

**ANALISA KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER
DENGAN BAHAN ALTERNATIF ABU SEKAM PADI
DAN KAPUR PADAM**

SKRIPSI

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Oleh :

Teguh Utomo
NIM. 132510016

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOREJO
2017**



HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER
DENGAN BAHAN ALTERNATIF ABU SEKAM PADI DAN
KAPUR PADAM**

Oleh
Teguh Utomo
NIM. 132510016

Skripsi ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Purworejo
Pada tanggal: 23 Agustus 2017

TIM PENGUJI

Agung Nusantoro, M.T.
(Penguji Utama)

Eksi Widyananto, M.Eng.
(Penguji I/ Pembimbing I)

Nurmansyah Alami, M.T.
(Penguji II/ Pembimbing II)

Purworejo, 23 Agustus 2017
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Purworejo

H. Muhamad Taufiq, M.Eng.
NIDN. 06 1808 7003



Onsanti

Eksi Widyananto

Nurmansyah Alami

H. Muhamad Taufiq

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO:

“Orang yang menuntut ilmu berarti menuntut rahmat; orang yang menuntut ilmu berarti menjalankan rukun islam dan pahala yang diberikan kepada sama dengan para Nabi”

(HR. Dailani dari Anas r.a)

Jalani hidup ini dengan pilihan di tanganmu, kekuatan terbesar ada didalam dirimu dan bermanfaatlah bagi orang lain

(penulis)

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya ini dengan sepenuh hati karena Allah SWT dan terima kasihku kepada:

Bapak dan Ibuku yang selalu memberikanku dukungan berupa do'a restu, motivasi dan semangat yang tidak akan pernah habis.

Kakak dan Adiku tercinta yang menjadi tujuan utama dan semangatku dalam menempuh jenjang pendidikan ini.

Semua teman-teman seperjuanganku (angkatan 2013 Khususnya) yang selalu memberi semangat serta pembelajaran yang luas biasa.

Dosen dan karyawan program studi teknik sipil yang telah banyak membagi ilmunya dengan penuh kesabaran.

Seluruh teman-teman yang telah banyak memberi dukungan dan calon istri yang masih menjadi rahasia Allah SWT

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Teguh Utomo

NIM : 132510016

Program Studi : Teknik Sipil

menyatakan bahwa yang ditulis di dalam skripsi ini adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan plagiat karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Apabila terbukti atau dapat dibuktikan bahwa skripsi ini adalah hasil plagiat, saya bersedia bertanggung jawab secara hukum untuk diperkarakan oleh Universitas Muhammadiyah Purworejo.

Purworejo, 22 Agustus 2017

Yang membuat pernyataan,



Teguh Utomo

PRAKATA



Assalamu'alaikum warohmatullahiwabarakatuh

Segala puji bagi Allah SWT, Pemberi petunjuk serta hidayah bagi kita. Atas limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga naskah Skripsi ini dapat penyusun selesaikan.

Penyusunan Skripsi ini merupakan syarat yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa untuk memperoleh derajat kesarjanaan (Strata 1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purworejo, walaupun dengan kemampuan yang sangat terbatas, penyusun berusaha untuk memenuhi persyaratan ini. Dalam penyusunan Skripsi ini, penyusun telah menerima banyak bantuan dari berbagai pihak baik berupa saran , bimbingan, dan dorongan moral maupun material. Untuk itu pada kesempatan yang baik ini penyusun ingin mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Drs. H. Supriyono, M.Pd. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Purworejo.
2. Bapak H. Muhamad Taufik, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Purworejo.
3. Bapak Agung Setiawan, M.T., selaku Ketua Progran Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purworejo.
4. Bapak Eksi Widiananto, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah banyak membantu dan memberikan saran hingga skripsi ini selesai.

5. Bapak Nurmansyah Alami, M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Kepala Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purworejo serta Dosen Pembimbing II, yang telah banyak membantu dan memberikan saran hingga skripsi ini selesai.
6. Para Dosen Pengajar serta karyawan tata usaha Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purworejo khususnya.
7. Bapak/Ibu, kakak, adiku serta keluarga besar terima kasih atas motivasi, dukungan serta do'a yang selalu mengiringi hidupku.
8. Rekan-rekan Mahasiswa-mahasiswi angkatan 2013 yang telah banyak membantu dalam penyusunan Skripsi ini
9. Semua pihak yang tak sempat penyusun sebutkan satu-persatu, semoga Allah SWT membalaskan dengan amal kebaikan.

Penyusun menyadari bahwa Skripsi ini teramat jauh dari kesempurnaan, hal itu disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penyusun, oleh karena itu diharapkan saran dan kritik serta masukan yang bersifat membangun. Semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat baik dan bermanfaat untuk para pembaca.

Amin.

Wassalamu'alaikum warohmatullohiwabarokatuh

Purworejo, 22 Agustus 2017
Penyusun



Teguh Utomo

ABSTRAK

Teguh Utomo “Analisa Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan Bahan Alternatif Abu Sekam Padi dan Kapur Padam”. Skripsi. Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Purworejo, 2017.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton geopolimer dengan variasi abu sekam padi dan kapur padam.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental (percobaan langsung di laboratorium), dengan menentukan faktor air baru dan komposisi campuran. Perawatan beton dilakukan dengan suhu ruang. dalam penelitian ini menggunakan variasi abu sekam padi:kapur padam, 70:30, 80:20, 90:10, 100:0. Faktor air baru didapat 0,85 dari berat binder. Perbandingan NaOH : Na_2SiO_3 yang digunakan adalah 1:2,5. Benda uji silinder yang digunakan berdiameter 85 mm, tinggi 170, dan sebanyak 36 benda uji.

Hasil nilai kuat tekan rata-rata beton geopolimer pada variasi 70:30 (Abu Sekam Padi : Kapur Padam), pada umur 7,14, dan 28 hari dengan hasil berturut-turut adalah 3,644 MPa, 3,924 MPa, dan 2,579 MPa, Variasi 80:20 (Abu Sekam Padi : Kapur Padam) adalah 4,205 MPa, 3,924 MPa, dan 3,364 Mpa, variasi 90:10 (Abu Sekam Padi : Kapur Padam) adalah 3,644 MPa, 3,644 MPa, dan 3,308 MPa, variasi 100:0 (Abu Sekam Padi : Kapur Padam) adalah 3,084 MPa, 3,364 MPa, dan 2,411 MPa. Kuat tekan optimum yang diperoleh dalam penelitian adalah pada variasi abu sekam padi:kapur padam (80:20) yaitu sebesar 4,205 MPa. Berdasarkan jenis beton menurut kuat tekannya, maka beton geopolimer berbahan abu sekam padi dan kapur padam termasuk ke dalam beton sederhana yaitu beton untuk bagian-bagian non-struktur.

Kata kunci: beton geopolimer, abu sekam padi, kapur padam, nilai kuat tekan

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
PERNYATAAN	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN TEORI, TINJAUAN PUSTAKA, DAN HIPOTESIS	
A. Kajian Teori	6
1. Beton.....	6
2. Geopolimer	6
3. Bahan Pembentuk Beton Geopolimer	9
4. Tata Cara Pembuatan Benda Uji Beton di laboratorium	28
5. Uji <i>Slump</i> Beton.....	31
6. Uji Kuat tekan.....	34
B. Tinjauan Pustaka	36
C. Hipotesis	40
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Desain Penelitian	41
B. Tempat dan Waktu Penelitian.....	41
C. Bahan dan Alat Penelitian	41
D. Pemeriksaan Bahan Material	43
E. Variabel penelitian.....	44
F. Perencanaan Campuran	44
G. Proses Pembuatan Bahan Uji.....	45
H. Pengujian Kuat Tekan Beton.....	46
I. Diagram Alur Penelitian	47

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Pengujian Bahan-bahan Dasar Penyusun Beton	49
B. Perhitungan Rencana Campuran Beton Geopolimer	49
C. Pengadukan Beton	60
D. Pengujian Kekentalan Adukan (Slump Test)	60
E. Perawatan Beton	60
F. Hasil Pengujian Beton Geopolimer	61
G. Pembahasan	81
BAB V PENUTUP	
A. Simpulan	84
B. Saran-saran	85
DAFTAR PUSTAKA	86
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Spesifikasi agregat kasar (Kerikil Atau Koral)	19
Tabel 2. Komposisi Kimia Abu Sekam Padi	24
Tabel 3. Nilai Slump Beton Segar.....	34
Tabel 4. Beberapa jenis Beton Menurut Kuat Tekannya	35
Tabel 5. Kuat Tekan dan Faktor Pengali untuk Berbagai Ukuran Silinder Beton (A.M. Neville, 1977).....	36
Tabel 6. Faktor Pengali Untuk Berbagai Rasio Panjang/Diameter Silinder Beton (A.M. Neville, 1977).....	36
Tabel 7. Jumlah Benda Uji Beton Geopolimer	45
Tabel 8. Perencanaan Campuran	46
Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Gradasi Pasir Brosot	49
Tabel 10. Hasil Pemeriksaan Analisa Gradasi Pasir Brosot	50
Tabel 11. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Pasir	51
Tabel 12. Hasil Pemeriksaan Kandungan Lumpur dalam Pasir.....	52
Tabel 13. Hasil Pemeriksaan Kandungan Lumpur dalam Pasir.....	52
Tabel 14. Hasil Pemeriksaan Gradasi Kerikil	53
Tabel 15. Hasil Pemeriksaan MHB Kerikil	54
Tabel 16. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Kerikil.....	55
Tabel 17. Faktor Air Baru	57
Tabel 18. Kebutuhan Bahan untuk Pembuatan Benda Uji.....	59
Tabel 19. Hasil Pengujian <i>Slump</i>	60
Tabel 20. Hasil Pengujian Kuat Tekan 60 Variasi 70% ASP dan 30% Kapur padam Umur 7 Hari	62
Tabel 21. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 70% ASP dan 30% Kapur padam Umur 14 Hari	63
Tabel 22. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 70% ASP dan 30% Kapur padam Umur 28 Hari	64
Tabel 23. Rekap Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 70% ASP dan 30% Kapur Padam	65
Tabel 24. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 80% ASP dan 20% Kapur padam Umur 7 Hari	67
Tabel 25. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 80% ASP dan 20% Kapur padam Umur 14 Hari	68
Tabel 26. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 80% ASP dan 20% Kapur padam Umur 28 Hari	69
Tabel 27. Rekap Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 80% ASP dan 20% Kapur Padam	70
Tabel 28. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 90% ASP dan 10% Kapur padam Umur 7 Hari	72
Tabel 29. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 90% ASP dan 10% Kapur padam Umur 14 Hari	73

Tabel 30. Hasil Pengujian Kuat Tekan	
Variasi 90% ASP dan 10% Kapur padam Umur 28 Hari	74
Tabel 31. Rekap Hasil Pengujian Kuat Tekan	
Variasi 90% ASP dan 10% Kapur Padam	75
Tabel 32. Hasil Pengujian Kuat Tekan	
Variasi 100% ASP dan 0% Kapur padam Umur 7 Hari	76
Tabel 33. Hasil Pengujian Kuat Tekan	
Variasi 100% ASP dan 0% Kapur padam Umur 14 Hari	78
Tabel 34. Hasil Pengujian Kuat Tekan	
Variasi 100% ASP dan 0% Kapur padam Umur 28 Hari	79
Tabel 35. Rekap Hasil Pengujian Kuat Tekan	
Variasi 100% ASP dan 0% Kapur Padam	80
Tabel 36. Rekap Hasil Pengujian Keseluruhan	81
Tabel 37. Rekap Hasil Pengujian Keseluruhan	82

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Grafik Batas Gradasi Butir Pasir Kasar.....	11
Gambar 2. Grafik Batas Gradasi Butir Pasir Agak Kasar.....	11
Gambar 3. Grafik Batas Gradasi Butir Pasir Agak Halus.....	12
Gambar 4. Grafik Batas Gradasi Butir Pasir Halus.....	12
Gambar 5. Grafik Batas Gradasi Kerikil Ukuran Maksimum 40 mm	20
Gambar 6. Grafik Batas Gradasi Kerikil Ukuran Maksimum 20 mm	20
Gambar 7. Grafik Batas Gradasi Kerikil Ukuran Maksimum 10 mm	21
Gambar 8. Proses Pembuatan Abu Sekam Padi	23
Gambar 9. Alur Polimerisasi	28
Gambar 10. Cetakan Untuk Uji Slump Beton (Kerucut Abram)	32
Gambar 11. Diagram Alur Penelitian	48
Gambar 12. Gradasi Gradasi Pasir Zona 1 (Pasir Kasar).....	50
Gambar 13. Grafik Batas Gradasi Kerikil Ukuran 20 mm	55
Gambar 14. Grafik Kuat Tekan Variasi 70% ASP dan 30% Kapur Padam Umur 7 Hari	62
Gambar 15. Grafik Kuat Tekan Variasi 70% ASP dan 30% Kapur Padam Umur 14 Hari	63
Gambar 16. Grafik Kuat Tekan Variasi 70% ASP dan 30% Kapur Padam Umur 28 Hari	65
Gambar 17. Grafik Kuat Tekan Rata-rata Variasi 70% ASP dan 30% Kapur Padam.....	66
Gambar 18. Grafik Kuat Tekan Variasi 80% ASP dan 20% Kapur Padam Umur 7 Hari	67
Gambar 19. Grafik Kuat Tekan Variasi 80% ASP dan 20% Kapur Padam Umur 14 Hari	69
Gambar 20. Grafik Kuat Tekan Variasi 80% ASP dan 20% Kapur Padam Umur 28 Hari	70
Gambar 21. Grafik Kuat Tekan Rata-rata Variasi 80% ASP dan 20% Kapur Padam.....	71
Gambar 22. Grafik Kuat Tekan Variasi 90% ASP dan 10% Kapur Padam Umur 7 Hari	72
Gambar 23. Grafik Kuat Tekan Variasi 90% ASP dan 10% Kapur Padam Umur 14 Hari	74
Gambar 24. Grafik Kuat Tekan Variasi 90% ASP dan 10% Kapur Padam Umur 28 Hari	75
Gambar 25. Grafik Kuat Tekan Rata-rata Variasi 90% ASP dan 10% Kapur Padam.....	76
Gambar 26. Grafik Kuat Tekan Variasi 100% ASP dan 0% Kapur Padam Umur 7 Hari	77
Gambar 27. Grafik Kuat Tekan Variasi 100% ASP dan 0% Kapur Padam Umur 14 Hari	78

Gambar 28. Grafik Kuat Tekan Variasi 100% ASP dan 0% Kapur Padam Umur 28 Hari	79
Gambar 29. Grafik Kuat Tekan Rata-rata Variasi 100% ASP dan 0% Kapur Padam.....	80
Gambar 30. Grafik Kuat Tekan Rata-rata Perbandingan ASP dan Kapur Padam.....	81
Gambar 31. Grafik Kuat Tekan Rata-rata Berdasarkan Perbandingan ASP dan Kapur Padam dengan Umur.....	83

DAFTAR NOTASI

ASP	=	Abu Sekam Padi
Al_2O_2	=	<i>Alumunium Oksida</i>
Al_2O_3	=	<i>Alumunium Trioksida</i>
AlO_4	=	<i>alumuniaum Tetraoksida</i>
Na_2SiO_3	=	Sodium Silikat/Natrium Silikat
NaOH	=	Sodium Hidroksida/Natrium Hidroksida
8M	=	8 Molaritas
MHB	=	Modulus Halus Butir
FM	=	Modulus Kehalusan Butir Agregat
SSD	=	<i>Saturated Surface Dry</i>
P	=	Beban maksimum (KN)
A	=	Luas penampang (mm ²)
<i>sd</i>	=	<i>Standar Deviasi</i>
X_i	=	Data kuat tekan masing-masing benda uji (X1,X2,X3,dst)
\bar{X}_{rt}	=	Data kuat tekan rata-rata dari semua benda uji
BG 70	=	Variasi 70 % Abu Sekam Padi : 30 % Kapur Padam
BG 80	=	Variasi 80 % Abu Sekam Padi : 20 % Kapur Padam
BG 90	=	Variasi 90 % Abu Sekam Padi : 10 % Kapur Padam
BG 100	=	Variasi 100 % Abu Sekam Padi : 0 % Kapur Padam

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Pasir.
- Lampiran 2. Hasil Pemeriksaan Kandungan Lumpur Dalam Pasir.
- Lampiran 3. Hasil Pemeriksaan Modulus Halus Butir Pasir.
- Lampiran 4. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Kerikil.
- Lampiran 5. Hasil Pemeriksaan Modulus Halus Butir Kerikil.
- Lampiran 6. Tabel Gradasi Campuran
- Lampiran 7. Menghitung Pembuatan Larutan Alkali
- Lampiran 8. Diagram Alur *Mix Design* Beton geopolimer
- Lampiran 9. Gambar pemeriksaan Berat Jenis Agregat
- Lampiran 10. Gambar Pemeriksaan Kandungan Lumpur
- Lampiran 11. Gambar Pemeriksaan Kandungan Lumpur
- Lampiran 12. Gambar Pemeriksaan Modulus Halus Butir Pasir
- Lampiran 13. Gambar Pemeriksaan Modulus Halus Butir Kerikil
- Lampiran 14. Gambar Alat Pemeriksaan *Slump* Beton
- Lampiran 15. Gambar Persiapan dan Penyediaan Bahan
- Lampiran 16. Dokumentasi Pembuatan Benda Uji
- Lampiran 17. Dokumentasi Uji Kuat Tekan
- Lampiran 18. Rekap Hasil Uji Kuat Tekan Rata-rata Umur 7 Hari
- Lampiran 19. Rekap Hasil Uji Kuat Tekan Rata-rata Umur 14 Hari
- Lampiran 20. Rekap Hasil Uji Kuat Tekan Rata-rata Umur 21 Hari

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan di bidang teknologi rekayasa struktur di Indonesia, penggunaan beton banyak digunakan untuk membangun infrastruktur seperti pekerjaan gedung, jalan, bendungan, jembatan dan lain-lain. Beton merupakan bahan yang relatif murah dibandingkan dengan bahan lain, selain memiliki kuat tekan yang besar, beton itu mudah dikerjakan dan dapat dibentuk sesuai dengan yang diinginkan.

Konstruksi beton dalam pembangunan semakin marak di Indonesia. Beton yang digunakan dalam pembangunan terdiri dari air, agregat kasar, (batu pecah, kerikil), agregat halus (pasir) dan semen *portland* yang dalam proses produksinya menghasilkan gas CO₂ (karbon dioksida) dalam jumlah besar dan mengakibatkan emisi karbon dioksida meningkat, perlu segera dicarikan upaya untuk bisa menekan angka produksi gas yang mencemari lingkungan. Seiring dengan kemajuan pembangunan infrastruktur yang semakin meningkat. Hal tersebut tentunya membuat kebutuhan bahan baku utama konstruksi beton meningkat mengakibatkan produksi (semen) bertambah, dan muncul pabrik-pabrik semen baru.

Sebagai negara agraris, padi merupakan produk utama pertanian. Beras adalah hasil dari penggilingan padi, yang menjadi bahan makanan pokok bagi penduduk Indonesia. Sekam padi merupakan hasil sampingan dari padi yang selama ini lebih banyak dimanfaatkan untuk proses pembakaran bata merah dan

genteng. Selain itu hasil pembakaran sekam atau lebih dikenal dengan abu sekam padi (ASP) masih banyak yang hanya digunakan sebagai abu gosok dan sisanya dibuang begitu saja. Selain abu sekam padi yang belum dimanfaatkan dengan maksimal, Indonesia juga memiliki kapur yang melimpah. Kapur merupakan sebuah benda putih dan halus terbuat dari batu sedimen, membentuk bebatuan yang terdiri dari mineral kalsium. Sama seperti halnya dengan batu bara, minyak bumi dan gas alam. Cadangan kapur cukup banyak di Indonesia memungkinkan digunakan untuk penggantian sejumlah atau seluruh bagian semen dalam proses pembuatan beton yang kita inginkan dan menjadi pilihan yang lebih menjanjikan.

Dari ketersediaan bahan baku yang melimpah beton geopolimer muncul sebagai salah satu solusi. Para pakar teknologi beton mulai melakukan riset pembuatan beton dengan memanfaatkan ikatan geopolimer. Geopolimer dapat didefinisikan sebagai material yang dihasilkan dari *geosintesis aluminosilikat polimerik* dan alkali-silikat yang menghasilkan kerangka polimer SiO_4 (*silika tetraoksida*) dan AlO_4 (*aluminium tetraoksida*) yang terikat secara *tetrahedral* (Davidovits, 1994 dalam Pugar 2011). Dalam pembuatannya, beton geopolimer dapat memanfaatkan mineral alami dengan kandungan SiO_2 (*silika oksida*) yang tinggi seperti *rice husk ash* (abu sekam padi), *fly ash*, metakolin, dan *silica fume* sebagai prekursor. Bahan tersebut tidak memiliki kemampuan mengikat, namun dengan kehadiran air dan aktivator seperti KOH (*kalium hidroksida*), NaOH (*natrium hidroksida*) dan Na_2SiO_3 (*natrium silikat*), oksida silika yang terdapat dalam bahan tersebut akan bereaksi secara kimia dan membentuk ikatan polimer.

Penggunaan abu sekam padi dan kapur untuk beton perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kuat tekan beton dan untuk mendapatkan proporsi campuran yang baik sehingga didapatkan nilai kuat tekan beton yang diinginkan. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini penulis mencoba untuk meneliti pengaruh pemanfaatan abu sekam padi dan kapur terhadap kuat tekan beton geopolimer.

B. Identifikasi Masalah

Dari latar belakang di atas dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut.

1. Penggunaan semen dalam pembuatan beton yang meningkat dan mengakibatkan pemanasan global.
2. Penggunaan sisa pembakaran bata merah berupa abu sekam padi yang belum termanfaatkan secara maksimal.

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih mengarah pada latar belakang dan permasalahan yang telah dirumuskan maka diperlukan batasan-batasan masalah guna membatasi ruang lingkup penelitian sebagai berikut.

1. Tidak dilakukan uji kandungan abu sekam padi dan kapur.
2. Kapur yang digunakan adalah kapur Padam.
3. Larutan alkali yang digunakan adalah *Sodium Hidroksida* (NaOH) dan *Sodium Silikat* (Na_2SiO_3).
4. Tidak meneliti reaksi kimia antar material yang dipakai dalam penelitian.
5. Pengaruh suhu, udara, dan faktor lain diabaikan.

6. Parameter pengujian hanya mengetahui kuat tekan dari masing-masing variasi beton geopolimer.
7. Tidak memperhitungkan efisiensi waktu dan biaya.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Apakah abu sekam padi dan kapur padam dapat menjadi bahan alternatif untuk pembuatan beton geopolimer?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan abu sekam padi dan kapur padam terhadap nilai kuat tekan beton geopolimer?
3. Berapa variasi optimum penggunaan abu sekam padi dan kapur padam untuk beton geopolimer?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisa apakah abu sekam padi dan kapur padam dapat menjadi alternatif untuk pembuatan beton geopolimer.
2. Menganalisa kuat tekan beton geopolimer dengan bahan alternatif abu sekam padi dan kapur padam.
3. Mengetahui variasi optimum penggunaan abu sekam padi dan kapur padam untuk beton geopolimer?

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Bagi peneliti dan masyarakat umum dapat mengetahui apakah abu sekam padi dan kapur padam bisa menjadi bahan alternatif pada pembuatan beton geopolimer.
2. Bagi instansi terkait dapat menjadi masukan dan bahan pertimbangan terkait pemanfaatan sisa pembakaran bata merah (abu sekam padi) dan pemanfaatan sumber daya alam (kapur) dalam pembuatan beton geopolimer.

BAB II

KAJIAN TEORI, TINJAUAN PUSTAKA, DAN RUMUSAN HIPOTESIS

A. Kajian Teori

1. Beton

Beton adalah material yang umum digunakan sebagai bahan konstruksi. Secara global beton terdiri dari dua bagian utama yaitu pasta dan agregat. Bagian pertama adalah pasta yang mempunyai fungsi utama sebagai pengikat antar material. Selain sebagai pengikat, pasta memberikan sumbangan kekuatan pada beton. Bagian kedua adalah bahan agregat yang menyumbangkan sebagian besar kekuatan dari beton itu sendiri. Agregat terdiri dari agregat kasar dan agregat halus (kerikil dan pasir).

Menurut SNI 03-2834-2000 beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau bahan tambah membentuk massa padat.

2. Geopolimer

Beton geopolimer dapat diuraikan sebagai berikut ini.

a) Defisini Beton Geopolimer

Geopolimer dapat didefinisikan sebagai material yang dihasilkan dari *geosintesis aluminosilikat polimerik* dan alkali-silikat yang menghasilkan kerangka polimer SiO_4 (*silika tetraoksida*) dan AlO_4 (*aluminium tetraoksida*) yang terikat secara *tetrahedral* (Davidovits, 1994 dalam Pugar:2011). Geopolimer memiliki komposisi kimia menyerupai Zeolit tetapi memiliki *amorphous microstructure*. Beton

geopolimer adalah beton yang dihasilkan dengan sepenuhnya mengganti semen portland dengan material geopolimer. Sepanjang proses sintesifikasi, silika dan aluminium digabung untuk membentuk blok bangunan, yang secara kimiawi dan struktural dapat dibandingkan dengan ikatan batu alam. Davidovits juga menggunakan istilah “(siallate)” untuk geopolimer berbasis silika-aluminat. Siallate adalah kependekan dari (*siloxo-oxo-aluminate*).

b) Sejarah Munculnya Beton Geopolimer

Geopolimer pertama kali diperkenalkan oleh Joseph Davidovits pada tahun 1978. Objek yang pertama kali diteliti adalah tentang struktur mineral dari piramid. Menurut dugaan sebelumnya, piramid dibuat dengan menyusun balok-balok raksasa, namun penelitian yang dilakukan oleh Davidovits menunjukkan bahwa piramid dibuat dengan metode *re-aglomerasi* batuan atau dengan kata lain piramid dibangun seperti dengan cara modern yaitu difabrikasi dengan material seperti “semen” jaman dulu. Menurut penelitian Davidovits, “semen” tersebut dibuat dengan mencampurkan metakaolinit dan larutan alkali, misalnya NaOH (*natrium hidroksida*), KOH (*kalium hidroksida*), dan lain-lain. Material baru tersebut kemudian diperkenalkan oleh Davidovits dengan nama geopolimer, yang merupakan suatu polimer alumina-silika anorganik dan terdiri atas sebagian besar unsur *silicon* (Si) dan *aluminium* (Al). sepanjang proses sintesifikasi, silika dan aluminium digabung untuk

membentuk blok bangunan, yang secara kimiawi dan struktural dapat dibandingkan dengan ikatan batu alam.

Penelitian lebih lanjut dilakukan oleh (Davidovits dan Sawyer ,1985 dalam Pugar:2011) dengan menggunakan *Ground Blast Furnace Slag*. Penelitian tersebut menghasilkan suatu mortar semen siap pakai di mana hanya perlu tambahan air untuk menghasilkan material yang tahan lama dan cepat mengeras. Produk tersebut kemudian dipatenkan dan didokumentasikan ke dalam jurnal ilmiah di Amerika Serikat dengan judul *Early High Strength Mineral Polymer Was Used as A Supplementary Cementing Material In The Production Of Precast Concrete Products*. Material tersebut kemudian diproduksi dan dimanfaatkan pada renovasi airport baik untuk landasan pacu, landasan hubung dan apron, pembangunan jalan raya, geladak jembatan, dan beberapa konstruksi di mana kekuatan awal beton yang sangat besar sangat diperlukan.

c) Material Penyusun Beton Geopolimer

Material polimerik anorganik alkali *aluminosilikat* (geopolimer) dapat disintesis dengan mencampurkan prekursor dengan larutan alkali sebagai aktivator. Prekursor adalah bahan utama pembentuk polimer yang mengandung senyawa alumina dan silika dengan konsentrasi tinggi. Prekursor dapat berupa mineral alami maupun limbah industri. Unsur kimia dalam prekursor bila dicampur dengan larutan alkali aktivator akan menghasilkan material pasta geopolimer yang mempunyai kemampuan

mengikat seperti pasta semen. Pasta geopolimer menggantikan penggunaan pasta semen dalam material penyusun beton. Beton yang menggunakan pasta geopolimer sebagai pengikat agregat inilah yang disebut beton geopolimer.

d) Kelebihan dan Kekurangan Beton Geopolimer

Kelebihan dan kekurangan beton geopolimer adalah sebagai berikut.

1) Kelebihan Beton Geopolimer

Kelebihan–kelebihan beton geopolimer adalah sebagai berikut.

- a) Beton geopolimer mempunyai nilai susut yang kecil.
- b) Beton geopolimer lebih tahan reaksi alkali – silica.
- c) Mengurangi polusi udara.

2) Kekurangan Beton Geopolimer

Kekurangan–kekurangan beton geopolimer adalah sebagai berikut.

- a) Proses pembuatannya lebih rumit daripada beton konvensional karena jumlah material yang dibutuhkan lebih banyak daripada beton konvensional.
- b) Belum adanya *mix design* yang pasti.

3. Bahan Pembentuk Beton Geopolimer

Bahan-bahan pembentuk beton geopolimer adalah sebagai berikut:

a. Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir yang didapat dari pelapukan batuan secara alami atau pasir yang dihasilkan dari pemecahan batu yang semua butirannya

menembus ayakan dengan lubang 4,75 mm. Agregat halus dalam beton berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga antara agregat kasar.

Syarat-syarat agregat halus untuk penelitian antara lain sebagai berikut.

- 1) Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam, keras dan bersifat kekal artinya tidak pecah ataupun hancur oleh pengaruh cuaca seperti matahari dan hujan,
- 2) Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering,
- 3) Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak, dan,
- 4) Sisa agregat > 4 mm minimal 2% dari berat agregatnya dan > 1 mm minimal 10% dari berat agregat.

Dalam pembuatan beton perlu dilakukan pemeriksaan dari agregat halus (pasir). Untuk MHB pasir halus adalah 2,20 -2,60, pasir sedang 2,6 – 2,90, dan pasir kasar 2,90 – 3,20. Syarat berat jenis pasir SSD untuk bahan bangunan adalah 2,40 – 2,90. (PUBI – 1982)

1) Pemeriksaan Modulus Halus Butir (MHB) Pasir

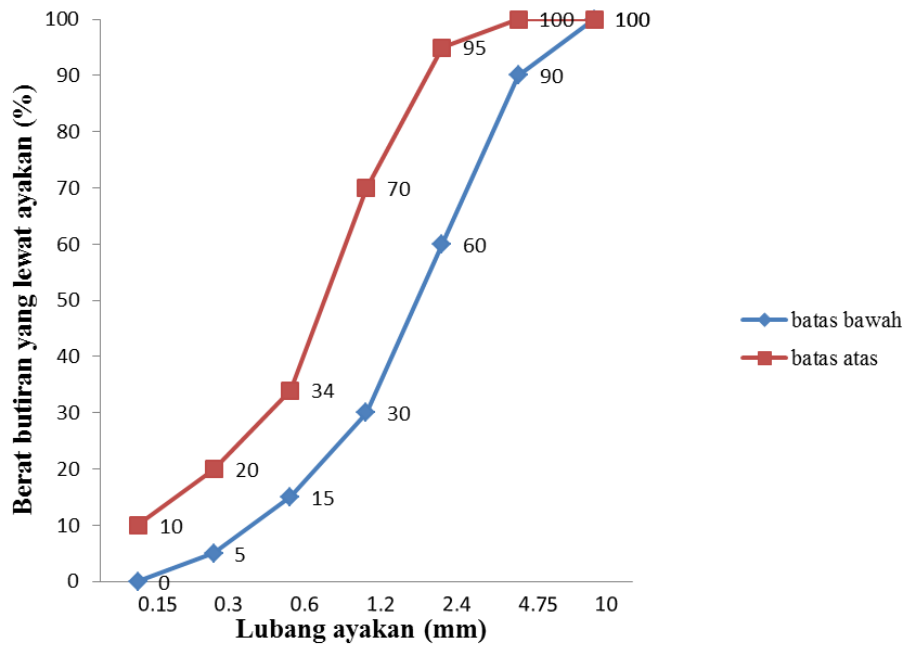
Perhitungan modulus halus butir agregat menggunakan rumus :

$$FM = \frac{\sum Kum (\%)}{100} \text{ (PUBI-1982)} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

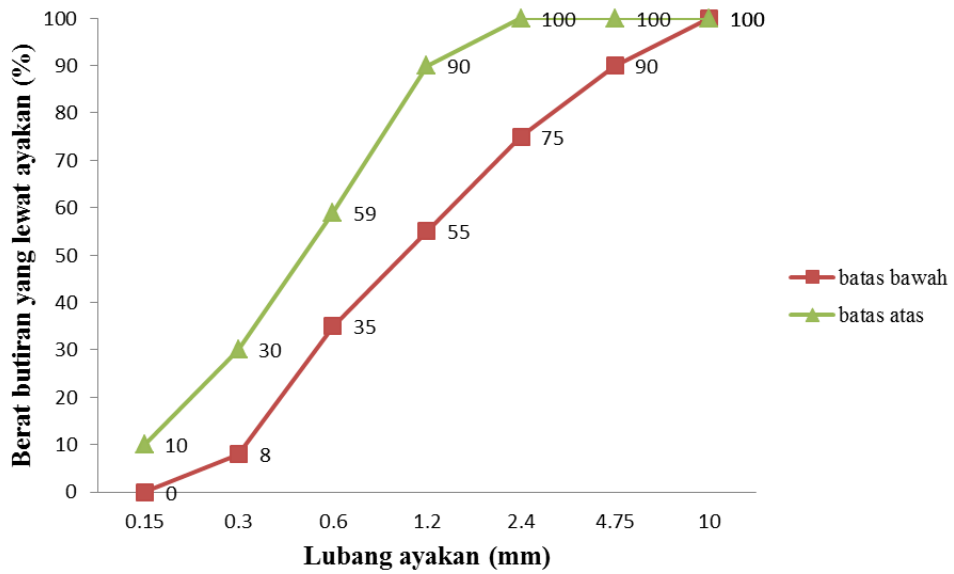
FM = Modulus kehalusan butir agregat

$\sum Kum (\%)$ = Jumlah persen kumulatif yang tertahan di atas ayakan.



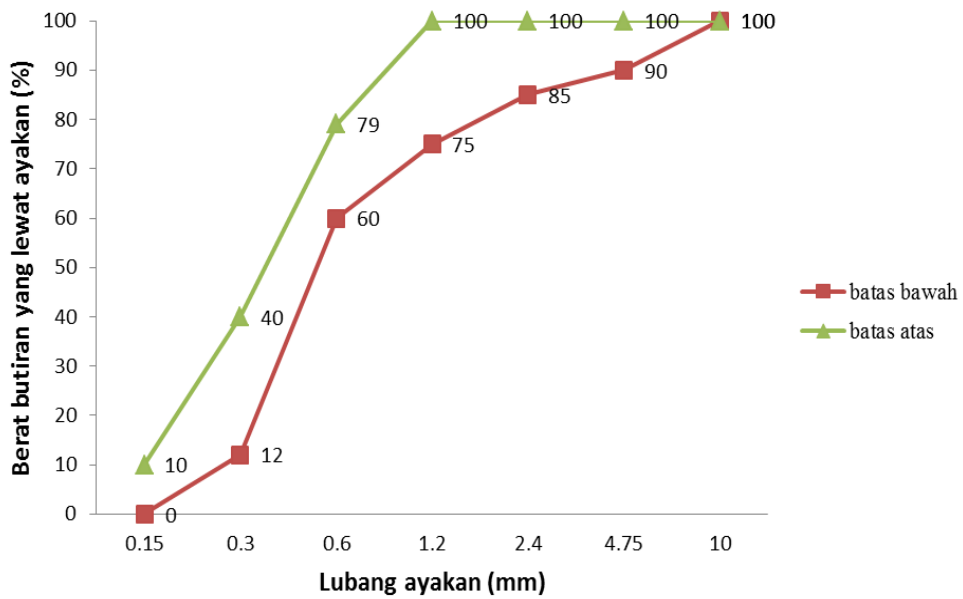
Sumber: PUBI-1982

Gambar 1. Grafik Batas Gradasi Butir Pasir Kasar.



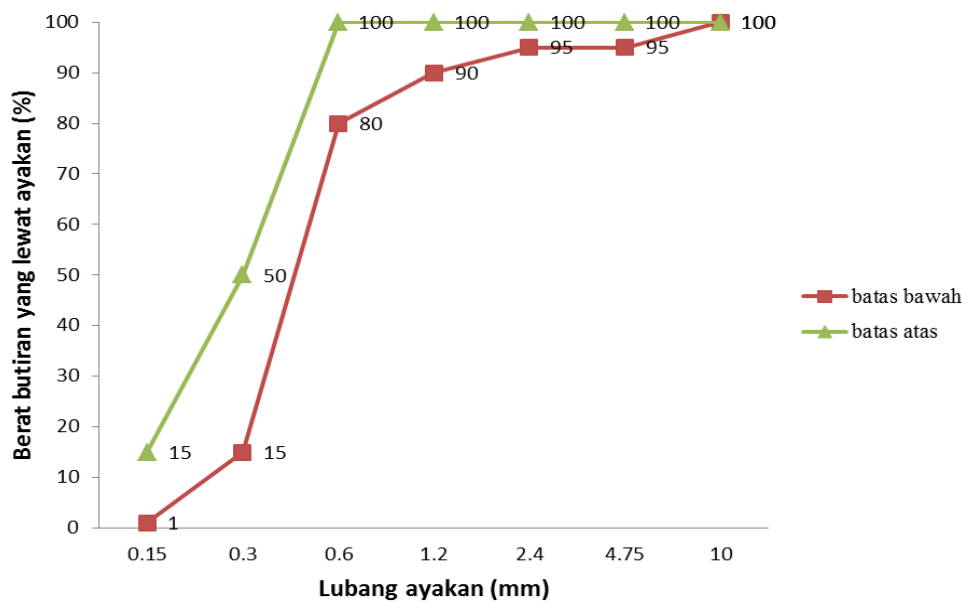
Sumber: PUBI-1982

Gambar 2. Grafik Batas Gradasi Butir Pasir agak kasar.



Sumber: PUBI-1982

Gambar 3. Grafik Batas Gradasi Butir Pasir agak halus



Sumber: PUBI-1982

Gambar 4. Grafik Batas Gradasi Butir Pasir halus

2) Pemeriksaan Kandungan Lumpur Dalam Pasir

a) Cara volume endapan ekuivalen

1) Tujuan

Pemeriksaan pasir dengan cara volume endapan ekuivalen bertujuan untuk mengetahui besarnya kadar lumpur dalam pasir tersebut.

2) Benda Uji

Benda uji yang diperiksa adalah sebagai berikut.

- (1) Pasir sebanyak 450 cc.
- (2) Air (sesuai dengan kebutuhan).

3) Alat

Gelas ukur tak berwarna (transparan) dengan tutup, dengan ukuran 1000 cc.

4) Pelaksanaan

Pelaksanaan dalam pemeriksaan adalah sebagai berikut.

- a) Gelas ukur diisi dengan pasir yang telah disediakan sampai 450 cc kemudian ditambah dengan air sampai 900 cc.
- b) Gelas ukur ditutup sampai rapat kemudian dikocok-kocok.
- c) Gelas ukur di diamkan selama kurang lebih 1 jam.
- d) Dicatat endapan lumpur yang berada di atas pasir (berapa cc ketebalannya).

b) Cara Ayakan Nomor 200

1) Tujuan

Pemeriksaan pasir dengan cara ayakan nomor 200 bertujuan untuk mengetahui besarnya kadar lumpur (tanah liat) dalam pasir tersebut.

2) Benda Uji

Pasir lolos ayakan 4.8 mm seberat 500 gr.

3) Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a) Ayakan no. 200.
- b) Ayakan 4.8 mm.
- c) Nampan pencuci.
- d) Tungku pengering (oven).
- e) Timbangan dengan ketelitian 0.1 % berat pasir contoh.

4) Pelaksanaan

Pelaksanaan dalam pemeriksaan adalah sebagai berikut.

- a) Disiapkan pasir kering tungku yang lewat ayakan 4.8 mm seberat 500 gr (B₁)
- b) Pasir tersebut dimasukan ke dalam nampan pencuci dan tambahkan air secukupnya sampai semuanya terendam
- c) Nampan digoncang-goncangkan kemudian air cucian dituangkan ke dalam ayakan no. 200 (butir-butir besar

dijaga jangan sampai masuk ke ayakan supaya tidak merusak ayakan)

- d) Langkah (c) diulangi sampai air cucian tampak bersih
- e) Butir-butir pasir yang tersisa dimasukan kembali ke ayakan no. 200 ke dalam nampan, kemudian dimasukan ke dalam tungku untuk dikeringkan kembali
- f) Pasir setelah kering tungku (B_2) ditimbang kembali.

Perhitungan kadar lumpur :

$$\text{Kandungan lumpur : } \frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100 \% = \% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

B_1 = Berat pasir semula (kering tungku)

B_2 = Berat pasir setelah dicuci (kering tungku)

3) Pemeriksaan Berat Jenis pasir

a) Tujuan

Untuk mengetahui cara memeriksa berat jenis maupun SSD pasir.

b) Benda Uji

Benda uji dalam pemeriksaan ini berupa pasir.

c) Alat

a) Tabung ukur 1000 ml untuk pengujian pasir.

b) Bejana 5 liter untuk pengujian kerikil.

c) Tungku pengering (oven).

d) Loyang.

d) Pelaksanaan

Pelaksanaan dalam pemeriksaan adalah sebagai berikut.

- 1) Tabung ukur diisi air sampai *line* akhir.
- 2) Tabung ukur dan air ditimbang, kemudian air dikeluarkan.
- 3) Disiapkan pasir *SSD* sebanyak 500 gr.
- 4) Pasir *SSD* dimasukan ke dalam tabung ukur dan dijaga tidak tumpah.
- 5) Setelah itu dimasukkan air sampai *line* akhir.
- 6) Tabung ukur digoyang-goyang sampai udara nampak keluar.
- 7) Tabung ukur diberi air sampai *line* akhir.
- 8) Air dikeluarkan dari tabung ukur.
- 9) Pasir dikeluarkan dari tabung ukur dan dikeringkan selama 36 jam.

Perhitungan berat jenis pasir

a) Berat jenis pasir kering tungku = $\frac{D}{(C + B) - A} = \text{gr/cm}^3 \dots\dots(3)$

a) Berat jenis pasir *SSD* = $\frac{B}{(C + B) - A} = \text{gr/cm}^3 \dots\dots(4)$

Keterangan :

A = Berat pasir + tabung ukur + air : (gr)

B = Berat pasir *SSD* : (gr)

C = Berat tabung ukur + air : (gr)

D = Berat pasir kering tungku : (gr)

b. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm. Agregat kasar merupakan penyumbang sebagian besar kekuatan dari beton. Faktor penting yang perlu diperhatikan adalah gradasi atau distribusi ukuran butir agregat. Apabila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang seragam, dapat menimbulkan volume pori yang besar, tetapi jika ukuran butirnya bervariasi, maka volume pori menjadi kecil. Hal ini disebabkan butir yang lebih kecil akan mengisi pori di antara butiran yang lebih besar dan memungkinkan antar agregat dapat saling mengunci (*interlocking*). Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton (Tjokrodimulyo,1992). Untuk menunjukkan kehalusan butir agregat pada umumnya kerikil mempunyai Modulus Halus Pasir 5-8 dan untuk berat jenis SSD adalah 2,40-2,90. (PUBI-1982)

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh agregat kasar adalah sebagai berikut. (SK SNI S-04-1989-F)

- a) Butir keras dan tidak berpori.
- b) Jumlah butir pipih dan panjang dapat dipakai jika kurang dari 20% berat keseluruhan.
- c) Bersifat kekal.
- d) Tidak mengandung zat-zat alkali.

e) Kandungan lumpur kurang dari 1%.

f) Ukuran butir beranekaragam.

Sebelum digunakan agregat kasar (Kerikil) dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu.

1. Pemeriksaan MHB kerikil

a) Tujuan

Untuk mengetahui nilai kehalusan atau kekasaran butiran kerikil.

b) Benda Uji

Benda uji yang digunakan adalah pasir dengan berat minimum

2000 gr.

c) Alat

Alat dalam pemeriksaan adalah sebagai berikut.

a) Satu set ayakan 38.1 mm, 25 mm, 19 mm, 9.5 mm, 6.3 mm, 4,75 mm, 2,36 mm dan sisa.

b) Alat gerak ayakan.

c) Timbangan.

d) Kuas pembersih ayakan.

e) Cawan.

d) Pelaksanaan

Pelaksanaan dalam pemeriksaan adalah sebagai berikut.

a) Disiapkan pasir dengan berat 2000 gr.

- b) Pasir dimasukan ke dalam set ayakan.
- c) Pasir yang ada di set ayakan kemudian di ayak
- d) Pasir yang tertinggal dari masing-masing tingkat ayakan ditimbang.

Perhitungan modulus halus butir kerikil

$$FM = \frac{\Sigma kum (\%)}{100} (PUBI -1982) \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

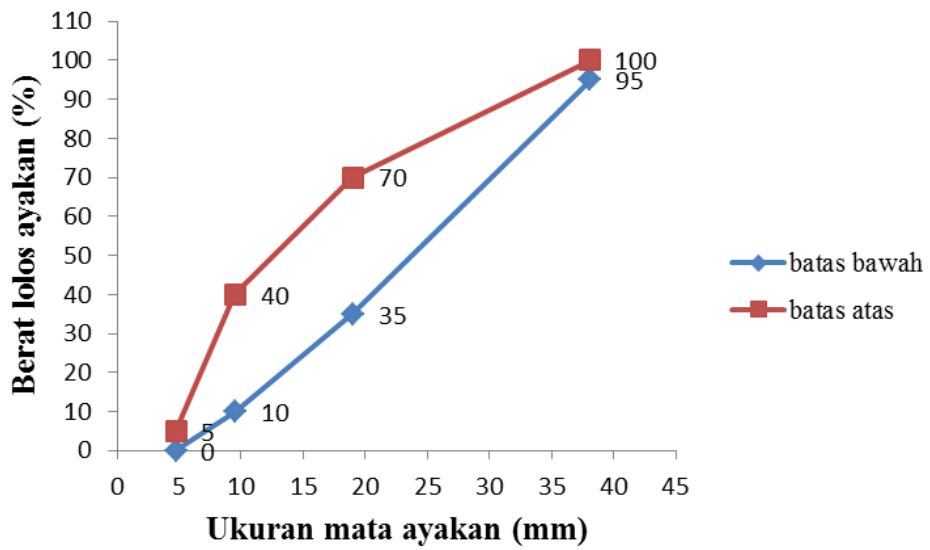
FM = Modulus kehalusan butir agregat

$\Sigma kum (\%)$ = Jumlah persen kumulatif yang tertahan di atas ayakan.

Tabel 1
Spesifikasi agregat kasar (Kerikil Atau Koral)

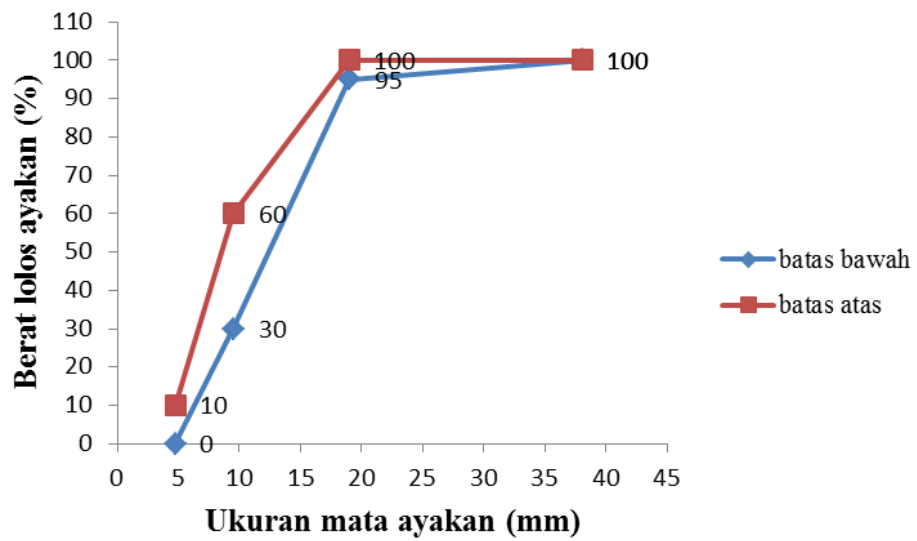
Ukuran mata ayakan (mm)	Persentase berat bagian yang lewat ayakan		
	Ukuran nominal agregat (mm)		
-	40 mm	20 mm	10 mm
38,1	95-100	100	=
19,0	37-70	95-100	100
9,52	10-40	30-60	50-85
4,76	0-5	0-10	0-10

Sumber: PUBI-1982



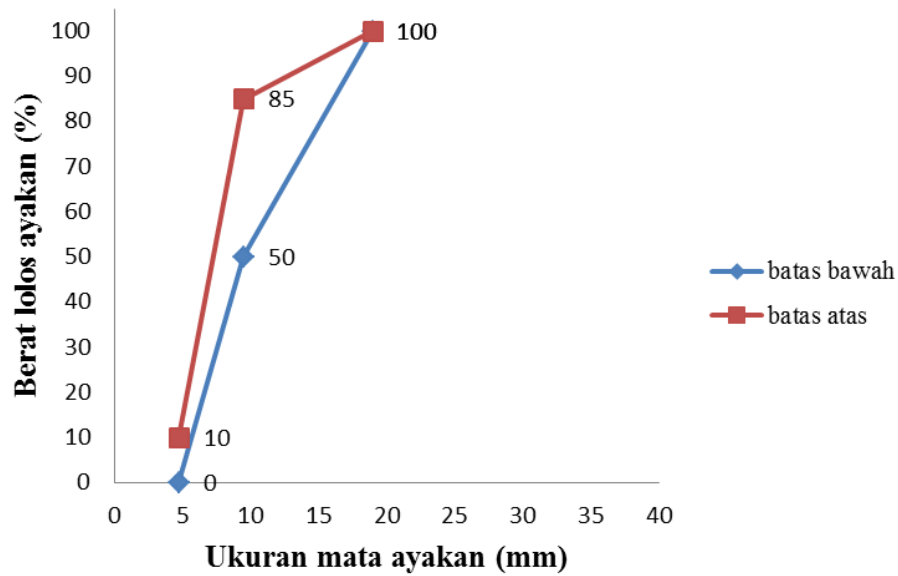
Sumber: PUBI-1982

Gambar 5. Grafik Batas Gradasi Kerikil Ukuran Maksimum 40 mm.



Sumber: PUBI-1982

Gambar 6. Grafik Batas Gradasi Kerikil Ukuran Maksimum 20 mm.



Sumber: PUBI-1982

Gambar 7. Grafik Batas Gradasi Kerikil Ukuran Maksimum 10 mm.

2. Pemeriksaan Berat Jenis krikil

Perbandingan antara berat dan volume pasir tidak termasuk pori-pori antara butirannya disebut berat jenis. Pemeriksaan berat jenis dan *SSD* krikil merupakan hal yang penting untuk mengetahui Krikil tersebut telah memenuhi syarat atau belum untuk bahan campuran adukan beton (PUBI-1982).

a) Tujuan

Untuk mengetahui cara memeriksa berat jenis krikil *SSD* maupun Krikil kering tungku.

b) Benda Uji

Benda uji dalam pemeriksaan berupa Krikil.

c) Alat

Alat –alat yang digunakan dalam pemeriksaan ini adalah sebagai berikut.

- a) Bejana 5 liter untuk pengujian kerikil.
- b) Tungku pengering (*oven*).
- c) Loyang.

d) Pelaksanaan

Pelaksanaan dalam pemeriksaan ini adalah.

- 1) Bejana diisi air sampai *line* akhir.
- 2) Kerikil ditimbang, kemudian air dikeluarkan.
- 3) Disediakan kerikil sekitar 2 kg.
- 4) Kerikil *SSD* dimasukkan ke dalam bejana.
- 5) Bejana diberi air sampai permukaan.
- 6) Air dikeluarkan dari bejana.
- 7) kerikil dikeluarkan dari bejana dan dikeringkan selama 36 jam.

Perhitungan berat jenis kerikil

$$\text{a) Berat jenis kerikil kering tungku} = \frac{D}{(C + B) - A} = \text{gr/cm}^3 \quad (6)$$

$$\text{b) Berat jenis kerikil SSD} = \frac{B}{(C + B) - A} = \text{gr/cm}^3 \quad (7)$$

Keterangan :

$$A = \text{Berat kerikil} + \text{Bejana} + \text{air} \quad : \quad (\text{gr})$$

$B = \text{Berat kerikil SSD} \quad : \quad (\text{gr})$

$C = \text{Berat Bejana + air} \quad : \quad (\text{gr})$

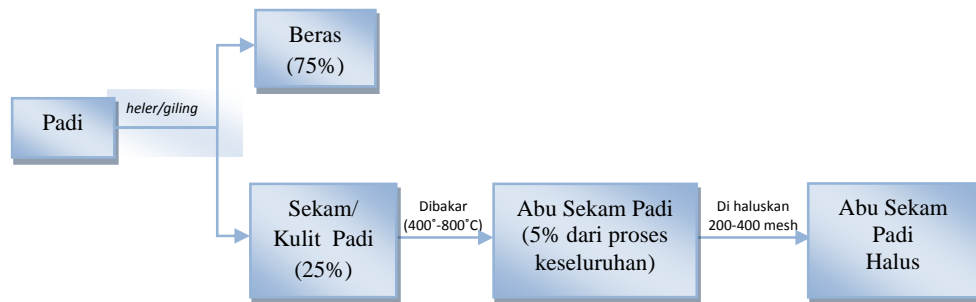
$D = \text{Berat kerikil kering tungku} \quad : \quad (\text{gr})$

c. Air

Air merupakan bahan penyusun beton yang berfungsi untuk bereaksi dengan semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, membasahi agregat dan sebagai pelumas campuran agar lebih mudah dalam pengerjaannya.

d. Abu Sekam Padi

Abu sekam padi adalah hasil pembakaran sekam atau kulit padi. Pada daerah penghasil beras terdapat limbah abu sekam yang melimpah. Abu sekam padi (ASP) merupakan salah satu zat yang bersifat pozzolan dimana mampu menjadi unsur untuk meningkatkan kekuatan beton karena mengandung pozzolan yang juga terdapat pada semen. Komposisi kimia yang dominan terkandung dalam ASP yaitu SiO_2 (*Silika Oksida*) sebesar 93,44%. Sedangkan Senyawa CaO (*Kalsium Oksida*), Al_2O_3 (*Aluminium Trioksida*), dan FeO_3 (*Ferro Trioksida*) cukup rendah.



Sumber : Abdul Latief, 2010.

Gambar 8. Proses Pembuatan Abu Sekam Padi

Padi hasil pertanian digiling menggunakan mesin giling padi sehingga diperoleh 75% beras dan 25% kulit padi. Kemudian kulit padi dibakar (biasanya digunakan untuk pembakaran bata atau genteng) pada temperatur 400° - 800°C sehingga diperoleh ASP. ASP hasil pembakaran ini kemudian dihaluskan dan disaring menggunakan saringan no. 200. Secara keseluruhan dari sekam/kulit padi hanya didapat 5% - 20% ASP. Setelah disaring ASP siap digunakan sebagai bahan alternatif untuk pembuatan beton geopolimer sebagai prekursor.

Tabel 2
Komposisi Kimia Abu Sekam Padi

Senyawa Kimia	Jumlah (% Berat)
SiO ₂	93,4408
Al ₂ O ₃	0,1031
P ₂ O ₅	1,0129
S	0,2227
K ₂ O	3,4808
CaO	0,7193
TiO ₂	0,0946
MnO ₂	0,2285
FeO ₃	0,6800
ZnO	0,0173

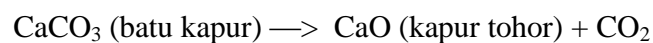
Sumber: Abdul Latief, 2010

e. Kapur

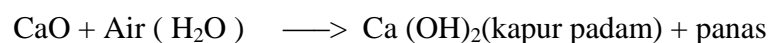
Batu gamping atau batu kapur merupakan material konstruksi tradisional yaitu perekat hidraulik utama yang digunakan pada mortar sebelum dikembangkannya Semen Portland (SP). Istilah hidraulik yaitu bahwa bahan ini akan mengeras di dalam air akibat hidrasi kimia antara kalsium hidroksida dengan alimuna yang menghasilkan senyawa-senyawa pembentuk kekuatan benda ini.

Proses pembuatan kapur untuk bahan bangunan umumnya dipecah dengan ukuran tidak terlalu besar agar mempermudah proses pembakaran. Kapur dibakar dalam sebuah tungku untuk membentuk kapur tohor. Kapur tersebut kemudian dicampur dengan air untuk membentuk kapur mati atau kapur padam. Jenis-jenis kapur antara lain:

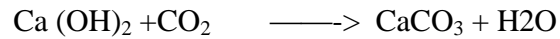
- 1) Kapur tohor adalah hasil pembakaran batu kapur alam yang komposisinya sebagian besar merupakan kalsium karbonat (CaCO_3) pada temperature di atas 900 derajat Celsius terjadi proses calsinasi dengan pelepasan gas CO_2 hingga tersisa padatan CaO atau bisa juga disebut *Quick Lime*.



- 2) Kapur padam adalah hasil pepadaman kapur tohor dengan air dan membentuk hidrat



- 3) Kapur udara adalah kapur padam yang diaduk dengan air setelah beberapa waktu campuran tersebut dapat mengeras di udara karena pengikatan karbon dioksida



- 4) Kapur hidrolis adalah kapur padam yang diaduk dengan air setelah beberapa waktu campuran dapat mengeras baik didalam air maupun di dalam udara.

Sifat-sifat kapur meliputi:

- a) plastis,
- b) dapat mengeras dengan cepat sehingga memberi kekuatan pengikat,
- c) mudah dikerjakan tanpa melalui proses pabrik,
- d) menghasilkan rekatan yang bagus untuk mortar/plesteran.

f. Larutan Alkali (*Alkaline Activator*)

1) Pengertian

Alkaline activator merupakan bahan kimia yang dibutuhkan untuk reaksi polimerisasi. Alkali mengaktifkan prekursor dengan mendisolusikan mereka ke dalam monomer Si(OH)_4 dan Al(OH)_4 . Selama proses *curing* (pengerasan), monomer-monomer tadi terkondensasi dan membentuk jaringan polimer tiga dimensi dan berikatan silang. Aktivator yang secara umum digunakan adalah kombinasi antara larutan *sodium silikat* dan *sodium hidroksida*.

a) *Sodium Silikat* (Na_2SiO_3)

Sodium silikat (Na_2SiO_3) atau biasa disebut *waterglass* berfungsi untuk mempercepat reaksi polimer. Campuran antara *fly ash* dan *sodium silikat* membentuk ikatan yang sangat kuat namun banyak terjadi retakan-retakan antar mikrostruktur.

b) *Sodium Hidroksida* (NaOH)

Sodium hidroksida (NaOH) berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si dengan menambah ion Na. Campuran *fly ash* dan *sodium hidroksida* membentuk ikatan yang kurang kuat tetapi menghasilkan ikatan yang lebih padat dan tidak ada retakan.

Untuk menghitung larutan NaOH 8M adalah sebagai berikut ini.

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{gram}}{\text{Mr NaOH}} \times \frac{1000}{\text{ml}} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana,

Berat atom Na = 23

Berat atom O = 16

Berat Atom H = 1

$\text{Mr NaOH} = 23+16+1 = 40$

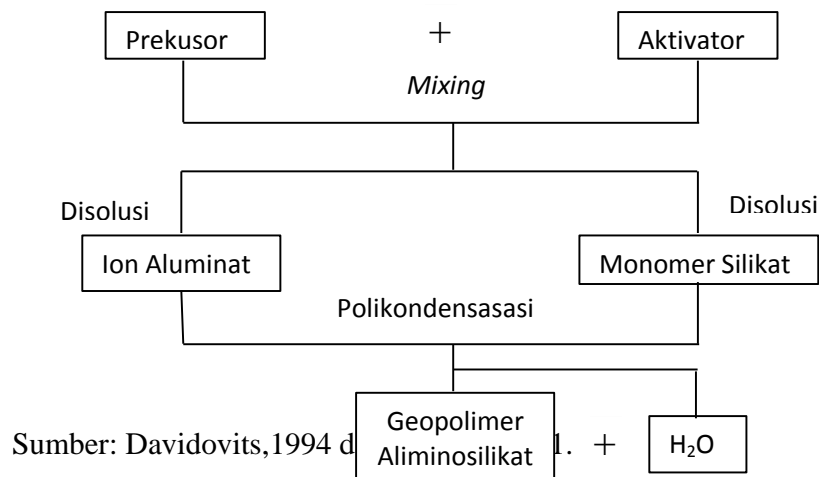
Keterangan :

Mr = Molekul relatif , berat atom

ml = Mili liter

2) Proses Polimerisasi

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, material geopolimer dibuat dengan mencampurkan prekursor dengan larutan alkali sebagai aktivator. Prekursor dan aktivator akan bersintesa membentuk material padat melalui proses polimerisasi, di mana proses polimerisasinya yang terjadi adalah disolusi yang diikuti oleh polikondensasi. Dalam reaksi polimerisasi ini Aluminium (Al) dan Silica (Si) mempunyai peranan penting dalam ikatan polimerisasi (Davidovits,1994 dalam Pugar:2011). Reaksi Al dan Si dengan alkaline akan menghasilkan Al(OH)_4 dan Si(OH)_4 . Berikut adalah diagram alur polimerisasi pada beton geopolimer hingga menghasilkan produk akhir berupa Geopolimer *Aluminosilikat* dan hasil sampingan H_2O .



Sumber: Davidovits,1994 d

Gambar 9. Alur Polimersasi

4. Tata Cara Pembuatan Benda Uji Beton di Laboratorium

a) Peralatan

1) Cetakan

Cetakan benda uji yang bersentuhan dengan beton harus terbuat dari bahan kedap air, cetakan harus sesuai dengan dimensi dan toleransi yang disyaratkan dalam metode, untuk benda uji yang diingkan.

2) Tongkat Penusuk

Dua ukuran tongkat penusuk masing-masing berupa tongkat baja yang lurus dengan ujung penusuk yang dibulatkan setengah bola, dengan diameter yang sama dengan diameter tongkat.

a. Tongkat yang lebih besar

Diameter 16 mm dan panjang kira-kira 610 mm.

b. Tongkat yang lebih kecil

Diameter 10 mm dan panjang kira-kira 305 mm.

3) Palu karet

Sebuah palu karet, dengan berat $0,6 \text{ kg} \pm 0,2 \text{ kg}$

4) Alat penggetar

Penggetar internal dapat memiliki tangkai yang kaku ataupun lentur, lebih baik yang menggunakan motor listrik. Frekuensi penggetar saat digunakan harus sedikitnya 7000 getaran atau putaran per menit. Diameter luar atau dimensi sisi elemen

penggetar harus sedikitnya 20 mm dan tidak boleh lebih besar dari 40 mm.

5) Peralatan kecil

Peralatan seperti sekop, wadah, sendok beton, perata, sendok beton tumpul, penggaris, sarung tangan karet, wadah pencampur, dan masker.

6) Alat pengukur *slump*

Alat mengukur *slump* sesuai dengan persyaratan

7) Timbangan

Timbangan untuk menimbang bahan dan beton harus tepat dalam ketelitian beban pada setiap titik rentan penggunaannya.

8) Pengaduk beton

Pengaduk beton ini harus mampu mencampur bahan secara menyeluruh dari ukuran yang ditentukan.

b) Persiapan Bahan

Sebelum membuat benda uji perlu dipersiapkan bahan-bahan yang nantinya akan digunakan dalam pembuatan beton, seperti: agregat halus, agregat kasar, air, semen, dan bahan tambah lainnya.

c) Pengadukan Beton

Pencampuran beton dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu sebagai berikut.

1) Pengaduk mesin

Sebelum memulai pengadukan, masukkan sebagian air pencampur. Hidupkan mesin pengaduk, lalu tambahkan agregat halus, semen, dan air dalam kondisi mesin berputar kemudian tambahkan agregat kasar. Diperhitungkan penggantian pencampuran yang tertahan pada pengaduk sehingga campuran yang ditumpahakan akan memiliki perbandingan secara tepat untuk menghindari pemisahan, letakan beton yang diaduk mesin dalam wadah pengaduk yang lembab dan kering dan aduk kembali dengan sekop atau pengaduk beton lainnya.

2) Pengadukan dengan tangan

Aduk campuran dalam wadah kedap air, bersih, pan baja atau mangkok, dengan sekop tumpul, dengan mengikuti cara berikut ini.

- a) Aduk semen, bahan tambahan serbuk yang larut dalam air, jika menggunakan, dan agregat halus tanpa menambahkan air hingga semuanya tercampur dengan seksama.
- b) Tambahkan agregat kasar dan aduk semua campuran tanpa penambahan air hingga agregat kasar tersebar secara seragam keseluruhan adukan.
- c) Tambahkan air, dan cairan bahan tambahan jika digunakan, aduk campuran hingga beton tampak seragam dan memiliki konsistensi yang diinginkan. Jika pengadukan perlu

diperpanjang karena penambahan air bertahap untuk pengaturan konsistensi, buang campuran lama dan buat campuran baru di mana pengadukan tidak terganggu untuk membuat konsistensi adukan beton.

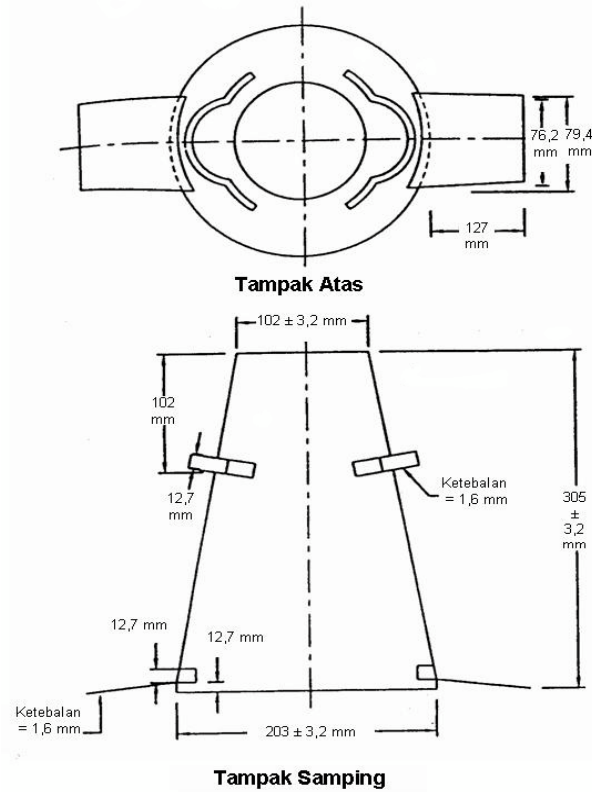
5. Uji *Slump* Beton

Slump adalah penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat. Cara uji ini meliputi penentuan nilai slump beton, baik di laboratorium maupun di lapangan. Nilai-nilai yang tertera dinyatakan dalam satuan internasional (SI) dan digunakan sebagai standar.

Alat uji harus berupa sebuah cetakan yang terbuat dari bahan logam yang tidak lengket dan tidak bereaksi dengan pasta semen. Ketebalan logam tersebut tidak boleh lebih kecil dari 1,5 mm dan bila dibentuk dengan proses pemutaran (*spinning*), maka tidak boleh ada titik dalam cetakan yang ketebalannya lebih kecil dari 1,15 mm.

Cetakan harus berbentuk kerucut terpancung dengan diameter dasar 203 mm, diameter atas 102 mm, tinggi 305 mm. Permukaan dasar dan permukaan atas kerucut harus terbuka dan sejajar satu dengan yang lain serta tegak lurus terhadap sumbu kerucut. Batas toleransi untuk masing-masing diameter dan tinggi kerucut harus dalam rentang 3,2 mm dari ukuran yang telah ditetapkan. Cetakan harus dilengkapi dengan bagian injakan kaki dan untuk pegangan. Bagian dalam dari cetakan relatif harus licin dan halus, bebas dari lekukan, deformasi atau mortar yang melekat.

Cetakan harus dipasang secara kokoh di atas pelat dasar yang tidak menyerap air. Pelat dasar juga harus cukup luas agar dapat menampung adukan beton setelah mengalami *slump*.



Gambar 10. Cetakan untuk uji *slump* (kerucut Abram)

Adapun langkah kerja pengujian *slump* adalah sebagai berikut ini.

- a) Cetakan di basahi dan letakkan di atas permukaan datar, lembab, tidak menyerap air dan kaku. Cetakan harus ditahan secara kokoh di tempat selama pengisian, oleh operator yang berdiri di atas bagian injakan. Dari contoh beton yang diperoleh menurut butir 6, segera isi cetakan dalam tiga lapis, setiap lapis sepertiga dari volume cetakan.

- b) Setiap lapisan dipadatkan dengan 25 tusukan menggunakan batang pemadat. Penusukan disebarakan secara merata di atas permukaan setiap lapisan. Untuk lapisan bawah ini akan membutuhkan penusukan secara miring dan membuat setengah dari jumlah tusukan dekat ke batas pinggir cetakan, dan kemudian dilanjutkan penusukan vertikal secara spiral pada seputar pusat permukaan. Lapisan bawah dipadatkan seluruhnya. Batang penusuk dihindari mengenai pelat dasar cetakan. Lapisan kedua dipadatkan seluruhnya hingga kedalaman penusukan menembus batas lapisan di bawahnya.
- c) Dalam pengisian dan pemadatan lapisan atas, dilebihkan adukan beton di atas cetakan sebelum pemadatan dimulai. Bila pemadatan menghasilkan beton turun di bawah ujung atas cetakan, ditambahkan adukan beton untuk tetap menjaga adanya kelebihan beton pada bagian atas dari cetakan. Setelah lapisan atas selesai dipadatkan, diratakan permukaan beton pada bagian atas cetakan dengan cara menggelindingkan batang penusuk di atasnya. Cetakan segera dilepaskan dari beton dengan cara mengangkat dalam arah vertikal secara-hati-hati. Cetakan diangkat dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Seluruh pekerjaan diselesaikan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan, dalam waktu tidak lebih dari 2 ½ menit.

- d) Setelah beton menunjukkan penurunan pada permukaan, diukur segera *slump* dengan menentukan perbedaan vertikal antara bagian atas cetakan dan bagian pusat permukaan atas beton.

Tabel 3
Nilai “*Slump*” Beton Segar

Pemakaian	Maksimum (cm)	Minimum (cm)
Dinding, plat fondasi, dan fondasi telapak bertulang	12,5	5
Fondasi telapak tidak bertulang, kaisan, dan struktur di bawah tanah	9	2,5
Pelat, balok, kolom, dan dinding	15	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5
Pembetonan massal (beton massa)	7,5	2,5

Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo

6. Uji Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

a. Benda uji

Silinder untuk beberapa pengujian seperti pengujian kuat tekan beton, modulus elastisitas, rangkai, kuat tarik belah dapat terdiri dari berbagai ukuran dengan diameter minimum 50 mm dan panjang 100 mm. Jika diinginkan korelasi ataupun perbandingan dengan silinder yang dibuat di lapangan (SNI 03-4810-1998), silinder harus mempunyai diameter 150 mm, panjang 300 mm. Jika tidak, dimensi harus ditentukan sesuai Tabel 5.

b. Perhitungan kuat tekan beton

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang (cm^2)

Perhitungan standar deviasi :

$$\text{Standar deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{\sum(Xi - Xrt)^2}{N-1}} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :

Xi = data kuat tekan masing-masing benda uji ($X1, X2, X3, \dots$)

Xrt = data kuat tekan rata-rata dari semua benda uji.

Tabel 4
Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton sederhana (plain concrete)	Sampai 10 MPa
Beton normal (beton biasa)	15 – 30 MPa
Beton pra tegang	30 – 40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80 MPa

Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo

Tabel 5
Kuat Tekan dan Faktor Pengali untuk
Berbagai Ukuran Silinder Beton (A.M. Neville, 1977)

Ukuran Silinder		Kuat tekan (%)	Faktor Pengali
D (mm)	L (mm)		
50	100	108	0,917
75	150	106	0,943
100	200	104	0,962
150	300	100	1,000
200	400	96	1,042

Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo

Tabel 6
Faktor Pengali Untuk Berbagai Rasio
Panjang - Diameter Silinder Beton (A.M. Neville, 1977)

Rasio Panjang – diameter	Faktor Pengali
2	1
1,75	0,98
1,5	0,96
1,25	0,94
1	0,92

Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo

Pada penelitian ini menggunakan silinder ukuran diameter 85 mm dan panjang 170 mm. Sehingga faktor pengali ke koreksi silinder standar adalah 0,9544.

B. Tinjauan Pustaka

1. Lisantono dan Purnandani (2010) meneliti alternatif pengganti semen, beton geopolimer menggunakan bahan limbah residu pembakaran batu bara (*fly ash*) sebagai bindernya. Dalam riset ini dilakukan studi tentang pengaruh penambahan kapur padam terhadap sifat mekanik beton geopolimer. Dibuat benda uji silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Binder pengganti semen yang digunakan adalah *fly ash* kelas C dan kapur padam. Kadar *fly ash*: kapur dan water/binder (w/b) ratio yang digunakan adalah 25%:75% (w/b=0,58 dan 0,41), 40%:60% (w/b=0,53 dan 0,51), 50%:50% (w/b=0,48 dan 0,46), 60%:40% (w/b=0,40 dan 0,39), dan 75%:25% (w/b=0,37 dan 0,35). Perbandingan binder : agregat kasar : agregat halus yang digunakan adalah 1:1:1. Selain itu larutan alkali yang digunakan adalah larutan NaOH dan larutan sodium hidroksida. Kedua larutan ini digunakan sebanyak 5% dari berat binder. Sifat karakteristik beton yang diuji adalah kuat tekan dan modulus elastisitas pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari. Jumlah keseluruhan sampel adalah

172 buah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan maksimum sampel pada umur 28 hari dengan kadar *fly ash*:kapur, yaitu 75%:25% dan w/b ratio 0,35 mencapai 20,63 MPa dan pada umur 56 hari mencapai 21,38 MPa. Dari hasil uji modulus elastisitas beton variasi ini mencapai 14676.533 MPa pada umur 28 hari dan 18535.788 MPa pada umur 56 hari. Dengan demikian proporsi yang optimum yang diperoleh dalam penelitian adalah beton geopolimer dengan variasi 75%:25% dan w/b ratio 0,35.

Pada penelitian Purnandani menggunakan *fly ash* , sedangkan pada penelitian ini menggunakan abu sekam padi sebagai bindernya.

- 2) Prasetyo (2015) meneliti alternatif pengganti semen, beton geopolimer tersebut menggunakan bahan limbah residu pembakaran batu bara (*fly ash*) sebagai bindernya. Alkaline Aktivator yang digunakan dalam penelitian ini adalah Na_2SiO_3 (sodium silikat) dan NaOH (sodium hidroksida) konsentrasi 10M. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan beton terhadap benda uji berbentuk kubus $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$ sebanyak 45 benda uji. Variasi aktivator 1:2, 2:2, 3:2, 4:2 dan 5:2, sedangkan variasi penggunaan agregat dan binder (*fly ash* dan aktivator) adalah 75% : 25%, 70% :30% dan 65% : 35%. *Curing* yang dipakai dengan cara didiamkan dalam suhu ruangan. Pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Berdasarkan hasil penelitian dapat diperoleh grafik hubungan antara kuat tekan beton *geopolymer* terhadap perbandingan aktivator. Untuk beton *geopolymer* 75 : 25, kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan perbandingan $\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH} = 5:2$ sebesar $135,407 \text{ kg/cm}^2$. Untuk beton *geopolymer* 70 : 30, kuat tekan tertinggi

dimiliki oleh beton dengan perbandingan $\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH} = 5:2$ sebesar $141,037 \text{ kg/cm}^2$. Dan untuk beton *geopolymer* 65 : 35, kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan perbandingan $\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH} = 4:2$ sebesar $98,593 \text{ kg/cm}^2$. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi perbandingan aktivator $\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH}$ yang digunakan dalam beton, maka terdapat kecenderungan semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan oleh masing-masing beton.

Pada penelitian prasetyo menggunakan *fly ash*, sedangkan pada penelitian ini menggunakan abu sekam padi dan kapur padam.

- 3) Abdian dan Bernardinus (2010) meneliti adanya pengaruh kehalusan dan kadar abu sekam padi pada kekuatan beton dengan kuat tekan 50 MPa. Pengujian kuat tekan dan tarik belah dilakukan dengan benda uji berbentuk silinder berdiameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Abu sekam padi hendak diteliti sebagai bahan tambah dan bahan substitusi parsial terhadap semen. Penambahan abu sekam padi dalam penelitian ini adalah 5, 10, 15, 20, dan 25% dari berat semen. Substitusi parsial abu sekam padi terhadap semen sebesar 5, 10, 15, 20, dan 25%. Pada kadar substitusi parsial abu sekam padi 10%, dilakukan variasi *slump* rencana sebesar 0-10, 10-30, 30-60, dan 60-180 mm, dan dilakukan variasi penambahan *superplasticizer* sebesar 0, 0.5, 1 dan 1.5 % dari berat semen. Ukuran abu sekam padi yang digunakan adalah lolos saringan no 50 tertahan saringan no 100, lolos saringan no 100 tertahan saringan no 200, dan lolos saringan no 200. Pada beton dengan *slump* rencana 10-30 mm, dan substitusi parsial abu sekam padi sebesar 10% yang lolos

saringan no 200, dengan *superplasticizer* 1%, dilakukan pengujian kuat tekan pada umur beton 3, 7, 14, 28 dan 56 hari. Nilai *slump* rencana yang paling baik adalah 10-30 mm karena menghasilkan kuat tekan yang paling tinggi sebesar 51,71 MPa. Kadar optimum penambahan abu sekam padi adalah 10% dari berat semen yang menghasilkan kuat tekan 47.82 MPa. Kadar substitusi parsial abu sekam padi yang optimum adalah sebesar 10% dari berat semen yang menghasilkan kuat tekan 51.71 MPa. Kadar optimum *superplasticizer* (*Structuro 335*) sebesar 1% dari berat semen yang menghasilkan kuat tekan sebesar 51.71 MPa. Ukuran kehalusan yang paling baik adalah abu sekam padi yang lolos saringan no 200 yang menghasilkan kuat tekan 51.71 MPa.

Pada penelitian Herbudiman dan Abdian menggunakan semen, abu sekam padi, dan bahan tambah *superplasticizer*. Benda uji berbentuk silinder berdiameter 100 mm dan tinggi 200 mm, sedangkan pada penelitian ini menggunakan kapur padam dan tidak menggunakan bahan tambah. Benda uji berbentuk silinder berdiameter 85 mm dan tinggi 170 mm.

- 4) Chanhl (2008) dalam Septia (2011) meneliti penggunaan perkursor *fly ash* dan *alkaline activator* campuran *sodium silikat* (Na_2SiO_3) dan *sodium hidroksida* (NaOH) dalam pembuatan beton geopolimer. Sampel dicuring dengan suhu 40°C, 60°C, 80°C, dan 90°C selama 24-27 jam. Dari hasil penelitian kuat tekan umur 7 hari kekuatan paling besar terjadi pada suhu curing 90°C.

Pada penelitian Chanhl menggunakan *fly ash*, sedangkan penelitian ini menggunakan abu sekam padi dan kapur padam.

5) Sanjaya dan Yuwono (2006) dalam Septia (2011) meneliti penggunaan *fly ash* dan Alkaline Aktivator yang digunakan adalah kombinasi dari *sodium hidroksida* (NaOH) dan *sodium silikat* (Na₂SiO₃) dalam pembuatan beton geopolimer. Kombinasi *sodium hidroksida* (NaOH) : *sodium silikat* (Na₂SiO₃) yang digunakan adalah 1:1, 1:2, 1:1,25, 1:2,5, 1:2,75, 1:3, 2:1, 2,5:1, 3:1. Dari hasil penelitian kuat tekan, diketahui bahwa kuat tekan beton geopolimer terbesar umur 7 hari oleh mix design dengan kombinasi NaOH:Na₂SiO₃ (1:2,5) yaitu 35,87.

Pada penelitian Sanjaya dan Yuwono menggunakan *fly ash*, sedangkan pada penelitian ini menggunakan abu sekam padi dan kapur padam.

Dari penelitian di atas belum ada penelitian tentang kapur dan abu sekam padi (ASP) sebagai pengganti semen untuk pembuatan beton geopolimer maka dari itu peneliti mengambil kapur dan abu sekam padi sebagai penelitian tugas akhir.

C. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, kajian teori, dan tinjauan pustaka, maka hipotesis penelitian ini adalah kapur padam dan abu sekam padi bisa menjadi bahan alternatif untuk pembuatan beton geopolimer.

BAB III METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimental. Metode eksperimental merupakan percobaan langsung di laboratorium sesuai dengan data-data dari studi pustaka.

B. Tempat Penelitian

1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purworejo, Kecamatan Purworejo, Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah.

2. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Mei, Juni, dan Juli tahun 2017. Pembuatan benda uji silinder beton di bulan Juni, pengujian kuat tekan beton umur 28 hari berada di tanggal awal bulan Juli.

C. Bahan dan Alat Penelitian

1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut ini.

- a. Agregat halus (Pasir) dari Sungai Progo, Desa Brosot, Kecamatan Galur, Kabupaten Kulon Progo.
- b. Agregat kasar (Kerikil) adalah Kerikil Sungai Bogowonto

- c. Perbandingan antara *Sodium Hidroksida* (NaOH) dan *Sodium Silikat* (Na_2SiO_3) adalah 1 : 2,5
 - d. Angka Molaritas yang digunakan adalah 8 Molaritas.
 - e. Air yang digunakan berasal dari PDAM yang berada di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purworejo.
 - f. Perbandingan campuran antara binder : agregat adalah 1 : 3
 - g. Melakukan uji kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari.
 - h. Jumlah benda uji keseluruhan adalah 36 buah.
 - i. Pelaksanaan penelitian dan pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purworejo.
 - j. Abu Sekam Padi dari sisa pembakaran Batu Bata di Desa Pucangagung Kecamatan Bayan, Kabupaten Purworejo
 - k. Kapur dari Desa Redisari, Kecamatan Rowokele, Kabupaten Kebumen
 - l. Bahan Kimia yang digunakan adalah NaOH (*sodium hidroksida*) dan Na_2SiO_3 (*Sodium silikat*)
 - m. Air berasal dari PDAM Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purworejo
2. Alat
- Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut ini.
- a. Satu set saringan,
 - b. Cetok,

- c. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan dengan ketelitian 5 gram,
 - d. Oven dengan pengatur suhu (110 ± 5) °C,
 - e. Gelas ukur volume 100 ml dan 1000 ml,
 - f. Baskom dan cawan besar sebagai tempat untuk menyimpan bahan untuk pembuatan silinder beton,
 - g. Cetakan silinder ukuran 85 mm x 170 mm,
 - h. 1 set Alat Uji Slump,
 - i. Mesin Tekan UTM (*Universal Testing Machine*).
 - j. Stopwatch,
 - k. Alat pemadat,
 - l. Alat pengaduk, ember, pisau perata dan peralatan pembantu lainnya.
3. Kebutuhan Bahan

Dalam penelitian ini kami merencanakan membuat sejumlah benda uji beton geopolimer. Benda uji beton geopolimer akan diuji kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Jumlah benda uji kuat tekan masing-masing 3 buah silinder dengan ukuran 85 mm x 170 mm, dimaksudkan agar dalam pengujian ini kita dapat melakukan penghematan bahan baku, waktu dan biaya.

D. Pemeriksaan Bahan Material

Pemeriksaan bahan-bahan dasar penyusunan benda uji beton Geopolimer Adalah sebagai berikut ini.

1. Pemeriksaan modulus halus pasir dan kerikil.

2. Pemeriksaan kandungan lumpur dalam pasir.
3. Pemeriksaan berat jenis pasir dan kerikil.
4. Pemeriksaan analisis saringan abu sekam padi.

E. Variabel Penelitian

Variabel penelitian dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 7
Jumlah Benda Uji Beton Geopolimer

Kode Sampel	Perbandingan ASP : Kapur	Umur Pengujian			Total Benda Uji
		7 Hari	14 Hari	28 Hari	
BG70	70% : 30%	3	3	3	9
BG80	80% : 20%	3	3	3	9
BG90	90% : 10%	3	3	3	9
BG100	100% : 0%	3	3	3	9
Total					36

Pada setiap variasi pemberian abu sekam padi dan kapur benda uji yang dibuat berjumlah 3 buah. (SNI 1974:2011)

Misal pada variasi penambahan Kapur:ASP 0%:100% atau kode BG100 dengan ukuran 85 mm x 170 mm dilakukan uji tekan pada hari ke-7 dengan jumlah sampel 3 buah, hari ke- 14 dengan jumlah sampel 3 buah, dan hari ke-28 dengan jumlah sampel 3 buah. Sehingga pada tabel di atas jumlah benda uji untuk masing-masing variasi adalah 9 buah. Jadi total keseluruhan benda uji untuk semua variasi adalah 36 buah benda uji.

F. Perencanaan Campuran

Proporsi campuran beton geopolimer dalam penelitian ini menggunakan campuran agregat kasar, agregat halus, Abu Sekam Padi, dan kapur. Berikut tabel perencanaan campuran beton geopolimer.

Tabel 8
Perencanaan Campuran

Kode Sampel	Perbandingan ASP : Kapur	Perbandingan Binder : Agregat	Perbandingan Agregat Pasir : Kerikil	Perbandingan Aktifator NaOH : Na_2SiO_3	Jumlah Sampel
BG 70	70% : 30%	1 : 3	1 : 2	1 : 2,5	9
BG 80	80% : 20%	1 : 3	1 : 2	1 : 2,5	9
BG 90	90% : 10%	1 : 3	1 : 2	1 : 2,5	9
BG 100	100% : 0%	1 : 3	1 : 2	1 : 2,5	9

G. Proses Pembuatan Benda Uji

Prosedur pembuatan benda uji penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

- 1) Disiapkan semua bahan dan alat untuk pembuatan benda uji.
- 2) Agregat ditimbang sesuai dengan komposisi campuran yang telah direncanakan (agregat kasar, agregat halus, abu sekam padi, kapur padam, dan aktivator).
- 3) Abu sekam padi dan kapur padam dicampur setelah tercampur masukan agregat halus (pasir).
- 4) Setelah abu sekam padi, kapur dan pasir dicampur hingga homogen lalu ditambahkan air dan larutan aktivator yang telah ditentukan.
- 5) Setelah abu sekam padi, kapur, pasir, air, dan larutan activator dicampur hingga homogen masukkan campuran agregat kasar (keriki) lalu dicampur kembali sampai homogen.

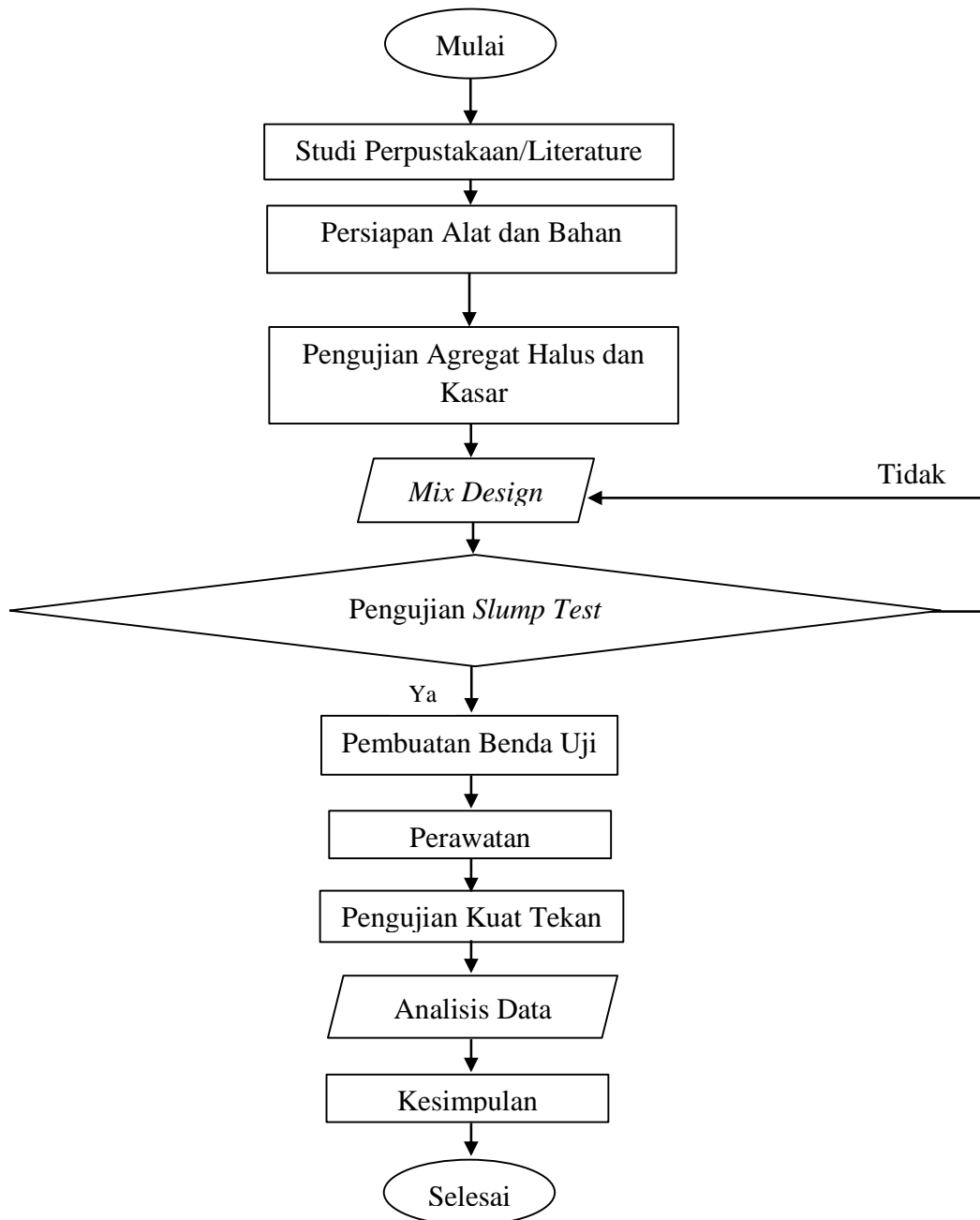
- 6) *Slump* beton segar diperiksa dengan menggunakan alat uji *slump*.
- 7) Campuran beton dimasukan kedalam cetakan silinder 1/3 dari tinggi silinder kemudian tusuk – tusuk 25 kali dengan menggunakan besi diameter 10 yang ujungnya ditumpulkan. Tambah dan tusuk-tusuk beton sampai 3 lapis. Kemudian ratakan permukaan benda uji.
- 8) Benda uji di dalam cetakan silinder di simpan di dalam ruangan selama 24 (dua puluh empat) jam atau lebih lama.
- 9) Setelah waktu penyimpanan benda uji tercapai buka cetakan silinder dari benda uji dan beri kode pada masing-masing benda uji.
- 10) Benda uji untuk pengujian kuat tekan disimpan di ruangan (perawatan menggunakan suhu ruang) selama 7, 14, dan 28 hari sebelum dilakukan pengujian guna menjaga kondisi benda uji tetap utuh.

H. Pengujian Kuat Tekan Beton

Prosedur pengujian kuat tekan beton berdasarkan SNI 03-1974-1990 tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Prosedur pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut ini.

- a) Peralatan disiapkan.
- b) Benda uji ditimbang.
- c) Proses pengujian.
- d) Kuat tekan beton dihitung.

I. Diagram Alur Penelitian



Gambar 11. Diagram Alur Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Bahan-bahan Dasar Penyusun Beton

1. Pengujian Agregat Halus (pasir).

a) Pemeriksaan gradasi pasir

1) Hasil pemeriksaan

Hasil dari pemeriksaan berat pasir yang diperiksa adalah 500 gram dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9
Hasil Pemeriksaan Gradasi Pasir Brosot

Ukuran Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gr)
4,75	45,94
2,36	42,9
1,18	225,15
0,6	155,86
0,3	25,53
0,15	2
Sisa	0,23

Sumber: Hasil Penelitian

2) Analisa hasil pengujian

Analisa hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10
Hasil Analisa Gradasi Pasir Brosot

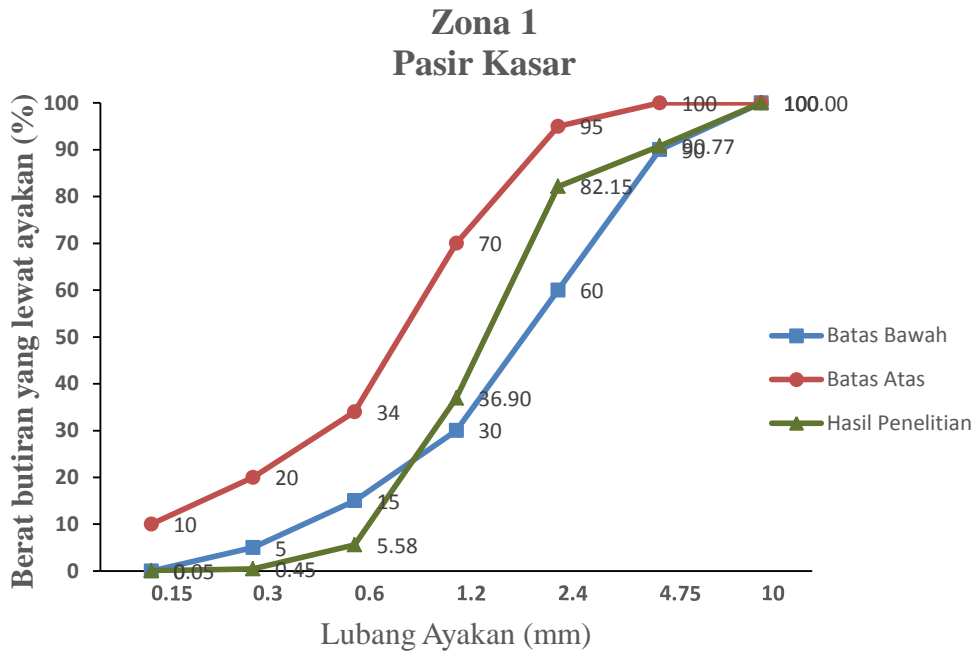
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal		Berat Komulatif (%)	Berat Komulatif Lewat Ayakan (mm)
	(gr)	(%)		
4.75	45,94	9,23	9,23	90,77
2.36	42,9	8,62	17,85	82,15
1.18	225,15	45,25	63,10	36,90
0.6	155,86	31,32	94,42	5,58
0.3	25,53	5,13	99,55	0,45
0.15	2	0,40	99,95	0,05
Sisa	0,23	0,05	-	-
Σ	497,61	100	384,11	215,89

Sumber: Hasil Penelitian

Modulus halus butir pasir (MHB)

$$MHB = \frac{\sum Kom (\%)}{100}$$

$$MHB = \frac{99,95+99,55+94,42+63,10+17,85+9,23}{100} = 3,841$$



Sumber: Hasil penelitian

Gambar 12. Grafik Gradasi Pasir Brosot

Pasir Brosot yang digunakan dalam penelitian ini modulus halus butir adalah 3,841, sehingga pasir Brosot yang digunakan dalam penelitian ini belum masuk dalam syarat pasir kasar karena MHB pasir Brosot tidak masuk antara 2,9 – 3,2. (PUBI-1982).

b) Pemeriksaan berat jenis pasir

1) Hasil pemeriksaan

Tabel 11
Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Pasir

Benda dan alat uji	Berat (gr)
Berat pasir + tabung ukur + air	1895
Berat pasir SSD	500
Berat pasir + air	1609
Berat pasir kering tungku	479

Sumber: Hasil penelitian

2) Analisa hasil pengujian

$$\text{Berat jenis pasir kering tungku} = \frac{479}{(1609+500)-1895} = 2,238$$

$$\text{Berat jenis pasir SSD} = \frac{500}{(1609+500)-1895} = 2,336$$

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa berat jenis pasir SSD adalah 2,336. Berat jenis pasir yang digunakan dalam penelitian ini belum masuk antara 2,40-2,90.(PUBI-1982)

c) Pemeriksaan kandungan lumpur dalam pasir cara volume endapan ekivalen

1) Hasil pemeriksaan

Tabel 12
Hasil Pemeriksaan Kandungan Lumpur dalam Pasir

Pemeriksaan	Volume (cc)
Volume pasir semula	900
Volume pasir setelah diendapkan	880

Sumber: Hasil penelitian

2) Analisa hasil pengujian

$$\text{Volume endapan lumpur adalah } 20 \text{ cc} = \frac{20}{100} = 2 \%$$

Hasil pengujian kandungan lumpur dalam pasir didapat 2 %, karena kandungan lumpur dalam pasir kurang dari 5%, maka pasir Brosot memenuhi syarat digunakan untuk campuran pembuatan beton.

d) Pemeriksaan kandungan lumpur dalam pasir cara ayakan no 200

1) Hasil pemeriksaan

Tabel 13
Hasil Pemeriksaan Kandungan Lumpur dalam Pasir

Pemeriksaan	Berat (gr)
Berat pasir semula	500
Berat pasir kering tungku	480,9

Sumber: Hasil penelitian

2) Analisa hasil pengujian

$$\text{Kandungan lumpur} = \frac{500-480,9}{500} \times 100\% = 3,82 \%$$

Hasil pengujian kandungan lumpur dalam pasir didapat 3,82%, karena kandungan lumpur dalam pasir kurang dari 5%, maka pasir

brosot memenuhi syarat digunakan untuk campuran pembuatan beton.

2. Pengujian Agregat kasar (kerikil).

a) Pemeriksaan gradasi kerikil

1) Hasil pemeriksaan

Berat kerikil yang diperiksa : 2000 gram

Tabel 14
Hasil Pemeriksaan Gradasi Kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)
38.1	0
19	0
9.5	1298,75
4.75	699,3
2.36	-
1.2	-
0.6	-
0.3	-
0.15	-
Sisa	0,82
Σ	1998,87

Sumber: Hasil Penelitian

2) Analisa hasil pengujian

Analisa hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 15

Tabel 15
Hasil Pemeriksaan MHB Kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal		Berat Komulatif (%)	Berat Komulatif Lewat Ayakan (mm)
	(gr)	(%)		
38.1	0	0	0,00	100
19	0	0,00	0,00	100,00
9.5	1298,75	64,97	64,97	35,03
4.75	699,3	34,98	99,96	0,04
2.36	-	-	99,96	0,04
1.2	-	-	99,96	0,04
0.6	-	-	99,96	0,04
0.3	-	-	99,96	0,04
0.15	-	-	99,96	0,04
Sisa	0,82	0,04	0,00	0,00
Σ	1998,87	100	664,73	235,27

Sumber: Hasil penelitian

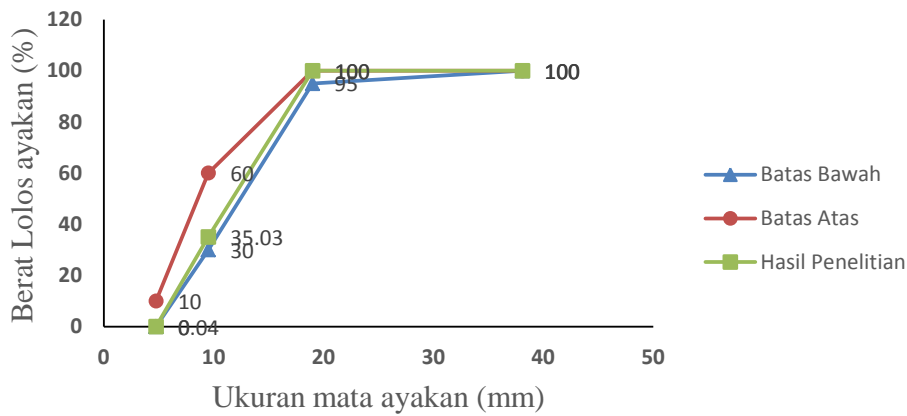
Modulus halus butir kerikil (MHB)

$$MHB = \frac{\sum Kum (\%)}{100}$$

$$MHB = \frac{664,73}{100} = 6,647$$

Dari hasil perhitungan penelitian ini MHB kerikil adalah 6,647. Modulus halus butir kerikil masuk dalam persyaratan yang ditentukan antara 5-8 (PUBI-1982)

Batas gradasi kerikil ukuran maksimum 20 mm



sumber : Hasil penelitian

Grafik 13. Batas Gradasi Kerikil Ukuran 20 mm

b) Pemeriksaan berat jenis kerikil

1) Hasil pemeriksaan

Tabel 16
Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Kerikil

Benda dan alat uji	Berat
Berat kerikil+bejana+air	4989
Berat kerikil SSD	3812
Berat bejana + air	2718
Berat kerikil kering tungku	3700

Sumber: Hasil penelitian

2) Analisa hasil pengujian

$$\text{Berat jenis kerikil kering tungku} = \frac{3700}{(2718+3812)-4989} = 2,401$$

$$\text{Berat jenis kerikil SSD} = \frac{3812}{(2718+3812)-4989} = 2,474$$

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa berat jenis kerikil SSD adalah 2,474 sehingga berat jenis kerikil masuk dalam 2,40-2,90 (PUBI-1982)

3. Pemeriksaan analisis saringan abu sekam padi.

Dalam penelitian ini menggunakan abu sekam padi sisa pembakaran bata merah yang diambil dari Desa Pucangagung, Kecamatan Bayan, Kabupaten Purworejo, yang belum dimanfaatkan secara maksimal, karena abu sekam padi hanya digunakan sebagai abu gosok dan campuran bata merah dan sisanya dibuat urugan. Abu Sekam Padi hasil pembakaran ini kemudian dihaluskan dan disaring menggunakan saringan no. 200. Setelah disaring ASP siap digunakan sebagai bahan alternatif untuk pembuatan beton geopolimer.

B. Perhitungan rencana campuran beton geopolimer

1. Perencanaan faktor air baru

Untuk mengetahui kebutuhan air (faktor air baru) dalam penelitian dilakukan trial terlebih dahulu. Trial yang digunakan menggunakan variasi 80% : 20% (abu kekam padi : kapur padam). Hasil trial kebutuhan faktor air baru dapat dilihat pada Tabel 17 sebagai berikut.

Tabel 17
Faktor air baru

No	Jumlah Sampel	Binder	Berat (gram)	Perbandingan air dan binder	Faktor air baru (mili liter)	Hasil Uji <i>Slump</i> (cm)
1	9	4106,835	16823,07	1 : 1	4106,84	28
2	9	4106,835	16710,03	0,95 : 1	3901,49	21
3	9	4106,835	16427,34	0,85 : 1	3490,81	10
4	9	4106,835	16342,83	0,75 : 1	3080,13	2

Sumber : Hasil perhitungan

Dalam penelitian ini faktor air baru didapat dari trial pembuatan beton geopolimer dengan perbandingan air yang digunakan 1, 0,95, 0,85, 0,75 dari binder. Dari hasil trial di atas diperoleh suatu campuran yang pas dan

homogen, sudah dianggap tidak terlalu encer dan kental pada penambahan faktor air baru 0,85 dari binder. Serta ditunjukkan dengan hasil uji *slump* 10 cm. Maka peneliti menggunakan faktor air baru pada penambahan faktor air baru 0,85 dari binder.

2. Perhitungan kebutuhan untuk pembuatan beton geopolimer

Komposisi campuran pembuatan beton geopolimer dengan faktor air 0,85 dari binder, 1:3 (binder : agregat), kebutuhan agregat 1:2 (pasir :kerikil) kebutuhan Perkursor 74% dari berat binder, aktivator 26% dari berat binder, perbandingan aktivator 1:2,5 (*Sodium Hidroksida* : *Sodium Silikat*).

Kebutuhan benda uji 1 sampel beton geopolimer.

a) Berat benda uji (trial) = 1825,26 gram.

b) Perbandingan binder:agregat = 1:3, sehingga:

$$\text{Binder} = \frac{1}{4} \times 1825,26 \text{ gram} = 456,3 \text{ gram}$$

$$\text{Agregat} = \frac{3}{4} \times 1825,26 \text{ gram} = 1368,9 \text{ gram}$$

c) Perbandingan prekursor:larutan alkali = 74%:26%, sehingga:

$$\text{Prekursor} = 0,74 \times 456,3 \text{ gram} = 337,67 \text{ gram}$$

$$\text{Larutan alkali} = 0,26 \times 456,3 \text{ gram} = 118,64 \text{ gram}$$

d) Perbandingan Agregat halus: agragat kasar = 1:2, sehingga:

$$\text{Agregat halus} = \frac{1}{3} \times 1368,9 = 456,3 \text{ gram}$$

$$\text{Agregat kasar} = \frac{2}{3} \times 1368,9 = 912,63 \text{ gram}$$

Total kebutuhan untuk semua variasi dapat dilihat pada Tabel 18

Tabel 18
Kebutuhan Bahan untuk Pembuatan Benda Uji

No	kode	ASP	Kapur Padam	Perkusor (g)			Pasir (g)	Fab a/p	Kerikil (g)
				ASP (g)	Kapur Padam (g)	Alkali (g)			
1	BG70	70	30	236,371	101,302	118,642	456,315	387,868	912,630
	Jumlah 9 Silinder			2127,341	911,717	1067,777	4106,835	3490,810	8213,670
2	BG80	80	20	270,138	67,535	118,642	456,315	387,868	912,630
	Jumlah 9 Silinder			2431,246	607,812	1067,777	4106,835	3490,810	8213,670
3	BG90	90	10	303,906	33,767	118,642	456,315	387,868	912,630
	Jumlah 9 Silinder			2735,152	303,906	1067,777	4106,835	3490,810	8213,670
4	BG100	100	0	337,673	0,000	118,642	456,315	433,499	912,630
	Jumlah 9 Silinder			3039,058	0,000	1067,777	4106,835	3901,493	8213,670

Sumber: Hasil Perhitungan

C. Pengadukan beton

Proses pencampuran antara abu sekam padi, kapur padam, air, larutan alkali, pasir, dan kerikil, dalam perbandingan tertentu. Pada penelitian ini Pengadukan beton menggunakan tangan, hal ini dilakukan karena jumlah beton yang dibuat hanya sedikit.

Dalam proses pengadukan variasi 100%:0% (ASP: Kapur padam) mengalami kelecakan yang besar dan belum tercampur dengan homogen mengakibatkan penggunaan faktor air baru 0,95 dari berat binder.

D. Pengujian kekentalan adukan (*Slump Test*)

Sebelum adukan beton dimasukkan ke dalam cetakan, maka diperiksa terlebih dahulu nilai *slump* adukan beton tersebut. Adapun hasil nilai *slump* dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 19
Hasil pengujian *Slump*

kode	Perbandingan		Air (liter)	Nilai <i>Slump</i> (cm)
	ASP (%)	Kapur Padam (%)		
BG100*	100	0	3,901	17,5
BG90	90	10	3,491	8
BG80	80	20	3,491	12
BG70	70	30	3,491	14

Sumber: Hasil pengujian
(Catatan * material beton belum tercampur dengan homogen sehingga ada penambahan air)

E. Perawatan Beton

Perawatan beton ialah suatu tahap akhir pekerjaan pembuatan benda uji, yaitu pekerjaan menjaga agar permukaan beton tetap utuh dan tidak mengalami kerusakan atau keretakan. Pada penelitian ini dilakukan perawatan

beton dengan menggunakan suhu ruang. Setelah beton geopolimer dicetak, di keluarkan dari cetakan kemudian di amkan pada suhu ruangan. Tiap benda uji di amkan dalam ruangan di letakan di atas papan yang dilapisi plastik sampai dengan saat pengujian pada umur 7, 14, dan 28 hari.

F. Hasil Pengujian Beton Geopolimer

1. Hasil kuat tekan beton geopolimer 70 % abu sekam padi dan 30% kapur padam

Berdasarkan rencana komposisi campuran yang telah direncanakan dalam tabel 15, diperoleh hasil pengujian kuat tekan beton geopolimer pada umur 7, 14, dan 28 hari.

a) Hasil kuat tekan umur 7 hari

Contoh Perhitungan kuat tekan beton :

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan beton} &= \frac{P}{A} \text{ (MPa)} \\ &= \frac{20000}{5674,502} = 3,524 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Kuat tekan sebenarnya adalah $3,524 \text{ MPa} \times 0,9544 = 3,364 \text{ MPa}$

Tabel 20
Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 70% ASP dan 30% Kapur Padam Umur 7 Hari

Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Hari	Beban		Faktor Koreksi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
			KN	N			
1	5674,502	7	20	20000	0,9544	3,364	3,644
2	5674,502	7	20	20000	0,9544	3,364	
3	5674,502	7	25	25000	0,9544	4,205	

Sumber: Hasil pengujian

$$\text{Standar deviasi (Sd)} = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_{rt})^2}{N-1}}$$

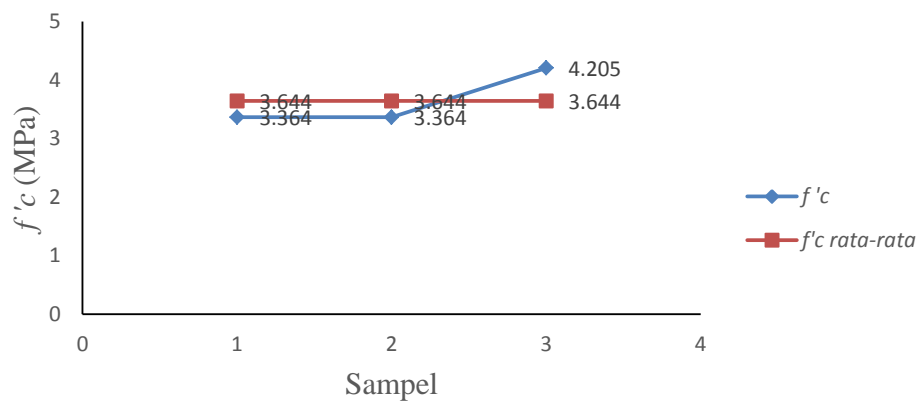
$$X_1 = (3,364 - 3,644)^2 = 0,079$$

$$X_2 = (3,364 - 3,644)^2 = 0,079$$

$$X_3 = (4,205 - 3,644)^2 = \underline{0,314}$$

$$\sum(X_i - X_{rt})^2 = 0,471$$

$$(Sd) = \sqrt{\frac{0,471}{3-1}} = 0,486$$



Gambar 14. Grafik Kuat Tekan Variasi 70% ASP dan 30% Kapur Padam Umur 7 Hari

b) Hasil kuat tekan umur 14 hari

Contoh Perhitungan kuat tekan beton :

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan beton} &= \frac{P}{A} \text{ (MPa)} \\ &= \frac{25000}{5674,502} = 4,405 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Kuat tekan sebenarnya adalah $4,405 \text{ MPa} \times 0,9544 = 4,205 \text{ MPa}$

Tabel 21
 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 70% ASP dan 30% Kapur Padam Umur 14 Hari

Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Hari	Beban		Faktor Koreksi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata- rata (MPa)
			KN	N			
1	5674,502	14	20	20000	0,9544	3,364	3,924
2	5674,502	14	25	25000	0,9544	4,205	
3	5674,502	14	25	25000	0,9544	4,205	

Sumber: Hasil pengujian

$$\text{Standar deviasi (Sd)} = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_{rt})^2}{N-1}}$$

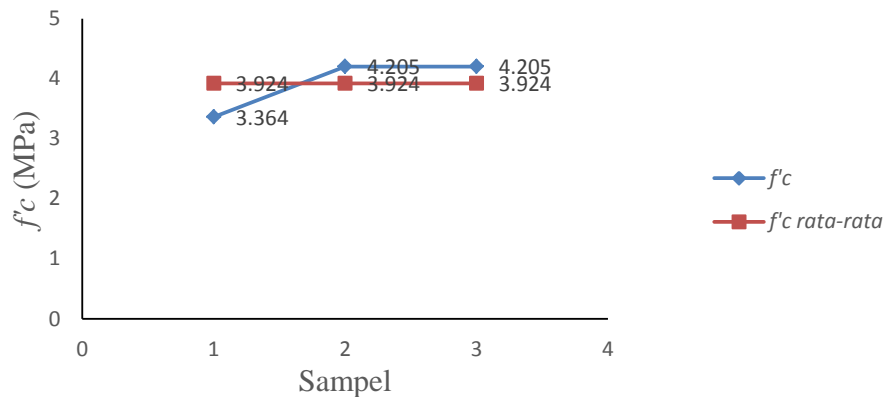
$$X_1 = (3,364 - 3,924)^2 = 0,314$$

$$X_2 = (4,205 - 3,924)^2 = 0,079$$

$$X_3 = (4,205 - 3,924)^2 = \underline{0,079} +$$

$$\sum(X_i - X_{rt})^2 = 0,471$$

$$(Sd) = \sqrt{\frac{0,471}{3-1}} = 0,486$$



Gambar 15. Grafik Kuat Tekan Variasi 70% ASP dan 30% Kapur Padam Umur 14 Hari

c) Hasil kuat tekan umur 28 hari

Contoh Perhitungan kuat tekan beton :

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan beton} &= \frac{P}{A} \text{ (MPa)} \\ &= \frac{15000}{5674,502} = 2,643 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Kuat tekan sebenarnya adalah $2,643 \text{ MPa} \times 0,9544 = 2,523 \text{ MPa}$

Tabel 22
Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 70% ASP dan 30% Kapur Padam Umur 28 Hari

Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Hari	Beban		Faktor Koreksi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
			KN	N			
1	5674,502	28	15	15000	0,9544	2,523	2,579
2	5674,502	28	16	16000	0,9544	2,691	
3	5674,502	28	15	15000	0,9544	2,523	

Sumber: Hasil pengujian

$$\text{Standar deviasi (Sd)} = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_{rt})^2}{N-1}}$$

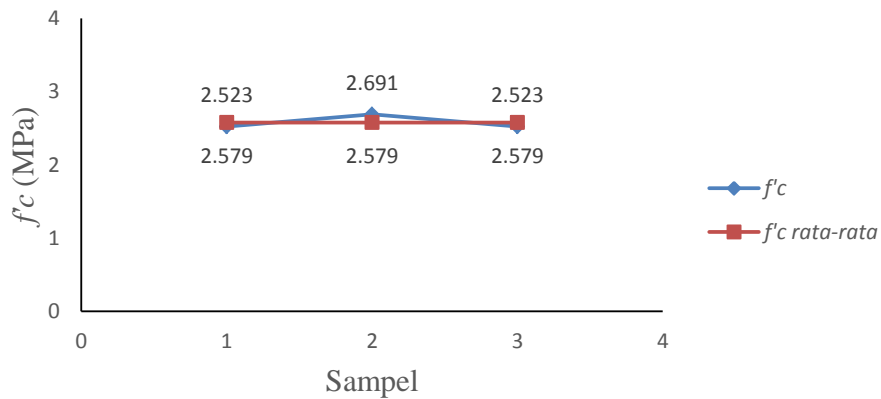
$$X_1 = (2,523 - 2,579)^2 = 0,003$$

$$X_2 = (2,691 - 2,579)^2 = 0,013$$

$$X_3 = (2,523 - 2,579)^2 = 0,003 +$$

$$\sum(X_i - X_{rt})^2 = 0,019$$

$$(Sd) = \sqrt{\frac{0,019}{3-1}} = 0,097$$



Gambar 16. Grafik Kuat Tekan Variasi 70% ASP dan 30% Kapur Padam Umur 28

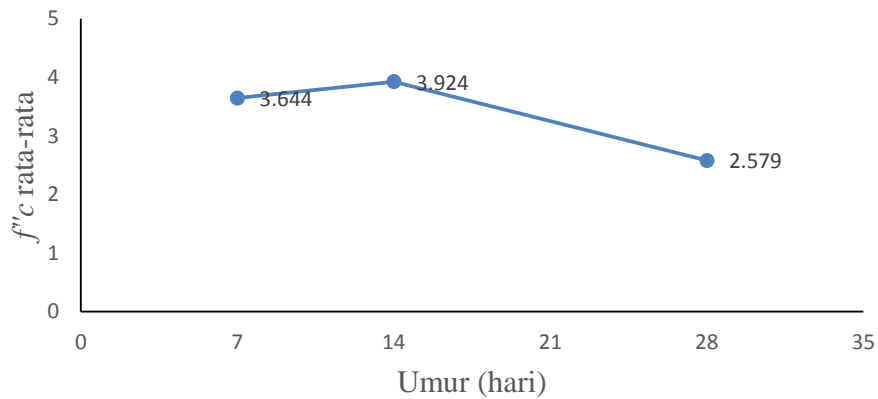
Hari

d) Rekap hasil kuat tekan variasi 70% ASP dan 30% kapur padam

Tabel 23
Rekap Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer 70% : 30%

Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Hari	Beban		Faktor Koreksi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
			KN	N			
1	5674,502	7	20	20000	0,9544	3,364	3,644
2	5674,502	7	20	20000	0,9544	3,364	
3	5674,502	7	25	25000	0,9544	4,205	
4	5674,502	14	20	20000	0,9544	3,364	3,924
5	5674,502	14	25	25000	0,9544	4,205	
6	5674,502	14	25	25000	0,9544	4,205	
7	5674,502	28	15	15000	0,9544	2,523	2,579
8	5674,502	28	16	16000	0,9544	2,691	
9	5674,502	28	15	15000	0,9544	2,523	

Sumber: Data penelitian



Gambar 17. Grafik Kuat Tekan Rata-rata Variasi 70% ASP dan 30% Kapur Padam

2. Hasil kuat tekan beton geopolimer 80 % abu sekam padi dan 20% kapur padam

Berdasarkan rencana komposisi campuran yang telah direncanakan dalam tabel 16, diperoleh hasil pengujian kuat tekan beton geopolimer pada umur 7, 14, dan 28 hari.

a) Hasil kuat tekan umur 7 hari

Contoh Perhitungan kuat tekan beton :

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan beton} &= \frac{P}{A} \text{ (MPa)} \\
 &= \frac{30000}{5674,502} = 5,286 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Kuat tekan sebenarnya adalah $5,286 \text{ MPa} \times 0,9544 = 5,046 \text{ MPa}$

Tabel 24
Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 80% ASP dan 20% Kapur Padam Umur 7 Hari

Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Hari	Beban		Faktor Koreksi	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
			KN	N			
1	5674,502	7	20	20000	0,9544	3,364	4,205
2	5674,502	7	30	30000	0,9544	5,046	
3	5674,502	7	25	25000	0,9544	4,205	

Sumber: Hasil pengujian

$$\text{Standar deviasi (Sd)} = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_{rt})^2}{N-1}}$$

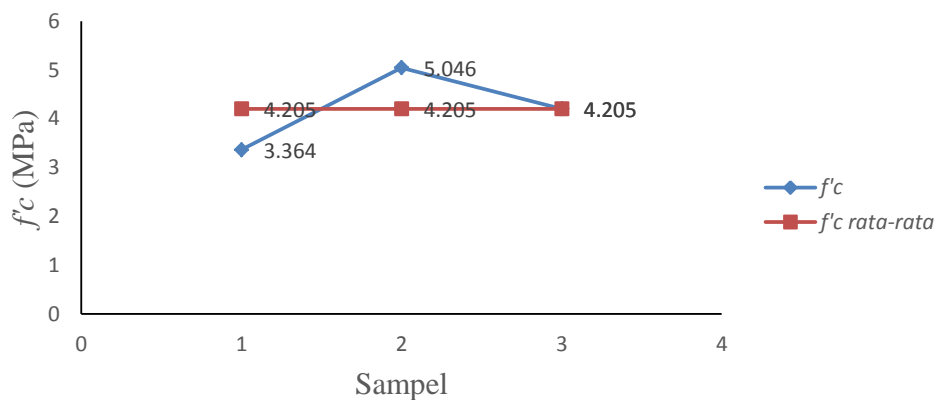
$$X_1 = (3,364 - 4,205)^2 = 0,707$$

$$X_2 = (5,046 - 4,205)^2 = 0,707$$

$$X_3 = (4,205 - 4,205)^2 = 0,000 +$$

$$\sum(X_i - X_{rt})^2 = 1,414$$

$$(Sd) = \sqrt{\frac{1,414}{3-1}} = 0,841$$



Gambar 18. Grafik Kuat Tekan Variasi 80% ASP dan 20% Kapur Padam Umur 7

Hari

b) Hasil kuat tekan umur 14 hari

Contoh Perhitungan kuat tekan beton :

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan beton} &= \frac{P}{A} \text{ (MPa)} \\ &= \frac{25000}{5674,502} = 4,405 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Kuat tekan sebenarnya adalah $4,405 \text{ MPa} \times 0,9544 = 4,205 \text{ Mpa}$

Tabel 25
Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 80% ASP dan 20% Kapur Padam Umur 14 Hari

Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Hari	Beban		Faktor Koreksi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
			KN	N			
1	5674,502	14	25	25000	0,9544	4,205	3,924
2	5674,502	14	25	25000	0,9544	4,205	
3	5674,502	14	20	20000	0,9544	3,364	

Sumber: Hasil pengujian

$$\text{Standar deviasi (Sd)} = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_{rt})^2}{N-1}}$$

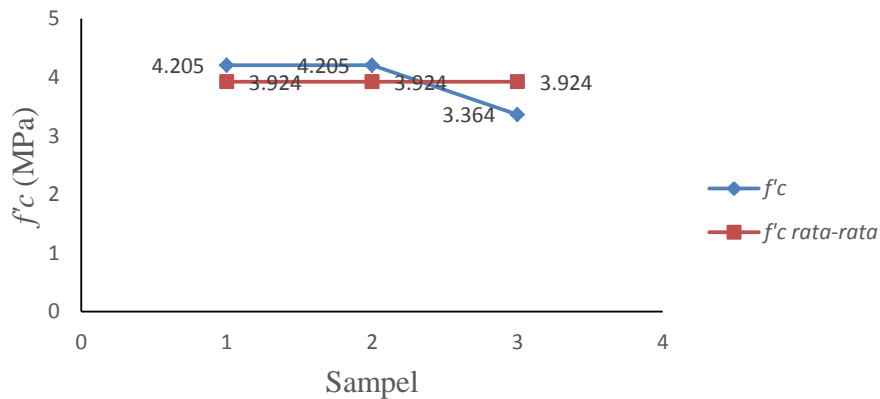
$$X_1 = (4,205 - 3,924)^2 = 0,079$$

$$X_2 = (4,205 - 3,924)^2 = 0,079$$

$$X_3 = (3,364 - 3,924)^2 = 0,314 +$$

$$\sum(X_i - X_{rt})^2 = 0,471$$

$$(Sd) = \sqrt{\frac{0,471}{3-1}} = 0,486$$



Gambar 19. Grafik Kuat Tekan Variasi 80% ASP dan 20% Kapur Padam Umur 14

Hari

c) Hasil kuat tekan umur 28 hari

Contoh Perhitungan kuat tekan beton :

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan beton} &= \frac{P}{A} \text{ (MPa)} \\ &= \frac{20000}{5674,502} = 3,526 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Kuat tekan sebenarnya adalah $3,526 \text{ MPa} \times 0,9544 = 3,364 \text{ MPa}$

Tabel 26

Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 80% ASP dan 20% Kapur Padam Umur 28 Hari

Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Hari	Beban		Faktor Koreksi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
			KN	N			
1	5674,502	28	20	20000	0,9544	3,364	3,364
2	5674,502	28	20	20000	0,9544	3,364	
3	5674,502	28	20	20000	0,9544	3,364	

Sumber: Hasil pengujian

$$\text{Standar deviasi (Sd)} = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X}_{rt})^2}{N-1}}$$

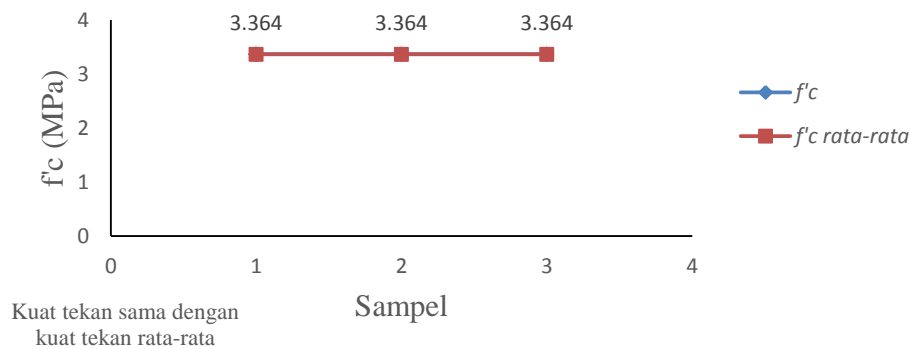
$$X_1 = (3,364 - 3,364)^2 = 0,000$$

$$X_2 = (3,364 - 3,364)^2 = 0,000$$

$$X_3 = (3,364 - 3,364)^2 = 0,000 +$$

$$\sum (X_i - X_{rt})^2 = 0,000$$

$$(S_d) = \sqrt{\frac{0,000}{3-1}} = 0,000$$



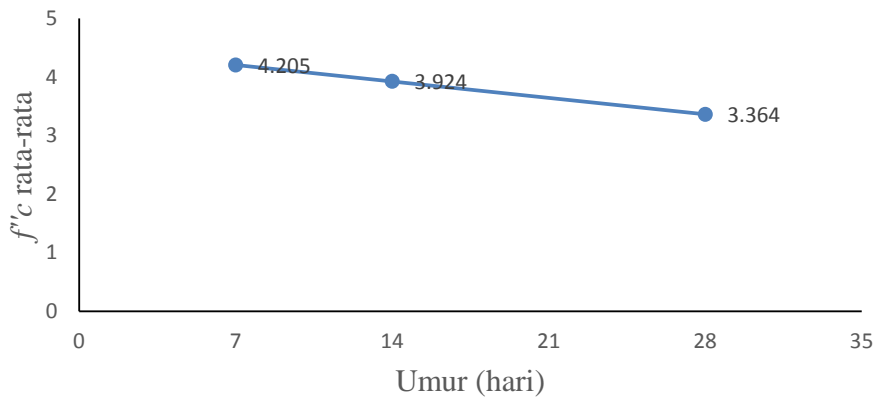
Gambar 20. Grafik Kuat Tekan Variasi 80% ASP dan 20% Kapur Padam Umur 28 Hari

d) Rekap hasil kuat tekan variasi 80% ASP dan 20% kapur padam

Tabel 27
Rekap Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer 80% : 20%

Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Hari	Beban		Faktor Koreksi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
			KN	N			
1	5674,502	7	20	20000	0,9544	3,364	4,205
2	5674,502	7	30	30000	0,9544	5,046	
3	5674,502	7	25	25000	0,9544	4,205	
4	5674,502	14	25	25000	0,9544	4,205	3,924
5	5674,502	14	25	25000	0,9544	4,205	
6	5674,502	14	20	20000	0,9544	3,364	
7	5674,502	28	20	20000	0,9544	3,364	3,364
8	5674,502	28	20	20000	0,9544	3,364	
9	5674,502	28	20	20000	0,9544	3,364	

Sumber: Data penelitian



Gambar 21. Grafik Kuat Tekan Rata-rata Variasi 80% ASP dan 20% Kapur padam

3. Hasil kuat tekan beton geopolimer 90 % abu sekam padi dan 10% kapur padam

Berdasarkan rencana komposisi campuran yang telah direncanakan dalam tabel 16, diperoleh hasil pengujian kuat tekan beton geopolimer pada umur 7, 14, dan 28 hari.

a) Hasil kuat tekan umur 7 hari

Contoh Perhitungan kuat tekan beton :

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan beton} &= \frac{P}{A} \text{ (MPa)} \\ &= \frac{20000}{5674,502} = 3,526 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Kuat tekan sebenarnya adalah $3,526 \text{ MPa} \times 0,9544 = 3,364 \text{ MPa}$

Tabel 28
Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 90% ASP dan 10% Kapur Padam Umur 7 Hari

Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Hari	Beban		Faktor Koreksi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
			KN	N			
1	5674,502	7	25	25000	0,9544	4,205	3,644
2	5674,502	7	20	20000	0,9544	3,364	
3	5674,502	7	20	20000	0,9544	3,364	

Sumber: Data penelitian

$$\text{Standar deviasi (Sd)} = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_{rt})^2}{N-1}}$$

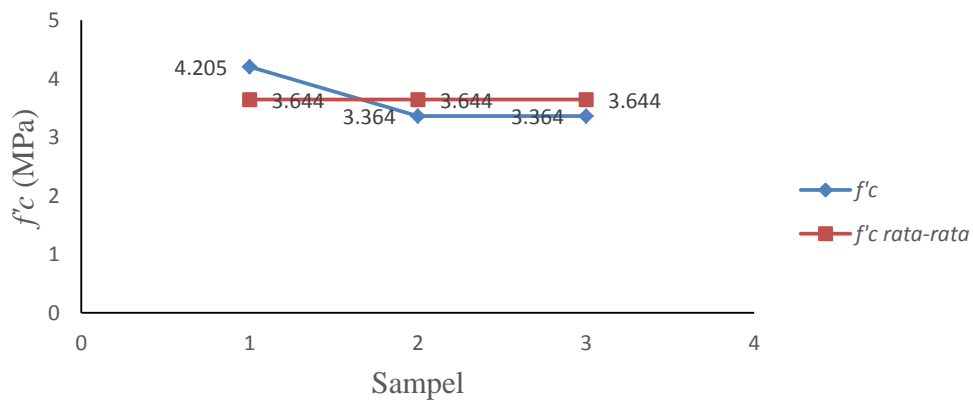
$$X_1 = (4,205 - 3,644)^2 = 0,314$$

$$X_2 = (3,364 - 3,644)^2 = 0,079$$

$$X_3 = (3,364 - 3,644)^2 = 0,079 +$$

$$\sum(X_i - X_{rt})^2 = 0,471$$

$$(Sd) = \sqrt{\frac{0,471}{3-1}} = 0,486$$



Gambar 22. Grafik Kuat Tekan Variasi 90% ASP dan 10% Kapur Padam Umur 7

Hari

b) Hasil kuat tekan umur 14 hari

Contoh Perhitungan kuat tekan beton :

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \text{ (MPa)}$$

$$= \frac{25000}{5674,502} = 4,405 \text{ MPa}$$

Kuat tekan sebenarnya adalah $4,405 \text{ MPa} \times 0,9544 = 4,205 \text{ MPa}$

Tabel 29
 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 90% ASP dan 10% Kapur Padam
 Umur 14 Hari

Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Hari	Beban		Faktor Koreksi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
			KN	N			
1	5674,502	14	25	25000	0,9544	4,205	3,644
2	5674,502	14	20	20000	0,9544	3,364	
3	5674,502	14	20	20000	0,9544	3,364	

Sumber: Data penelitian

$$\text{Standar deviasi (Sd)} = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_{rt})^2}{N-1}}$$

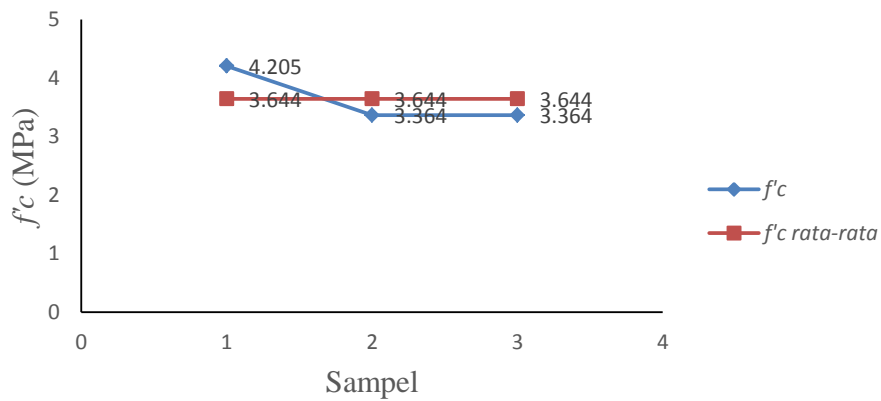
$$X_1 = (4,205 - 3,644)^2 = 0,314$$

$$X_2 = (3,364 - 3,644)^2 = 0,079$$

$$X_3 = (3,364 - 3,644)^2 = 0,079 +$$

$$\sum(X_i - X_{rt})^2 = 0,471$$

$$(Sd) = \sqrt{\frac{0,471}{3-1}} = 0,486$$



Gambar 23. Grafik Kuat Tekan Variasi 90% ASP dan 10% Kapur Padam Umur 14 Hari

c) Hasil kuat tekan umur 28 hari

Contoh Perhitungan kuat tekan beton :

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan beton} &= \frac{P}{A} \text{ (MPa)} \\ &= \frac{22000}{5674,502} = 3,876 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Kuat tekan sebenarnya adalah $3,876 \text{ MPa} \times 0,9544 = 3,700 \text{ MPa}$

Tabel 30
Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 90% ASP dan 10% Kapur Padam
Umur 28 Hari

Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Hari	Beban		Faktor Koreksi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
			KN	N			
1	5674,502	28	22	22000	0,9544	3,700	3,308
2	5674,502	28	15	15000	0,9544	2,523	
3	5674,502	28	22	22000	0,9544	3,700	

Sumber: Data penelitian

$$\text{Standar deviasi (Sd)} = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_{rt})^2}{N-1}}$$

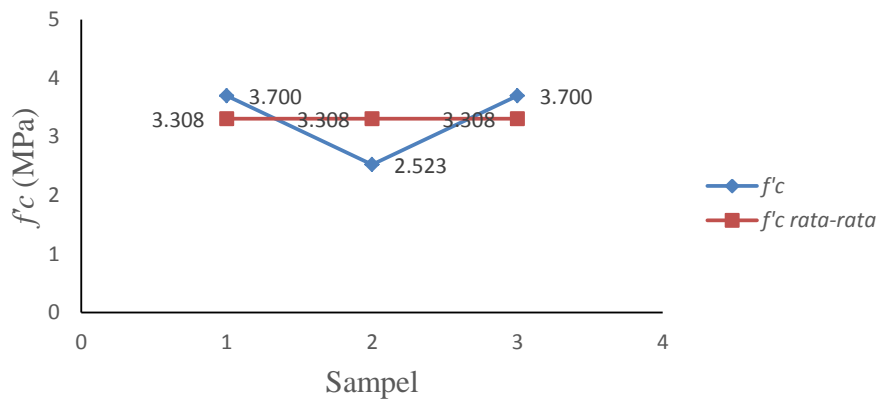
$$X_1 = (3,700 - 3,308)^2 = 0,154$$

$$X_2 = (2,523 - 3,308)^2 = 0,616$$

$$X_3 = (3,700 - 3,308)^2 = \underline{0,154} +$$

$$\sum(X_i - X_{rt})^2 = 0,924$$

$$(Sd) = \sqrt{\frac{0,924}{3-1}} = 0,680$$



Gambar 24. Grafik Kuat Tekan Variasi 90% ASP dan 10% Kapur Padam Umur 28

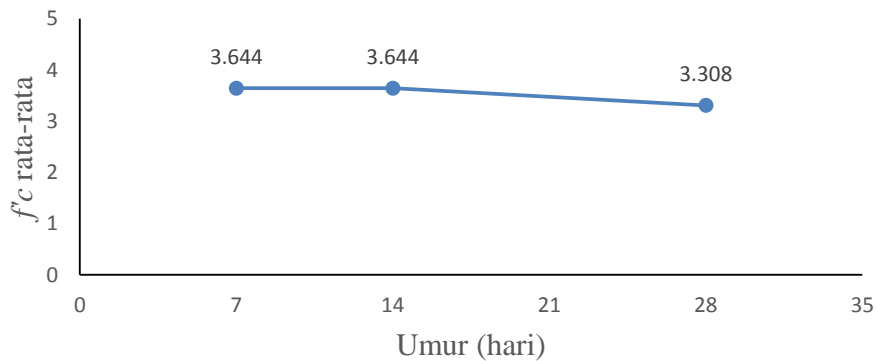
Hari

d) Rekap hasil kuat tekan variasi 90% ASP dan 10% kapur padam

Tabel 31
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer 90% : 10%

Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Hari	Beban		Faktor Koreksi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
			KN	N			
1	5674,502	7	25	25000	0,9544	4,205	3,644
2	5674,502	7	20	20000	0,9544	3,364	
3	5674,502	7	20	20000	0,9544	3,364	
4	5674,502	14	25	25000	0,9544	4,205	3,644
5	5674,502	14	20	20000	0,9544	3,364	
6	5674,502	14	20	20000	0,9544	3,364	
7	5674,502	28	22	22000	0,9544	3,700	3,308
8	5674,502	28	15	15000	0,9544	2,523	
9	5674,502	28	22	22000	0,9544	3,700	

Sumber: Data penelitian



Gambar 25. Grafik Kuat Tekan Rata-rata Variasi 90% ASP dan 10% Kapur padam

4. Hasil kuat tekan beton geopolimer 100 % abu sekam padi dan 0% kapur padam

Berdasarkan rencana komposisi campuran yang telah direncanakan dalam tabel 16, diperoleh hasil pengujian kuat tekan beton geopolimer pada umur 7, 14, dan 28 hari.

a) Hasil kuat tekan umur 7 hari

Contoh Perhitungan kuat tekan beton :

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan beton} &= \frac{P}{A} \text{ (MPa)} \\ &= \frac{15000}{5674,502} = 2,643 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Kuat tekan sebenarnya adalah $3,643 \text{ MPa} \times 0,9544 = 3,523 \text{ MPa}$

Tabel 32
Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 100% ASP dan 0% Kapur Padam Umur 7 Hari

Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Hari	Beban		Faktor Koreksi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
			KN	N			
1	5674,502	7	15	15000	0,9544	2,523	3,084
2	5674,502	7	20	20000	0,9544	3,364	
3	5674,502	7	20	20000	0,9544	3,364	

Sumber: Data penelitian

$$\text{Standar deviasi (Sd)} = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_{rt})^2}{N-1}}$$

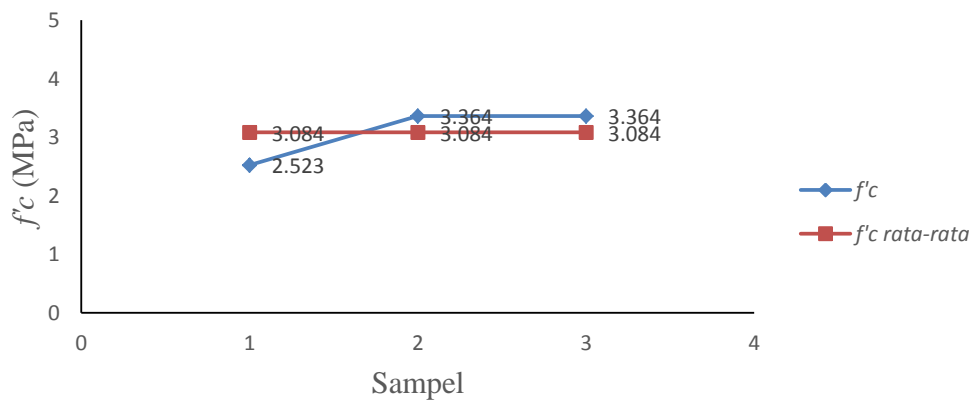
$$X_1 = (2,523 - 3,084)^2 = 0,314$$

$$X_2 = (3,364 - 3,084)^2 = 0,079$$

$$X_3 = (3,364 - 3,084)^2 = \underline{0,079} +$$

$$\sum(X_i - X_{rt})^2 = 0,471$$

$$(Sd) = \sqrt{\frac{0,471}{3-1}} = 0,486$$



Gambar 26. Grafik Kuat Tekan Variasi 100% ASP dan 0% Kapur Padam Umur 7

Hari

b) Hasil kuat tekan umur 14 hari

Contoh Perhitungan kuat tekan beton :

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \text{ (MPa)}$$

$$= \frac{20000}{5674,502} = 3,526 \text{ MPa}$$

Kuat tekan sebenarnya adalah $3,526 \text{ MPa} \times 0,9544 = 3,364 \text{ MPa}$

Tabel 33
 Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 100% ASP dan 0% Kapur Padam Umur 14 Hari

Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Hari	Beban		Faktor Koreksi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
			KN	N			
1	5674,502	14	20	20000	0,9544	3,364	3,364
2	5674,502	14	20	20000	0,9544	3,364	
3	5674,502	14	20	20000	0,9544	3,364	

Sumber: Data penelitian

$$\text{Standar deviasi (Sd)} = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_{rt})^2}{N-1}}$$

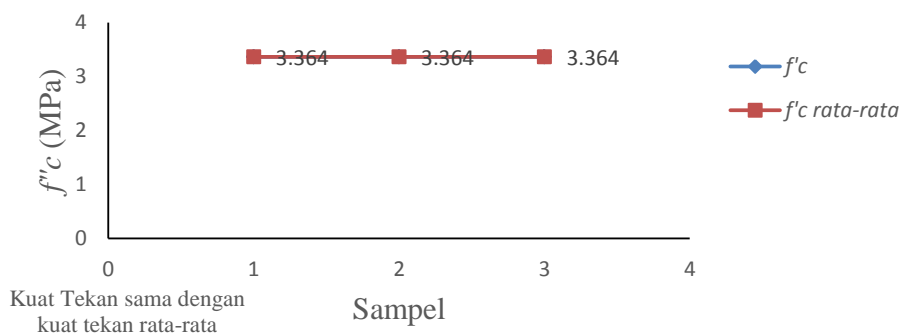
$$X_1 = (3,364 - 3,364)^2 = 0,000$$

$$X_2 = (3,364 - 3,364)^2 = 0,000$$

$$X_3 = (3,364 - 3,364)^2 = \underline{0,000} +$$

$$\sum(X_i - X_{rt})^2 = 0,000$$

$$(Sd) = \sqrt{\frac{0,000}{3-1}} = 0,000$$



Gambar 27. Grafik Kuat Tekan Variasi 100% ASP dan 0% Kapur Padam Umur 14 Hari

c) Hasil kuat tekan umur 28 hari

Contoh Perhitungan kuat tekan beton :

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan beton} &= \frac{P}{A} \text{ (MPa)} \\ &= \frac{13000}{5674,502} = 2,291 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Kuat tekan sebenarnya adalah $2,291 \text{ MPa} \times 0,9544 = 2,186 \text{ MPa}$

Tabel 34

Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 100% ASP dan 0% Kapur Padam Umur 28 Hari

Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Hari	Beban		Faktor Koreksi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
			KN	N			
1	5674,502	28	15	15000	0,9544	2,523	2,411
2	5674,502	28	13	13000	0,9544	2,186	
3	5674,502	28	15	15000	0,9544	2,523	

Sumber: Data penelitian

$$\text{Standar deviasi (Sd)} = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_{rt})^2}{N-1}}$$

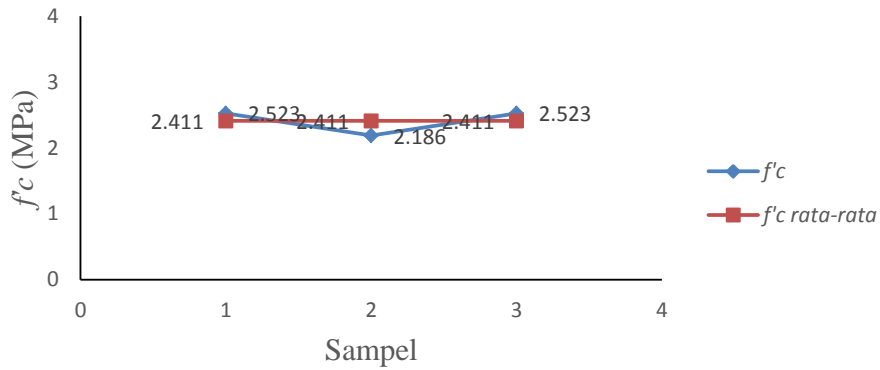
$$X_1 = (2,523 - 2,411)^2 = 0,013$$

$$X_2 = (2,186 - 2,411)^2 = 0,050$$

$$X_3 = (2,523 - 2,411)^2 = \underline{0,013} +$$

$$\sum(X_i - X_{rt})^2 = 0,075$$

$$(Sd) = \sqrt{\frac{0,075}{3-1}} = 0,194$$



Gambar 28. Grafik Kuat Tekan Variasi 100% ASP dan 0% Kapur Padam Umur 28

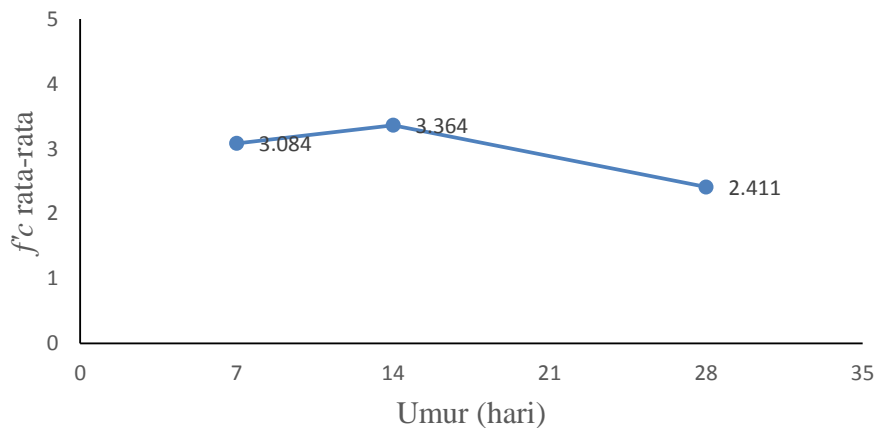
Hari.

d) Rekap hasil kuat tekan variasi 100% ASP dan 0% kapur

Tabel 35
Rekap Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer 100% : 0%

Sampel	Luas Penampang (mm ²)	Hari	Beban		Faktor Koreksi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
			KN	N			
1	5674,502	7	15	15000	0,9544	2,523	3,084
2	5674,502	7	20	20000	0,9544	3,364	
3	5674,502	7	20	20000	0,9544	3,364	
4	5674,502	14	20	20000	0,9544	3,364	3,364
5	5674,502	14	20	20000	0,9544	3,364	
6	5674,502	14	20	20000	0,9544	3,364	
7	5674,502	28	15	15000	0,9544	2,523	2,411
8	5674,502	28	13	13000	0,9544	2,186	
9	5674,502	28	15	15000	0,9544	2,523	

Sumber: Data penelitian



Gambar 29. Grafik Kuat Tekan Rata-rata Variasi 100% ASP dan 0% Kapur padam

G. Pembahasan

Tabel 36
Hasil Pengujian Tekan Keseluruhan

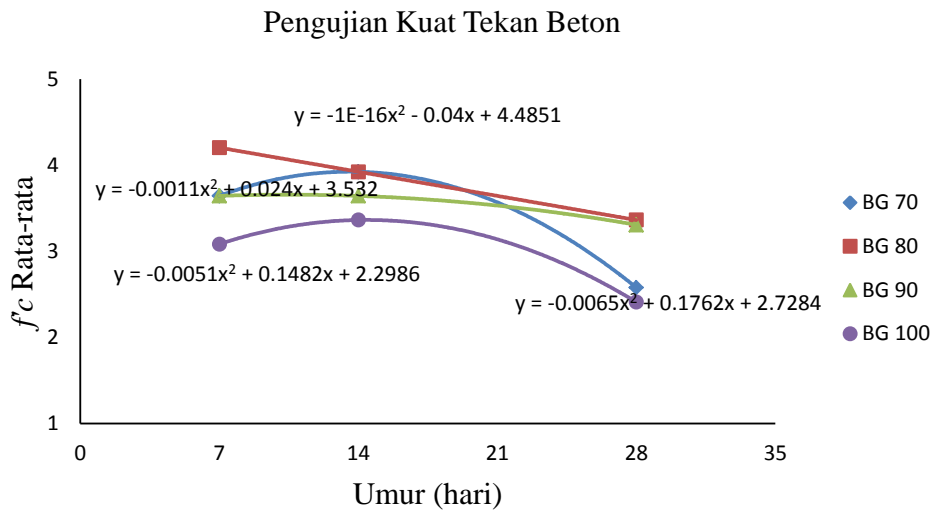
No	Sampel	Kuat Tekan rata-rata		
		Umur 7 hari (MPa)	Umur 14 hari (MPa)	Umur 28 hari (MPa)
1	BG 70	3,644	3,924	2,579
2	BG 80	4,205	3,924	3,364
3	BG 90	3,644	3,644	3,308
4	BG 100	3,084	3,364	2,411

Sumber : Hasil penelitian

Berdasarkan data di atas nilai kuat tekan rata-rata beton geopolimer pada variasi 80%:20% (Abu Sekam Padi : Kapur Padam) mengalami peningkatan yang paling optimun dibanding dengan variasi pada 70%:30% (Abu Sekam Padi : Kapur), 90%:10% (Abu Sekam Padi : Kapur Padam), 100%:0% (Abu Sekam Padi : Kapur Padam).

Hasil nilai kuat tekan rata-rata beton geopolimer pada variasi 70%:30% (Abu Sekam Padi : Kapur Padam), pada umur 7,14, dan 28 hari dengan hasil berturut-turut adalah 3,644 MPa, 3,924 MPa, dan 2,579 MPa, variasi 80%:20% (Abu Sekam Padi : Kapur Padam), adalah 4,205 MPa, 3,924 MPa, dan 3,364

MPa, variasi 90%:10% (Abu Sekam Padi : Kapur Padam), adalah 3,644 MPa, 3,644 MPa, dan 3,308 MPa, variasi 100%:0% (Abu Sekam Padi : Kapur Padam), adalah 3,084 MPa, 3,364 MPa, dan 2,411 MPa.



Gambar 30. Grafik Kuat Tekan Rata-rata Berdasarkan Perbandingan ASP dan Kapur Padam

Perhitungan untuk peningkatan kuat tekan

a. Umur uji 7 hari BG 80 terhadap 7 hari BG 100: $4,205 - 3,084 = 1,121$ MPa

$$\text{Persentase} = \frac{1,121}{3,084} \times 100 = 36,364 \%$$

b. Umur uji 14 hari BG 80 terhadap 14 hari BG 100: $3,924 - 3,364 = 0,561$ MPa

$$\text{Persentase} = \frac{0,561}{3,364} \times 100 = 16,667 \%$$

c. Umur uji 28 hari BG 80 terhadap 28 hari BG 100: $3,362 - 2,411 = 0,953$ MPa

$$\text{Persentase} = \frac{0,953}{2,411} \times 100 = 39,535\%$$

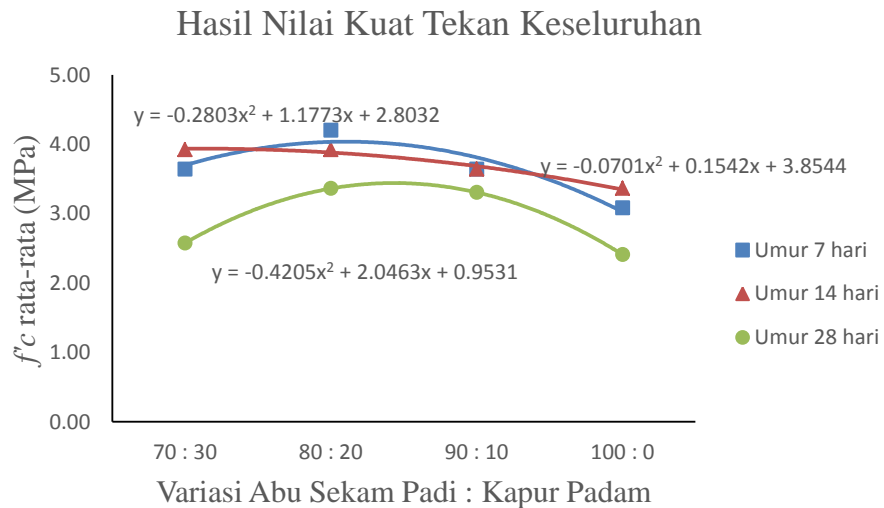
Dari grafik di atas terlihat bahwa proporsi penggunaan kapur padam dan abu sekam padi mempengaruhi nilai kuat tekan beton. Kuat tekan tertinggi pada umur 14 hari dan selanjutnya mengalami penurunan.

Pada umur beton 7 hari prosentase kenaikan BG70, BG80, BG90 berturut-turut sebesar 18,182 %, 36,364 %, dan 18,182 % dari BG100. Pada umur beton 14 hari prosentase kenaikan BG70, BG80, BG90 berturut-turut sebesar 16,667 %, 16,667 %, dan 8,333 % dari BG100. Sedangkan pada umur beton 28 hari prosentase kenaikan BG70, BG80, BG90 berturut-turut sebesar 6,977 %, 39,535 %, dan 37,209 % dari BG100.

Tabel 37
Hasil Pengujian Tekan Keseluruhan

No	Sampel	Kuat Tekan rata-rata		
		Umur 7 hari (MPa)	Umur 14 hari (MPa)	Umur 28 hari (MPa)
1	BG 70	3,644	3,924	2,579
2	BG 80	4,205	3,924	3,364
3	BG 90	3,644	3,644	3,308
4	BG 100	3,084	3,364	2,411

Sumber : Hasil penelitian



Gambar 31. Grafik Kuat Tekan Rata-rata Berdasarkan Perbandingan ASP dan Kapur Padam Pada Umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

Dari grafik di atas terlihat bahwa penggunaan kapur padam dan abu sekam padi pada penelitian ini kuat tekan meningkat pada proporsi 80:20 selanjutnya mengalami penurunan. Kuat tekan optimum terdapat pada variasi 80:20 yaitu sebesar 4,205 MPa.

BAB V PENUTUP

G. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisa, dan pembahasan yang sudah dilaksanakan dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Material Abu Sekam Padi dan Kapur Padam bisa digunakan sebagai bahan alternatif pembuatan beton geopolimer. Termasuk beton sederhana karena kuat tekan kurang dari 10 MPa.
2. Penggunaan Abu Sekam Padi dan Kapur Padam dalam pembuatan beton geopolimer mempengaruhi hasil kuat tekan rata-rata yang dihasilkan dari pengujian kuat tekan.
3. Kuat tekan yang optimum dalam penelitian ini pada variasi 80%:20% (Abu Sekam Padi : Kapur Padam) yaitu 4,205 MPa.

H. Saran

Setelah melihat hasil penelitian dan menyadari kemungkinan adanya kekurangan dalam penelitian ini, maka penulis dapat memberikan saran-saran sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penambahan *superplastizer* (bahan pengencer) pada pembuatan beton geopolimer, karena campuran sangat kental dengan air yang sedikit.

2. Penelitian selanjutnya hendaknya memperhatikan suhu curing pada perawatan beton geopolimer. Perawatan bisa menggunakan suhu ruang, di bawah terik matahari dan di tempat yang teduh.
3. Penelitian selanjutnya bisa menggunakan perbandingan lain antara binder : Agregat, dan memperbanyak variasi campuran Abu Sekam Padi : Kapur Padam.
4. Untuk mempercepat pengayakan digunakan penumbuk Abu Sekam Padi secara mekanis.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdian, R. & Bernardinus, H. 2010. *Pengaruh Kehalusan dan Kadar Abu Sekam Padi Pada Kekuatan Beton Dengan Kuat Tekan 50 Mpa*. Konferensi Nasional Teknik Sipil. Universitas Udayana. Universitas Pelita Harapan Jakarta. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta
- Abdul Latif, 2010. *Kuat Tarik langsung, Kuat Tarik Lentur, Susut, dan Density Mortar Campuran Semen, Abu Sekam Padi, dan Precious Slag Ball*. Skripsi. Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Alfredo, Marchin. 2012. *Studi Kuat Tekan Beton Normal Mutu Sedang dengan Campuran Abu Sekam Padi (RHA) dan Limbah Adukan Beton (CSW)*. Skripsi Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Anonim, 2015. *Panduan Praktikum Bahan Bangunan*. Program Studi Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Purworejo. Universitas Muhammadiyah Purworejo.
- Lisanton, Ade. & Purnandani, Yoseph. 2010. *Pengaruh Penambahan Kapur Padam Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Geopolimer*. Konferensi Nasional Teknik Sipil. Universitas Udayana. Universitas Pelita Harapan Jakarta. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta
- Prasetyo, 2015. *Tinjauan Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen*. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Pujianto, As'at. & Na, Anzila. & Hendra. 2013. *Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan Bahan Utama Bubuk Lumpur Lapindo dan Kapur*. Konferensi Nasional Teknik Sipil. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Septia, Pugar. 2011. *Studi Literatur Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Rasio NaOH:Na₂Sio₃, Rasio Air/Prekursor, Suhu Curing, dan Jenis Prekursor Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer*. Skripsi. Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- SNI 03-1974-1990. Metode Pengujian Kuat Tekan Beton
- SNI 03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal
- SNI 1974:2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder.
- SNI 2493:2011. Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium
- SNI 4810:2013. Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Spesimen Uji Beton di Lapangan (ASTM C13-10, IDT)
- Tjokrodimulyo, K. 2009. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.

UMP. 2017. Pedoman Penyusunan Skripsi, Purworejo: Universitas Muhammadiyah Purworejo

PEMERIKSAAN BERAT JENIS PASIR

Lokasi : Lab Universitas Muhammadiyah Purworejo
 Benda uji : Pasir
 Tanggal : 08 - 09 Mei 2017

Bahan

- a. Asal pasir : Sungai Brosot, Kabupaten Kulon Progo.
- b. Berat pasir + tabung + air (A) : 1895
- c. Berat pasir SSD (B) : 500
- d. Berat tabung ukur + air (C) : 1609
- e. Berat pasir kering tungku (D) : 479

Perhitungan

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat jenis pasir kering tungku} &= \frac{D}{(C+B)-A} = \frac{479}{(1609+500)-1895} \\
 \text{b. Berat jenis pasir SSD} &= \frac{B}{(C+B)-A} = \frac{500}{(1609+500)-1895} \\
 &= 2,238 \quad \text{gr/cm}^3 \\
 &= 2,336 \quad \text{gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

- a. Hasil uji berat jenis pasir di atas diperoleh berat jenis *Saturated Surface Dry (SSD)* sebesar 2.336 gr/cm³ dan tidak dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih di bawah batas yang diizinkan yaitu antara 2,40 gr/cm³ sampai 2,90 gr/cm³.

Mahasiswa

Teguh Utomo

PEMERIKSAAN KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR

Lokasi : Lab Universitas Muhammadiyah Purworejo
Benda uji : Pasir
Tanggal : 09 Mei 2017

1. Cara Volume Endapan Ekuivalen

a. Pasir asal : Sungai Brosot, Kabupaten

Kulon Progo

b. Volume pasir : 450 cc

c. Volume endapan lumpur sekitar : 20 cc

d. Kandungan lumpur dalam pasir sekitar: 2 %

karena kandungan lumpur dalam pasir kurang dari 5% maka pasir brodot memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai bahan bangunan.

2. Cara Ayakan Nomor 200

a. Pasir asal : Sungai Brosot, Kabupaten

Kulon Progo

b. Berat pasir semula : 500 gr

c. Berat pasir kering tungku : 480,9 gr

d. Kandungan lumpur dalam pasir : 3,82 %

Catatan: Percobaan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa kandungan lumpur dalam pasir adalah 2% dan 3,82 % kurang dari 5% maka pasir brodot memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai bahan bangunan.

Mahasiswa

Teguh Utomo

PEMERIKSAAN MODULUS HALUS BUTIR PASIR

Lokasi : Lab Universitas Muhammadiyah Purworejo

Benda uji : Pasir

Tanggal : 10 Mei 2017

1. Benda Uji

a. Pasir asal : Sungai Brosot, Kabupaten Kulon Progo

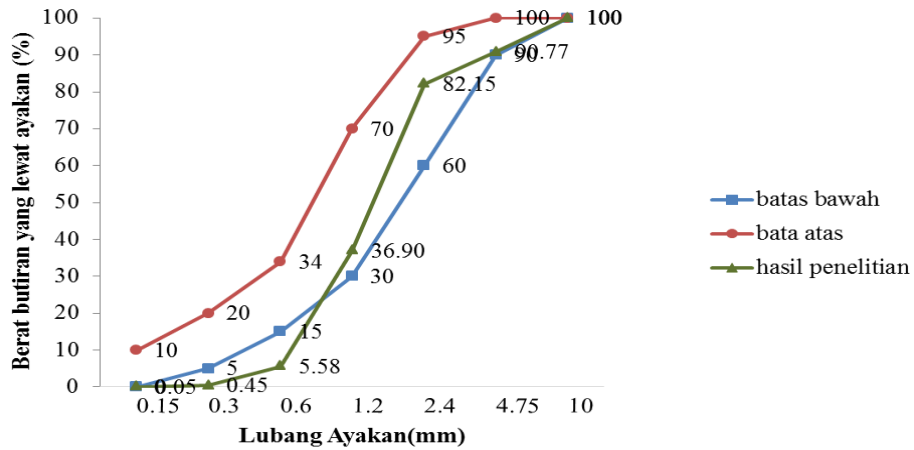
b. Bera pasir yang diperiksa : 500 gr

2. Hasil Pengayakan

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal		Persen Berat Kumulatif (%)	Persen Berat Kumulatif Lewat Ayakan (%)
	(gr)	(%)		
4.75	45,94	9,23	9,23	90,77
2.36	42,9	8,62	17,85	82,15
1.18	225,15	45,25	63,10	36,90
0.6	155,86	31,32	94,42	5,58
0.3	25,53	5,13	99,55	0,45
0.15	2	0,40	99,95	0,05
Sisa	0,23	0,05	0	-
Σ	497,61	100		

a. Modulus Halus Butir Pasir (MHB) : 3,841 (tidak masuk dalam syarat pasir kasar yang ditentukan antara 2,9 -3,2)

b. Gradasi Pasir Masuk Daerah Gradasi Pasir Zona 1



Mahasiswa

Teguh Utomo

PEMERIKSAAN BERAT JENIS KERIKIL

Lokasi : Lab Universitas Muhammadiyah Purworejo
 Benda uji : Kerikil
 Tanggal : 09 - 10 Mei 2017

Bahan

- a. Asal kerikil : Sungai Bogowonto
- b. Berat kerikil + bejana + air (A) : 4989
- c. Berat kerikil SSD (B) : 3812
- d. Berat bejana + air (C) : 2718
- e. Berat kerikil kering tungku (D) : 3778

Perhitungan

$$a. \text{ Berat jenis pasir kering tungku} = \frac{D}{(C+B)-A} = \frac{3778}{(2718+3812)-4989}$$

$$b. \text{ Berat jenis pasir SSD} = \frac{B}{(C+B)-A} = \frac{3812}{(2718+3812)-4989}$$

$$= 2,452 \quad \text{gr/cm}^3$$

$$= 2,474 \quad \text{gr/cm}^3$$

- c. Menurut berat jenis dan SSD kerikil, kerikil dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara 2,40 gr/cm³ sampai 2,90 gr/cm³.

Mahasiswa

Teguh Utomo

PEMERIKSAAN MODULUS HALUS BUTIRA KERIKIL

Lokasi : Lab Universitas Muhammadiyah Purworejo

Benda uji : Kerikil

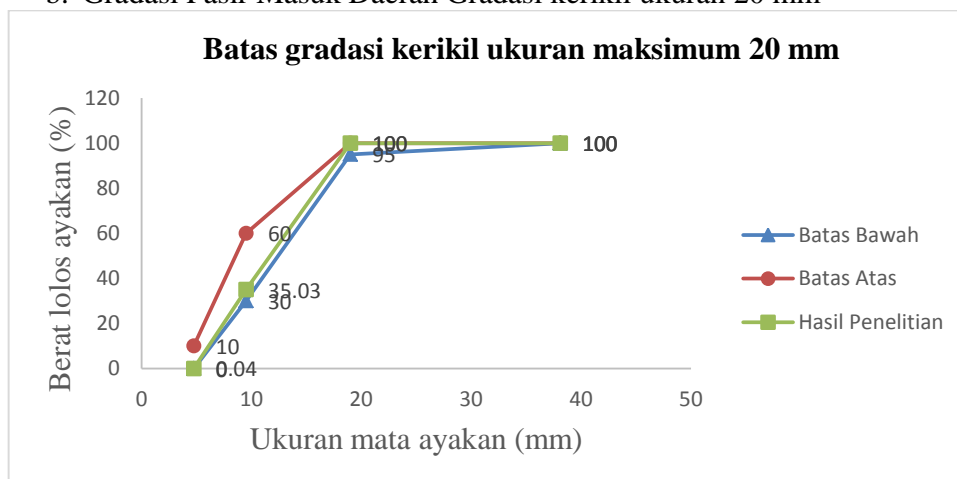
Tanggal : 10 Mei 2017

1. Benda Uji
 - a. Pasir asal : Sungai Bogowonto
 - b. Bera pasir yang diperiksa : 2000 gr
2. Hasil Pengayakan

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal		Berat Komulatif (%)	Berat Komulatif Lewat Ayakan (mm)
	(gr)	(%)		
38.1	0	0	0,00	100
19	0	0,00	0,00	100,00
9.5	1298,75	64,97	64,97	35,03
4.75	699,3	34,98	99,96	0,04
2.36	-	-	99,96	0,04
1.2	-	-	99,96	0,04
0.6	-	-	99,96	0,04
0.3	-	-	99,96	0,04
0.15	-	-	99,96	0,04
Sisa	0,82	0,04	0,00	0,00
Σ	1998,87	100	664,73	235,27

a. Modulus Halus Butir kerikil (MHB) : 6,647

b. Gradasi Pasir Masuk Daerah Gradasi kerikil ukuran 20 mm



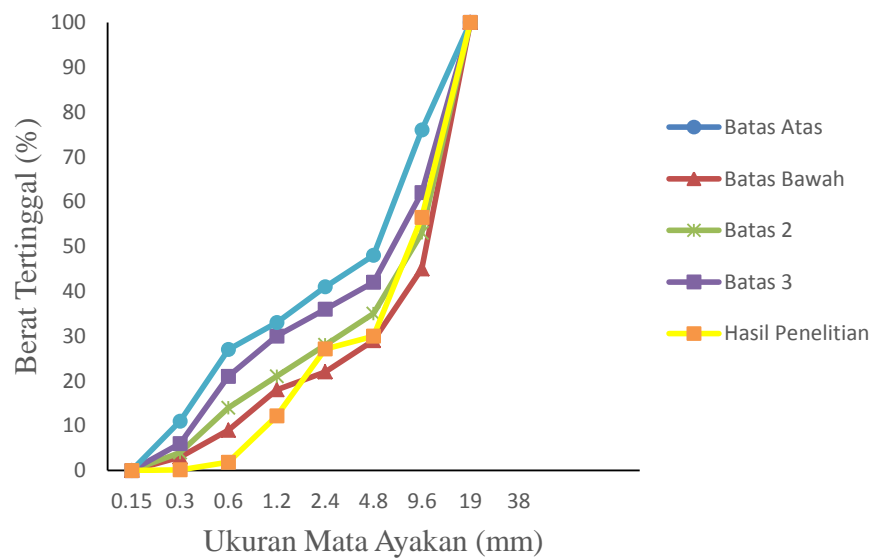
Mahasiswa

Teguh Utomo

Tabel Gradasi Campuran

No	Lubang Ayakan	Batas 1	Batas 2	Batas 3	Batas 4	Hasil Penelitian
1	0,15	0	0	0	0	0,015
2	0,3	3	4	6	11	0,148
3	0,6	9	14	21	27	1,841
4	1,2	18	21	30	33	12,180
5	2,4	22	28	36	41	27,116
6	4,8	29	35	42	48	29,962
7	9,6	45	53	62	76	56,455
8	19	100	100	100	100	100
9	38					

Gradasi Agregat Gabungan



Menghitung pembuatan larutan Alkali

1. NaOH 8 M

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{gram}}{\text{Mr NaOH}} \times \frac{1000}{\text{ml}}$$

Dimana,

$$\text{Mr NaOH} = 23+16+1 = 40$$

Air Aquadest direncanakan sebanyak 1300 ml, sehingga:

$$8 \text{ M} = \frac{\text{gram}}{40} \times \frac{1000}{1300}$$

$$8 \text{ M} = \frac{\text{gram}}{52}$$

$$\text{gram} = 416$$

Molaritas merupakan besaran yang digunakan untuk menyatakan konsentrasi atau kepekatan suatu larutan. NaOH kristal yang digunakan untuk membuat larutan NaOH 8 M sebanyak 1300 ml adalah 416 gram. Diketahui massa atom air aquadest (H) adalah 1 sehingga berat NaOH 8 M = 1300 + 416 = 1716 gram.

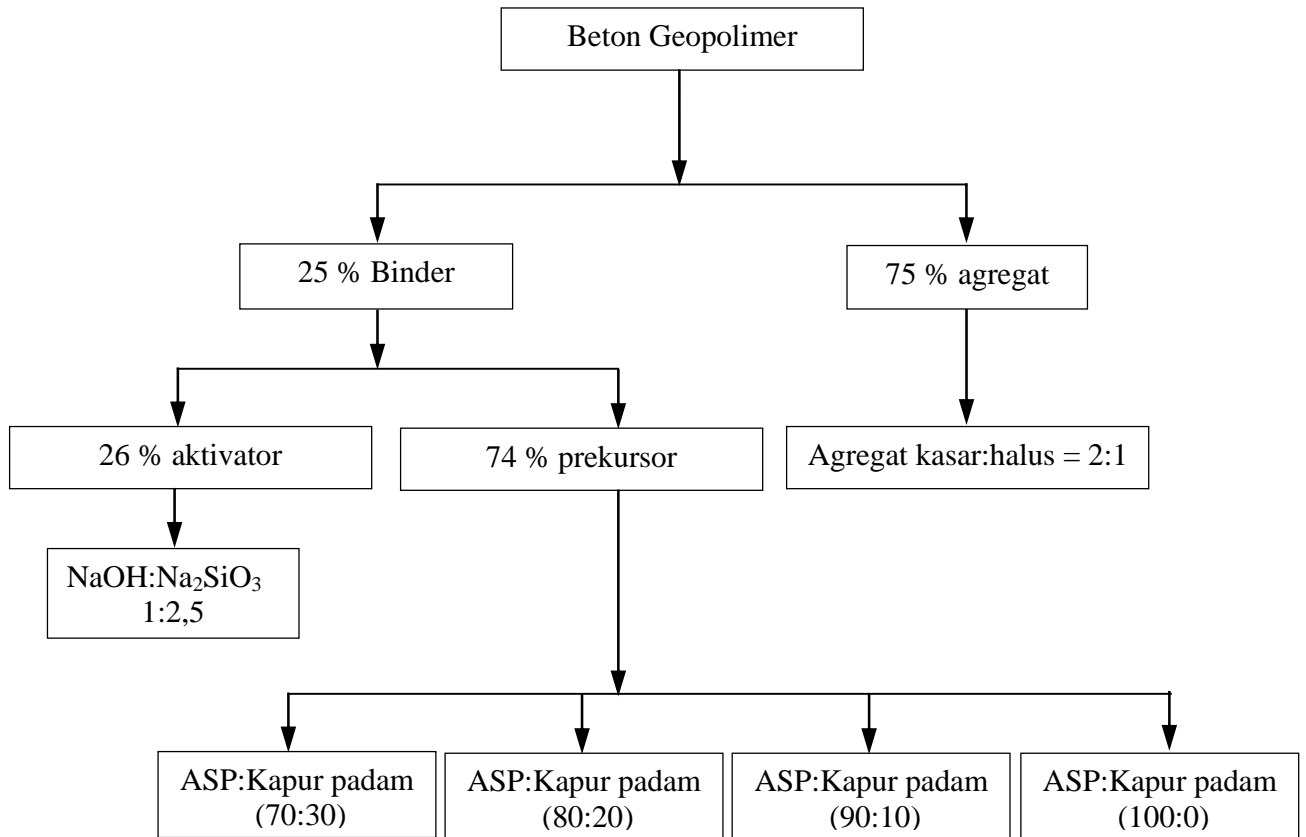
2. Na₂SiO₃

Perbandingan Berat NaOH dan Na₂SiO₃ yang digunakan adalah 1:2,5 sehingga:

$$\text{Berat NaOH} = 1716 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Na}_2\text{SiO}_3 = 1716 \times 2,5 = 4290 \text{ gram}$$

$$\text{Berat larutan alkali} = 6006 \text{ gram}$$

Diagram alur *mix design* beton geopolimer

Pemeriksaan	Penelitian
MHB pasir	3,841
Berat jenis pasir kering tungku	2,238
Berat jenis pasir SSD	2,336
Kandungan lumpur	
Cara volume endapan	2%
Cara ayakan no.200	3,80%
MHB kerikil	6,647
Berat jenis kerikil SSD	2,401
Berat jenis kerikil kering tungku	2,474
faktor air baru	0,85

GAMBAR PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT



Benda Uji Pasir



Benda Uji Kerikil



Tabung Ukur



Oven



Bejana

**GAMBAR PEMERIKSAAN KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR
(Cara volume endapan ekivalen)**



Benda Uji



Tabung Ukur Transparan

**GAMBAR PEMERIKSAAN KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR
(Ayakan no.200)**



Benda Uji



Timbangan



Tabung Ukur



Oven



Cawan



Ayakan Nomor 200

GAMBAR PEMERIKSAAN MODULUS HALUS BUTIR PASIR



Benda Uji



Timbangan



Alat Gerak



Ayakan



Cawan



Kuas

GAMBAR PEMERIKSAAN MODULUS HALUS BUTIR KERIKIL



Benda Uji



Timbangan



Alat Gerak



Ayakan



Cawan



Kuas

GAMBAR BAHAN UJI DAN ALAT
PEMERIKSAAN SLUM BETON SEGAR



Benda Uji



Loyang



Cetok



Tongkat Penusuk Adukan



Kerucut Terpancung



Mistar



Perata

PERSIAPAN DAN PENYEDIAAN BAHAN



Kapur



Pengambilan Abu Sekam Padi



Pembelian



Penumbukan Abu Sekam



Pencampuran Bahan Kimia



Pengayakan Abu Sekam Padi

DOKUMENTASI PROSES PEMBUATAN BENDA UJI



Pencampuran



Uji Slump



Proses



Perataan

DOKUMENTASI UJI KUAT TEKAN



Penimbangan benda



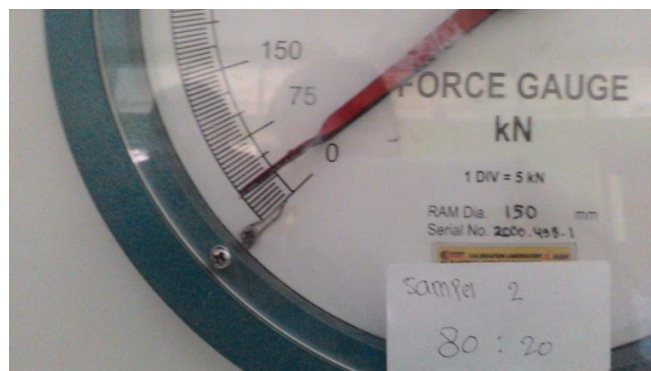
Benda uji



Uji kuat tekan beton



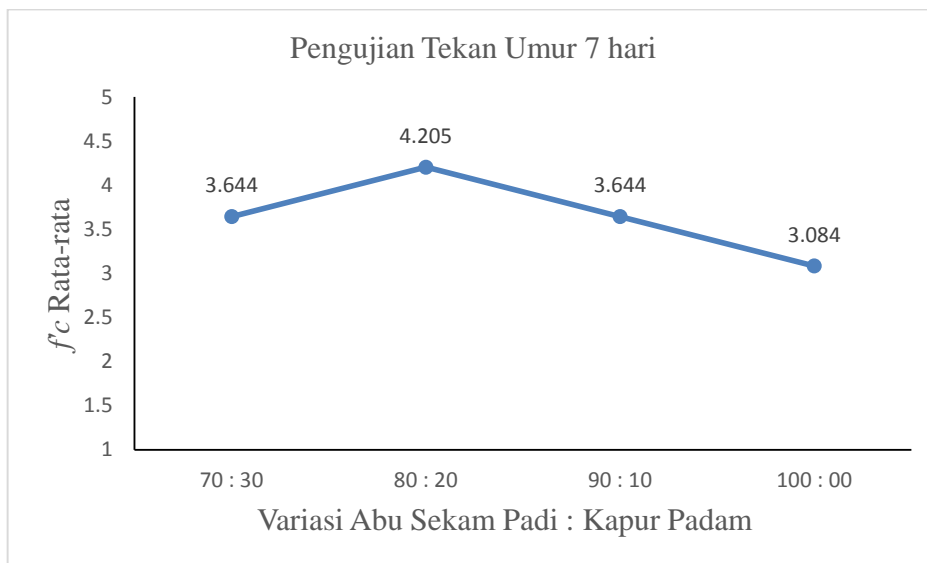
Uji kuat tekan beton



Nilai kuat tekan

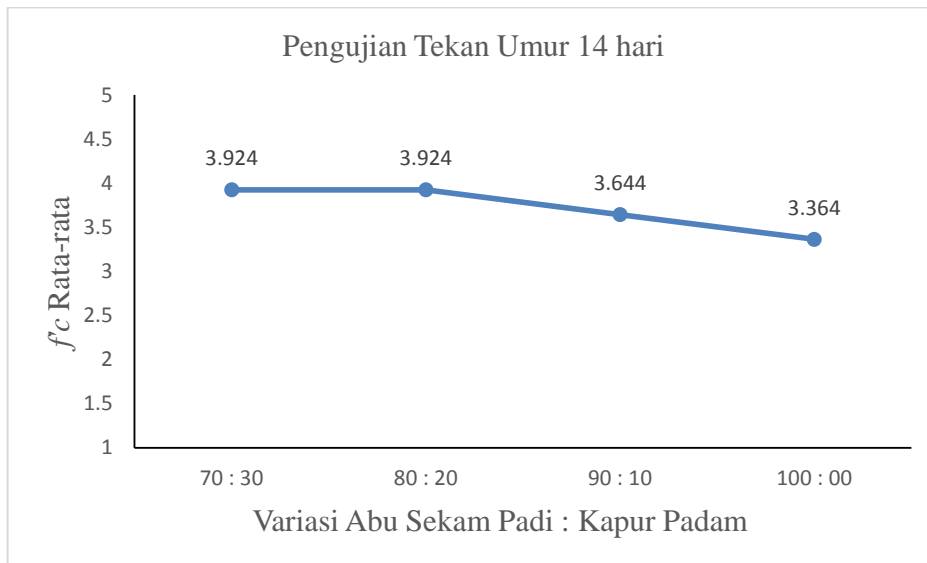
Rekap Hasil Uji Kuat Tekan Rata-rata Umur 7 Hari

No	Sampel	Kuat Tekan rata-rata umur 7 Hari
1	BG 70	3,644
2	BG 80	4,205
3	BG 90	3,644
4	BG 100	3,084



Rekap Hasil Uji Kuat Tekan Rata-rata Umur 14 Hari

No	Sampel	Kuat Tekan rata-rata umur 14 Hari
1	BG 70	3,924
2	BG 80	3,924
3	BG 90	3,644
4	BG 100	3,364



Rekap Hasil Uji Kuat Tekan Rata-rata Umur 28 Hari

No	Sampel	Kuat Tekan rata-rata umur 28 Hari
1	BG 70	2,579
2	BG 80	3,364
3	BG 90	3,308
4	BG 100	2,411

