji dengan kain basah.

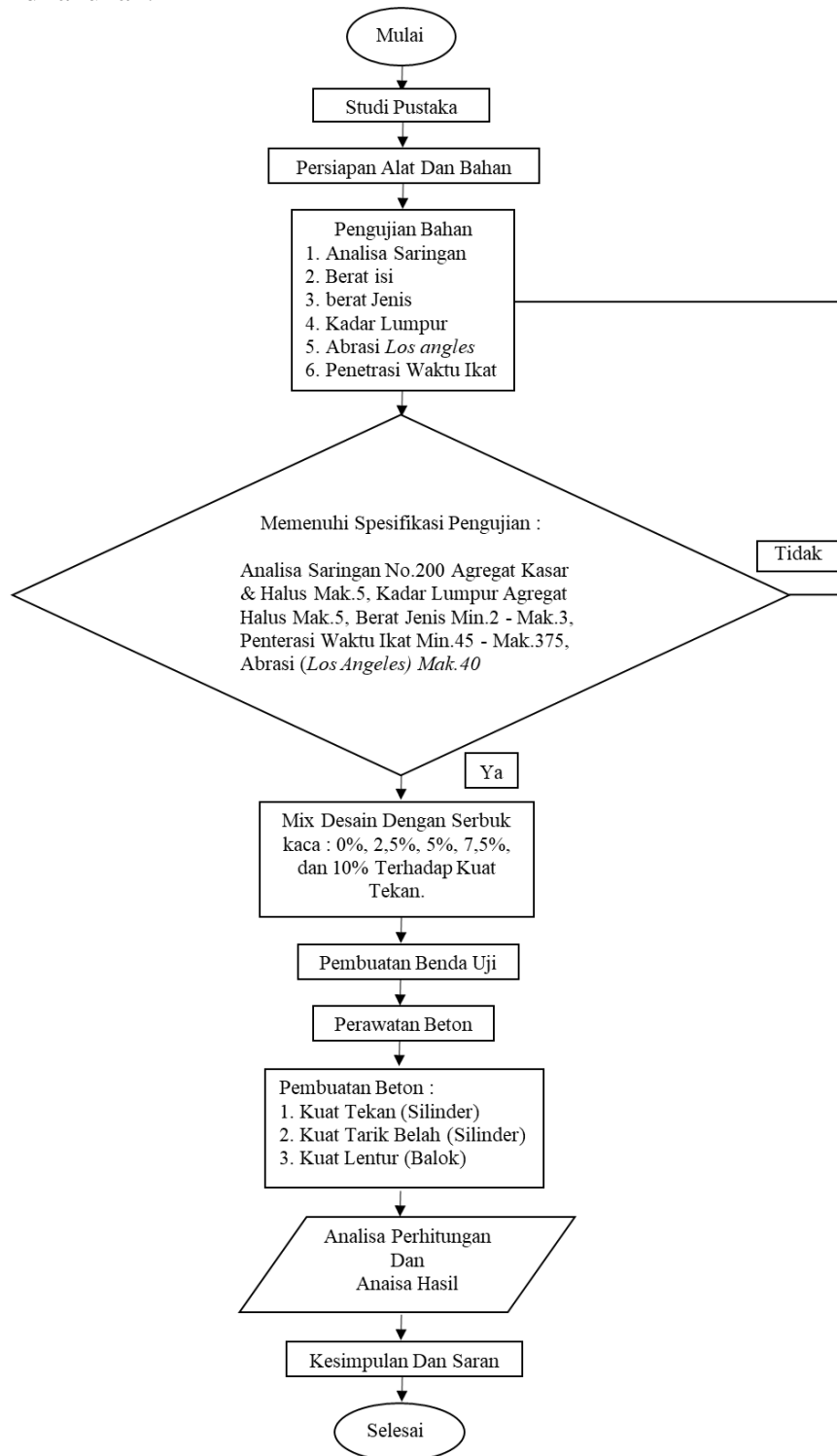
3. Menentukan berat dan ukuran benda uji.
4. Melapisi permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang (capping) dengan cara sebagai berikut :
 - Melelehkan mortar belerang didalam pot peleleh yang didalamnya telah telah dilapisi tipis dengan lemak.
 - Meletakkan benda uji tegak lurus pada cetakan.
 - Angkat benda uji dari cetakan lalu angin-anginkan.
 - Benda uji siap di test atau dilakukan pengujian kuat tekan belah.

3.7.3.2 Perosedur Pengujian Kuat Tekan

- a. Meletakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris
- b. Pasang benda uji pada pemegang benda uji belah secara secara sentris, kemudian letakkan benda uji beserta pemegangnya pada mesin tekan secara sentris.
- c. Setelah benda uji tertata jalankan mesin uji tekan
- d. Lakukan pembebanan sampai benda uji terbelah dan catatlah beban maksimum yang terjadi pada saat benda uji terbelah.
- e. Catat nilai max. dan tampak penampang beton

3.8 Bagan Alir Penelitian

Berikut ini adalah bagan alir atau tahapan – tahapan dari penelitian yang akan dilakukan.



BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemeriksaan Mutu Bahan

Pada penelitian ini, bahan – bahan yang digunakan berupa agregat dari AMP PT.Piranti Utama, kec. Tajinan kab. Malang yaitu Agregat Kasar (*Course Aggregate*) ukuran 10/20 mm, Agregat Halus (*Fine Aggregate*). Untuk bahan serbuk kaca memesan dari via online shoop.

4.2 Pemeriksaan Mutu Bahan

Dari hasil pengujian bahan di Laboratorium mineral, dan material maju (UNIVERSITAS MALANG) dinyatakan memiliki kadar silika sebesar 57,5% dan memiliki sifat pozzolan sebagaimana yang di butuhkan dalam perencanaan beton. Untuk data di lampirkan di lampiran.

Tabel 4 . 1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Material

REKAPITULASI HASIL PENGUJIAN MATERIAL

No.	Pengujian	Standar Acuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Berat isi agregat halus (gr/cm ³) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,73 1,94	-
2	Berat isi semen (gr/cm ³) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,16 1,32	-
3	Berat isi sregat kasar 10/20 (gr/cm ³) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,44 1,52	-
4	Analisa saringan agregat halus	SNI 03-1968-1990	-	Zone 2	-
5	Analisa saringan agregat kasar 10/20mm	SNI 03-1968-1990	-	Maks. 20 mm	-
6	Bahan lolos saringan No.200 agregat halus (%)	SNI 03-4142-1996	Maks. 5	0,75	Memenuhi
7	Bahan lolos saringan No.200 agregat kasar 10/20 (%)	SNI 03-4142-1996	Maks. 5	0,20	Memenuhi
8	Kadar lumpur agregat halus (%)	SNI 03-4428-1997	Maks. 5	0,10	Memenuhi
7	Kadar zat organik agregat halus	SNI 2816:2014	-	Warna cairan bening	-
8	Kadar air asli agregat (%) • Agregat halus • Agregat kasar 10/20mm	SNI 03-1971-1990	-	7,90 2,72	-
9	Kadar air <i>ssd</i> agregat (%) • Agregat halus • Agregat kasar 10/20mm	SNI 03-1971-1990	-	0,98 1,48	-
10	Bj <i>bulk</i> agregat halus Bj <i>ssd</i> agregat halus Bj <i>apparent</i> agregat halus Penyerapan agregat halus (%) absorpsi	SNI 1970:2008	Min. 2,5 - - Maks. 3	2,69 2,70 2,72 0,44	Memenuhi - - Memenuhi
11	Bj <i>bulk</i> agregat kasar Bj <i>ssd</i> agregat kasar Bj <i>apparent</i> agregat kasar Penyerapan agregat kasar (%) absorpsi	SNI 1970:2008	Min. 2,5 - - Maks. 3	2,72 2,75 2,81 1,25	Memenuhi - - Memenuhi
12	Bj Semen Tiga Roda Tipe 1/PCC	SNI 03-2531-1991	-	3,00	-
13	Konsistensi dan Waktu ikat semen normal •Waktu ikat awal (menit) •Waktu ikat akhir (menit)	SNI 15-2049-2004	Min. 45 Maks. 375	173 285	Memenuhi Memenuhi
14	Abrasi (<i>los angeles</i>) %	SNI 2417:2008	Maks. 40	23,43	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3 Pemeriksaan Mutu Bahan

Pada penelitian ini digunakan perancangan campuran (*mix design*) berdasarkan metode DOE. Untuk perancangan campuran beton, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain, harus memenuhi syarat-syarat yang telah ditentukan sebelum melakukan proses perhitungan untuk menentukan komposisi campuran.

4.3.1 Perancangan Campuran Beton Mutu $f'c = 20$ MPa

4.3.1.1 Data Perencanaan

- $f'c$ Rencana = 20 MPa
- Slump Rencana = 80-120 mm
- Agregat Kasar Maksimum = 20 mm
- Agregat Halus = Zone II
- Volume Beton = $< 1000 \text{ m}^3$
- Jenis Semen = Tipe I (PC)
- Jenis Agregat Kasar = Dipecah
- Bj Agregat Halus (*SSD*) = 2,70
- Bj Agregat Kasar 10mm x 20mm (*SSD*) = 2,75

4.3.1.2 Menentukan Kuat Tekan Rencana

Tabel 4 . 2 Standar Deviasi Berdasarkan Isi Pekerjaan

Isi Pekerjaan		Deviasi Standar S (Mpa)		
Sebutan	Jumlah Beton (M3)	Baik Sekali	Baik	Dapat Diterima
Kecil	<1000	4.5<S<5.5	5.5<S<6.5	6.5<S<8.5
Sedang	1000-3000	3.5<S<4.5	4.5<S<5.5	5.5<S<7.5
Besar	>3000	2.5<S<3.5	3.5<S<4.5	4.5<S<6.5

Sumber : Buku Teknologi Beton, Tri Mulyono

Berdasarkan dari data perencanaan diketahui volume pekerjaan $< 1000 \text{ m}^3$, oleh karena itu standar deviasi yang dapat digunakan adalah baik $5,5 < S <$

6,5. Jadi standar deviasi dipakai 6 MPa.

➤ Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan

$$f'_{cr} = f'_c + 1,34 \times S$$

$$= 20 + 1,34 \times 6$$

$$= 28,04 \text{ MPa}$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2,33 \times S - 3,5$$

$$= 20 + 2,33 \times 6 - 3,5$$

$$= 30,48 \text{ MPa}$$

Keterangan :

f'_c : Kuat tekan rencana

S : Nilai deviasi

Jadi kuat tekan rata-rata yang ditargetkan f'_{cr} di pilih yang terbesar, yaitu 30,48 MPa.

4.3.1.3 Menentukan Faktor Air Semen

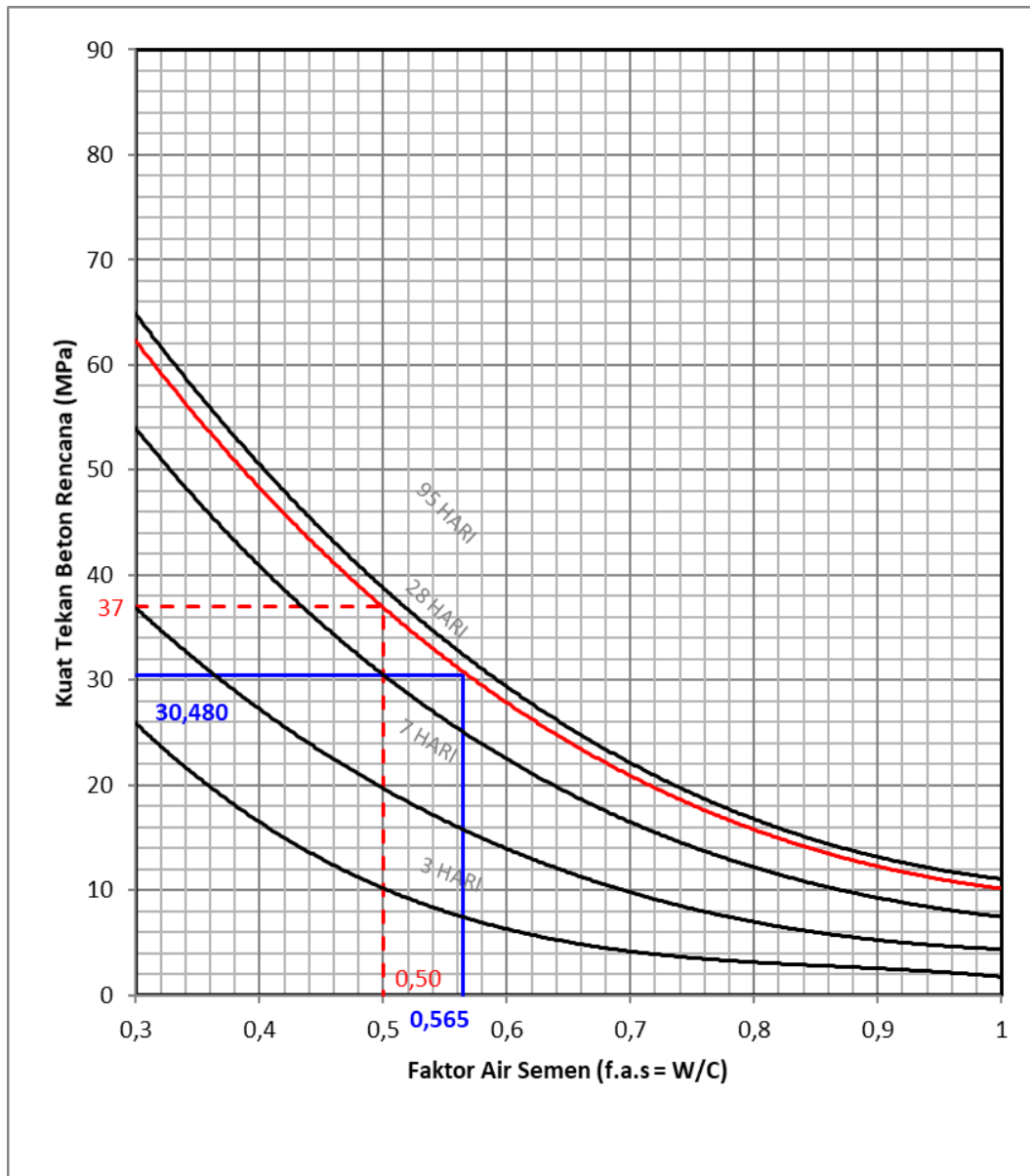
Tabel 4 . 3 Perkiraan Kekuatan Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen (W/C) = 0,5

Jenis semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				Bentuk benda
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Selinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Tahan Sulfat Tipe II,V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Selinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber : SNI 03-2834-2000

Dari tabel diatas dapat ditentukan kuat tekan beton dengan faktor air semen (W/C) = 0,5 dengan tipe semen tipe I dengan jenis agregat kasar dipecah dan umur rencana 28 hari = 37 MPa.

Grafik 4 . 1 Kurva hubungan kekuatan tekan beton dengan W/C



Sumber : Teknologi Beton (Tri Mulyono, 2003)

dari pembacaan grafik diatas didapat $W/C = 0,565$

4.3.1.4 Menentukan Kadar Air Bebas Dan Jumlah Semen

- Ukuran maks = 20 mm
- Slump = 80 -120 mm

Tabel 4 . 4 Kadar Air Bebas

ukuran max. agregat (mm)	jenis aregat	jumlah air (kg/m3) utnuk			
		slump mm			
		0-10	10--30	30-60	60-180
10	tidak di pecah	150	180	205	225
	di pecah	180	205	230	250
20	tidak di pecah	135	160	180	195
	di pecah	170	190	210	225
40	tidak di pecah	115	140	160	175
	di pecah	155	175	190	205

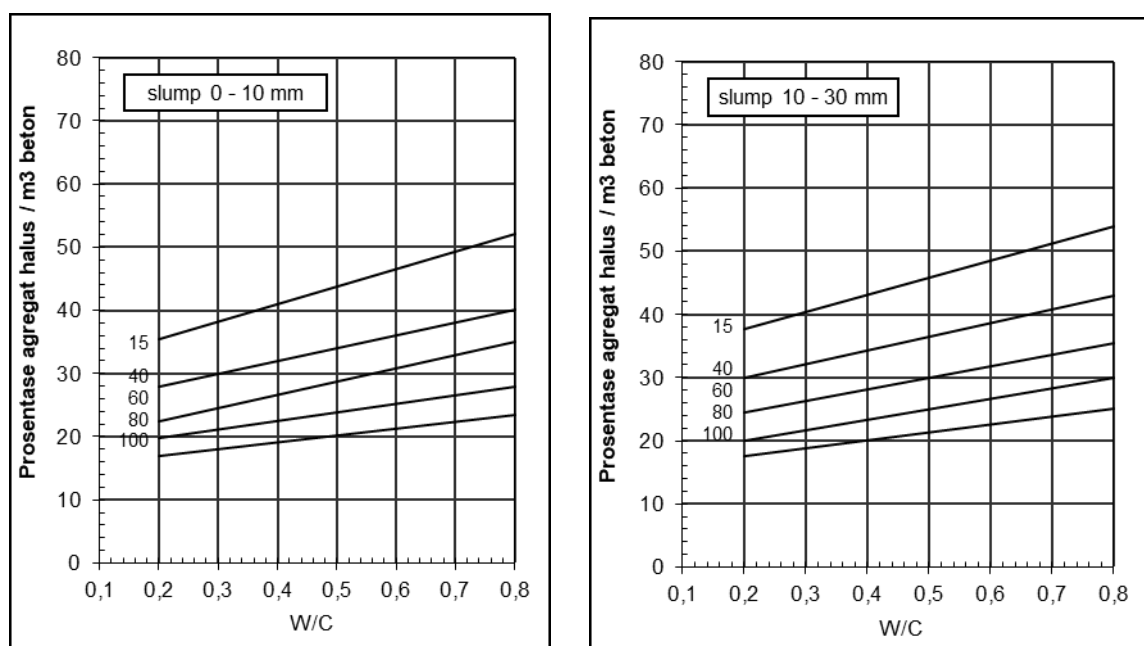
Sumber : Hasil Perhitungan

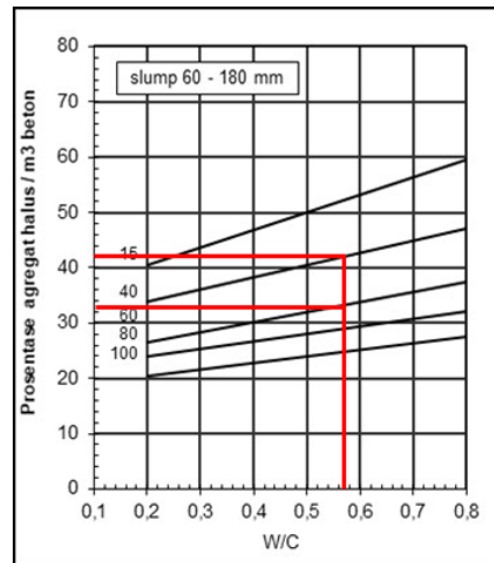
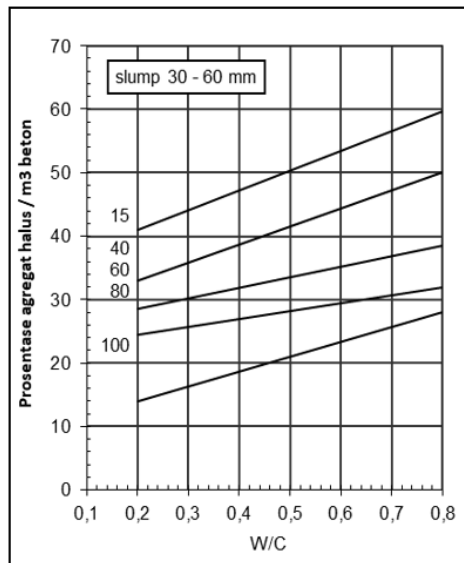
$$W = \frac{2}{3}w_f + \frac{1}{3}w_c = \frac{2}{3} \times 195 + \frac{1}{3} \times 225 = 205 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah Semen pc} = \frac{w}{\text{fas}} = \frac{205}{0,565} = 362,83 \text{ kg/m}^3$$

1 Menentukan Presentase Agregat Halus

Grafik 4 . 2 Penentuan Prosentase agregat halus untuk diameter maksimum 20 mm





Persyaratan memenuhi prosentase agregat halus meliputi :

- Zona agregat halus = 2
- Faktor air semen (W/C) = 0,565
- Nilai slump = 80-120 mm

Perhitungan yang didapat dari hasil pembacaan grafik 4.2 sebagai berikut :

- Batas atas = 42
- Batas bawah = 33

Perhitungan prosentase agregat halus didapat :

$$\frac{42 + 33}{2} = 37,5\%$$

2

Kesimpulan :

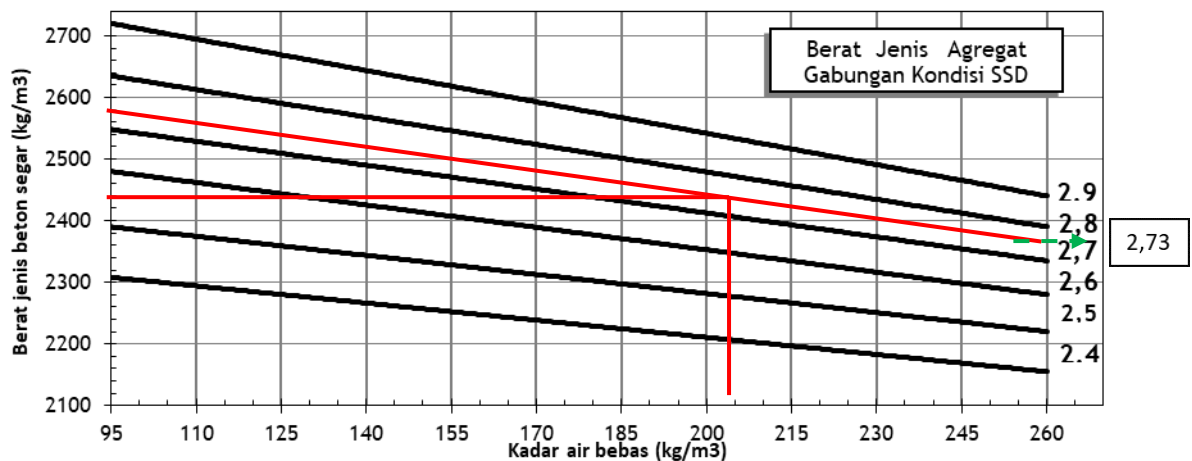
Sehingga dari perhitungan yang didapat memenuhi persyaratan 100% dari hasil percampuran antara agregat halus ditambah dengan agregat kasar. Didapat nilai prosentase agregat halus = 37,5%, dan prosentase agregat kasar = 62,5%.

4.3.1.5 Menentukan Berat Jenis Beton Segar

Menentukan berat jenis agregat campuran :

$$\begin{aligned} B.J &= \frac{(\text{prosentase agt.halus} \times B.J \text{ halus}) + (\text{prosentase agt.kasar} \times B.J \text{ kasar})}{100} \\ &= \frac{(37,5 \times 2,70) + (62,5 \times 2,75)}{100} \\ &= 2,73 \% \end{aligned}$$

Grafik 4 . 3 Berat Jenis Beton Segar



Sumber : Hasil Perhitungan

Kesimpulan :

Syarat lihat kadar air bebas = 205 kg/m^3

Kemudian lihat grafik berat jenis beton segar didapat = 2425 kg/m^3

2 Menentukan Jumlah Agregat Kondisi SSD

a. Total agregat = B.J Beton Segar – Jumlah Semen – W
= $1857,17 \text{ kg/m}^3$

b. Jumlah agregat halus = Presentase agregat Halus x Total Agregat

$$= 696,44 \text{ kg/m}^3$$

c. Jumlah agregat kasar = Presentase agregat Kasar x Total Agregat

$$= 1160,73 \text{ kg/m}^3$$

4.3.1.6 Menentukan Komposisi Campuran Kondisi di Lapangan

a. Semen = 512,50 kg/m³

b. Agregat Kasar Asli = $\frac{100 + \text{wc asli}}{100 + \text{wc ssd}}$ x agregat kasar ssd

$$= \frac{102,72}{101,48} \times 1160,73$$

$$= 1174,90 \text{ kg/m}^3$$

c. Agregat Halus Asli = $\frac{100 + \text{wc asli}}{100 + \text{wc ssd}}$ x agregat kasar ssd

$$= \frac{107,90}{100,98} \times 696,438$$

$$= 744,16 \text{ kg/m}^3$$

c. Agregat Halus Asli = W + 744,16 – 696,438 + 1174,90 – 1160,73

$$= 266,89 \text{ kg/m}^3$$

4.3.1.7 Menentukan Presentase Agregat Halus dan Agregat Kasar

Penentuan presentase agregat kasar dan agregat halus menggunakan perhitungan cara analitis agregat kasar gabungan berdasarkan SNI 03-2384-2000. Hasil perhitungan didapatkan seperti tabel berikut :

Tabel 4 . 5 Hasil Perhitungan Prosentase Gradasi Gabungan Agregat Kasar dan Agregat Halus

Ukuran saringan	Lewat Kumulatif Agregat		% Lolos Agregat		% Lolos Agregat Gabungan Halus & Kasar
			Halus	Kasar	
	Halus	Kasar	37,97	62,03	Hasil
76,2 mm (3")	100,00	100,00	37,97	62,03	100,00
38,1 mm (1 1/2")	100,00	100,00	37,97	62,03	100,00
19,1 mm (3/4")	100,00	97,28	37,97	60,34	98,31
9,60 mm (3/8")	100,00	52,46	37,97	32,54	70,51
4,75 mm (No. 4)	98,27	0,04	37,32	0,02	37,34
2,36 mm (No. 8)	93,10	0,00	35,35	0,00	35,35
1,18 mm (No. 16)	72,30	0,00	27,45	0,00	27,45
0,60 mm (No. 30)	40,72	0,00	15,46	0,00	15,46
0,30 mm (No. 50)	22,44	0,00	8,52	0,00	8,52
0,15 mm (No. 100)	6,13	0,00	2,33	0,00	2,33
0,075 mm (No. 200)	0,79	0,00	0,30	0,00	0,30
pan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan secara analitis agregat kasar dan agregat halus gabungan (ditinjau pada saringan 9,60 mm) dan presentase gabungan diharapkan pada saringan tersebut sebesar 71,00%.

- Perhitungan presentase

$$70,51 = \frac{y_1 X + y_2 (100-X)}{100}$$

$$70,51 = \frac{100X + 52,455 (100-X)}{100}$$

$$70,51 = 100X + 5245,5 - 52,455X$$

$$7051 - 5245,5 = 100X - 52,455X$$

$$1805,5 = 47,545 X$$

$$X = \frac{1805,5}{47,545} = 37,974 \% \text{ (agregat halus)}$$

$$= 100\% - 37,974\% = 62,025\% \text{ (agregat kasar)}$$

Dimana :

y1 = lewat kumulatif agregat halus pada saringan 9,60 mm

y2 = lewat kumulatif agregat kasar pada saringan 9,60 mm

Setelah presentase dari kedua agregat tersebut didapatkan, kemudian masing- masing presentase dari kedua agregat dikalikan dengan lewat kumulatif dari kedua agregat mulai dari saringan terbesar hingga pan. Hasil dari kedua perkalian tersebut dijumlahkan sehingga menjadi hasil dari gabungan kedua agregat.

➤ Contoh perhitungan :

- % lolos gabungan agregat halus

$$\text{Saringan 9,6 mm} = \frac{37,974\% \times 100}{100} = 37,974 \%$$

- % lolos gabungan agregat kasar

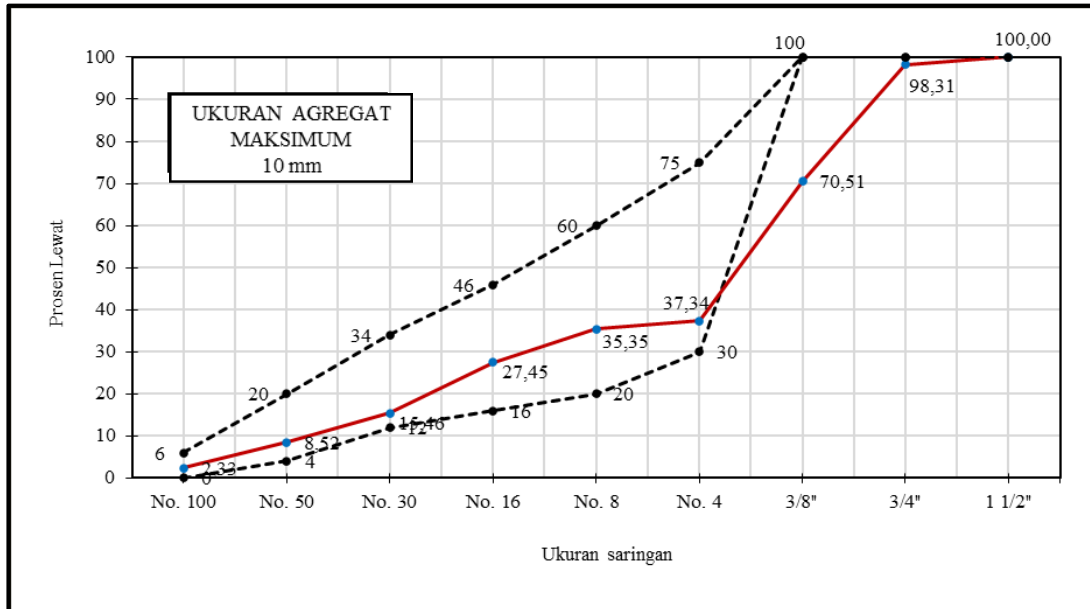
$$\text{Saringan 9,6 mm} = \frac{62,025\% \times 52,46}{100} = 32,54 \%$$

- Hasil % lolos gabungan agregat halus dan agregat kasar

$$\text{Saringan 9,6 mm} = 37,974 + 32,54 = 70,51 \%$$

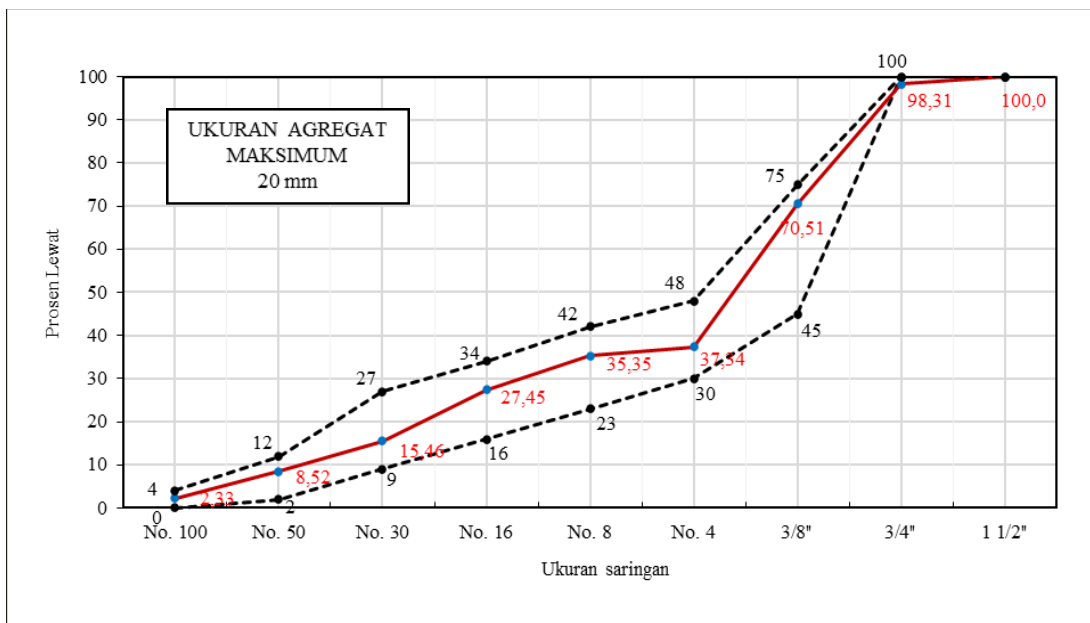
Hasil gabungan dari kedua agregat kemudian dimasukkan kedalam grafik batas gradasi agregat gabungan agregat halus dan agregat kasar untuk mengoreksi hasil hitungan, sesuai dengan batas-batas seperti pada grafik dibawah ini.

Grafik 4. 4 Batas Gradasi Gabungan Agregat Halus dan Agregat Kasar maksimal 10 mm



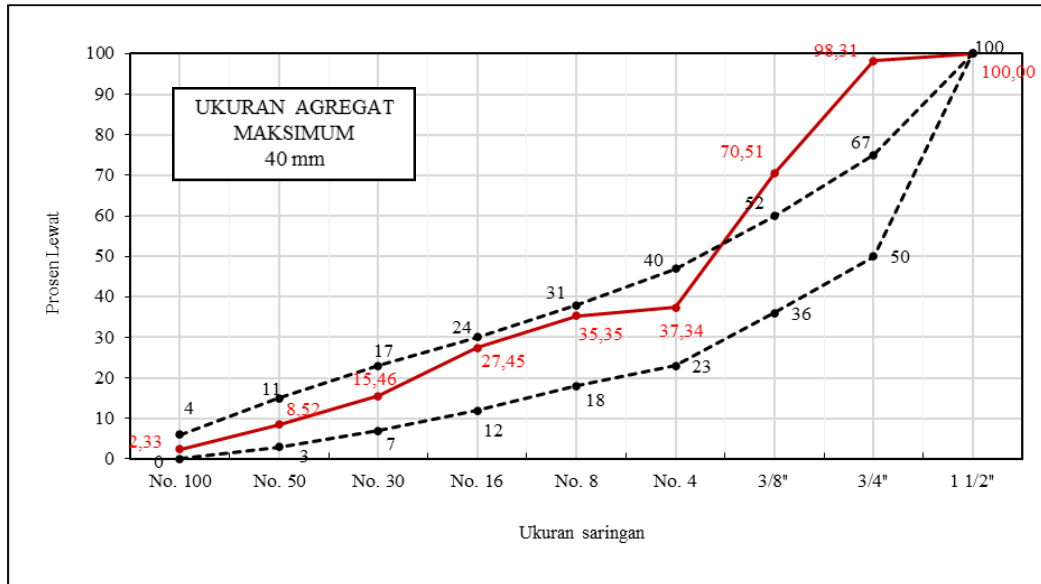
Sumber : Gradasi Gabungan - SNI-03-2834-2000

Grafik 4. 5 Batas Gradasi Gabungan Agregat Halus dan Agregat Kasar maksimal 20 mm



Sumber : Gradasi Gabungan - SNI-03-2834-2000

Grafik 4 . 6 Batas Gradasi Gabungan Agregat Halus dan Agregat Kasar maksimal 40 mm



Sumber : Gradasi Gabungan - SNI-03-2834-2000

Kesimpulan :

Dari hasil perhitungan dan di masukan ke dalam grafik menunjukkan bahwa hasil dari kelolosan agregat halus dinyatakan memenuhi SNI dengan penggunaan agregat maksimum 20mm.

4.4 Perhitungan Menentukan Presentase Serbuk Kaca Pada Campuran

Beton

Tabel 4 . 6 Prosentase Penambahan Serbuk Kaca Pada Beton

<i>Komposisi Akhir Campuran Kondisi Lapangan</i>						
Jumlah Bahan Per M ³	Variasi Serbuk Kaca (%)					
	0	2,5	5	7,5	10	
serbuk kaca (Kg)	0	9,07	18,14	27,21	36,28	
Semen (Kg)	362,83	353,76	344,69	335,62	326,55	
Agregat Halus (Kg)	750,83	750,83	750,83	750,83	750,83	
Agregat Kasar 10/20 (Kg)	1158,15	1158,15	1158,15	1158,15	1158,15	
Air Lapangan (Kg)	136,11	136,11	136,11	136,11	136,11	
Berat Beton Segar (Kg)	2407,93	2407,93	2407,93	2407,93	2407,93	
<i>Kebutuhan Campuran Beton Benda Uji Selinder & Balok Kondisi Lapangan</i>						
Jumlah Bahan Campuran Benda Uji Selinder & Balok	Variasi Serbuk Kaca (%)					Total Bahan Campuran
	0	2,5	5	7,5	10	
serbuk kaca (Kg)	0	0,74	1,48	2,22	2,96	7,40
Semen (Kg)	29,60	28,86	28,12	27,38	26,64	140,61
Agregat Halus (Kg)	61,26	61,26	61,26	61,26	61,26	306,28
Agregat Kasar 10/20 mm (Kg)	94,49	94,49	94,49	94,49	94,49	472,44
Air Lapangan (Kg/L)	11,10	11,10	11,10	11,10	11,10	55,52
Jumlah Selinder	12	12	12	12	12	60
Jumlah Balok	2	2	2	2	2	10

Sumber : Hasil Perhitungan

➤ Contoh Perhitungan :

Faktor kehilangan : 1,5

1 slinder : $3,14 \times 0,075 \times 0,075 \times 0,3 = 0,0053 \text{ m}^3$

12 slinder : $0,0053 \times 12 = 0,06359 \text{ m}^3$

1 balok : $0,15 \times 0,15 \times 0,4 = 0,009 \text{ m}^3$

2 balok : $0,009 \times 2 = 0,018 \text{ m}^3$

Total 12 slinder 2 balok yakni : $0,08159 \text{ m}^3$

➤ Menghitung kebutuhan pada variasi 2,5%

Serbuk kaca : $0,08159 \text{ m}^3 \times 9,07 \times 1,5 = 1,11 \text{ Kg}$

Semen : $0,08159 \text{ m}^3 \times 353,76 \times 1,5 = 43,29 \text{ Kg}$

$$\text{Agregat halus} : 0,08159 \text{ m}^3 \times 750,83 \times 1,5 = 91,89 \text{ Kg}$$

$$\text{Agregat kasar 10/20} : 0,08159 \text{ m}^3 \times 1158,15 \times 1,5 = 141,73 \text{ Kg}$$

$$\text{Air lapangan} : 0,08159 \text{ m}^3 \times 136,11 \times 1,5 = 16,66 \text{ Kg/L}$$

4.5 Analisa Data Kuat Tekan, Tarik, Dan Belah.

Data perhitungan kuat tekan, tarik, dan belah didapat dari hasil pengujian sampel penelitian yang diambil dan selanjutnya akan ditentukan besarnya kuat tekan beton dengan masing – masing presentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%.

- a. Contoh Perhitungan umur 28 hari Tekan Kode 2,5% 1 selinder :

SNI 1974 – 2011.

$$P = 557 \text{ KN} \longrightarrow = 557000 \text{ N}$$

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 150^2$$

$$= 17678,5714$$

$$\begin{aligned} f'c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{557000}{17678,5714} \\ &= 31,507 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dimana :

$f'c$ = Kuat tekan benda uji (MPa)

A = Luas Penampang (mm)

P = Beban yang bekerja (N)

- b. Contoh Perhitungan umur 28 hari Belah Kode 2,5% 1 selinder :

SNI 2491 – 2014

$$P = 202 \text{ KN} \longrightarrow = 202000 \text{ N}$$

$$f's = \frac{2 \times P}{\pi \times t \times D}$$

$$= \frac{2 \times 202000}{3,14 \times 300 \times 150}$$

$$= 2,857 \text{ MPa}$$

Dimana :

$f's$ = Kuat belah benda uji (MPa)

t = Tinggi Penampang (mm)

D = Diameter Penampang (mm)

P = Beban yang bekerja (N)

c. Contoh Perhitungan umur 28 hari Tarik Kode 2,5% 1 balok (Tengah) :

SNI 4431-2011

$$P = 29 \text{ KN} \longrightarrow = 29000 \text{ N}$$

$P1$ = P . Total – (selisih tumpuan)

$$= 600 - (15 \times 2)$$

$$= 570 \text{ mm}$$

$$f'r = \frac{P \times P1}{b \times h^2}$$

$$= \frac{29000 \times 570}{150 \times 150^2}$$

$$= 4,728 \text{ MPa}$$

d. Contoh Perhitungan umur 28 hari Tarik Kode 2,5% 1 balok (Tepi) :

SNI 0016-72, SNI-0233-89-A

$$f'r = \frac{3 \times P \times a}{b \times h^2}$$

Dimana :

$f'r$ = Kuat lentur benda uji (MPa)

$P1$ = Panjang Tumpuan (mm)

b = Lebar Benda Uji (mm)

h = Tinggi Benda Uji (mm)

P = Beban yang bekerja (N)

Dengan cara yang sama selanjutnya akan di tabelkan :

Tabel 4 . 7 Nilai Kuat Tekan Selindir Umur 28 Hari

Untuk volume balok = 13500 cm³

Untuk volume silinder = 5303,571 cm³

No	Kode	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	berat isi (kg)	Berat (kg)	Berat Rata-Rata (Kg)	Kuat Tekan Hancur (KN)	Kuat Tekan Hancur 28 Hari (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata 28 Hari (MPa)
1	0 % 1	07/07/2021	03/08/2021	28	2,451	13,000	12,960	627	35,467	31,721
2	0 % 2	07/07/2021	03/08/2021	28	2,451	13,000		611	34,562	
3	0 % 3	07/07/2021	03/08/2021	28	2,481	13,160		580	32,808	
4	0 % 4	07/07/2021	03/08/2021	28	2,438	12,930		486	27,491	
5	0 % 5	07/07/2021	03/08/2021	28	2,444	12,960		475	26,869	
6	0 % 6	07/07/2021	03/08/2021	28	2,436	12,920		586	33,147	
7	0 % 7	07/07/2021	03/08/2021	28	2,408	12,770		523	29,584	
8	0 % 8	07/07/2021	03/08/2021	28	2,413	12,800		585	33,091	
9	0 % 9	07/07/2021	03/08/2021	28	2,470	13,100		574	32,469	
1	2,5 % 1	07/07/2021	03/08/2021	28	2,398	12,720	12,940	557	31,507	31,432
2	2,5 % 2	07/07/2021	03/08/2021	28	2,446	12,970		476	26,925	
3	2,5 % 3	07/07/2021	03/08/2021	28	2,470	13,100		570	32,242	
4	2,5 % 4	07/07/2021	03/08/2021	28	2,451	13,000		579	32,752	
5	2,5 % 5	07/07/2021	03/08/2021	28	2,449	12,990		602	34,053	
6	2,5 % 6	07/07/2021	03/08/2021	28	2,434	12,910		544	30,772	
7	2,5 % 7	07/07/2021	03/08/2021	28	2,413	12,800		540	30,545	
8	2,5 % 8	07/07/2021	03/08/2021	28	2,464	13,070		560	31,677	
9	2,5 % 9	07/07/2021	03/08/2021	28	2,432	12,900		573	32,412	
1	5 % 1	08/07/2021	04/08/2021	28	2,444	12,960	12,837	514	29,075	29,860
2	5 % 2	08/07/2021	04/08/2021	28	2,415	12,810		531	30,036	
3	5 % 3	08/07/2021	04/08/2021	28	2,419	12,830		553	31,281	
4	5 % 4	08/07/2021	04/08/2021	28	2,408	12,770		525	29,697	
5	5 % 5	08/07/2021	04/08/2021	28	2,402	12,740		501	28,339	
6	5 % 6	08/07/2021	04/08/2021	28	2,429	12,880		559	31,620	
7	5 % 7	08/07/2021	04/08/2021	28	2,444	12,960		510	28,848	
8	5 % 8	08/07/2021	04/08/2021	28	2,427	12,870		528	29,867	
9	5 % 9	08/07/2021	04/08/2021	28	2,396	12,710		530	29,980	
1	7,5 % 1	09/07/2021	05/08/2021	28	2,380	12,620	12,688	495	28,000	28,729
2	7,5 % 2	09/07/2021	05/08/2021	28	2,410	12,780		480	27,152	
3	7,5 % 3	09/07/2021	05/08/2021	28	2,389	12,670		518	29,301	
4	7,5 % 4	09/07/2021	05/08/2021	28	2,391	12,680		517	29,244	
5	7,5 % 5	09/07/2021	05/08/2021	28	2,389	12,670		583	32,978	
6	7,5 % 6	09/07/2021	05/08/2021	28	2,385	12,650		505	28,566	
7	7,5 % 7	09/07/2021	05/08/2021	28	2,419	12,830		481	27,208	
8	7,5 % 8	09/07/2021	05/08/2021	28	2,363	12,530		476	26,925	
9	7,5 % 9	09/07/2021	05/08/2021	28	2,406	12,760		516	29,188	
1	10 % 1	10/07/2021	06/08/2021	28	2,380	12,620	12,630	450	25,455	26,127
2	10 % 2	10/07/2021	06/08/2021	28	2,395	12,700		468	26,473	
3	10 % 3	10/07/2021	06/08/2021	28	2,363	12,530		472	26,699	
4	10 % 4	10/07/2021	06/08/2021	28	2,400	12,730		461	26,077	
5	10 % 5	10/07/2021	06/08/2021	28	2,357	12,500		421	23,814	
6	10 % 6	10/07/2021	06/08/2021	28	2,393	12,690		501	28,339	
7	10 % 7	10/07/2021	06/08/2021	28	2,406	12,760		451	25,511	
8	10 % 8	10/07/2021	06/08/2021	28	2,346	12,440		465	26,303	
9	10 % 9	10/07/2021	06/08/2021	28	2,395	12,700		468	26,473	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4 . 8 Nilai Kuat Belah Selindir Umur 28 Hari

No	Kode	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	berat isi (kg)	Berat (kg)	Berat Rata-Rata (Kg)	Kuat Belah Hancur (KN)	Kuat Belah Hancur 28Hari (MPa)	Belah Rata-Rata 28 Hari (MPa)
1	0 % 1	07/07/2021	03/08/2021	28	2,430	12,890	12,867	208	2,941	2,871
2	0 % 2	07/07/2021	03/08/2021	28	2,442	12,950		192	2,715	
3	0 % 3	07/07/2021	03/08/2021	28	2,406	12,760		209	2,956	
1	2,5 % 1	07/07/2021	03/08/2021	28	2,417	12,820	12,807	202	2,857	2,767
2	2,5 % 2	07/07/2021	03/08/2021	28	2,421	12,840		186	2,630	
3	2,5 % 3	07/07/2021	03/08/2021	28	2,406	12,760		199	2,814	
1	5 % 1	08/07/2021	04/08/2021	28	2,412	12,790	12,743	198	2,800	2,692
2	5 % 2	08/07/2021	04/08/2021	28	2,421	12,840		189	2,673	
3	5 % 3	08/07/2021	04/08/2021	28	2,376	12,600		184	2,602	
1	7,5 % 1	09/07/2021	05/08/2021	28	2,427	12,870	12,730	172	2,432	2,498
2	7,5 % 2	09/07/2021	05/08/2021	28	2,366	12,550		183	2,588	
3	7,5 % 3	09/07/2021	05/08/2021	28	2,408	12,770		175	2,475	
1	10 % 1	10/07/2021	06/08/2021	28	2,410	12,780	12,710	144	2,036	2,197
2	10 % 2	10/07/2021	06/08/2021	28	2,387	12,660		153	2,164	
3	10 % 3	10/07/2021	06/08/2021	28	2,393	12,690		169	2,390	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4 . 9 Nilai Kuat Lentur Balok Umur 28 Hari

No	Kode	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	berat isi (kg)	Berat (kg)	Berat Rata-Rata (Kg)	Kuat Tarik Lentur Hancur (KN)	Kuat Tarik Lentur Hancur 28 Hari (MPa)	Kuat Tarik Lentur Rata-Rata 28 Hari (MPa)	keruntuhan yang di terima
1	0 % 1	07/07/2021	03/08/2021	28	2,684	36,230	35,640	29,500	4,982	4,856	Tengah
2	0 % 2	07/07/2021	03/08/2021	28	2,596	35,050		28,000	4,729		Tengah
1	2,5 % 1	07/07/2021	03/08/2021	28	2,701	36,470	35,560	29,000	4,898	4,813	Tengah
2	2,5 % 2	07/07/2021	03/08/2021	28	2,567	34,650		28,000	4,729		Tengah
1	5 % 1	08/07/2021	04/08/2021	28	2,679	36,160	35,395	28,000	4,729	4,391	Tengah
2	5 % 2	08/07/2021	04/08/2021	28	2,565	34,630		24,000	4,053		Tengah
1	7,5 % 1	09/07/2021	05/08/2021	28	2,591	34,980	35,355	26,000	4,391	4,053	Tengah
2	7,5 % 2	09/07/2021	05/08/2021	28	2,647	35,730		22,000	3,716		Tengah
1	10 % 1	10/07/2021	06/08/2021	28	2,505	33,820	35,005	21,000	3,547	3,293	Tengah
2	10 % 2	10/07/2021	06/08/2021	28	2,681	36,190		18,000	3,040		Tengah

Sumber : Hasil Perhitungan

4.6 Perbandingan Prosentase Kuat Belah, Lentur Terhadap Kuat Tekan

Tabel 4 . 10 Tabel Perbandingan Kuat Belah terhadap Kuat Tekan

No	Kadar	Tekan Rata-Rata 28 Hari (MPa)	Belah Rata-Rata 28 Hari (MPa)	fc/fr (%)
1	0%	31,721	2,871	11,050
2	2,50%	31,432	2,767	11,359
3	5%	29,860	2,692	11,094
4	7,50%	28,729	2,498	11,499
5	10%	26,127	2,197	11,894

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4 . 11 Tabel Perbandingan Kuat Lentur terhadap Kuat Tekan

No	Kadar	Tekan Rata-Rata 28 Hari (MPa)	Lentur Rata-Rata 28 Hari (MPa)	fc/fs (%)
1	0%	31,721	4,856	6,533
2	2,50%	31,432	4,813	6,530
3	5%	29,860	4,391	6,800
4	7,50%	28,729	4,053	7,088
5	10%	26,127	3,293	7,933

Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil prosentase perbandingan kuat belah, dan lentur terhadap kuat tekan didapatkan nilai rata-rata nya yaitu untuk kuat belah terhadap kuat tekan yaitu sebesar 11,379 MPa, dan kuat lentur terhadap kuat tekan yaitu sebesar 6,976 MPa.

4.7 Pengujian Interval Kepercayaan

Data – data yang diperoleh dari hasil penelitian selanjutnya diuji dengan menggunakan metode Interval Kepercayaan. Dengan menggunakan Interval Kepercayaan diharapkan data – data tersebut dapat mendekati angka valid. Dalam pengujian ini interval konfiden 95%. Hal ini berarti bahwa angka toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah 5%, sedangkan sisanya 95% adalah data – data yang dapat dipercaya. Data – data yang tidak memenuhi syarat tersebut tidak digunakan, sehingga data – data yang memenuhi syarat yang diuji secara statistik.

Dibawah ini adalah contoh pengujian interval kepercayaan untuk kuat tekan beton pada umur 28 hari.

Tabel 4 . 10 Data Pengujian Kuat Tekan Beton 2,5 % Serbuk Kaca

No	Data Kuat Tekan
1	31,507
2	26,925
3	32,242
4	32,752
5	34,053
6	30,772
7	30,545
8	31,677
9	32,412
X	31,432

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari data diatas maka dicari nilai :

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\text{Jumlah Kuat Tekan}}{n} \\
 &= \frac{31,507+26,925+32,242+26,925+34,053+30,772+30,545+31,677+32,412}{9} \\
 &= 31,432
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{(31,507-31,432)^2+(26,925-31,432)^2+(32,242-31,432)^2+(32,752-31,432)^2+(34,053-31,432)^2+(30,772-31,432)^2+(30,545-31,432)^2+(31,677-31,432)^2+(32,412-31,432)^2}{9-1}} \\
 &= 1,994
 \end{aligned}$$

$$P = \frac{1}{2} \times (1+(1-0,05)) = 0,975$$

$$dk = n-1 = 2$$

$$[t_{0,975}] = 4,30$$

Keterangan :

X = Nilai Rata-Rata

S = Standart Deviasi

P = Persentil

[t0,975] = Nilai Pada Persentil

Maka, Nilai Interval Kepercayaan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 &= x - (t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}}) < \mu < x + (t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}}) \\
 &= 31,432 - (2,306 \times \frac{1,994}{\sqrt{9}}) < \mu < 31,432 + (2,306 \times \frac{1,994}{9}) \\
 &= 28,776 < \mu < 34,087
 \end{aligned}$$

Tabel 4 . 11 Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton 2,5 % Serbuk Kaca

Variasi Serbuk Kaca %	X	s	P	dk	t0,975	Interval Kepercayaan		
0%	31,721	3,036	0,975	8	2,306	27,678	< μ <	35,763
2,5%	31,432	1,994	0,975	8	2,306	28,776	< μ <	34,087
5%	29,860	1,069	0,975	8	2,306	28,437	< μ <	31,196
7,5%	28,729	1,853	0,975	8	2,306	26,262	< μ <	31,196
10%	26,127	1,208	0,975	8	2,306	24,519	< μ <	27,735

Tabel 4 . 12 Data Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 0% Tekan

No	Data	X	s	P	dk	t0,975	Min	Max		
1	35,467	31,721	3,036	0,975	8	2,306	27,678	35,763	TRUE	1
2	34,562								TRUE	1
3	32,808								TRUE	1
4	27,491								FALSE	0
5	26,869								FALSE	0
6	33,147								TRUE	1
7	29,584								TRUE	1
8	33,091								TRUE	1
9	32,469								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										7

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 2,5%

No	Data	X	s	P	dk	t0,975	Min	Max		
1	31,507	31,432	1,994	0,975	8	2,306	28,776	34,087	TRUE	1
2	26,925								FALSE	0
3	32,242								TRUE	1
4	32,752								TRUE	1
5	34,053								TRUE	1
6	30,772								TRUE	1
7	30,545								TRUE	1
8	31,677								TRUE	1
9	32,412								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										8

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 5%

No	Data	X	s	P	dk	t _{0,975}	Min	Max		
1	29,075	29,860	1,069	0,975	8	2,306	28,437	31,284	TRUE	1
2	30,036								TRUE	1
3	31,281								TRUE	1
4	29,697								TRUE	1
5	28,339								FALSE	0
6	31,620								FALSE	0
7	28,848								TRUE	1
8	29,867								TRUE	1
9	29,980								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										7

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 7,5%

No	Data	X	s	P	dk	t _{0,975}	Min	Max		
1	28,000	28,729	1,853	0,975	8	2,306	26,262	31,196	TRUE	1
2	27,152								TRUE	1
3	29,301								TRUE	1
4	29,244								TRUE	1
5	32,978								FALSE	0
6	28,566								TRUE	1
7	27,208								TRUE	1
8	26,925								TRUE	1
9	29,188								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										8

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 10%

No	Data	X	s	P	dk	t _{0,975}	Min	Max		
1	25,455	26,127	1,208	0,975	8	2,306	24,519	27,735	TRUE	1
2	26,473								TRUE	1
3	26,699								TRUE	1
4	26,077								TRUE	1
5	23,814								FALSE	0
6	28,339								FALSE	0
7	25,511								TRUE	1
8	26,303								TRUE	1
9	26,473								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										7

Tabel 4 . 13 Data Pengujian Kuat Belah Beton 2,5 % Serbuk Kaca

No	Data Kuat Belah
1	2,857
2	2,630
3	2,814
X	2,767

Dari data diatas maka dicari nilai :

$$X = \frac{\text{Jumlah Kuat Tekan}}{n}$$

$$= \frac{2,857+2,630+2,767}{3-1}$$

$$= 2,767$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(2,857-2,767)^2 + (2,630-2,767)^2 + (2,814-2,767)^2}{3-1}} = 0,120$$

$$P = \frac{1}{2} \times (1 + (1 - 0,05)) = 0,975$$

$$dk = n - 1 = 2$$

$$[t_{0,975}] = 4,303$$

Keterangan :

X = Nilai Rata-Rata

S = Standart Deviasi

P = Persentil

[t_{0,975}] = Nilai Pada Persentil

Maka, Nilai Interval Kepercayaan adalah sebagai berikut :

$$= x - (t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}}) < \mu < x + (t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}})$$

$$= 2,767 - (4,303 \times \frac{0,120}{\sqrt{3}}) < \mu < 2,767 + (4,303 \times \frac{0,120}{\sqrt{3}})$$

$$= 2,468 < \mu < 3,066$$

Tabel 4 . 14 Interval Kepercayaan Kuat Belah Beton 2,5 % Serbuk Kaca

Variasi Serbuk Kaca %	X	s	P	dk	t _{0,975}	Interval Kepercayaan		
0%	2,871	0,135	0,975	2	4,303	2,536	< μ <	3,206
2,5%	2,767	0,100	0,975	2	4,303	2,468	< μ <	3,066
5%	2,692	0,100	0,975	2	4,303	2,442	< μ <	2,941
7,5%	2,498	0,080	0,975	2	4,303	2,299	< μ <	2,698
10%	2,197	0,179	0,975	2	4,303	1,752	< μ <	2,641

Tabel 4 . 15 Data Pengujian Kuat Belah Beton Umur 28 Hari Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 0% Belah

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	2,941	2,871	0,135	0,975	2	4,30	2,536	3,206	TRUE	1
2	2,715								TRUE	1
3	2,956								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 2,5% Belah

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	2,857	2,767	0,120	0,975	2,000	4,303	2,468	3,066	TRUE	1
2	2,630								TRUE	1
3	2,814								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 5% Belah

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	2,800	2,692	0,100	0,975	2	4,30	2,442	2,941	TRUE	1
2	2,673								TRUE	1
3	2,602								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 7,5% Belah

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	2,432	2,498	0,080	0,975	2	4,30	2,299	2,698	TRUE	1
2	2,588								TRUE	1
3	2,475								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 10% Belah

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	2,036	2,197	0,179	0,975	2	4,30	1,752	2,641	TRUE	1
2	2,164								TRUE	1
3	2,390								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4 . 16 Data Pengujian Kuat Lentur Beton 2,5 % Serbuk Kaca

No	Data Kuat Lentur
1	4,898
2	4,729
X	4,813

Dari data diatas maka dicari nilai :

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\text{Jumlah Kuat Tekan}}{n} \\
 &= \frac{4,898+4,729}{2-1} \\
 &= 4,813 \\
 S &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{(4,898-4,813)^2 + (4,729-4,813)^2}{3-1}} = 0,119
 \end{aligned}$$

$$P = \frac{1}{2} \times (1 + (1 - 0,05)) = 0,975$$

$$dk = n - 1 = 1$$

$$[t_{0,975}] = 12,71$$

Keterangan :

X = Nilai Rata-Rata

S = Standart Deviasi

P = Persentil

[t_{0,975}] = Nilai Pada Persentil

Maka, Nilai Interval Kepercayaan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 &= x - (t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}}) < \mu < x + (t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}}) \\
 &= 4,813 - (12,71 \times \frac{0,119}{\sqrt{2}}) < \mu < 4,813 + (12,71 \times \frac{0,119}{2}) \\
 &= 3,740 < \mu < 5,887
 \end{aligned}$$

Tabel 4 . 17 Interval Kepercayaan Kuat Lentur Beton 2,5 % Serbuk Kaca

Variasi Serbuk Kaca %	X	s	P	dk	t _{0,975}	Interval Kepercayaan		
0%	4,856	0,179	0,975	1	12,71	3,246	< μ <	6,465
2,5%	4,813	0,119	0,975	1	12,71	3,740	< μ <	5,887
5%	4,391	0,478	0,975	1	12,71	0,098	< μ <	8,684
7,5%	4,053	0,478	0,975	1	12,71	-0,240	< μ <	8,346
10%	3,293	0,358	0,975	1	12,71	0,073	< μ <	6,513

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4 . 18 Data Pengujian Kuat LenturBeton Umur 28 Hari Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 0% Lentur

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	4,982	4,856	0,179	0,975	1,00	12,71	3,246	6,465	TRUE	1
2	4,729								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										2

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 2,5% Lentur

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	4,898	4,813	0,119	0,975	1,000	12,710	3,740	5,887	TRUE	1
2	4,729								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										2

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 5% Lentur

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	4,729	4,391	0,478	0,975	1,00	12,71	0,098	8,684	TRUE	1
2	4,053								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										2

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 7,5% Lentur

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	4,391	4,053	0,478	0,975	1,00	12,71	-0,240	8,346	TRUE	1
2	3,716								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										2

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 10% Lentur

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	3,547	3,293	0,358	0,975	1,00	12,71	0,073	6,513	TRUE	1
2	3,040								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										2

4.8 Pengujian Regresi

Perhitungan ini digunakan sebagai pembandingan dari persamaan dan koefisien determinasi (R^2) yang didapat dari program Microsoft Excel 2007. Perhitungan yang digunakan adalah Analisis Regresi Non Linier.

Pada penelitian ini untuk menganalisis variasi kadar beton terhadap kuat tekan, belah, dan tarik pada campuran beton, maka digunakan metode fungsi kuadratik (Sudjono,1996;338), dengan regresi bentuk persamaan :

$$\hat{Y} = a + bX + cX^2$$

Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\sum Y &= na + b\sum X + c\sum X^2 \\ \sum XY &= a\sum X + b\sum X^2 + c\sum X^3 \\ \sum X^2Y &= a\sum X^2 + b\sum X^3 + c\sum X^4\end{aligned}$$

Tabel 4 . 19 Data Pengujian Kuat Tekan Beton Rata-Rata Umur 28 Hari

No.	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0
1	35,4667	31,507	29,075	28,000	25,455
2	34,5616	26,925	30,036	27,152	26,473
3	32,8081	32,242	31,281	29,301	26,699
4	27,4909	32,752	29,697	29,244	26,077
5	26,8687	34,053	28,339	32,978	23,814
6	33,1475	30,772	31,620	28,566	28,339
7	29,5838	30,545	28,848	27,208	25,511
8	33,0909	31,677	29,867	26,925	26,303
9	32,4687	32,412	29,980	29,188	26,473
Rata"	31,721	31,432	29,860	28,729	26,127

Tabel 4 . 20 Data Untuk Menentukan Regresi Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	0,0	31,721	1006,207	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	2,5	31,432	987,949	6,250	15,625	39,063	78,579	196,448
3	5,0	29,860	891,642	25,000	125,000	625,000	149,302	746,510
4	7,5	28,729	825,359	56,250	421,875	3164,063	215,468	1616,010
5	10,0	26,127	682,623	100,000	1000,000	10000,00	261,270	2612,705
Total (∑)	25	147,869	4393,780	187,500	1562,500	13828,13	704,620	5171,672

Dari tabel 4.20. maka didapat persamaan :

$$\begin{aligned}147,869 &= 5a + 25b + 187,500c \\ 704,620 &= 25a + 187,500b + 1562,500c \\ 5171,672 &= 187,500a + 187,500b + 13828,13c\end{aligned}$$

Digunakan rumus matriks :

$$[A] \times \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = [B]$$

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = [B] \times [A^{-1}]$$

$$A = \begin{pmatrix} 5,0 & 25,0 & 187,5 \\ 25,0 & 187,500 & 1562,500 \\ 187,500 & 1562,500 & 13828,125 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 147,869 \\ 704,620 \\ 5171,67 \end{pmatrix}$$

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} 0,886 & -0,309 & 0,023 \\ -0,309 & 0,199 & -0,018 \\ 0,023 & -0,018 & 0,002 \end{pmatrix}$$

Jadi :

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 147,869 \\ 704,620 \\ 5171,67 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,886 & -0,309 & 0,023 \\ -0,309 & 0,199 & -0,018 \\ 0,023 & -0,018 & 0,002 \end{pmatrix}$$

Sehingga didapat nilai :

$$a = 31,754$$

$$b = -0,077$$

$$c = -0,048$$

Maka persamaannya adalah : $\hat{Y} = a + bX + cX^2$

$$\hat{Y} = -0,048x^2 - 0,077x + 31,754$$

Mencari koefisien determinasi (R^2):

$$\begin{aligned} JK(b|a) &= \left(b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c \left\{ \sum X^2Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) \\ &= \left(-0,077 \left\{ 704,620 - \frac{25 \times 147,869}{5} \right\} \right) \\ &\quad + \left(-0,048 \left\{ 5171,672 - \frac{187,500 \times 147,869}{5} \right\} \right) \\ &= 20,545 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK(E) &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\ &= 4393,780 - \frac{147,869^2}{5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 20,737 \\
 R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\
 &= \frac{20,545}{20,737} \\
 &= 0,99074 \\
 &= 99,074\%
 \end{aligned}$$

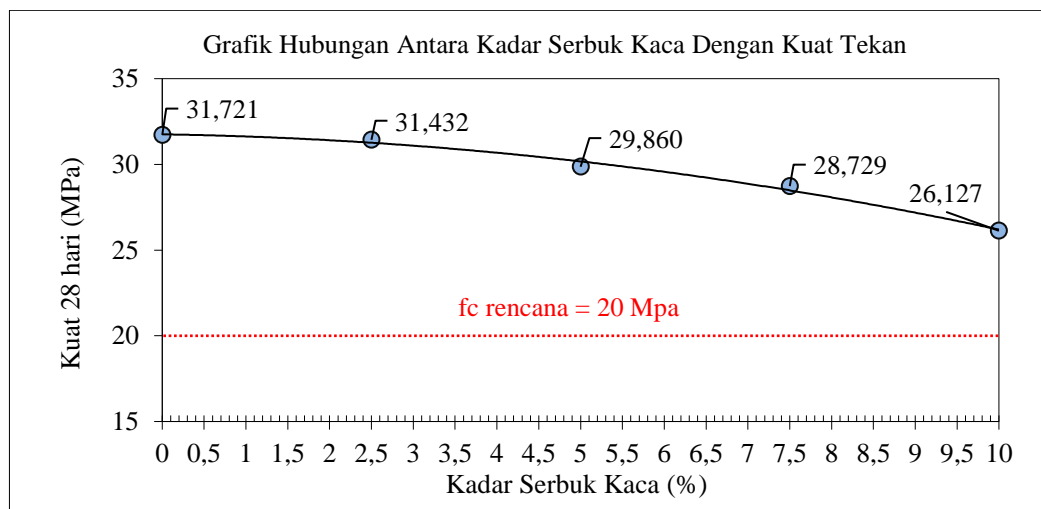
Dari rumus diatas dapat diketahui kuat tekan beton campuran serbuk kaca :

$$\hat{Y} = -0,048x^2 - 0,077x + 31,754$$

$$\hat{Y} = -0,048(2,5)^2 - 0,077(2,5) + 31,754$$

$$\hat{Y} = 31,262 \text{ Mpa}$$

Grafik 4 . 7 Analisa Regresi Hubungan Penambahan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari



Tabel 4 . 21 Data Pengujian Kuat Belah Beton Rata-Rata Umur 28 Hari

No.	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0
1	2,94141	2,86	2,80	2,43	2,04
2	2,71515	2,63	2,67	2,59	2,16
3	2,95556	2,81	2,60	2,47	2,39
Rata"	2,871	2,767	2,692	2,498	2,197

Tabel 4 . 22 Data Untuk Menentukan Regresi Kuat Belah Beton Umur 28 Hari

No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	0,0	2,87	8,24	0,00	0,0	0,0	0	0
2	2,5	2,77	7,66	6,25	15,6	39,1	6,917508	17,29377
3	5,0	2,69	7,24	25,00	125,0	625,0	13,45791	67,28956
4	7,5	2,50	6,24	56,25	421,9	3164,1	18,73737	140,5303
5	10,0	2,20	4,83	100,00	1000,0	10000,0	21,96633	219,6633
Total (Σ)	25	13,024	34,209	187,500	1562,500	13828,125	61,079	444,777

Dari tabel 4.22. maka didapat persamaan :

$$13,024 = 5a + 25b + 187,500c$$

$$61,079 = 25a + 187,500b + 1562,500c$$

$$444,777 = 187,500a + 187,500b + 13828,125c$$

Digunakan rumus matriks :

$$[A] \times \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = [B]$$

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = [B] \times [A^{-1}]$$

$$A = \begin{pmatrix} 5,0 & 25 & 187,500 \\ 25 & 187,500 & 1562,500 \\ 187,500 & 1562,500 & 13828,125 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 13,024 \\ 61,079 \\ 444,78 \end{pmatrix}$$

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} 0,886 & -0,309 & 0,023 \\ -0,309 & 0,199 & -0,018 \\ 0,023 & -0,018 & 0,002 \end{pmatrix}$$

Jadi :

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 13,024 \\ 61,079 \\ 444,78 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,886 & -0,309 & 0,023 \\ -0,309 & 0,199 & -0,018 \\ 0,023 & -0,018 & 0,002 \end{pmatrix}$$

Sehingga didapat nilai :

$$a = 2,8548$$

$$b = -0,0060$$

$$c = -0,0059$$

Maka persamaannya adalah : $\hat{Y} = a + bX + cX^2$

$$\hat{Y} = -0,0059x^2 - 0,0060x + 2,85548$$

Mencari koefisien determinasi (R^2):

$$\begin{aligned} JK(b|a) &= \left(b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c \left\{ \sum X^2Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) \\ &= \left(-0,0060 \left\{ 61,079 - \frac{25 \times 13,024}{5} \right\} \right) \\ &\quad + \left(-0,0059 \left\{ 444,777 - \frac{187,500 \times 13,024}{5} \right\} \right) \\ &= 0,280 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK(E) &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\ &= 34,209 - \frac{13,024^2}{5} \\ &= 0,282 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\ &= \frac{0,282}{0,280} \\ &= 0,992 \\ &= 99,216\% \end{aligned}$$

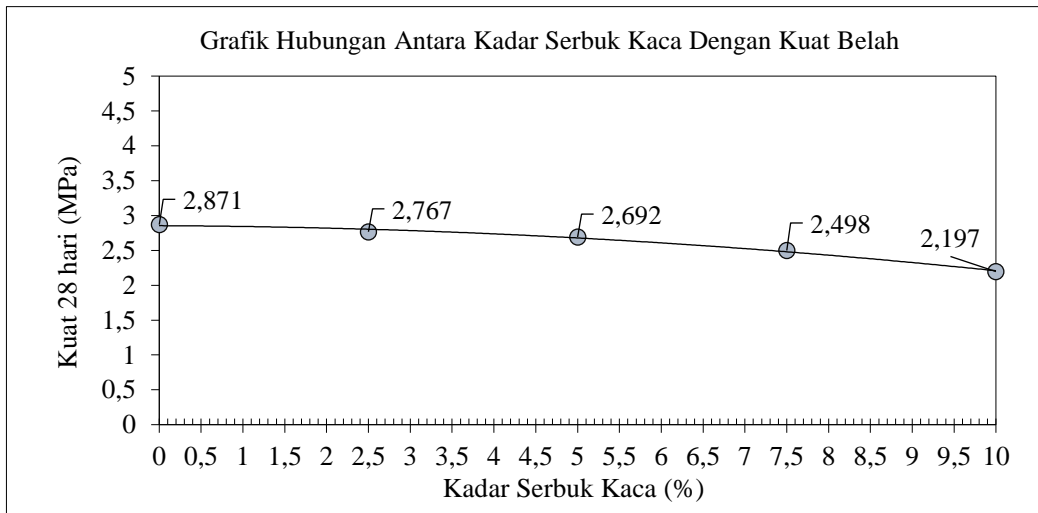
Dari rumus diatas dapat diketahui kuat tekan beton campuran serbuk kaca :

$$\hat{Y} = -0,0059x^2 - 0,006x + 2,854$$

$$\hat{Y} = -0,0059(2,5)^2 - 0,006(2,5) + 2,854$$

$$\hat{Y} = 2,803 \text{ Mpa}$$

Grafik 4 . 8 Analisa Regresi Hubungan Penambahan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Belah Beton Umur 28 Hari



Tabel 4 . 23 Data Pengujian Kuat Lentur Beton Rata-Rata Umur 28 Hari

No.	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0
1	4,982	4,898	4,729	4,391	3,547
2	4,729	4,729	4,053	3,716	3,040
Rata"	4,856	4,813	4,391	4,053	3,293

Tabel 4 . 24 Data Untuk Menentukan Regresi Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari

No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	0,0	4,856	23,576	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	2,5	4,813	23,168	6,250	15,625	39,063	12,033	30,083
3	5,0	4,391	19,282	25,000	125,000	625,000	21,956	109,778
4	7,5	4,053	16,430	56,250	421,875	3164,063	30,400	228,000
5	10,0	3,293	10,846	100,000	1000,000	10000,000	32,933	329,333
Total (Σ)	25	21,407	93,302	187,500	1562,500	13828,13	97,322	697,194

Dari tabel 4.24. maka didapat persamaan :

$$21,407 = 5a + 25b + 187,500c$$

$$97,322 = 25a + 187,500b + 1562,500c$$

$$697,194 = 187,500a + 187,500b + 13828,125c$$

Digunakan rumus matriks :

$$[A] \times \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = [B]$$

$$A = \begin{pmatrix} 5,0 & 25,0 & 187,5 \\ 25,0 & 187,500 & 1562,500 \\ 187,500 & 1562,500 & 13828,125 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 21,407 \\ 97,322 \\ 697,19 \end{pmatrix}$$

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} 0,886 & -0,309 & 0,023 \\ -0,309 & 0,199 & -0,018 \\ 0,023 & -0,018 & 0,002 \end{pmatrix}$$

Jadi :

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 21,407 \\ 97,322 \\ 697,19 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,886 & -0,309 & 0,023 \\ -0,309 & 0,199 & -0,018 \\ 0,023 & -0,018 & 0,002 \end{pmatrix}$$

Sehingga didapat nilai :

$$a = 4,865$$

$$b = -0,001$$

$$c = -0,015$$

Maka persamaannya adalah : $\hat{Y} = a + bX + cX^2$

$$\hat{Y} = -0,015x^2 - 0,001x + 4,865$$

Mencari koefisien determinasi (R^2):

$$\begin{aligned} JK(b|a) &= \left(b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c \left\{ \sum X^2Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) \\ &= \left(-0,001 \left\{ 97,322 - \frac{25 \times 21,407}{5} \right\} \right) \\ &\quad + \left(-0,015 \left\{ 697,194 - \frac{187,500 \times 21,407}{5} \right\} \right) \\ &= 1,639 \end{aligned}$$

$$JK(E) = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}$$

$$\begin{aligned}
&= 93,302 - \frac{21,407^2}{5} \\
&= 1,653 \\
R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\
&= \frac{1,639}{1,653} \\
&= 0,992 \\
&= 99,174\%
\end{aligned}$$

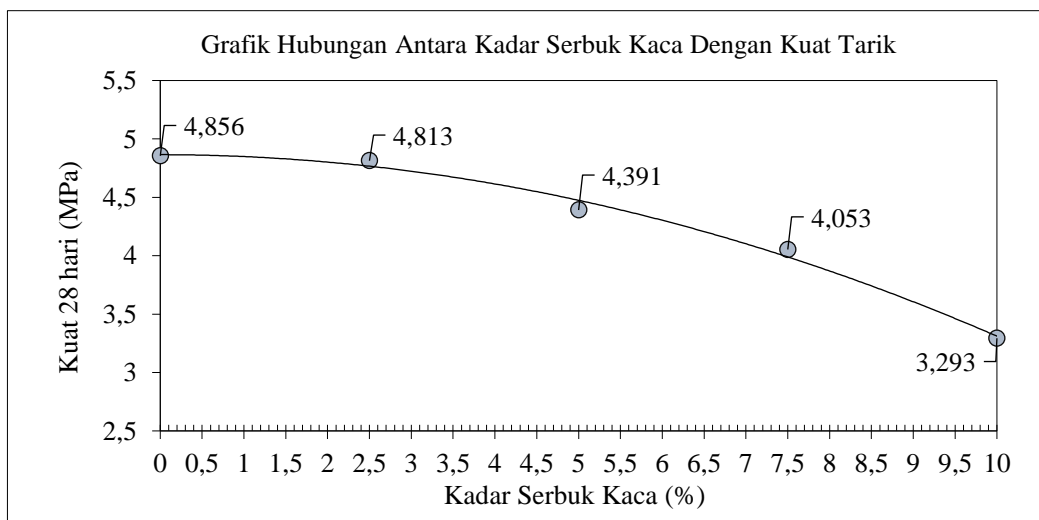
Dari rumus diatas dapat diketahui kuat tekan beton campuran serbuk kaca :

$$\hat{Y} = -0,015x^2 - 0,001x + 4,865$$

$$\hat{Y} = -0,015(2,5)^2 - 0,001(2,5) + 4,865$$

$$\hat{Y} = 4,766 \text{ Mpa}$$

Grafik 4 . 9 Analisa Regresi Hubungan Penambahan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari



Tabel 4 . 25 Rekapitulasi Hasil Analisis Regresi Serbuk Kaca Terhadap Mutu Beton

No	Karakteristik Campuran Beton	Persamaan Analisa Regresi Non Linier	kadar Campuran Bahan Serbuk Kaca (%)			
			2,5	5,0	7,5	10,0
1	Tekan	$\hat{Y} = (-0,298X^2) + (-0,193X) + (31,754)$ $R^2 = 0,990$	31,43	29,86	28,73	26,13
2	Belah	$\hat{Y} = (-0,036X^2) + (-0,014X) + (2,855)$ $R^2 = 0,992$	2,77	2,69	2,50	2,20
3	Tarik	$\hat{Y} = (-0,096X^2) + (-0,002X) + (4,865)$ $R^2 = 0,992$	4,81	4,39	4,05	3,29

Kesimpulan :

Pada penelitian didapatkan hasil benda uji campuran beton dengan menggunakan bahan tambah serbuk kaca masih layak digunakan sebagai bahan tambah campuran beton dengan acuan f_c rencana sebesar 20Mpa pada kuat tekan.

4.9 Pengujian Hipotesis

Untuk mengetahui adanya pengaruh penambahan serbuk kaca pada kuat tekan, belah, dan tarik pada campuran beton dilakukan uji Analisa Varian Satu Arah (*anova single factor*) dengan menggunakan data interval kepercayaan, untuk melihat apakah ada perbedaan nilai parameter yang ditimbulkan oleh variasi kadar penambahan serbuk kaca pada beton

Tabel 4 . 26 Data Pengujian Hipotesis Kuat Tekan

Variasi	0	2,5	5	7,5	10	Jumlah
Tekan	35,467	31,507	29,075	28,000	25,455	149,503
	34,562	26,925	30,036	27,152	26,473	145,147
	32,808	32,242	31,281	29,301	26,699	152,331
	27,491	32,752	29,697	29,244	26,077	145,261
	26,869	34,053	28,339	32,978	23,814	146,053
	33,147	30,772	31,620	28,566	28,339	152,444
	29,584	30,545	28,848	27,208	25,511	141,697
	33,091	31,677	29,867	26,925	26,303	147,863
	32,469	32,412	29,980	29,188	26,473	150,521
Jumlah	285,487	282,885	268,743	258,562	235,143	1330,820
Banyak Pengamatan	9	9	9	9	9	45
Rata-rata	31,721	31,432	29,860	28,729	26,127	147,869

Dari tabel 4.26 di atas selanjutnya dihitung :

Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\begin{aligned}\Sigma Y^2 &= (35,47)^2 + \dots + (25,45)^2 \\ &= 39357\end{aligned}$$

Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$R_y = \frac{1330,82^2}{45}$$

$$= 39357$$

Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \frac{285,49}{9} + \frac{282,88}{9} + \frac{268,74}{9} + \frac{258,56}{9} + \frac{235,14}{9} - 39357$$

$$= 39544,02 - 39357 = 186,631$$

Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = 39698 - 39357,39 - 186,631 = 153,9$$

Setelah nilai-nilai di atas diperoleh maka disusunlah tabel analisa varian seperti di bawah ini.

Tabel 4 . 27 Tabel Analisa Kuat Tekan

Sumber Variasi	Dk	JK	KT
Rata-rata	1	39698	39697,8852
Antar Perlakuan	4	186,631694	46,6579234
Dalam Perlakuan	40	154	3,84666526
Jumlah	45		

Nilai F dapat dicari dengan rumus : $F = \frac{KT(\text{antar perlakuan})}{KT(\text{kekeliruan})}$

$$F \text{ hitung} = \frac{46,657}{3,846} = 12,129$$

Dalam tabel I pada buku *Metoda Statistika (Sudjana,2002; 496)*, nilai $F_{\text{tabel}}(0.05 ; 4 ; 40) = 2,620$. Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 12,129 > F_{\text{tabel}} = 2,620$,. Dengan demikian H_a diterima H_0 ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh variasi serbuk kaca terhadap kuat tekan.

Perhitungan analisa varian satu arah ini dapat juga dilakukan dengan bantuan software Microsoft Excel 2016, dan hasil dari perhitungan tersebut selengkapnya ditabelkan seperti di bawah ini.

Tabel 4 . 28 Perhitungan Kuat Tekan Anova Single Factor Dengan MS Excel 2016

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
0	9	285,487	31,72076	9,219681		
2,5	9	282,885	31,43165	3,977994		
5	9	268,743	29,86038	1,142639		
7,5	9	258,562	28,72907	3,433605		
10	9	235,143	26,12705	1,459407		
ANOVA						
Source of Variator	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	186,6317	4	46,65792	12,12945	1,508E-06	2,605975
Within Groups	153,8666	40	3,846665			
Total	340,4983	44				

Tabel 4 . 29 Perhitungan Kuat Belah Anova Single Factor Dengan MS Excel 2016

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
0	3	8,6121	2,8707	0,0182		
2,5	3	8,301	2,767	0,0145		
5	3	8,0747	2,6916	0,0101		
7,5	3	7,4949	2,4983	0,0065		
10	3	6,5899	2,1966	0,0321		
ANOVA						
Source of Variator	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0,8475	4	0,2119	13,037	0,0005605	3,478
Within Groups	0,1625	10	0,0163			
Total	1,01	14				

Tabel 4 . 30 Perhitungan Kuat Tarik Anova Single Factor Dengan MS Excel 2016

Anova: Single Factor					
Groups	Count	Sum	Average	Variance	
0	2	9,7111	4,8556	0,0321	
2,5	2	9,6267	4,8133	0,0143	
5	2	8,7822	4,3911	0,2282	
7,5	2	8,1067	4,0533	0,2282	
10	2	6,5867	3,2933	0,1284	

ANOVA						
Source of Variatio	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	3,3059	4	0,8265	6,548	0,0318839	5,1922
Within Groups	0,6311	5	0,1262			
Total	3,937	9				

Tabel 4 . 31 Analisa Statistik Untuk Seluruh Pengamatan

No.	Parameter	Fhitung	</>	Ftabel	Ho	Ha
1	Tekan	12,129	>	2,620	Ditolak	Diterima
2	Belah	13,037	>	3,478	Ditolak	Diterima
3	Tarik	6,548	>	5,192	Ditolak	Diterima

Kesimpulan :

Dari uji hipotesis untuk Tekan,Belah,Tarik didapatkan $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan H_a diterima dan dapat dinyatakan adanya pengaruh yang signifikan dengan penambahan seruk kaca.

4.10 Pengujian Korelasi

Untuk mengetahui adanya pengaruh penambahan serbuk kaca pada campuran beton, dilakukan uji korelasi, untuk melihat apakah ada perbedaan nilai parameter yang ditimbulkan oleh variasi kadar penambahan serbuk kaca terhadap beton optimum. Dalam analisis kolerasi yang dicari adalah koefisien kolerasi yaitu angka yang menyatakan derajat hubungan antara variabel

independen (X) dengan variabel dependen (Y) atau untuk mengetahui kuat atau lemahnya hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen.

Berikut rumus uji Korelasi :

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

Dimana :

n = Banyaknya Pasangan Data X dan Y

$\sum x$ = Total Jumlah Dari Variabel X

$\sum y$ = Total Jumlah Dari Variabel Y

$\sum x^2$ = Kuadrat Dari Total Variabel X

$\sum y^2$ = Kuadrat Dari Total Variabel Y

$\sum xy$ = Hasil Perkalian Dari Total Jumlah Variabel X Dan Y

Berikut adalah hasil dari perhitungan uji korelasi :

Tabel 4 . 32 Data Untuk Menentukan Korelasi Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

No	X	Y	Y ²	X ²	XY
1	0	31,721	1006,207	0,000	0,000
2	3	31,432	987,949	6,250	78,579
3	5	29,860	891,642	25,000	149,302
4	8	28,729	825,359	56,250	215,468
5	10	26,127	682,623	100,000	261,270
Total (\sum)	25	147,87	4393,78	187,50	704,62

- Perhitungan Uji Korelasi Tekan :

$$r = \frac{5 \times 704,62 - (25) \times (147,87)}{\sqrt{\{5 \times 187,50 - (25)^2\} \times \{5 \times 4393,78 - (147,9)^2\}}}$$

$$r = \frac{3523,0976 - 3696,7228}{\sqrt{937,5 - 625 \times 21968,899 - 21865}}$$

$$r = \frac{-173,6251403}{\sqrt{312,50 \times 103,68}}$$

$$r = \frac{-173,6251403}{\sqrt{32401,33572}}$$

$$r = -0,964564$$

Tabel 4 . 33 Data Untuk Menentukan Korelasi Kuat Belah Beton Umur 28 Hari

No	X	Y	Y ²	X ²	XY
1	0,0	2,871	8,241	0,000	0,000
2	2,5	2,767	7,656	6,250	6,918
3	5,0	2,692	7,245	25,000	13,458
4	7,5	2,498	6,242	56,250	18,737
5	10,0	2,197	4,825	100,000	21,966
Total (Σ)	25	13,024	34,209	187,500	61,079

- Perhitungan Uji Korelasi Belah :

$$r = \frac{5 \times 61,08 - (25) \times (13,02)}{\sqrt{\{5 \times 187,50 - (25)^2\} \times \{5 \times 34,21 - (13)^2\}}}$$

$$r = \frac{305,39562 - 325,60606}{\sqrt{937,50 - 625 \times 171,04332 - 169,63}}$$

$$r = \frac{-20,21043771}{\sqrt{312,50 \times 1,4124}}$$

$$r = \frac{-20,21043771}{\sqrt{441,3855162}}$$

$$r = -0,961981$$

Tabel 4 . 34 Data Untuk Menentukan Korelasi Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari

No	X	Y	Y ²	X ²	XY
1	0,0	4,856	23,576	0,000	0,000
2	2,5	4,813	23,168	6,250	12,033
3	5,0	4,391	19,282	25,000	21,956
4	7,5	4,053	16,430	56,250	30,400
5	10,0	3,293	10,846	100,000	32,933
Total (Σ)	25	21,407	93,302	187,500	97,322

- Perhitungan Uji Korelasi Tarik :

$$r = \frac{5 \times 97,32 - (25) \times (21,41)}{\sqrt{\{5 \times 187,50 - (25)^2\} \times \{5 \times 93,30 - (21)^2\}}}$$

$$r = \frac{486,61111 - 535,16667}{\sqrt{937,50 - 625 \times 466,51005 - 458,25}}$$

$$r = \frac{-48,55555556}{\sqrt{312,50 \times 8,265}}$$

$$r = \frac{-48,55555556}{\sqrt{2582,709877}}$$

$$r = -0,955435$$

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil analisis regresi kuat tekan beton umur 28 hari, maka hubungan variasi kadar serbuk kaca terhadap kuat tekan menghasilkan nilai koefisien korelasi sebesar (r) **-0,964**, kuat belah menghasilkan nilai koefisien korelasi sebesar (r) **-0,961** kuat tarik menghasilkan nilai koefisien korelasi sebesar (r) **-0,955**. perubahan nilai kuat tekan, belah, dan tarik dipengaruhi oleh kadar serbuk kaca sebagai bahan pengganti semen pada campuran beton. Dari sini kita dapat menarik kesimpulan, bahwa dengan melihat hasil perhitungan regresi menghasilkan hasil uji korelasi yang nilainya minus (-), dapat di artikan bahwa hasil pengujian dengan penambahan serbuk kaca sebagai pengganti semen sebagian yaitu mengalami penurunan (tidak ada

korelasi) dalam kuat tekan, belah, maupun tarik. Pengujian analisis regresi ini juga dapat dilakukan dengan bantuan software MS Excel XP dengan ketelitian yang lebih baik. Untuk memberikan gambaran besar atau kecil derajat hubungan, maka dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4 . 35 Hasil Pengujian Uji Korelasi Campuran Serbuk Kaca

Pengujian	Hasil Uji Korelasi	Kesimpulan
Tekan	-0,964564	Tidak Ada Korelasi
Belah	-0,961981	Tidak Ada Korelasi
Tarik	-0,955435	Tidak Ada Korelasi

r	Kriteria Hubungan
0	Tidak Ada Korelasi
0 - 0,5	Korelasi Lemah
0,5 - 0,8	Korelasi Sedang
0,8 - 1	Korelasi Kuat/Erat
1	Korelasi Sempurna

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian, pengujian dan perhitungan yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan dari adanya optimasi penggunaan serbuk kaca dengan kadar semen minimum pada campuran beton, sesuai dengan rumusan masalah :

1. Dengan adanya penambahan serbuk kaca dengan mengurangi sebagian dari semen tidak mempengaruhi terhadap mutu tekan, tarik, dan belah untuk menjadi lebih meningkat kekuatannya. Semakin banyak penambahan sampel maka semakin turun berat dan kekuatan dari benda uji itu sendiri. Di simpulkan meskipun sifat kaca itu sama-sama memiliki kadar silika, tetapi tidak bisa bereaksi mengikat dengan sempurna di bandingkan dengan sifat asli semen.
2. Tidak ada nilai optimum pada kuat tekan, tarik, dan belah dari prosentase 2,5%; 5,0%; 7,5%; dan 10% dalam material beton.

5.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk :

1. Lebih memahami dan meneliti lebih dalam tentang serbuk kaca yang di pakai pada peneliti terdahulu. Tidak ada kemungkinan bahwa peneliti terdahulu dapat menemukan nilai optimum, yang di karenakan jenis atau karakteristik dari serbuk kaca itu sendiri yang berbeda. Sehingga di penelitian saya ini mengakibatkan penurunan mutu beton terhadap nilai kuat tekan, belah, dan tarik karena memiliki perbedaan kadar pada serbuk kacanya.
2. Serbuk kaca yang digunakan dalam penelitian sebaiknya dilakukan pengkajian latar belakang pada penelitian terdahulu dan melakukan

pengujian kandungan kimia maupun berat jenisnya lebih detail. Dikarenakan jenis dan kandungan kimia yang ada pada serbuk kaca dapat mempengaruhi kekuatan beton, selain itu juga dapat menentukan serbuk kaca tersebut layak atau tidak untuk digunakan dalam campuran beton.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim,(2004), *Semen portland SNI 15-2049-2004*, Badan Standardisasi Nasional,

Anonim,(2014), *Metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder SNI 2491:2014*, Badan Standardisasi Nasional,

Anonim,(2011), *Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan SNI 4431:2011*, Badan Standardisasi Nasional,

Anonim,(2011), *Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder SNI 1974:2011*, Badan Standardisasi Nasional,

Anonim,(2013), *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2013*, Badan Standardisasi Nasional

Anonim,(2002), *Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) dilengkapi penjelasan (S-2002)*, Badan Standardisasi Nasional

Herbudiman dan Januar (2011), *Pemanfaatan serbuk kaca sebagai powder pada selfcompacting concrete. Bandung :InstitutTeknologi Bandung*

Hendra dan Endang (2014) *Pemanfaatan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen pada campuran beton di tinjau dari kekuatan tekan dan kekuatan tarik belah beton. Bangka Balitung :Universitas Bangka Balitung*

Yohanes (2013), *Kuat tekan beton dengan bahan tambah serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen*. Manado : Universitas Sam Ratulangi.

Ferdiana dwi maria (2018) *Pelaksanaan pekerjaan konstruksi beton*. Surakarta : Taka Publisher PT.

Widojoko lilies (2010) *Pengaruh Sifat Kimia Terhadap Unjuk Kerja Mortar*. Surakarta : Universitas Bandar Lampung



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

LAMPIRAN



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

**DOKUMENTASI
PENGUJIAN MATERIAL**





**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

DOKUMENTASI

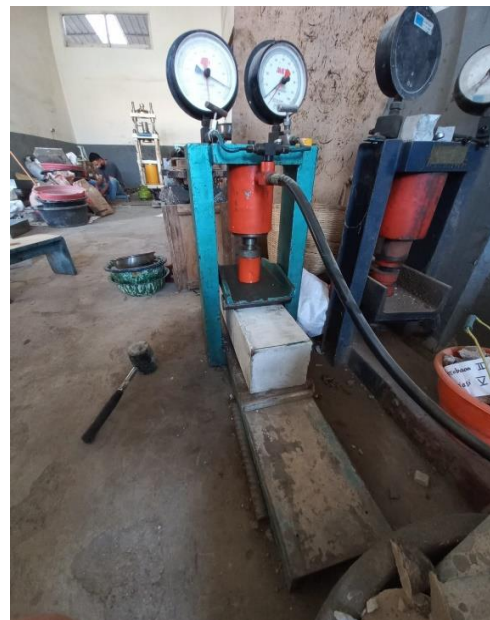
PERSIAPAN BAHAN DAN PENCAMPURAN BETON





**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

**DOKUMENTASI
PENGUJIAN BETON**





**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

	<p>UNIVERSITAS NEGERI MALANG FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL) Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telp. 0341-551312 (psw 200) 574895/ 085106001088 E-mail : laboratoriumsentral@vahoo.co.id / lab_sentral@um.ac.id Website : central-laboratory.um.ac.id</p>	 <p>KAN Komite Akreditasi Nasional Laboratorium Penguji LP-1398-IDN</p>
---	--	---

Customers : Leandro Raga W - ITN Malang											
Contact Customer : 081654987175											
Email : yusrilyahya321@gmail.com											
Test Equipment : XRF											
Received Date : September 21, 2020											
Order Number : LSUM.P.00926.2020											
OPERATOR, ANALYZER & SUPERVISOR											
Analyzer : Mailinda Ayu Hana M, S.Si.											
Supervisor : Nandang Mufti, S.Si.,M.T.,Ph.D.											
SAMPLE CODE											
<table border="1"><thead><tr><th>No</th><th>Nama Sampel</th><th>Metode</th><th>Kode Sampel</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>Serbuk Kaca</td><td>IK.M.E.1*</td><td>E735</td></tr></tbody></table>				No	Nama Sampel	Metode	Kode Sampel	1	Serbuk Kaca	IK.M.E.1*	E735
No	Nama Sampel	Metode	Kode Sampel								
1	Serbuk Kaca	IK.M.E.1*	E735								
Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji.											
*Metode pengujian termasuk dalam ruang lingkup akreditasi.											



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

	UNIVERSITAS NEGERI MALANG FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL) Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telp. 0341-351312 (paw 200) 374895 / 085106600088 E-mail : labmin@unsmalang.ac.id / labcentral@unsmalang.ac.id Website : central-labcentral.unsmalang.ac.id
--	---

LAPORAN HASIL UJI LSUM.LHU.E.0766.2020																	
Customers	: Leandro Raga W. – ITN Malang																
Contact Customer	: 081654987175/ Email : yusriyahya321@gmail.com																
Methods	: IKM E.1																
Test Equipment	: XRF																
Received Date	: 21 September 2020																
Order Number	: LSUM.P.0926.2020																
SPECIMEN DESCRIPTION																	
Condition of Samples	: Sampel sebuk putih dalam plastik klip																
Sample Code	: E 735																
Material Name	: Serbuk kaca																
Measurement time	: 24 September 2020																
OPERATOR, ANALYZER & SUPERVISOR																	
Analyzer	: Mailinda A.H., S.Si																
Supervisor	: Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D																
RESULTS																	
Remark:	<table border="1"><thead><tr><th>No</th><th>Compound</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>Si*</td></tr><tr><td>2</td><td>K</td></tr><tr><td>3</td><td>Ca*</td></tr><tr><td>4</td><td>Ti*</td></tr><tr><td>5</td><td>Cr</td></tr><tr><td>6</td><td>Fe</td></tr><tr><td>7</td><td>Cu</td></tr></tbody></table>	No	Compound	1	Si*	2	K	3	Ca*	4	Ti*	5	Cr	6	Fe	7	Cu
No	Compound																
1	Si*																
2	K																
3	Ca*																
4	Ti*																
5	Cr																
6	Fe																
7	Cu																
-Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji *Dibawah parameter terakreditasi.																	

Mengetahui,
Manajer Teknis

Dra. Surjani Wonorahardjo, Ph.D.
NIP.196605281991032001

Malang, 25 September 2020

Menyetujui
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju FMIPA UM



Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP.197208152005011001



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

24-sep-2020 11:23:25

Sample results

Page 1

Sample ident
E 735

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	24-sep-2020 10:07:37
Position	7

Compound	Si	K	Ca	Ti	Cr	Fe	Cu
Conc	57,5	0,96	38,1	0,28	0,081	2,99	0,11
Unit	%	%	%	%	%	%	%



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

24-sep-2020 10:14:02

Sample results

Page 1

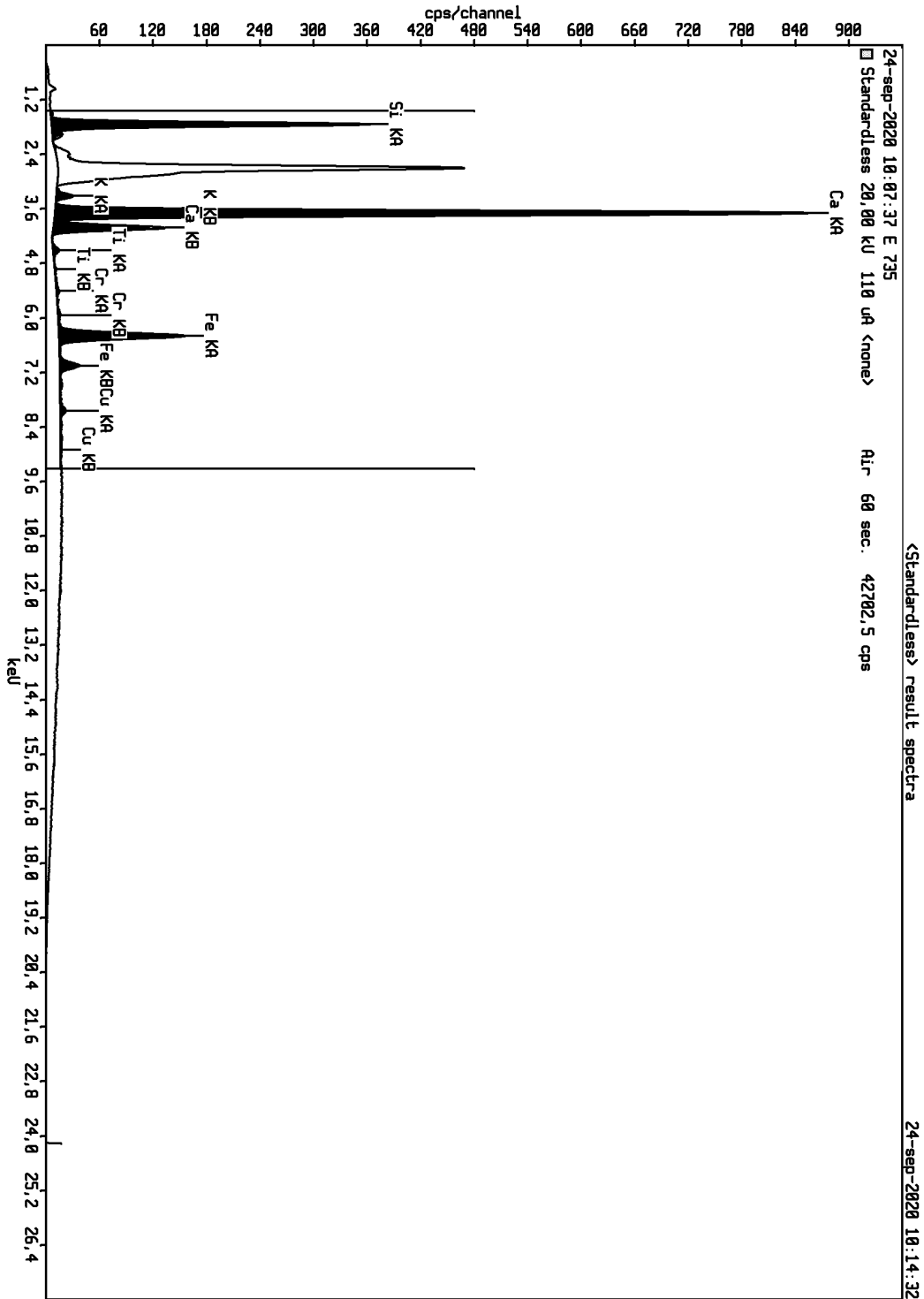
Sample ident
E 735

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	24-sep-2020 10:07:37
Position	7

Compound	Si	K	Ca	Ti	Cr	Fe	Cu
Conc	57,5	0,96	38,1	0,28	0,081	2,99	0,11
Unit	%	%	%	%	%	%	%



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
Jenis : Batu Pecah piranti utama
Permintaan : Leandro raga wahyudi

BERAT ISI AGREGAT KASAR (BATU PECAH) 10/20 mm

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	22190	22250	22260
B.	Berat tempat (gr)	7860	7860	7860
C.	Berat benda uji (gr)	14330	14390	14400
D.	Isi tempat (cm ³)	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1,43	1,44	1,44
F.	Berat isi benda uji rata-ra (gr/cm ³)	1,44		

P A D A T		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	23080	23080	23130
B.	Berat tempat (gr)	7860	7860	7860
C.	Berat benda uji (gr)	15220	15220	15270
D.	Isi tempat (cm ³)	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1,52	1,52	1,53
F.	Berat isi benda uji rata-ra (gr/cm ³)	1,52		



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
Jenis : Pasir lumajang
Permintaan : Leandro raga wahyudi

BERAT ISI HALUS (PASIR)

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	8550	8810	8880
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	5000	5260	5330
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1,67	1,75	1,78
F.	Berat isi benda uji rata-ra (gr/cm ³)	1,73		

P A D A T		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	9440	9220	9480
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	5890	5670	5930
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1,96	1,89	1,98
F.	Berat isi benda uji rata-ra (gr/cm ³)	1,94		



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
Jenis : Semen Gresik Tipe I / PCC (Toko Bangunan)
Permintaan : Leandro raga wahyudi

BERAT ISI SEMEN

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7090	6960	8880
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	3540	3410	3500
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1,180	1,137	1,167
F.	Berat isi benda uji rata-ra (gr/cm ³)	1,161		

P A D A T		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7490	7620	7380
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	3940	4070	3830
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1,313	1,357	1,277
F.	Berat isi benda uji rata-ra (gr/cm ³)	1,316		



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
Jenis : Serbuk kaca
Permintaan : Leandro raga wahyudi

SERBUK KACA

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7640	7680	7650
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	4090	4130	4100
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1,36	1,38	1,37
F.	Berat isi benda uji rata-ra (gr/cm ³)	1,37		

P A D A T		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	8100	8040	8010
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	4550	4490	4460
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1,52	1,50	1,49
F.	Berat isi benda uji rata-ra (gr/cm ³)	1,50		



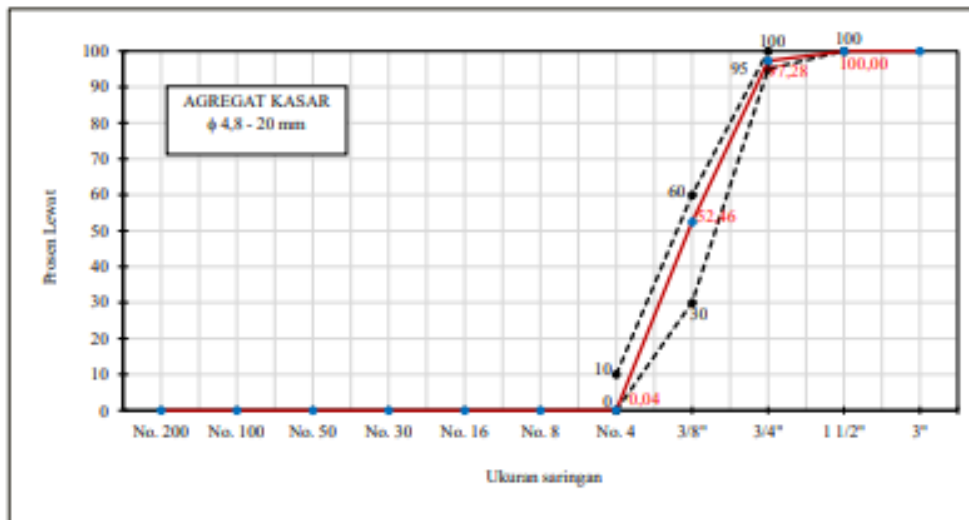
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
 Jenis : Batu Pecah piranti utama
 Permintaan : Leandro raga wahyudi

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR 10/20 mm

Berat contoh kering : 14899,7 gr

Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76,2 mm (3")	0,0	0,0	0,0	100,0
38,1 mm (1 1/2")	0,0	0,0	0,0	100,0
19,1 mm (3/4")	405,8	2,7	2,7	97,3
9,6 mm (3/8")	6678,2	44,8	47,5	52,5
4,75 mm (No. 4)	7809,7	52,4	100,0	0,0
2,36 mm (No. 8)	6,0	0,0	100,0	0,0
1,18 mm (No. 16)	0,0	0,0	100,0	0,0
0,6 mm (No. 30)	0,0	0,0	100,0	0,0
0,3 mm (No. 50)	0,0	0,0	100,0	0,0
0,15 mm (No. 100)	0,0	0,0	100,0	0,0
0,075 mm (No. 200)	0,0	0,0	100,0	0,0
pan	0,0	0,0	100,0	0,0





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

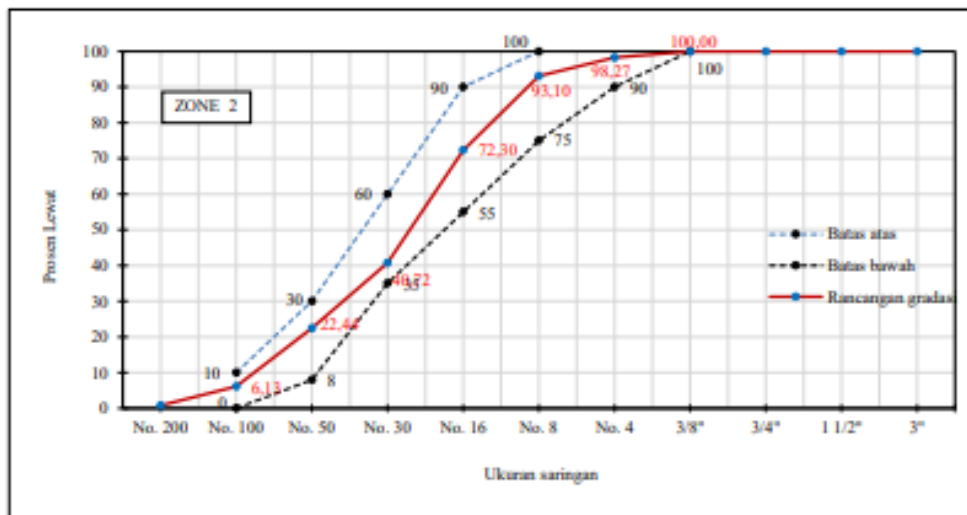
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
 Jenis : Pasir Lumajang (Toko Bangunan)
 Permintaan : Leandro raga wahyudi

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Berat contoh kering : 1952,2 gr

Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76,2 mm (3")	0,0	0,0	0,0	100,0
38,1 mm (1 1/2")	0,0	0,0	0,0	100,0
19,1 mm (3/4")	0,0	0,0	0,0	100,0
9,6 mm (3/8")	0,0	0,0	0,0	100,0
4,75 mm (No. 4)	33,8	1,7	1,7	98,3
2,36 mm (No. 8)	100,9	5,2	6,9	93,1
1,18 mm (No. 16)	406,1	20,8	27,7	72,3
0,6 mm (No. 30)	616,4	31,6	59,3	40,7
0,3 mm (No. 50)	356,9	18,3	77,6	22,4
0,15 mm (No. 100)	318,4	16,3	93,9	6,1
0,075 mm (No. 200)	104,2	5,3	99,2	0,8
pan	15,5	0,8	100,0	0,0





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
Jenis : Pasir Lumajang (Toko Bangunan)
Permintaan : Leandro raga wahyudi

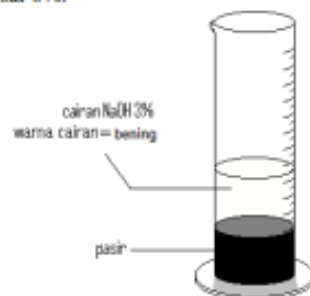
KADAR LUMPUR dan KADAR ZAT ORGANIK AGREGAT HALUS

Dari hasil pengujian kadar lumpur yang telah kami laksanakan, didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_1 \text{ (tinggi pasir)} &= 490 \\ V_2 \text{ (tinggi lumpur)} &= 10 \\ \text{Kadar lumpur} &= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100 \% \\ &= 2 \% \end{aligned}$$

Dengan hasil tersebut di atas, maka pasir yang diperiksa memenuhi syarat digunakan untuk campuran beton, dikarenakan kadar lumpurnya < 5% (merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton).

Untuk pengujian zat organik agregat halus didapatkan warna bening, yang berarti bahwa bahan yang diperiksa mempunyai kandungan zat organik yang dapat menurunkan kekuatan beton sebesar 0%.



Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pasir yang diperiksa memenuhi syarat untuk dipergunakan sebagai agregat halus untuk campuran beton.



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

PEMERIKSAAN BERAT JENIS

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
Jenis : Serbuk kaca
Permintaan : Leandro raga wahyudi

Kode		Kode	
Nomor Botol		d1	d3
Berat picno + s.kaca (W_2)	gr	105,2	103,4
Berat picno (W_1)	gr	40,3	39,6
Berat s.kaca ($W_2 - W_1$)	gr	64,9	63,8
Suhu (T)	°C	27	27
Berat Botol + Air pada T (W_4)	gr	139,9	138,6
$W_2 - W_1 + W_4$	gr	204,8	202,4
Berat Botol + Air + s. kaca (W_3)	gr	177,6	176,3
Faktor Koreksi Suhu		0,9965	0,9965
Isi Tanah ($W_2 - W_1$) + ($W_4 - W_3$)	cm ³	27,20	26,10
Berat Jenis s. kaca		2,378	2,436
Rata-rata		2,407	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
Jenis : Batu Pecah piranti utama
Permintaan : Leandro raga wahyudi

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR 10/20 mm

		A	B	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B _k	4938,4	4940,2	4939,3
Berat contoh kering permukaan jenuh	B _j	5001,1	5001,2	5001,2
Berat contoh di dalam air	B _a	3184,5	3179,5	3182,0
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2,72	2,71	2,72
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2,75	2,75	2,75
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2,82	2,81	2,81
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	1,27	1,23	1,25



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
 Jenis : Pasir Lumajang (Toko Bangunan)
 Permintaan : Leandro raga wahyudi

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

		Putih	Hitam	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	498,1	497,5	497,8
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500,0	500,0	500,0
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	657,2	658,6	657,9
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	972,4	973,1	972,8
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{(B+Bj-Bt)}$	2,70	2,68	2,69
Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	$\frac{Bj}{(B+Bj-Bt)}$	2,71	2,70	2,70
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B+Bk-Bt)}$	2,72	2,72	2,72
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\%$	0,38	0,50	0,44



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
 Jenis : Batu Pecah piranti utama
 Permintaan : Leandro raga wahyudi

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
 dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)
 AASHTO T 96 - 77

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah	Berat sebelum	Berat sesudah
76,20 mm (3")	63,50 mm (2,5")				
63,50 mm (2,5")	50,80 mm (2")				
50,80 mm (2")	37,50 mm (1,5")				
37,50 mm (1,5")	25,40 mm (1")				
25,40 mm (1")	19,00 mm (3/4")				
19,00 mm (3/4")	12,50 mm (1/2")	2500			
12,50 mm (1/2")	9,50 mm (3/8")	2500			
9,50 mm (3/8")	6,30 mm (1/4")				
6,30 mm (1/4")	4,75 mm (No. 4)				
4,75 mm (No. 4)	2,38 mm (No. 8)	-			
Jumlah berat		5000			
berat tertahan saringan no 12 & 4			3828,3		

		I	II	
a	Berat benda uji semula (gr)	5000		Rata-rata
b	Berat benda uji tertahan saringan No.12 & no.4 (gr)	3828,3		
	Keausan : $\frac{a-b}{a} \times 100 \%$	23,43		23,43



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

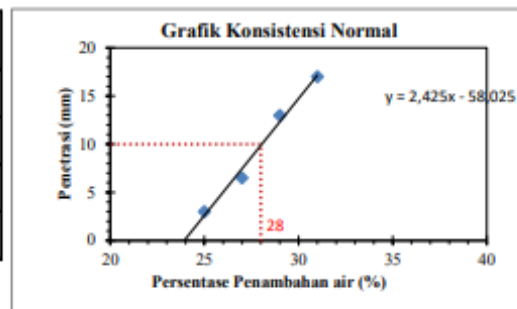
Pekerjaan : Penelitian Skripsi
 Jenis : Semen Tiga Roda Tipe I / PCC (Toko Bangunan)
 : Serbuk kaca
 Permintaan : Leandro raga wahyudi

KONSISTENSI NORMAL dan WAKTU IKAT SEMEN NORMAL

KONSISTENSI NORMAL

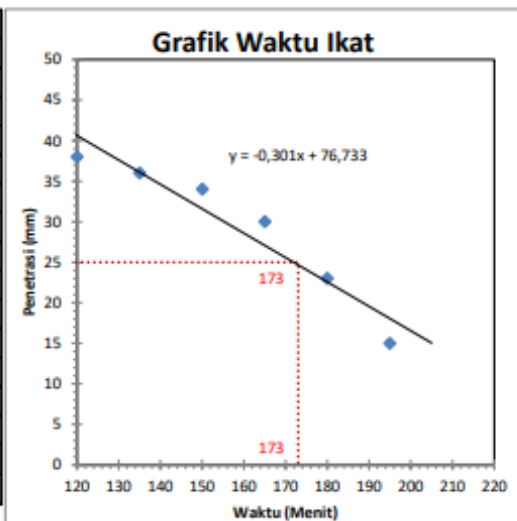
No.	Berat semen	Penambahan air		Penetrasi (mm)
		ml	%	
1	500	125	25,00	3
2	500	135	27,00	6,5
3	500	145	29,00	13
4	500	155	31,00	17

140



WAKTU IKAT

Awal		
No.	Waktu (menit)	Penetrasi (mm)
1	105	40
2	120	38
3	135	36
4	150	34
5	165	30
6	180	23
7	195	15
8	210	Berbekas
9	225	Berbekas
10	240	Berbekas
11	255	Berbekas
12	270	Berbekas
13	285	Tidak berbekas
Akhir		
285		



Hasil :

Konsistensi normal : 28 %
 Waktu ikat awal : 173 menit
 Waktu ikat akhir : 285 menit

24



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

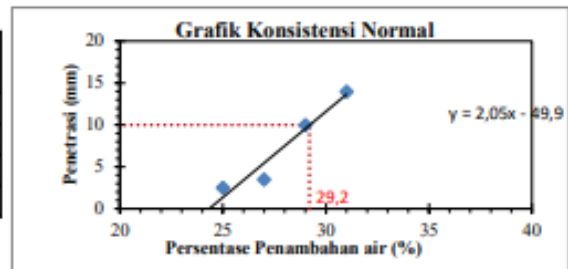
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
 Jenis : Semen Tiga Roda Tipe I / PCC (Toko Bangunan)
 Permintaan : Leandro raga wahyudi

KONSISTENSI CAMPURAN dan WAKTU IKAT SEMEN 2.5%

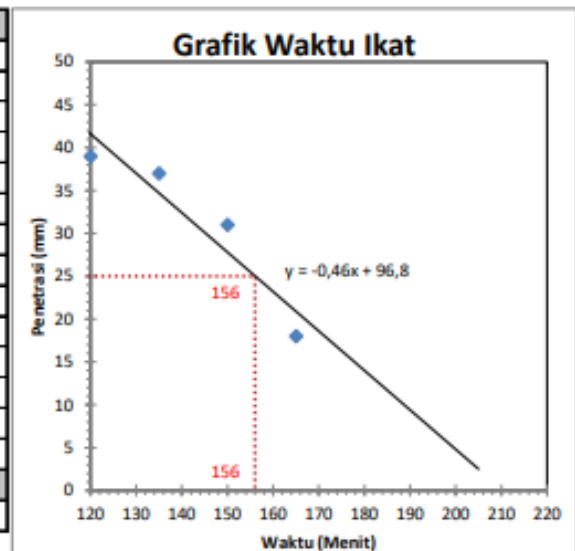
KONSISTENSI CAMPURAN

No.	Berat smen&s.kca	Penambahan air		Penetrasi (mm)
		ml	%	
1	500	125	25,00	2,5
2	500	135	27,00	3,5
3	500	145	29,00	10
4	500	155	31,00	14
		146		



WAKTU IKAT

Awal		
No.	Waktu (menit)	Penetrasi (mm)
1	105	40
2	120	39
3	135	37
4	150	31
5	165	18
6	180	Berbekas
7	195	Berbekas
8	210	Berbekas
9	225	Tidak berbekas
10	240	Tidak berbekas
11	255	Tidak berbekas
12	270	Tidak berbekas
13	285	Tidak berbekas
Akhir		
225		



Hasil :
 Konsistensi normal : 29,2 %
 Waktu ikat awal : 156 menit
 Waktu ikat akhir : 225 menit



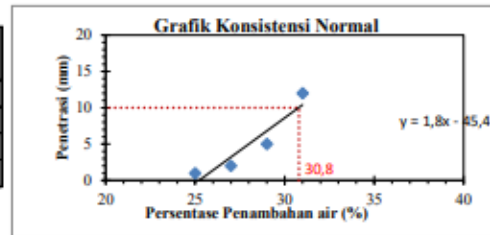
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
 Jenis : Semen Tiga Roda Tipe 1 / PCC (Toko Bangunan)
 Permintaan : Leandro raga wahyudi

KONSISTENSI CAMPURAN dan WAKTU IKAT SEMEN 5%

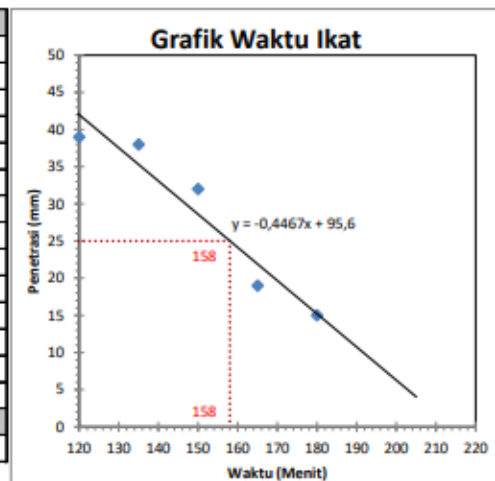
KONSISTENSI CAMPURAN

No.	Berat smen&s.kca	Penambahan air		Penetrasi (mm)
		ml	%	
1	500	125	25,00	2,00
2	500	135	27,00	3,00
3	500	145	29,00	8,50
4	500	155	31,00	13,50
		140		



WAKTU IKAT

Awal		
No.	Waktu (menit)	Penetrasi (mm)
1	105	40
2	120	39
3	135	38
4	150	32
5	165	19
6	180	15
7	195	Berbekas
8	210	Berbekas
9	225	Tidak berbekas
10	240	Tidak berbekas
11	255	Tidak berbekas
12	270	Tidak berbekas
13	285	Tidak berbekas
Akhir		
225		



Hasil :
 Konsistensi normal : 28 %
 Waktu ikat awal : 158 menit
 Waktu ikat akhir : 225 menit



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

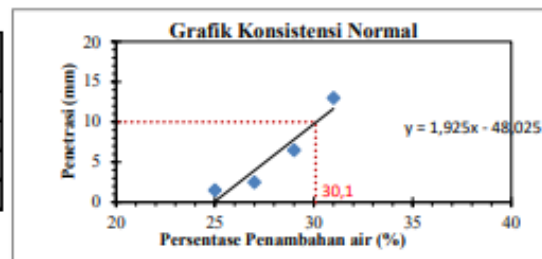
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
 Jenis : Semen Tiga Roda Tipe I / PCC (Toko Bangunan)
 Permintaan : Leandro raga wahyudi

KONSISTENSI CAMPURAN dan WAKTU IKAT SEMEN 7.5%

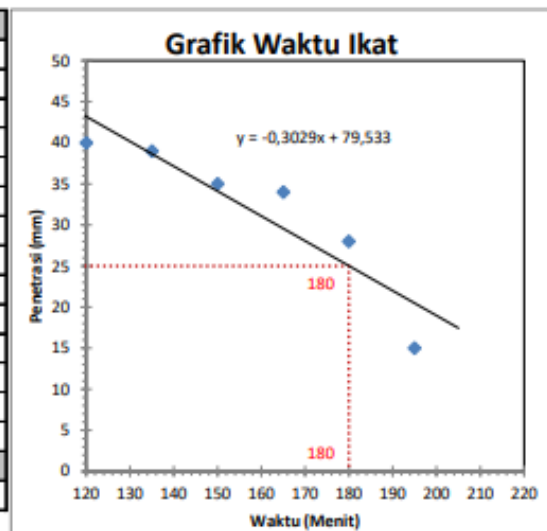
KONSISTENSI CAMPURAN NORMAL

No.	Berat smen&s.kca	Penambahan air		Penetrasi (mm)
		ml	%	
1	500	125	25,00	1,5
2	500	135	27,00	2,5
3	500	145	29,00	6,5
4	500	155	31,00	13
		150,5		



WAKTU IKAT

Awal		
No.	Waktu (menit)	Penetrasi (mm)
1	105	40
2	120	40
3	135	39
4	150	35
5	165	34
6	180	28
7	195	15
8	210	Berbekas
9	225	Berbekas
10	240	Berbekas
11	255	Berbekas
12	270	Berbekas
13	285	Tidak berbekas
Akhir		
285		



Hasil :
 Konsistensi normal : 30,1 %
 Waktu ikat awal : 180 menit
 Waktu ikat akhir : 285 menit



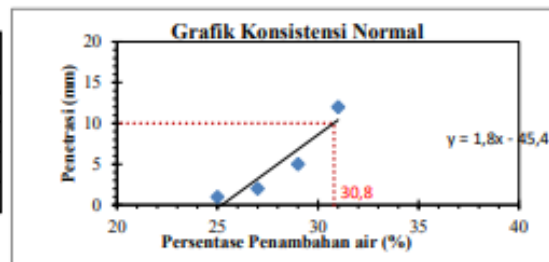
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
 Jenis : Semen Tiga Roda Tipe I / PCC (Toko Bangunan)
 Permintaan : Leandro raga wahyudi

KONSISTENSI CAMPURAN dan WAKTU IKAT SEMEN 10%

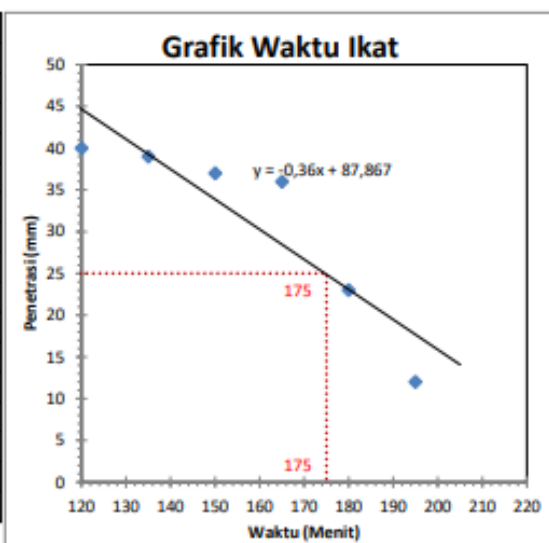
KONSISTENSI CAMPURAN

No.	Berat smen&s.kca	Penambahan air		Penetrasi (mm)
		ml	%	
1	500	125	25,00	1
2	500	135	27,00	2
3	500	145	29,00	5
4	500	155	31,00	12
		154		



WAKTU IKAT

Awal		
No.	Waktu (menit)	Penetrasi (mm)
1	105	40
2	120	40
3	135	39
4	150	37
5	165	36
6	180	23
7	195	12
8	210	Berbekas
9	225	Berbekas
10	240	Berbekas
11	255	Berbekas
12	270	Berbekas
13	285	Tidak berbekas
Akhir		
285		



Hasil :
 Konsistensi normal : 30,8 %
 Waktu ikat awal : 175 menit
 Waktu ikat akhir : 285 menit



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
Jenis : Pasir Lumajang (Toko Bangunan)
Permintaan : Leandro raga wahyudi

BAHAN LOLOS SARINGAN NO. 200 Agregat Halus

Nomor test			D	C
Berat tempat + contoh	(W ₁)	(gram)	754,4	758,2
Berat tempat	(W ₂)	(gram)	104,4	108,2
Berat contoh	(W ₃)	(gram)	650,0	650,0
Data contoh setelah pencucian dengan air, kemudian dikeringkan dengan oven				
Berat tempat + contoh oven	(W ₄)	(gram)	750,4	752,4
Berat contoh oven	W ₅ = W ₄ - W ₂	(gram)	646,0	644,2
Jumlah bahan lewat saringan no. 200 $W_6 = (W_3 - W_5) / W_3$			0,62	0,89
Jumlah bahan lewat saringan no. 200 rata - rata %			0,75	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
Jenis : Batu Pecah piranti utama
Permintaan : Leandro raga wahyudi

BAHAN LOLOS SARINGAN NO. 200 Agregat Kasar 10/20 mm

Nomor test			A	B
Berat tempat + contoh	(W ₁)	(gram)	3333,1	3313,0
Berat tempat	(W ₂)	(gram)	133,10	113,0
Berat contoh	(W ₃)	(gram)	3200,0	3200,0
Data contoh setelah pencucian dengan air, kemudian dikeringkan dengan oven				
Berat tempat + contoh oven	(W ₄)	(gram)	3326,2	3307,4
Berat contoh oven	W ₅ = W ₄ - W ₂	(gram)	3193,1	3194,4
Jumlah bahan lewat saringan no. 200 $W_6 = (W_3 - W_5) / W_3$			0,22	0,17
Jumlah bahan lewat saringan no. 200 rata - rata %			0,20	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
 Jenis : Pasir Lumajang (Toko Bangunan)
 : Batu Pecah piranti utama
 Permintaan : Leandro raga wahyudi

KADAR AIR AGREGAT

AGREGAT KASAR 10/20 mm		ASLI		SSD	
	Nomor test	K10/10	B4K	A	B
A.	Berat tempat (gr)	2090	2300	113,3	113,1
B.	Berat tempat + contoh (gr)	10300	10320	1080,2	1075,6
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	10090	10100	1067,6	1060,0
D.	Kadar air $\frac{B-C}{C-A} \times 100\%$ (%)	2,63	2,82	1,32	1,65
F.	Kadar air rata-rata (%)	2,72		1,48	

AGREGAT HALUS		ASLI		SSD	
	Nomor test	D	B	merah	kuning
A.	Berat tempat (gr)	2780	2930	124,7	107
B.	Berat tempat + contoh (gr)	19810	19540	1158,8	1252,1
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	18640	18250	1148,4	1241,4
D.	Kadar air $\frac{B-C}{C-A} \times 100\%$ (%)	7,38	8,42	1,02	0,94
F.	Kadar air rata-rata (%)	7,90		0,98	

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
 Pekerjaan : Serbuk kaca
 Permintaan : Leandro raga wahyudi

SERBUK KACA		ASLI	
	Nomor test	A	B
A.	Berat tempat (gr)	112,8	111,7
B.	Berat tempat + contoh (gr)	1170,1	1197,6
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	1168,7	1195,9
D.	Kadar air = $\frac{B-C}{C-A} \times 100\%$ (%)	0,13	0,16
F.	Kadar air rata-rata (%)	0,14	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
Jenis : Semen Gresik Tipe I / PCC (Toko Bangunan)
Permintaan : Leandro raga wahyudi

BERAT JENIS SEMEN PORTLAND

		I	II	Rata-rata
Berat semen	(gr)	64,00	64,00	64,00
Pembacaan pertama pada skala botol	V_1	0,15	0,20	0,18
Pembacaan kedua pada skala botol	V_2	21,90	21,20	21,55
Isi cairan yang dipindahkan oleh semen dengan berat tertentu	$V_2 - V_1$	21,75	21,00	21,38
Berat isi air pada 4°C	d (gr/cm ³)	1,00	1,00	1,00
Berat jenis semen	$\frac{\text{Berat semen}}{(V_2 - V_1)} \times d$	2,94	3,05	3,00

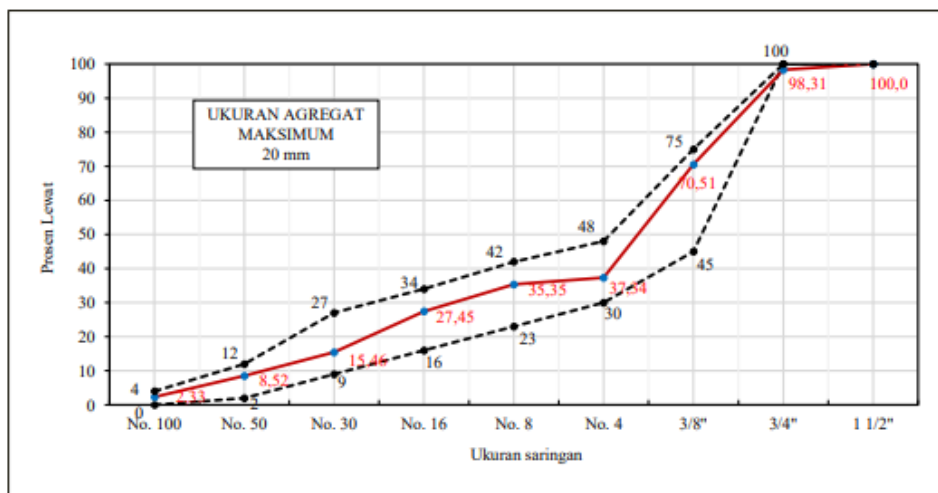


LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
 Jenis : Batu Pecah piranti utama
 : Pasir Lumajang (Toko Bangunan)
 Permintaan : Leandro raga wahyudi

GRADASI GABUNGAN AGREGAT HALUS dan KASAR

Ukuran saringan	Lewat Kumulatif Agregat		% Lolos Agregat		% Lolos Agregat Gabungan Halus & Kasar
	Halus	Kasar	Halus	Kasar	Hasil
76,2 mm (3")	100,00	100,00	37,97	62,03	100,00
38,1 mm (1 1/2")	100,00	100,00	37,97	62,03	100,00
19,1 mm (3/4")	100,00	97,28	37,97	60,34	98,31
9,60 mm (3/8")	100,00	52,46	37,97	32,54	70,51
4,75 mm (No. 4)	98,27	0,04	37,32	0,02	37,34
2,36 mm (No. 8)	93,10	0,00	35,35	0,00	35,35
1,18 mm (No. 16)	72,30	0,00	27,45	0,00	27,45
0,60 mm (No. 30)	40,72	0,00	15,46	0,00	15,46
0,30 mm (No. 50)	22,44	0,00	8,52	0,00	8,52
0,15 mm (No. 100)	6,13	0,00	2,33	0,00	2,33
0,075 mm (No. 200)	0,79	0,00	0,30	0,00	0,30
pan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00





LABORATORIUM BAHANKONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. 551951 - 551431 Pes. 256 Malang

Pekerjaan : Penelitian Skripsi
 Jenis : Batu Pecah piranti utama
 : Pasir Lumajang (Toko Bangunan)
 Permintaan : Leandro raga wahyudi

REKAPITULASI HASIL PENGUJIAN MATERIAL

No.	Pengujian	Standar Acuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Berat isi agregat halus (gr/cm ³) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,73	-
				1,94	
2	Berat isi semen (gr/cm ³) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,16	-
				1,32	
3	Berat isi sgregat kasar 10/20 (gr/cm ³) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,44	-
				1,52	
4	Analisa saringan agregat halus	SNI 03-1968-1990	-	Zone 2	-
5	Analisa saringan agregat kasar 10/20mm	SNI 03-1968-1990	-	Maks. 20 mm	-
6	Bahan lolos saringan No.200 agregat halus (%)	SNI 03-4142-1996	Maks. 5	0,75	Memenuhi
7	Bahan lolos saringan No.200 agregat kasar 10/20 (%)	SNI 03-4142-1996	Maks. 5	0,20	Memenuhi
8	Kadar lumpur agregat halus (%)	SNI 03-4428-1997	Maks. 5	0,10	Memenuhi
7	Kadar zat organik agregat halus	SNI 2816:2014	-	Warna cairan bening	-
8	Kadar air asli agregat (%) • Agregat halus • Agregat kasar 10/20mm	SNI 03-1971-1990	-	7,90	-
				2,72	
9	Kadar air <i>ssd</i> agregat (%) • Agregat halus • Agregat kasar 10/20mm	SNI 03-1971-1990	-	0,98	-
				1,48	
10	Bj <i>bulk</i> agregat halus Bj <i>ssd</i> agregat halus Bj <i>apparent</i> agregat halus Penyerapan agregat halus (%) absorpsi	SNI 1970:2008	Min. 2,5	2,69	Memenuhi
			-	2,70	-
			-	2,72	-
			Maks. 3	0,44	Memenuhi
11	Bj <i>bulk</i> agregat kasar Bj <i>ssd</i> agregat kasar Bj <i>apparent</i> agregat kasar Penyerapan agregat kasar (%) absorpsi	SNI 1970:2008	Min. 2,5	2,72	Memenuhi
			-	2,75	-
			-	2,81	-
			Maks. 3	1,25	Memenuhi
12	Bj Semen Tiga Roda Tipe 1/PCC	SNI 03-2531-1991	-	3,00	-
13	Konsistensi dan Waktu ikat semen normal •Waktu ikat awal (menit) •Waktu ikat akhir (menit)	SNI 15-2049-2004	Min. 45	173	Memenuhi
			Maks. 375	285	Memenuhi
14	Abrasi (<i>los angeles</i>) %	SNI 2417:2008	Maks. 40	23,43	Memenuhi