

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dalam fase berkembang sehingga pembangunan infrastruktur dari tahun ketahun semakin meningkat. Industri semen adalah salah satu industri yang penting dalam menunjang pembangunan infrastruktur sebuah negara. Meningkatnya pembangunan infrastruktur jelas akan berdampak terhadap produksi semen yang semakin meningkat. Dimana Proses produksi dari pabrik semen menggunakan bahan bakar batu bara yang merupakan bahan bakar fosil tidak terbarukan, dalam proses produksi semen dapat menghasilkan debu, partikel, gas karbondioksida (CO₂) dan limbah B3 yaitu limbah bahan berbahaya dan beracun yang telah di atur oleh Penyelenggaraan, perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup yang dapat mengganggu pernafasan, mencemari lingkungan serta meningkatkan pemanasan global yang berdampak buruk terhadap lingkungan. Oleh karena itu kita harus memikirkan alternatif lain untuk mencegah terjadinya kerusakan atau dampak buruk yang lebih berat lagi terhadap lingkungan, salah satu alternatifnya adalah menggunakan fly ash sebagai pengganti semen. (Kumar S, 2006)

Kebutuhan batu bara saat ini sebesar 87.7 ton untuk PLTU batu bara, jumlah ini meningkat seiring dengan adanya program 35 ribu MW, sehingga pada tahun 2019 diperkirakan meningkat menjadi 166,2 juta ton pertahun. Maka dari itu limbah dari PLTU batu bara yaitu fly ash dan bottom ash akan mencapai 8,31 juta

ton pada tahun 2019 (*Direktur Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energy dan Sumber Daya Mineral*). Oleh sebab itu limbah abu terbang yang berasal dari PLTU Barro dapat dimanfaatkan sebagai bahan material konstruksi pengganti semen dengan teknologi geopolimer. (*BPPT, 2018*)

Semen geopolimer merupakan sintesa dari bahan alam non organik lewat proses polimerisasi. Bahan baku utama yang diperlukan untuk pembuatan semen geopolimer adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3). (*Muhammad Amin dan Suharto, 2017: 31*)

Mortar geopolimer merupakan salah satu bahan alternative pengganti semen Portland yang ramah lingkungan dalam pembuatan mortar. Pada penelitian ini mortar geopolimer dibuat menggunakan campuran kapur berbahan dasar abu terbang (*fly ash*) yang mengandung silica dan alumunium sama seperti semen yang dapat bereaksi dengan cairan alkaline activator untuk menghasilkan bahan pengikat (*binder*). (*Andika Okky, 2019*)

Berdasarkan banyak penelitian sebelumnya tentang produksi inovasi material mortar, pada prinsipnya produksi mortar geopolimer dapat dilakukan pemanfaatan limbah industri bekas, yaitu bahan yang memiliki kandungan utama silikon dioksida (SiO_2) dan aluminium (Al_2O_3). Seperti kaolin dan limbah industri terbang, abu terbang, abu sekam padi, silica fume, ampas biji besi dan lain-lain. Bahan-bahan ini kemudian ditambahkan ke air dan bahan kimia senyawa lain yang dapat mengikat yaitu natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na_2SiO_3).

Abu terbang (*fly ash*) merupakan abu hasil sisa pembakaran batu bara berbutir halus dan bersifat pozzolanik. *Fly ash* bersifat tidak mampu mengikat

beton seperti semen, tetapi dengan campuran air dan partikel berukuran halus, ditambah oksida silika yang ada di dalam fly ash dan melalui proses kimiawi dengan kalsium hidroksida akibat proses hidrasi semen, akan menghasilkan zat dengan kemampuan sebagai pengikat. Fly ash batu bara mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan karbon. (ASTM C618; 2005)

Kapur telah dikenal sebagai salah satu bahan yang dapat digunakan dalam pembuatan mortar geopolimer. Karena kapur mengandung kation Ca^{2+} , ia dapat membuat ikatan antar partikel menjadi lebih kuat, yang dapat menghentikannya dari pembengkakan dan membuat tanah menjadi lebih kuat. Dalam pengikat geopolimer yang terbuat dari abu layang, larutan alkali bereaksi dengan abu layang untuk membuat pengikat alumina-silika, meskipun tidak ada semen yang ditambahkan. Agregat tersebut kemudian disatukan oleh pengikat geopolimer untuk membuat mortar atau beton. Kapur mati $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dapat ditambahkan ke mortar geopolimer atau campuran beton untuk membuatnya lebih kuat. (Sarker P.K., 2014)

Penelitian yang dilakukan Firdaus dkk, (2019) Menunjukkan hasil pengaruh penambahan kapur sangat berpengaruh dengan nilai kuat tekan pada umur 28 hari, pada penambahan kapur dengan persentase, 10%, 15%, 20% dan 25%, 30% di setiap persentase pada umur benda uji 28 hari. Nilai kuat tekan tertinggi pada penambahan kapur didapatkan pada persentase 10% pada umur 28 hari dengan nilai kuat tekan 25.7 Mpa, dan di Persentase penggunaan kapur yang terendah kuat

tekan dapat di persentase 30% dengan kuat tekan 22.1 Mpa. Menurut Penelitian Syamsul Bahri ahmad, (2019) Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan mortar konvensional (MK) dengan komposisi 1:3 memiliki kuat tekan 12,47 MPa. Hasil ini lebih tinggi dari nilai kekuatan tekan geopolimer MG12 dan MG16 dengan nilai kuat tekan masing-masing 3,9 MPa dan 3,27 MPa. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa mortar konvensional meliputi mortar tipe S dan mortar geopolimer termasuk mortar tipe O berdasarkan SNI 03-6882 2002.

Berdasarkan uraian dan hasil penelitian diatas maka, penelitian tentang “Uji Kuat Tekan mortar geopolimer berbasis fly ash dan kapur”, memberikan informasi tentang pembuatan mortar dengan campuran bahan lain yaitu dari limbah fly ash yang tentunya dapat mengurangi biaya dan hasil yang ramah lingkungan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut :

1. Berapa nilai kuat tekan mortar geopolimer berbahan dasar fly ash dan kapur.
2. Bagaimana pengaruh variasi campuran sehingga menghasilkan kuat tekan mortar yang maksimal.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk mendapatkan kuat tekan mortar geopolimer berbahan dasar fly ash dan kapur.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi campuran sehingga menghasilkan kekuatan mortar yang maksimal.

D. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat terarah dan sesuai dengan tujuan, maka diperlukan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut :

1. *Fly ash* yang digunakan yaitu jenis abu terbang hasil pembakaran batu bara yang berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang berada di kabupaten Barru.
2. Larutan alkali aktivator yang digunakan yaitu sodium silicate (Na_2SiO_3).
3. Pengujian kuat tekan mortar geopolimer pada umur 7,14 dan 28 hari.
4. Benda uji berupa kubus 5 cm x 5 cm x 5 cm dan dengan jumlah sampel 36 buah.
5. Kapur dan abu terbang yang akan digunakan dalam campuran yaitu harus lolos saringan NO. 200.
6. Variasi perbandingan campuran bahan pengikat fly ash dan kapur yaitu: 70%:30%, 75%:25% dan 80%:20%. Disetiap variasi ditambahkan senyawa alkali aktivator sebesar 35% dari berat semen.
7. Pelaksanaan penelitian dilakukan di laboratorium struktur dan bahan Universitas Muhammadiyah Parepare.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dengan penelitian diharapkan masyarakat dapat mengetahui pemanfaatan dari limbah abu terbang, khususnya masyarakat sekitar PLTU Barru.
2. Menambah ilmu pengetahuan tentang kuat tekan mortar geopolimer berbahan dasar fly ash.

3. Dapat mengurangi pencemaran lingkungan dengan penggunaan limbah yang ada di PLTU Barru.

F. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, sistematika penulisan yang digunakan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka ini berisi tentang landasan teori dan berbagai literatur Jurnal berhubungan kuat tekan mortar geopolimer .

BAB III METODE PENELITIAN

Pada metode penelitian dijelaskan lokasi pengujian, waktu pengujian, alat dan bahan penelitian, serta dijelaskan hal-hal apa saja yang dilakukan dalam penelitian ini serta langkah kerjanya.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas analisis data tentang kuat tekan mortar berdasarkan hasil pengujian yang didapat selama di laboratorium.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan tahap akhir dari penyusunan tugas akhir yang menguraikan kesimpulan dan saran secara garis besar dan hasil penelitian yang dilakukan serta saran yang disampaikan untuk pembaca dan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Mortar

Mortar adalah mortar adalah adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat dan air. Bahan perekat berupa tanah liat, kapur, maupun semen. Bila tanah yang dipakai sebagai bahan perekat disebut mortar lumpur (mud mortar), bila kapur yang dipakai sebagai bahan perekat disebut mortar kapur, dan bila semen yang dipakai sebagai bahan perekat maka disebut mortar semen. Pasir berfungsi sebagai pengisi (bahan yang direkat).

Fungsi utama dari mortar adalah menambah lekatan dan ketahanan ikatan dengan bagian-bagian penyusun suatu konstruksi kekuatan mortar tergantung pada kohesi pasta semen terhadap partikel agregat halusnya. Mortar mempunyai nilai penyusun yang relatif kecil. Mortar harus tahan terhadap penyerapan air serta kekuatan gesernya dapat memikul gaya-gaya yang bekerja pada mortar tersebut. Jika terjadi penyerapan air pada mortar dengan cepat maupun dengan jumlah yang besar, maka mortar akan mengeras dengan dan akan kehilangan ikatan adhesinya.

Membuat mortar sebenarnya tidaklah sederhana hanya sekedar mencampurkan bahan-bahan dasarnya untuk membentuk campuran yang plastis sebagaimana sering terlihat pada pembuatan bangunan sederhana. Tetapi jika ingin membuat campuran mortar yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan mortar segar yang baik sehingga

menghasilkan konstruksi yang kuat pula. Campuran mortar segar yang baik ialah campuran segar yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi pemisahan pasir dari adukan maupun pemisahan air dan semen dari adukan. Sebuah campuran mortar dapat dikatakan baik bila campuran tersebut membentuk Beton atau konstruksi keras yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya kecil. (Tjokrodinulyo 1996 : 2)

B. Material penyusun

Bahan yang dipakai dalam pembuatan atau penyusunan beton terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air.

1. Semen Portland

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peranan yang penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah selesai pengadukan, dan juga dapat memperbaiki keawetan dari beton yang dikerjakan. Beton pada umumnya mengandung rongga udara sekitar 1%-2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25%-40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60%- 75%.

Semen portland adalah suatu bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150,1985, Semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau

lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.(Teori & Praktek, 2015).

Pada semen portland yang sering digunakan pada suatu konstruksi, memiliki kandungan didalamnya, antara lain :

Tabel 2. 1 Komponen wama dari semen portland (*Sumber:Tjokromulldjo,2007*)

No	Oksida persen	(%)
1	Kapur (CaO)	60-65
2	Silika (SiO ₂)	17-25
3	Alumina (Al ₂ O ₃)	3-8
4	Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5-6
5	Magnesia (MgO)	0,5-4
6	Sulful (SO ₃)	1-2
7	Soda/potash (Na ₂ O+K ₂ O)	0,5-1

Berdasarkan (SNI-15-2049-2004) semen portland dibagi menjadi lima jenis kategori sesuai dengan tujuan penggunaannya yaitu: (Bigatti & Cronan, 2002).

- a. Jenis I yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- b. Jenis II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Jenis III Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.

- e. Jenis V yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Fungsi semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Walaupun sebagai bahan pengikat maka peranan semen sangat penting. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan.

Senyawa-senyawa kimia dari semen Portland adalah tidak stabil secara termodinamis, sehingga sangat cenderung untuk bereaksi dengan air. Untuk membentuk produk hidrasi dan kecepatan bereaksi dengan air dari setiap komponen adalah berbeda-beda, maka sifat-sifat hidrasi masing-masing komponen perlu dipelajari.

- a. Tricalcium Silikat (C_3S) = $3CaO \cdot SiO_2$ Senyawa ini mengalami hidrasi yang sangat cepat yang menyebabkan pengerasan awal, menunjukkan desintegrasi (perpecahan) oleh sulfat air tanah, oleh perubahan volume kemungkinan mengalami retak-retak.
- b. Dicalcium Silikat (C_2S) = $2CaO \cdot SiO_2$ Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dan dapat mengeluarkan panas, kualitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruh terhadap kekuatan beton awal umurnya, terutama pada 14 hari pertama.
- c. Tricalcium Aluminate (C_3A) = $3CaO \cdot Al_2O_3$ Formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat, senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 hari

sampai 28 hari, memiliki ketahanan kimia agresi yang relatif tinggi, penyusutan yang relatif rendah.

- d. Tetracalsium Aluminoferit (C_4AF) = $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot FeO_3$ Adanya senyawa aluminoferit kurang penting karena tidak tampak banyak pengaruh kekuatan dan sifat semen. (Murdock., dkk , 1999).

2. Agregat

Agregat ialah material natural ataupun buatan yang berperan sebagai bahan kombinasi beton. Agregat menempati +70% volume beton, sehingga sangat mempengaruhi terhadap sifat apapun kualitas beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian yang berguna untuk pembuatan beton. Mengingat kalau agregat ialah jumlah yang lumayan besar dari volume beton serta sangat pengaruhi sifat beton, sehingga perlu sesuatu material ini diberi atensi yang lebih detail serta teliti dalam tiap pembuatan suatu agregat dapat bisa kurangi penyusutan akibat perkerasan beton dan juga mempengaruhi koefisien pemuaian akibat temperatur panas, pemilihan tipe agregat yang akan dipilih bergantung pada kualitas agregat, ketersediannya di lokasi, harga dan tipe konstruksi yang akan memanfaatkannya.

Agregat digolongkan jadi 2 macam, ialah agregat alam serta agregat buatan, agregat alam ialah agregat yang wujudnya natural, tercipta bersumber pada aliran air sungai serta degradasi. Agregat yang tercipta dari aliran air sungai berbentuk bulat dan licin, ataupun agregat yang tercipta dari proses degradasi berbentuk kubus (bersudut) dan permukaanya kasar. Sedangkan agregat buatan ialah agregat yang berasal dari hasil sampingan pabrik- pabrik semen serta mesin pemecah batu.

Menurut Silvia Sukirman (2003), agregat merupakan buti-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil (fragmen-fragmen) yang berfungsi sebagai bahan campuran atau pengisi dari suatu beton. Sedangkan menurut Tjokrodimulyo (1992) agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu :

- a. Batu, untuk besar butiran lebih dari 40mm
- b. Kerikil, Untuk besar butiran antara 5mm sampai 40mm
- c. Pasir, untuk butiran 0,15mm sampai 5mm

Jenis agregat yang digunakan sebagai bahan susunan beton adalah agregat halus.

Agregat halus adalah semua butiran lolos saringan 4,75 mm. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alami, hasil pecahan dari batuan secara alami, atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu yang biasa disebut abu batu. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 %, serta tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton. Kegunannya adalah untuk mengisi ruangan antara butir agregat kasar dan memberikan kelecakan. Agregat halus yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- 1) Pasir halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
- 2) Butirannya harus bersifat kekal.
- 3) Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% berat keringnya.
- 4) Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.

Agregat halus mempunyai susunan besar butir dalam batas-batas berikut :

Tabel 2. 2 Presentase lolos agregat pada ayakan (*Sumber: jualbuisbeton.com*)

Ukuran lubang ayakan (mm)	Persen lolos kumulatif
9,60	100
4,80	95-100
2,40	80-100
1,20	50-85
0,60	25-60
0,30	10-30
0,15	2-10

3. Air

Fungsi air pada campuran beton adalah digunakan untuk reaksi kimia dalam pengikat campuran beton sehingga terjadi proses pengerasan beton dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat dalam adukan beton sehingga mudah dipadatkan pada saat dituang pada media yang akan dicor. Kebutuhan air sebesar 25 % dari berat semen. Perawatan beton juga menggunakan air dengan cara membasahi beton yang sudah dituang dalam cetakan (dicor).

Kuat tekan beton sangat dipengaruhi oleh air, air yang berlebih akan menyebabkan penurunan kekuatan beton dan bisa mengakibatkan terjadi bleeding yaitu air semen naik ke permukaan beton segar baru saja selesai dituang. Jika terjadi Bleeding maka dapat menyebabkan terjadi berkurangnya lekatan beton antara lapis permukaan dengan beton lapisan di bawahnya. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata. Syarat minimum air yaitu minimal memenuhi syarat sebagai air minum yang memiliki sifat antara lain yaitu bersifat

tawar, tidak berbau, bila dihembus udara airnya tidak keruh dan lainnya. Bukan berarti bahwa air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum. Air yang disyaratkan untuk beton sebagai berikut (Tjokrodimulyo, 2007):

- a. Tidak mengandung lumpur lebih dari 2gram/liter.
- b. Kandungan garam (diantaranya yaitu zat organik, asam, dan lainnya yang sejenis) tidak lebih dari 15gram/liter.
- c. Kandungan kloridanya (C1) tidak lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Kandungan sulfatnya tidak lebih dari 1 gram/liter.

C. Material alternatif

1. Abu terbang (*Fly ash*)



Gambar 2. 1 *Fly ash* (Abu terbang)
(Sumber : *Fly ash PLTU Barru*)

Menurut Nugraha dan Antoni (2007:104) "*Fly ash* (abu terbang) adalah material yang berasal dari sisa pembakaran batubara yang tidak terpakai. Pembakaran batubara kebanyakan digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap. Produk limbah dari PLTU tersebut mencapai 1 juta ton per tahun.

PLTU (pembangkit listrik tenaga uap) yang menghasilkan abu terbang ini misalnya PLTU Paiton. Abu terbang juga dihasilkan oleh pabrik kertas maupun

pabrik kimia. Sekitar 75-90% abu yang keluar dari cerobong asap dapat ditangkap oleh sistem elektrostatis precipitator. Sisa yang lain didapat di dasar tungku (disebut bottom ash). Mutu fly ash tergantung pada kesempurnaan proses pembakarannya”.

Faktor-faktor utama yang mempengaruhi dalam kandungan mineral *fly ash* (abu terbang) dari batubara adalah:

- a. Komposisi kimia batu bara
- b. Proses pembakaran batu bara
- c. Bahan tambahan yang digunakan termasuk bahan tambahan minyak untuk stabilitasi nyala api dan bahan tambahan untuk pengendalian korosi.

Senyawa-senyawa penyusun abu terbang sebenarnya sangat ditentukan oleh mineral-mineral pengotor bawaan yang terdapat pada batubara itu sendiri yang disebut dengan inherent mineral matter. Mineral pengotor yang terdapat dalam batubara dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu :

- a. *Syngenetic* atau disebut dengan mineral matter : pada dasarnya mineral-mineral ini terendapkan di tempat tersebut bersamaan dengan saat proses pembentukan peat.
- b. *Epigenetica* juga disebut dengan *extraneous mineral matter*: pada prinsipnya mineral-mineral pengotor ini terakumulasi pada cekungan setelah proses pembentukan lapisan peat tersebut selesai.

Dari sejumlah abu yang dihasilkan dalam proses pembakaran batubara, maka sebanyak 55% - 85 % berupa abu terbang (*fly ash*) dan sisanya berupa abu dasar (*bottom ash*). Kedua jenis abu ini memiliki perbedaan karakteristik serta

pemanfaatannya. Biasanya untuk *fly ash* (abu terbang) banyak dimanfaatkan dalam perusahaan industri karena abu terbang ini mempunyai sifat pozzolanik, sedangkan untuk abu dasar sangat sedikit pemanfaatannya dan biasanya digunakan sebagai material pengisi (Aziz1, 2006).

Fly ash menurut ACI Manual of Concrete Practice 1993 parts 12266.3R-3 dapat diklasifikasikan atas 3 jenis, yaitu:

1) Kelas C

- a) Fly ash yang mengandung CaO diatas 10% dari pembakaran lignite atau sub bitumen batubara.
- b) Kadar $(SiO_2 + Fe_3)$ > 50%
- c) Kadar Na₂O mencapai 10%
- d) Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15%-35% dari total binder.

2) Kelas F

- a) Fly ash yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran antherehacite atau bitumen batu bara.
- b) Kadar $(SiO_2 + Al_2O_3)$ > 70%.
- c) Kadar Na₂O < 5%
- d) Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15%-25% dari total binder.

3) Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic, opaline chertz dan shales, tuff dan abu vulkanik, dimana bisa diproses melalui pembakaran atau tidak. Selain itu juga berbagai hasil pembakaran yang mempunyai sifat pozzolan yang baik.

2. Kapur

Kapur merupakan sumber daya mineral yang berlimpah di Indonesia, jumlahnya diperkirakan sekitar 2.160 milyar ton (Anonim, 2004). Semen alternatif dengan bahan dasar kapur yang dicampur dengan bahan pozzolan (fly ash) yang sesuai sering disebut sebagai Hydraulic limes atau kapur. Didalam campuran ini dari kapur diperoleh kalsium hidroksida sedangkan dari bahan pozzolan diperoleh silica dan alumina (SiO_2) dan (Al_2O_3). (British geological survey, 2005).

Di Indonesia, cadangan kapur terdapat cukup banyak. Cadangan kapur di Jawa Barat menurut Dinas Pertambangan dan Energi adalah sebesar 1.223.400323 m³ yang tersebar di beberapa kabupaten di Jawa Barat, seperti Kabupaten Bandung, Kabupaten Majalengka, Kabupaten Cirebon, dan lain-lain. Kandungan kimia yang terdapat dalam kapur telah diteliti oleh (Sihotang, Abinbot, dan Harazin 2002). Kandungan kimia yang terdapat dalam kapur telah diteliti oleh (Sihotang, Abinbot, dan Harazin 2002) dan disajikan pada table dibawah ini.

Tabel 2. 3 Kandungan Kimia kapur (*Sumber: Sihotang, 2002*)

NO.	ZAT TERKANDUNG	KANDUNGAN
1.	Na_2O	0,095%
2.	Fe_2O_3	0,41%
3.	MgO	2,72%
4.	K_2O	0,32%
5.	CaO	50,84%
6.	Al_2O_3	0,682%
7.	SiO_2	0,00%

3. Alkali aktivator

Alkali aktifator merupakan bahan kimia yang digunakan untuk mengaktifkan prekursor sehingga dapat menghasilkan ikatan polimerisasi yang kuat. Alkali mengaktifkan prekursor dengan mendisolusikan SiO_2 dan Al_2O_3 ke dalam monomer $\text{Si}(\text{OH})_4$ dan $\text{Al}(\text{OH})_4$. Selama proses curing, monomer monomer tadi terkondensasi dan membentuk jaringan polimer tiga dimensi dan berikatan silang (Septia, 2011).

Tabel 2. 4 Spesifikasi Natrium silikat cair

Spesifikasi Natrium Silikat Cair (Na_2SiO_3)	Jumlah (%)
Berat Khusus	1.526 g/cm ³
SiO_2	28-30%
Na_2O	9-10%
Fe	<0.02%
Nilai pH	12.00

D. Kuat Tekan

Kuat tekan adalah kemampuan suatu beton dalam menerima beban gaya tekan yang diberikan persatuan luas (Bintoro et al., 2018). Kuat tekan beton adalah beban gaya tekan yang diberikan pada beton yang dihasilkan oleh alat tekan tekan beton dengan standar tertentu yang dapat menghancurkan beton.

Kuat tekan menjadi penentu mutu dan kualitas beton, yang dihasilkan dari pencampuran antara agregat, semen, dan air. Pembuatan beton baru dikatakan berhasil apabila beton mencapai kuat tekan yang telah ditentukan atau direncanakan dalam mix design (Wimaya et al., 2020).

Menurut SNI 1974-2011 mengenai Cara Uji Kuat Tekan Beton, perhitungan kuat tekan beton untuk benda uji berbentuk kubus ditetapkan dengan persamaan sebagai berikut : (Mahendra, Y. I, Gardjito. E, Ridwan. A, 2021).

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

Dimana :

f_c' = kuat tekan beton (N/ mm^2)

P = beban maksimum yang diberikan (N)

A = luas bidang benda uji (mm^2)

E. Kajian hasil penelitian

Adapun beberapa penelitian terdahulu yang dipakai penulis sebagai dasar acuan dalam penelitian ini antara lain:

1. **Amir fauzi, dkk (2021)** Melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan *Fly ash* PLTU Pangkalan susu terhadap kuat tekan mortar geopolimer. Pada Penelitian ini menggunakan 3 variasi molaritas NaOH yaitu: 8M, 10M dan 12M dengan rasio larutan alkalin terhadap fly ash Pangkalan Susu sebesar 0,6 dan rasio $Na_2SiO_3/NaOH$ sebesar 2,0; 2,5; 3,0; dan 3,5. Hasil menunjukkan penurunan workability pada larutan NaOH dengan konsentrasi 8M dan 10M berturut-turut sebesar dari 19,5 cm - 14,75, 18 cm - 17 cm sedangkan workability pada larutan NaOH dengan konsentrasi 12M mengalami peningkatan dari 18 cm ke 19,75 cm. Peningkatan molaritas NaOH yang lebih tinggi menyebabkan kenaikan reaksi larutan alkalin pada campuran mortar geopolimer yang memiliki pengaruh terhadap workability mortar geopolimer.

Kuat tekan optimum sebesar 52,23 MPa pada penggunaan molaritas NaOH sebesar 10M dengan rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ sebesar 2,5. Kesimpulan dari penelitian ini adalah penggunaan FAPS pada material geopolimer mempengaruhi terhadap kuat tekan.

2. **Aiyub (2022)** melakukan penelitian tentang Perbandingan Karakteristik Mortar Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Nagan Raya Terhadap Mortar Konvensional Dengan FAS 0,5. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi optimum dari mortar geopolimer yang menggunakan fly ash Nagan Raya, agar dapat disetarakan dengan mortar konvensional yang menggunakan OPC dengan FAS 0,5. setting time optimum mortar geopolimer diperoleh sebesar 165 menit dimana setting time ini mendekati setting time mortar konvensional sebesar 191 menit dan kuat tekan optimum mortar geopolimer diperoleh sebesar 28,86 MPa dimana kuat tekan ini mendekati kuat tekan mortar konvensional sebesar 34,38 MPa. Sehingga mortar geopolimer berbahan dasar FANR masih layak digunakan dan memiliki pendekatan karakteristik terhadap mortar konvensional berbahan OPCSP dengan FAS 0,5.
3. **Syamsul Bahri Ahmad, dkk (2018)** melakukan penelitian Studi kuat tekan mortar geopolimer berbasis fly ash-slag dengan rasio aktivator Na_2SiO_3 dan NaOH berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan berbahan dasar fly ash mortar geopolimer kelas C dengan molaritas larutan NaOH 8M, 12M dan 16M, perbandingan Na_2SiO_3 terhadap NaOH adalah 1,5, perbandingan bahan pengikat pasir alam dan pasir terak adalah 1:1,5:1,5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan mortar geopolimer MG16

menghasilkan kuat tekan lebih tinggi pada umur 14 dan 28 hari dibandingkan kuat tekan mortar konvensional MK. Sedangkan mortar geopolimer MG8 dan MG12 memproduksi lebih rendah kuat tekan dibandingkan mortar MK.

4. **Nurul Latifah Khoiriyah, dkk (2023)** melakukan penelitian tentang Karakteristik mortar geopolimer dengan perawatan oven pada berbagai variasi waktu curing. Metode penelitian ini adalah metode eksperimen dengan cara menggunakan beberapa variasi waktu curing mortar geopolimer dengan menggunakan perawatan oven pada waktu 6, 9, 12, 15 dan 18 jam. Komposisi mortar dengan perbandingan volume 1 fly ash : 3 Pasir : 0,75 air dan perbandingan 0,4 water/binder. Dengan konsentrasi NaOH 9 M dan perbandingan $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ 2. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa waktu curing 12 jam menghasilkan sifat fisik dan mekanik yang paling baik. Kuat tekan dan kuat lentur mortar geopolimer yang dihasilkan adalah masing-masing sebesar 8,26 MPa dan 2,862 MPa.
5. **Firdaus, dkk (2019)** melakukan penelitian tentang Waktu ikat mortar “Semen” geopolimer berbasis Fly ash dan kapur. Penelitian ini bertujuan untuk Menganalisi pengaruh penambahan kapur pada campuran mortar berbasis fly ash. Dari penelitian ini di dapatkanlah pengaruh penambahan kapur sangat berpengaruh dengan nilai kuat tekan pada umur 28 hari, pada penambahan kapur dengan persentase, 10%, 15%, 20% dan 25%, 30% di setiap persentase pada umur benda uji 28 hari. Nilai kuat tekan tertinggi pada penambahan kapur didapatkan pada persentase 10% pada umur 28 hari dengan nilai kuat tekan 25.7

Mpa, dan di Persentase penggunaan kapur yang terendah kuat tekan dapat di persentase 30% dengan kuat tekan 22.1 Mpa.

6. **Ega Maryenttry, dkk (2024)** Melakukan penelitian tentang Pengaruh penambahan kapur pada semen geopolimer terhadap mortar geopolimer. Penelitian bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan kapur pada semen geopolimer pada mortar geopolimer. Dari Hasil penelitian ini, efek penambahan kapur sangat berpengaruh pada tekanan nilai kekuatan pada usia 28 hari, penambahan kapur dengan persentase 1%, 2%, 3%, dan 4% dalam setiap persentase pada usia objek uji 28 hari. Nilai kekuatan tekan tertinggi di penambahan kapur diperoleh dengan persentase 4% dengan w/c 0,30 pada usia 28 hari dengan a kuat tekan 1,6 MPa, dan dalam persentase penggunaan kapur tekan terendah kekuatan bisa berada pada persentase 1% dengan w/c 0,45 dengan kekuatan tekan 1,2 Mpa.
7. **Eko Riyanto dkk, (2021)** Melakukan penelitian tentang Analisis kuat tekan mortar geopolimer berbahan silica fume dan kapur. bertujuan mengetahui pengaruh penggunaan silica fume dan kapur tohor terhadap mortar geopolimer dengan variasi silica fume:kapur tohor 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, benda uji berbentuk kubus berukuran 5 x 5 x 5 cm sebanyak 120 benda uji, pengujian umur 7, 14, 28 hari. Hasil penelitian didapat kuat tekan optimum mortar geopolimer pada variasi silica fume:kapur tohor 70:30 yaitu 3,52 MPa pada umur 28 hari. Berdasarkan hasil kuat tekan pengaruh umur mortar 7, 14, 28 hari diketahui semakin lama umur mortar kuat tekan semakin meningkat.

8. **Yulis setyani, dkk (2017)** Melakukan penelitian tentang Analisa kuat tekan mortar geopolimer berbahan abu sekam padi dan kapur padam. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu sekam padi dan kapur padam mortar geopolimer dilakukan penelitian menggunakan metode eksperimental yaitu percobaan di laboratorium. Benda uji kubus berukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ dengan proporsi abu sekam padi:kapur padam 100:0, 90:10, 80:20, dan 70:30 sebanyak 36 benda uji. Setelah dilakukan pengujian kuat tekan umur uji 7, 14, dan 28 hari didapat kuat tekan optimum mortar geopolimer berbahan abu sekam padi dan kapur padam pada variasi 70:30 yaitu 22,31 kg/cm².
9. **Nugraha adi pratama, dkk (2024)** Melakukan penelitian tentang Pengaruh substitusi parsial limbah bata ringan terhadap kuat tekan mortar geopolimer. Limbah bata ringan memiliki kandungan alumina atau silica sehingga dapat digunakan dalam campuran beton geopolimer. Oleh sebab itu, penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis kekuatan tekan mortar geopolimer akibat pengaruh substitusi parsial limbah bata ringan (LBR) baik sebagai binder terutama precursor fly ash (FA) maupun filler pasir galunggung (PG). Variasi substitusi parsial LBR terhadap FA yaitu 0%:100%; 10%:90%; 20%:80% dan 30%:70% sedangkan variasi substitusi parsial LBR terhadap PG yaitu 10%:90%; 15%:85% dan 20%:80%. Pengujian kekuatan tekan mortar dilakukan pada usia 7, 14 dan 28 hari. Pada usia 28 hari, kekuatan tekan mortar geopolimer dengan variasi 10% limbah bata ringan:90% fly ash yaitu 46,74 MPa. Sedangkan kekuatan tekan mortar geopolimer dengan variasi 10% limbah bata ringan:90% pasir hanya 26,37 MPa.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang merupakan metode penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasilnya disertai gambar, tabel, atau grafik. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian laboratorium.

B. Lokasi dan Waktu

Lokasi penelitian merupakan suatu tempat atau wilayah dimana penelitian tersebut dilakukan. Adapun lokasi yang dipilih yaitu di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Muhammadiyah Parepare. Waktu penelitian yang dilakukan pada penelitian ini terhitung selama 4 (empat) bulan dimulai pada bulan Maret 2024 sampai dengan bulan juni 2024. Berikut ini adalah rincian kegiatan pelaksanaan kegiatan penelitian yang akan disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 3. 1 Jadwal pelaksanaan penelitian

No	Uraian kegiatan	2024			
		Maret	April	Mei	Juni
1	Studi literatur				
2	Persiapan Alat dan Bahan				
3	Pengujian bahan dasar				
4	Pembuatan benda uji				
5	Pengujian benda uji				

Lanjutan Tabel 3.1

No	Uraian kegiatan	2024			
		Maret	April	Mei	Juni
6	Analisis hasil penelitian				
7	Pembahasa dan Kesimpulan				

C. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat penelitian

a. Saringan



Gambar 3. 1 Saringan
(Sumber:dokumentasi pribadi)

- 1) Saringan dengan nomor berturut-turut 4,75 mm (No. 4), 2,40 mm (No. 8), 1,2 mm (No. 16), 0,60 mm (No. 30), 0,30 mm (No. 50), 0,15 mm (No. 100), No. 200 yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar untuk mengetahui gradasi agregat halus (pasir).
- 2) Saringan dengan nomor berturut-turut 56,25 mm (No. 1 1 2), 37,50 mm (No.1), 19,05 mm (No 3/4), 9,60 mm (No. 3/8), 4,75 mm (No. 4) yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar untuk mengetahui gradasi agregat kasar (kerikil).

b. Timbangan.



Gambar 3. 2 Timbangan
(Sumber: dokumentasi pribadi)

Timbangan digunakan untuk menimbang bahan susun adukan beton.

c. Gelas ukur.



Gambar 3. 3 Gelas ukur
(Sumber: dokumentasi pribadi)

Gelas ukur digunakan untuk mengukur banyaknya air yang digunakan dalam pembuatan beton.

d. Piknometer.



Gambar 3. 4 Piknometer
(Sumber: dokumentasi pribadi)

Piknometer digunakan untuk mencari B_j agregat halus.

e. Jangka sorong.



Gambar 3. 5 Jangka sorong
(Sumber dokumentasi pribadi)

Jangka sorong digunakan untuk mengukur semua dimensi benda uji.

f. Mesin aduk beton.



Gambar 3. 6 Mesin aduk beton
(Sumber: dokumentasi pribadi)

Mesin aduk beton digunakan untuk mengaduk bahan penyusun beton.

g. Penggaris.



Gambar 3. 7 Penggaris
(Sumber dokumentasi pribadi)

Penggaris digunakan untuk mengukur nilai slump.

h. Cetakan beton.



Gambar 3. 8 Cetakan Beton
(Sumber: dokumentasi pribadi)

Cetakan beton yang digunakan adalah bentuk silinder dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm.

- i. Mesin uji tekan.



Gambar 3. 9 Mesin uji tekan
(Sumber:dokumentasi pribadi)

Mesin uji tekan digunakan untuk menguji kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas benda uji beton.

2. Bahan penelitian.

- a. Agregat.

agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat halus.

- b. Semen.

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Tonasa (40kg) atau Semen Tipe I.

- c. Air.

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari air laboratorium Teknik sipil Universitas Muhammadiyah Parepare

- d. Fly ash (Abu terbang).

Abu Terbang yang digunakan yaitu jenis abu terbang hasil pembakaran batu bara yang berasal dari PT PLN Indonesia Power Barru POMU Kecamatan Balusu, Kabupaten Barru.

D. Prosedur dan Rancangan Penelitian

Prosedur dalam penelitian ini dilakukan tahap sebagai berikut :

1. Pemeriksaan berat jenis agregat

Pengujian ini dilakukan guna mengetahui berat jenis agregat serta tingkat penyerapan air. Jumlah berat jenis yang diperiksa adalah untuk agregat dalam keadaan kering, berat kering permukaan (*Saturated Surface Dry*), berat jenis semu (*Apparent*). Adapun keterangan dari berat jenis yang diperiksa adalah sebagai berikut :

a. Berat jenis permukaan (*Bulk Specific Gravity*)

Berat jenis kering permukaan (*Bulk Specific Gravity*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

b. Berat jenis permukaan (SSD)

Berat jenis permukaan (SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

c. Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*)

Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

d. Penyerapan

Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Adapun prosedur percobaan adalah sebagai berikut :

- a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
- b. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105°C sampai berat tetap.
- c. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu jam, kemudian menimbang dengan ketelitian 0,5 gram (*Bk*).
- d. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar.
- e. Keluarkan benda uji dari dalam air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (*SSD*), untuk butiran yang besar pengering harus satu persatu.
- f. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (*Bj*).
- g. Letakkan benda uji dalam keranjang, goncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan menentukan beratnya dalam air (*Ba*).
- h. Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan ke suhu standar (25°C).

2. Perencanaan campuran beton

Menyiapkan data sebagai berikut :

- a. Persentase penggabungan agregat kasar dan halus Berat jenis spesifik agregat halus dan kasar (laboratorium).
- b. Persentase *fly ash* dan kapur yang akan ditambahkan yaitu 0%, 70% : 30% ,75% : 25% dan 80% : 20%.
- c. Berat volume agregat halus dan kasar (laboratorium).
- d. Kadar air agregat halus dan kasar (laboratorium).

- e. Penyerapan air agregat kasar dan halus (laboratorium).
- f. Kadar lumpur agregat kasar dan halus (laboratorium).
- g. Keausan agregat kasar dan halus (laboratorium).
- h. Mutu beton yang disyaratkan
- i. Fungsi struktur yang akan didesain betonnya (tujuan struktur)
- j. Diameter maksimum dari agregat sehubungan dengan penggunaannya pada struktur.

3. Pembuatan benda uji .

Dalam penelitian ini terdapat 5 (lima) macam variasi campuran beton. Variasi tersebut dibedakan berdasarkan jumlah persentase *Fly ash* terhadap kebutuhan berat semen yang dimasukkan pada campuran beton. Variasi campuran abu terbang dan aktivator 70% : 30%, 75% : 25%, 80% : 20%,.

Adapun Proses pembuatan mortar geopolimer adalah sebagai berikut.

a) Persiapan bahan bahan

Siapkan bahan yang diperlukan yaitu Fly ash (Abu terbang), Kapur, Pasir dan Alkali aktivator (Na_2SiO_3)

b) Pencampuran Bahan

- Masukkan Fly ash, Kapur dan pasir kedalam mixer dalam Rasio yang tepat sesuai dengan komposisi yang digunakan dan pastikan bahan bahan tersebut tercampur dengan rata.
- Setelah bahan tercampur tambahkan larutan Na_2SiO_3 kedalam campuran kering dan tunggu hingga campuran tercampur merata.

c) Pengecoran dan proses curing

- Tuangkan campuran kedalam cetakan mortar 5x5 cm
- Tumbuk campuran yang telah di tuangkan ke cetakan agar campuran merata.
- Mortar geopolimer yang telah dicor kemudian di diamkan pada suhu ruangan dan tunggu hingga batas waktu yang telah ditentukan untuk proses pengujian kekuatan mortar.

Tabel 3. 2 Jumlah sampel dan variasi campuran beton

No.	Variasi campuran abu terbang dan kapur	Umur Hari (Buah)			Total (Buah)
		7	14	28	
1.	MN	3	3	3	9
2.	70% : 30%	3	3	3	9
3.	75% : 25%	3	3	3	9
4.	80% : 20%	3	3	3	9
Total Benda Uji					36

4. Tahap perawatan benda uji mortar dengan cara disimpan dalam suhu ruang.

- Setelah mortar dibuka dari cetakan kemudian mortar disimpan di ruangan dengan suhu ruang dan kelembapan terkontrol agar reaksi kimianya berjalan optimal.

5. Pengujian kuat tekan mortar.

- Ambil benda uji dari bak perendaman.
- Keringkan hingga mencapai kondisi SSD (kering permukaan).
- Timbang benda uji.

- d. Letakkan benda uji pada meja penekan. Periksa manometer yang akan digunakan pada skala nol.
- e. Bundel distel pada posisi penekanan lalu hidupkan mesinnya.
- f. Amati pergerakan manometer, catat nilai maksimum beban yang dapat ditahan oleh benda uji. Setelah dibagi dengan luas penampang benda uji, diperoleh nilai kuat tekan karakteristik mortar tersebut.

E. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelaksanaan tes secara langsung diambil dari hasil pengukuran nilai kuat tekan beton dari mesin uji tekan (*compression testing machine*).

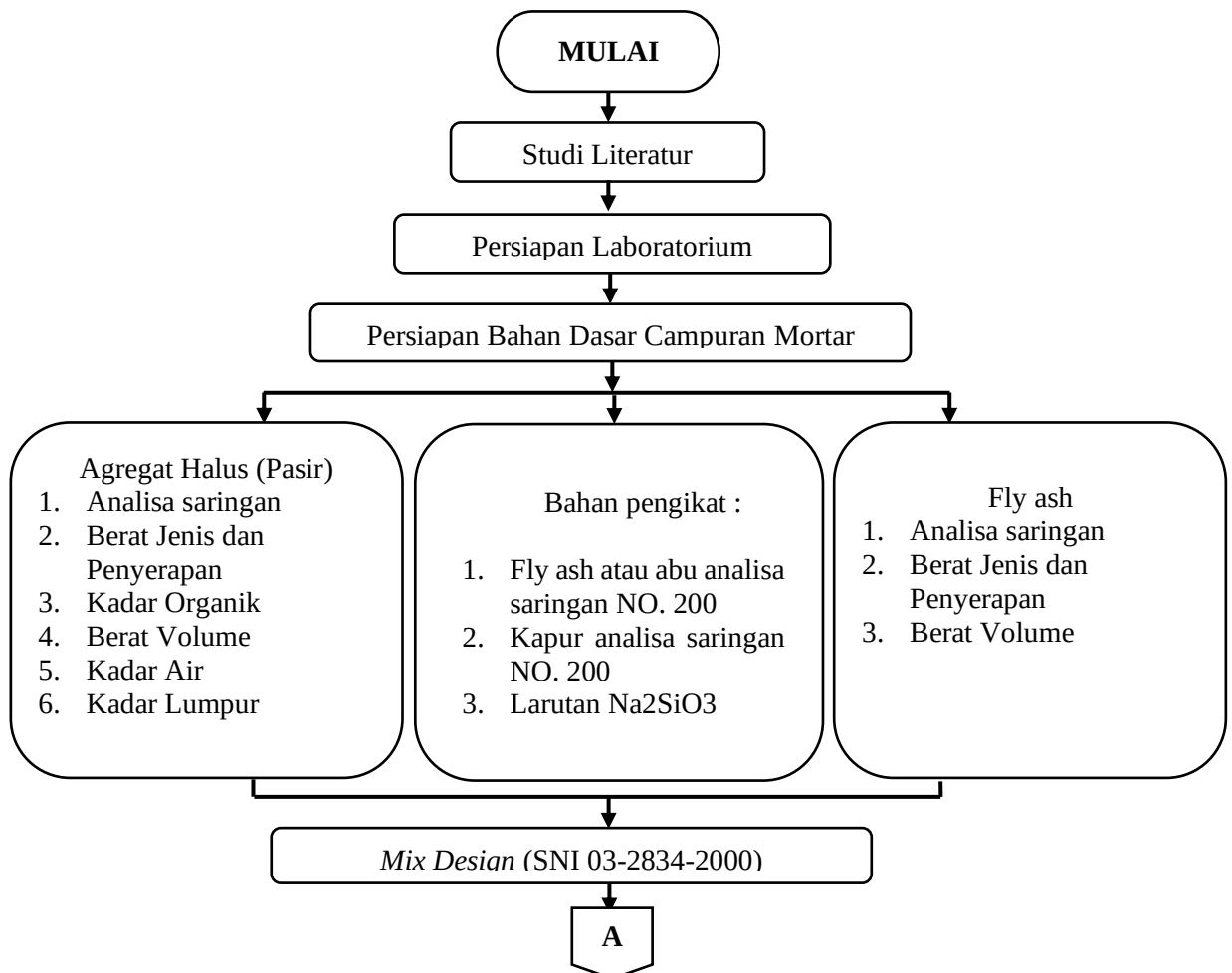
F. Teknik analisis data

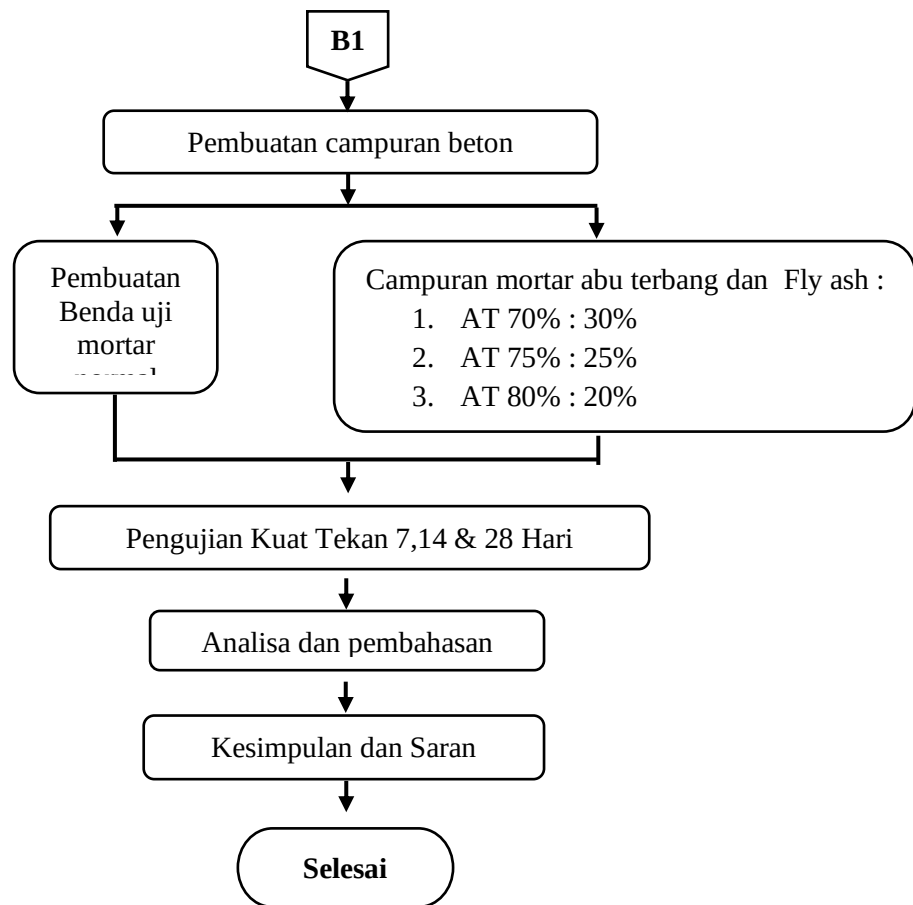
Pada penelitian ini digunakan teknik analisis data statistik deskriptif. Statistik deskriptif merupakan salah satu teknik analisis data yang biasa digunakan oleh para peneliti dan profesional data. Teknik ini biasanya digunakan untuk mendeskripsikan atau menggambarkan data yang dikumpulkan sebelumnya dan menganalisis data tanpa mengubah sumber data. Studi yang menggunakan sumber data populasi biasanya menggunakan statistik deskriptif untuk analisis.

Statistik deskriptif adalah data turunan yang biasanya ditampilkan dalam bentuk tabel, bagan, grafik, mean, median, mode, dan lain-lain. Selain itu, teknik ini dapat digunakan untuk mencari korelasi antar variabel, membuat prediksi menggunakan model regresi, dan membandingkan sarana sampel data.

Hasil dari pengukuran kuat tekan mortar tadi kemudian akan disajikan dalam bentuk grafik untuk melihat bagaimana pengaruh perbandingan fly ash dan kapur.

G. Diagram alir





Gambar 3. 10 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan terhadap agregat halus. Hasil rekapitulasi pengujian ditunjukkan dalam tabel di bawah ini.

1. Agregat Halus

Tabel 4. 1 Hasil pengujian dan Pemeriksaan pada Material agregat halus
(Sumber: Hasil olah data 2024)

No.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	RATA- RATA	PENGAMATAN
1.	Kadar lumpur	Maks 5%	4,20%	Memenuhi
2.	Kadar Organik	<No. 3	1	Memenuhi
3.	Kadar Air	2% - 5%	4,17%	Memenuhi
4.	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1,4 – 1,9 kg/liter	1,50	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 – 1,9 kg/liter	1,62	Memenuhi
5.	Absorpsi	0,2 % - 2%	1,96%	Memenuhi
6.	Berat Jenis Spesifik			
	a. Bj.nyata	1,6 – 3,3	2,44	Memenuhi
	b. BJ. dasar kering	1,6 – 3,3	2,33	Memenuhi
	c. BJ. kering permukaan	1,6 – 3,3	2,37	Memenuhi
7.	Modulus kehalusan	1,50 – 3,80	2,80	Memenuhi

Dari pengujian agregat halus di atas didapatkan hasil sebagai berikut :

a. Kadar lumpur

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat halus yaitu 4,20%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari batas maksimum 5% yang menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut dapat digunakan untuk campuran mortar tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu..

b. Kadar organik

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar organik agregat halus diatas sampel menunjukkan warna kekeruhan di angka No.1 pada standar warna yang menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut memiliki tingkat kadar organik terbilang rendah sehingga memenuhi persyaratan untuk digunakan dalam campuran mortar tanpa perlu dicuci terlebih dahulu.

c. Kadar Air

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar air agregat halus di atas yaitu 4,17%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 2,00%-5,00% yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran mortar.

d. Berat Volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat halus didapatkan hasil 1,50 sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1,62 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,4 – 1,9 kg/liter sehingga aregat halus dapat dijadikan bahan campuran mortar.

e. Penyerapan Air

Dari pengujian penyerapan air agregat kasar diatas didapatkan hasil 1,96% yang nilainya masuk dalam interval maksimum 2% hal ini menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut memenuhi persyaratan yang digunakan untuk campuran mortar.

f. Berat Jenis

Dari pengujian berat jenis nyata didapatkan hasil 2,44, berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2,33, dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2,37 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6–3,3 sehingga aregat halus dapat dijadikan bahan campuran mortar. Berat jenis adalah parameter yang menggambarkan massa per satuan volume material dan mempengaruhi sifat-sifat beton, termasuk kekuatan dan kerja campuran.

g. Modulus Kehalusan

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar SNI, interval untuk modulus kehalusan yaitu berada antara 1,5-3,8. Sedangkan hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu 2,80 adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut dapat digunakan dalam campuran mortar. Modulus kehalusan adalah parameter yang menggambarkan distribusi ukuran butiran agregat halus dan mempengaruhi sifat-sifat beton, termasuk kekuatan dan kerja campuran.

B. Perencanaan Adukan Campuran Benda Uji

1. Volume cetakan Mortar

Volume : $p \times l \times t$

Keterangan :

p : Panjang

l : Lebar

t : Tinggi

p : 5 cm

l : 5 cm

t : 5 cm

Untuk menentukan volume cetakan mortar, maka digunakan persamaan sebagai berikut :

$$V : 5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} = 125 \text{ cm}^3$$

2. Komposisi Campuran Mortar

Dari hasil yang diperoleh dari (SNI 03-6825-2002), didapatkan komposisi untuk percobaan pembuatan mortar kubus dengan ukuran 5cm x 5cm x 5cm.

Perhitungan :

Kebutuhan mortar normal berbentuk (SNI 03-6825-2002), ukuran benda uji 5cm x 5cm x 5cm dengan 6 benda uji.

$$\text{Volume benda uji} = 5 \times 5 \times 5 = 125 \text{ cm}^3 = 1,25 \text{ liter}$$

$$\text{Semen portland} = 500 \text{ gram (W1), dimana } \frac{W1}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ gr} = X$$

$$\text{Pasir} = 1375 \text{ gram (W2), dimana } \frac{W2}{2} = \frac{1375}{2} = 687,5 \text{ gr} = Y$$

$$\text{Air} = 242 \text{ ml (W3), dimana } \frac{W3}{2} = \frac{242}{2} = 121 \text{ ml} = Z$$

Kebutuhan mortar normal berbentuk kubus dengan ukuran benda uji 5cm x 5cm x 5cm (1 benda uji)

$$\text{Volume benda uji} = 5 \times 5 \times 5 = 125 \text{ cm}^3 = 0,125 \text{ liter}$$

$$\text{Nilai perbandingan} = \frac{\text{Volume benda uji A}}{\text{Volume benda uji B}}$$

$$= \frac{125 \text{ cm}^3}{125 \text{ cm}^3}$$

$$= 1,00 \text{ (W4)}$$

$$\text{Kebutuhan semen} = W4 \times X$$

$$= 1,00 \times 250 \text{ gr}$$

$$= 250 \text{ gr (W5)}$$

$$\text{Kebutuhan pasir} = W4 \times W2$$

$$= 1,00 \times 688 \text{ gr}$$

$$= 688 \text{ gr (W6)}$$

$$\text{Kebutuhan air} = W4 \times W3$$

$$= 1,00 \times 121 \text{ gr}$$

$$= 121,00 \text{ gr (W7)}$$

$$\text{Volume semen} = \frac{w5}{w5+w6+w7} \times \text{Vol. benda uji}$$

$$= \frac{250 \text{ gr}}{(250+688+121)\text{gr}} \times 125 \text{ cm}^3$$

$$= \frac{250 \text{ gr}}{1059 \text{ gr}} \times 125 \text{ cm}^3$$

$$= 29,51 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume pasir} = \frac{w6}{w5+w6+w7} \times \text{Vol. benda uji}$$

$$= \frac{688 \text{ gr}}{(250+688+121)\text{gr}} \times 125 \text{ cm}^3$$

$$= \frac{688 \text{ gr}}{1059 \text{ gr}} \times 125 \text{ cm}^3$$

$$= 81,21 \text{ cm}^3$$

Volume air

$$= \frac{w7}{w5+w6+w7} \times \text{Vol. benda uji}$$

$$= \frac{121 \text{ gr}}{(250+688+121)\text{gr}} \times 125 \text{ cm}^3$$

$$= \frac{121 \text{ gr}}{1059 \text{ gr}} \times 125 \text{ cm}^3$$

$$= 14,28 \text{ cm}^3$$

Volume agregat (3 benda uji kubus)

Diketahui :

$$\text{Semen} = \frac{\text{Kebutuhan semen}}{(w5+w6+w7)} \times \text{Vol. benda uji}$$

$$= \frac{250 \text{ gr}}{(250+688+121)\text{gr}} \times 375 \text{ cm}^3$$

$$= \frac{250 \text{ gr}}{1059 \text{ gr}} \times 375 \text{ cm}^3$$

$$= 88,53 \text{ cm}^3 \text{ (W8)}$$

$$\text{Pasir} = \frac{\text{Kebutuhan pasir}}{(w5+w6+w7)} \times \text{Vol. benda uji}$$

$$= \frac{688 \text{ gr}}{(250+688+121)\text{gr}} \times 375 \text{ cm}^3$$

$$= \frac{688 \text{ gr}}{1059 \text{ gr}} \times 375 \text{ cm}^3$$

$$= 244 \text{ cm}^3 \text{ (W9)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Air} &= \frac{\text{Kebutuhan Air}}{(w_5 + w_6 + w_7)} \times \text{Vol. benda uji} \\
 &= \frac{121 \text{ gr}}{(250 + 688 + 121) \text{ gr}} \times 375 \text{ cm}^3 \\
 &= \frac{121 \text{ ml}}{1059 \text{ gr}} \times 375 \text{ cm}^3 \\
 &= 42,85 \text{ cm}^3 (\text{W10})
 \end{aligned}$$

a. Mortar normal

$$\text{Semen} = 250 \text{ gram}$$

$$\text{Pasir} = 687,5 \text{ gram}$$

$$\text{Air} = 121 \text{ ml}$$

b. Fly ash dan kapur 70% : 30% sebanyak 3 benda uji

$$\begin{aligned}
 \text{Volume fly ash} &= \frac{70}{100} \times W_9 \\
 &= \frac{70}{100} \times 88,569 \text{ cm}^3 \\
 &= 61,99 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Kapur} &= \frac{30}{100} \times W_9 \\
 &= \frac{30}{100} \times 88,569 \text{ cm}^3 \\
 &= 26,57 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat kebutuhan Fly ash} &= V. \text{ Fly ash} \times \text{BJ. Fly ash} \\
 &= 61,998 \times 2,667 \\
 &= 165,33 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\text{Berat kebutuhan Kapur} = V. \text{ Kapur} \times \text{BJ. Kapur}$$

$$= 26,57 \times 2,386 \text{ gram/cm}^3$$

$$= 63,398 \text{ gram}$$

Berat Waterglass (Na^2SiO^3)

$$= \text{B. Semen} \times 35\%$$

$$= 250 \times 35\%$$

$$= 88 \text{ gram}$$

c. Fly ash dan kapur 75% : 25% sebanyak 3 benda uji

$$\text{Volume fly ash} = \frac{75}{100} \times W_9$$

$$= \frac{75}{100} \times 88,569 \text{ cm}^3$$

$$= 66,42 \text{ cm}^3$$

Volume Kapur

$$= \frac{25}{100} \times W_9$$

$$= \frac{25}{100} \times 88,569 \text{ cm}^3$$

$$= 22,14 \text{ cm}^3$$

Berat kebutuhan Fly ash

$$= V. \text{ Fly ash} \times B.J. \text{ Fly ash}$$

$$= 66,42 \times 2,667 \text{ gram/cm}^3$$

$$= 177,148 \text{ gram}$$

Berat kebutuhan Kapur

$$= V. \text{ Kapur} \times B.J. \text{ Kapur}$$

$$= 22,142 \times 2,386 \text{ gram/cm}^3$$

$$= 52,83 \text{ gram}$$

Berat Waterglass (Na^2SiO^3)

$$= \text{B. Semen} \times 35\%$$

$$= 250 \times 35\%$$

$$= 88 \text{ gram}$$

d. Fly ash dan kapur 80% : 20% sebanyak 3 benda uji

$$\begin{aligned}\text{Volume fly ash} &= \frac{80}{100} \times W_9 \\ &= \frac{80}{100} \times 88,569 \text{ cm}^3 \\ &= 70,85 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Kapur} &= \frac{20}{100} \times W_9 \\ &= \frac{20}{100} \times 88,569 \text{ cm}^3 \\ &= 17,713 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat kebutuhan Fly ash} &= V. \text{ Fly ash} \times B.J. \text{ Fly ash} \\ &= 70,85 \times 2,667 \text{ gram/cm}^3 \\ &= 188,95 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat kebutuhan Kapur} &= V. \text{ Kapur} \times \text{Kapur} \\ &= 17,712 \times 2,386 \text{ gram/cm}^3 \\ &= 42,265 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Waterglass (Na}^2\text{SiO}^3\text{)} &= B. \text{ Semen} \times 35\% \\ &= 250 \times 35\% \\ &= 88 \text{ gram}\end{aligned}$$

Tabel 4. 2 Mix design mortar geopolimer (*Sumber hasil olah data 2024*)

Variasi (gram)	Semen (Gram)	Fly ash (gram)	Kapur (gram)	Pasir (gram)	Air (gram)	Na ₂ SiO ₃ (gram)	Benda Uji
FA 0% ; KA 0%	750	0	0	687,5	121	0	3
FA 70% : KA 30%	0	165,34	63,39	687,5	0	87,50	3
FA 75% : KA 25%	0	177,15	52,83	687,5	0	87,50	3
FA 80% : KA 20%	0	188,96	42,26	687,5	0	87,50	3

Tabel diatas menjelaskan bahwa komposisi variasi Normal terdiri dari 750 gram semen, 687,5 gram pasir, 121.00 ml air. Komposisi variasi FA 70%:30% terdiri dari 165,34 gram fly ash, 63,39 gram kapur, 687,5 gram pasir, 87,50 Na₂SiO₃. Komposisi variasi 75%:25% terdiri dari 177,15 gram fly ash, 52,83 gram kapur, 687,5 gram pasir, 87,50 Na₂SiO₃ Komposisi variasi 80%:20% terdiri dari 188,96 gram fly ash, 42,26 gram kapur, 687,5 gram pasir, 87,50 Na₂SiO₃. Dengan jumlah benda uji 3 buah tiap variasi.

C. Kuat Tekan Mortar

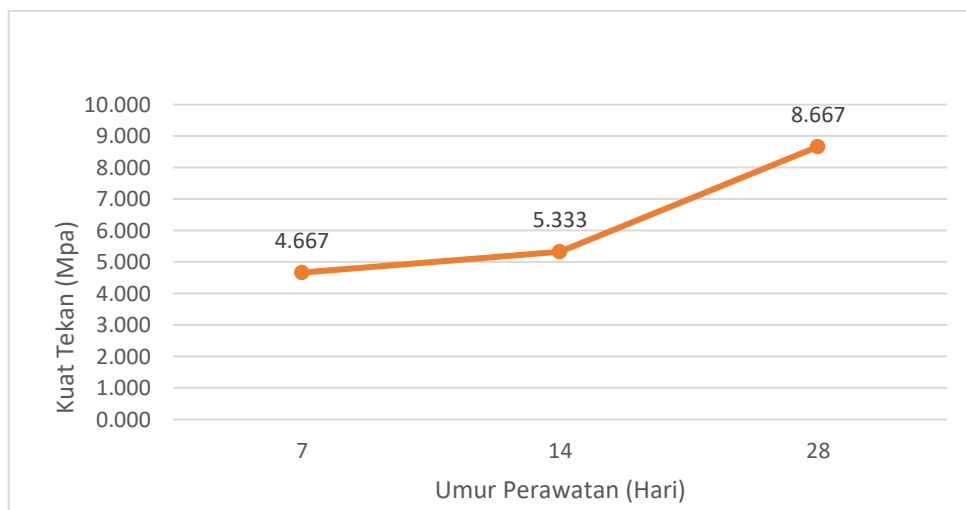
Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah kuat tekan pada bata beton sehingga benda uji yang telah selesai diberikan perawatan selama 7,14 dan 28 hari kemudian dilakukan pengujian kuat tekan, adapun hasil dari pengujian kuat tekan pada benda uji dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

1. Pengujian kuat tekan mortar normal

Tabel 4. 3 Hasil kuat tekan mortar normal (*Sumber hasil olah data 2024*)

No	Tanggal		Type	Umur	Berat	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan rata-rata
	Cor	Test	Mortar	Hari	kg	KN	F'c (Mpa)	F'c (Mpa)
1	22/7/2024	29/7/2024	Kubus	7	0,203	10	4,000	4,667
2	22/7/2024	29/7/2024	Kubus	7	0,149	10	4,000	
3	22/7/2024	29/7/2024	Kubus	7	0,212	15	6,000	
4	22/7/2024	5/8/2024	Kubus	14	0,210	10	4,000	5,333
5	22/7/2024	5/8/2024	Kubus	14	0,229	10	4,000	
6	22/7/2024	5/8/2024	Kubus	14	0,206	20	8,000	
7	22/7/2024	19/8/2024	Kubus	28	0,171	20	8,000	8,667
8	22/7/2024	19/8/2024	Kubus	28	0,210	25	10,000	
9	22/7/2024	19/8/2024	Kubus	28	0,203	20	8,000	
Rata-Rata					0,199	15,56	6,222	

Berdasarkan tabel di atas maka dibuat gambar grafik sebagai berikut :



Gambar 4. 1 Grafik nilai kuat tekan mortar normal

Grafik diatas menjelaskan bahwa kuat tekan rata-rata Mortar ukuran 5x5x5 cm menunjukkan nilai kuat tekan pada hari ke 7 sebesar 4,667 Mpa, pada hari ke

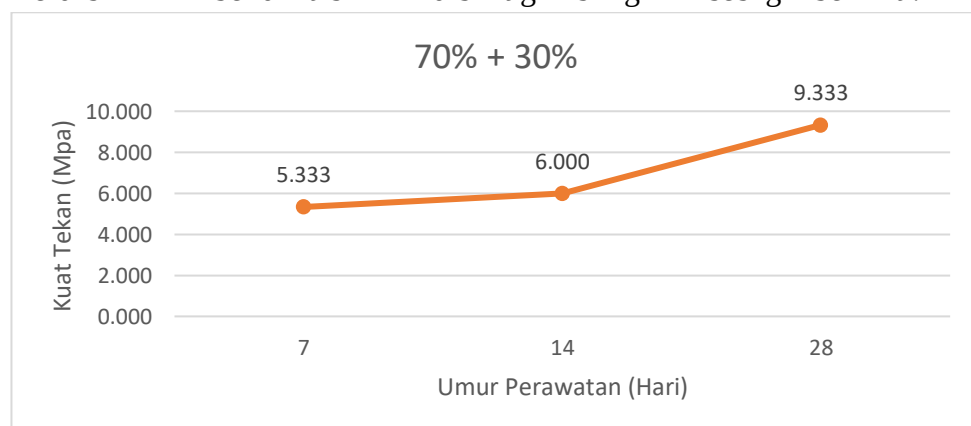
14 mengalami persentase kenaikan 14% dengan kuat tekan sebesar 5,333 MPa dan nilai tertinggi terdapat pada hari ke 28 dengan persentase kenaikan 63% dengan kuat tekan sebesar 8,667 Mpa.

2. Pengujian Kuat Tekan Mortar Variasi 70% : 30%

Tabel 4. 4 Hasil kuat tekan mortar variasi 70% : 30% (*Sumber hasil olah data 2024*)

No	Tanggal		Type	Umur	Berat	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan rata-rata
	Cor	Test	Mortar	Hari	kg	KN	F'c (Mpa)	F'c (Mpa)
1	22/7/2024	29/7/2024	Kubus	7	0,175	10	4,000	5,333
2	22/7/2024	29/7/2024	Kubus	7	0,192	15	6,000	
3	22/7/2024	29/7/2024	Kubus	7	0,158	15	6,000	
4	22/7/2024	5/8/2024	Kubus	14	0,167	15	6,000	6,000
5	22/7/2024	5/8/2024	Kubus	14	0,157	20	8,000	
6	22/7/2024	5/8/2024	Kubus	14	0,184	10	4,000	
7	22/7/2024	19/8/2024	Kubus	28	0,191	20	8,000	9,333
8	22/7/2024	19/8/2024	Kubus	28	0,194	20	8,000	
9	22/7/2024	19/8/2024	Kubus	28	0,207	30	12,000	
Rata-Rata					0,181	17,22	6,889	

Berdasarkan Tabel di atas Maka dibuat gambar grafik sebagai berikut :



Gambar 4. 2 Grafik nilai kuat tekan mortar variasi 70% : 30%

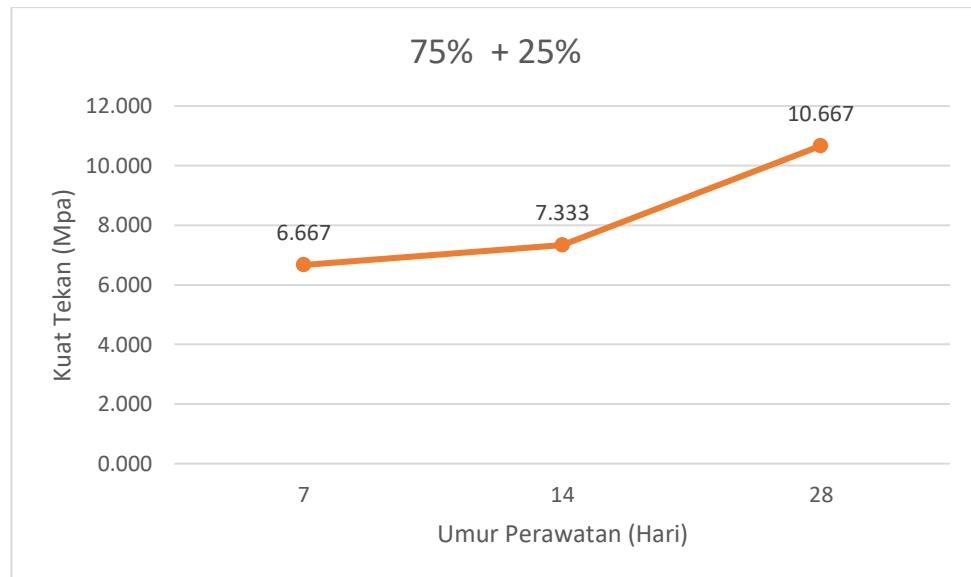
Grafik diatas menjelaskan bahwa kuat tekan rata-rata Mortar ukuran 5x5x5 cm menunjukkan bahwa nilai kuat tekan terendah terdapat pada hari ke 7 sebesar 5,333 Mpa, Pada hari ke 14 mengalami persentase kenaikan sebesar 13% dengan kuat tekan sebesar 6,000 MPa dan nilai tertinggi terdapat pada hari ke 28 dengan persentase kenaikan 56% dengan kuat tekan sebesar 9,333 Mpa.

3. Pengujian Kuat Tekan Mortar Variasi 75% : 25%

Tabel 4. 5 Hasil kuat tekan mortar variasi 75% : 25% (*Sumber hasil olah data 2024*)

No	Tanggal		Type	Umur	Berat	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan rata-rata
	Cor	Test	Mortar	Hari	kg	KN	F'c (Mpa)	F'c (Mpa)
1	23/7/2024	30/7/2024	Kubus	7	0,204	15	6,000	6,667
2	23/7/2024	30/7/2024	Kubus	7	0,191	20	8,000	
3	23/7/2024	30/7/2024	Kubus	7	0,177	15	6,000	
4	23/7/2024	6/8/2024	Kubus	14	0,186	15	6,000	7,333
5	23/7/2024	6/8/2024	Kubus	14	0,205	20	8,000	
6	23/7/2024	6/8/2024	Kubus	14	0,199	20	8,000	
7	23/7/2024	20/8/2024	Kubus	28	0,202	25	10,000	10,667
8	23/7/2024	20/8/2024	Kubus	28	0,184	25	10,000	
9	23/7/2024	20/8/2024	Kubus	28	0,212	30	12,000	
Rata-Rata					0,196	20,56	8,222	

Berdasarkan Tabel di atas maka di buat gambar grafik sebagai berikut



Gambar 4. 3 Grafik nilai kuat tekan mortar variasi 75% : 25%

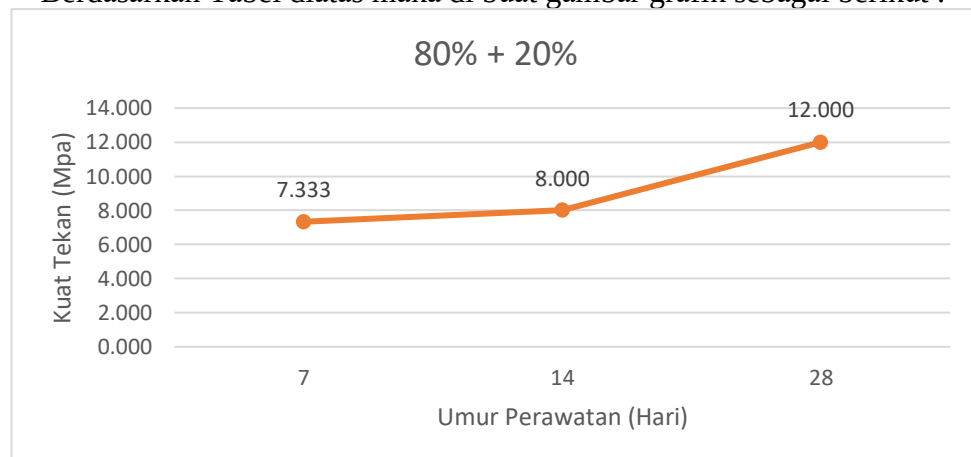
Grafik diatas menjelaskan bahwa kuat tekan rata-rat Mortar ukuran 5x5x5 cm menunjukkan bahwa nilai kuat tekan terendah terdapat pada hari ke 7 sebesar 6,667 Mpa, Pada hari ke 14 mengalami persentase kenaikan sebesar 10% dengan kuat tekan sebesar 7,333 MPa dan nilai tertinggi terdapat pada hari ke 28 dengan persentase kenaikan sebesar 45% dengan kuat tekan sebesar 10,667 Mpa.

4. Pengujian Kuat Tekan Mortar Variasi 80% : 20%

Tabel 4. 6 Hasil kuat tekan mortar variasi 80% :20% (*Sumber hasil olah data 2024*)

No	Tanggal		Type	Umur	Berat	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan rata-rata
	Cor	Test	Mortar	Hari	kg	KN	F'c (Mpa)	F'c (Mpa)
1	23/7/2024	30/7/2024	Kubus	7	0,209	20	8,000	7,333
2	23/7/2024	30/7/2024	Kubus	7	0,198	15	6,000	
3	23/7/2024	30/7/2024	Kubus	7	0,214	20	8,000	
4	23/7/2024	6/8/2024	Kubus	14	0,221	25	10,000	8,000
5	23/7/2024	6/8/2024	Kubus	14	0,197	15	6,000	
6	23/7/2024	6/8/2024	Kubus	14	0,219	20	8,000	
7	23/7/2024	20/8/2024	Kubus	28	0,174	30	12,000	12,000
8	23/7/2024	20/8/2024	Kubus	28	0,202	25	10,000	
9	23/7/2024	20/8/2024	Kubus	28	0,216	35	14,000	
Rata-Rata					0,206	22,78	9,111	

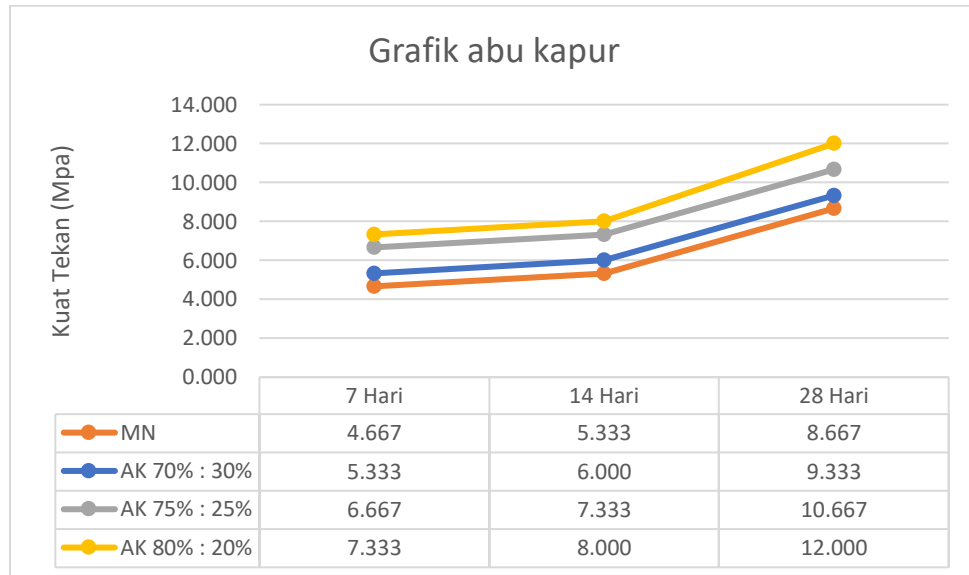
Berdasarkan Tabel diatas maka di buat gambar grafik sebagai berikut :



Gambar 4. 4 Grafik nilai kuat tekan mortar variasi 80% : 20%

Grafik diatas menjelaskan bahwa kuat tekan rata-rat Mortar ukuran 5x5x5 cm menunjukkan bahwa nilai kuat tekan terendah terdapat pada hari ke 7 sebesar 7,333 Mpa, pada hari ke 14 mengalami persentase kenaikan sebesar 9% dengan

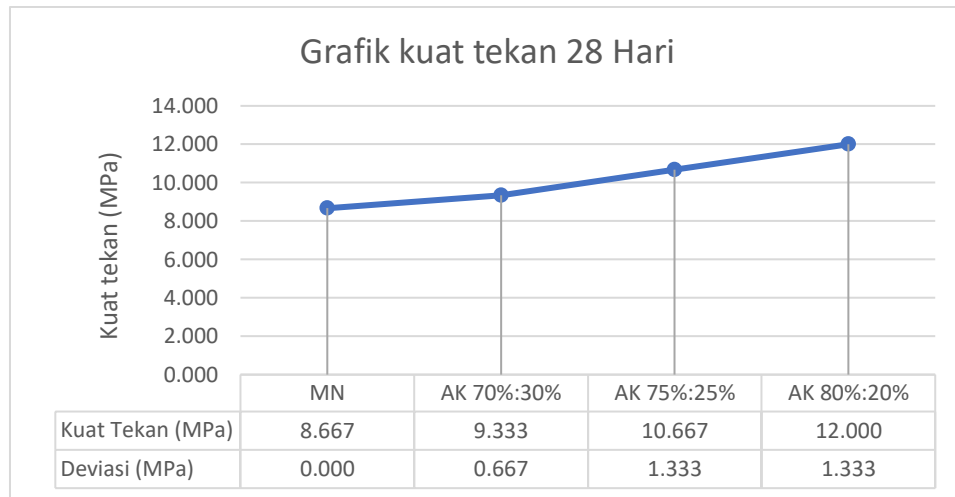
kuat tekan sebesar 8,000 MPa dan nilai tertinggi terdapat pada hari ke 28 dengan persentase kenaikan sebesar 50% dengan kuat tekan mencapai 12,000 MPa.



Gambar 4. 5 Grafik gabungan nilai kuat tekan mortar geopolimer

Hasil pengujian menunjukkan peningkatan kuat tekan pada semua variasi campuran seiring bertambahnya waktu curing. Campuran AK 80%:20% konsisten memiliki kuat tekan tertinggi dari hari ke-7 hingga ke-28, diikuti berturut-turut oleh AK 75%:25%, AK 70%:30%, dan MN yang memiliki kuat tekan terendah. Berdasarkan analisis persentase kenaikan kuat tekan dari mortar normal (MN) ke variasi campuran lainnya, terlihat bahwa penambahan abu terbang memberikan peningkatan kuat tekan yang signifikan. Campuran AK 80%:20% menunjukkan peningkatan tertinggi dibandingkan MN pada semua umur pengujian, dengan kenaikan 57.1% pada 7 hari, 50.0% pada 14 hari, dan 38.5% pada 28 hari, diikuti oleh campuran AK 75%:25% dengan kenaikan 42.9% (7 hari), 37.5% (14 hari), dan 23.1% (28 hari), sementara campuran AK 70%:30% menunjukkan peningkatan yang lebih berimbang yaitu 14.3% (7 hari), 12.5% (14 hari), dan 7.7% (28 hari). Persentase peningkatan kuat tekan terhadap MN cenderung menurun seiring

bertambahnya umur pengujian untuk semua variasi campuran, namun nilai kuat tekan absolutnya tetap lebih tinggi, yang mengindikasikan bahwa penambahan abu terbang efektif dalam meningkatkan kekuatan mortar terutama pada tahap awal pengerasan, dengan komposisi 80%:20% memberikan hasil yang paling optimal.



Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengurangan proporsi fly ash dalam campuran Mortar geopolimer berbanding lurus dengan peningkatan kuat tekan, namun juga disertai dengan kenaikan deviasi. Campuran Mortar Normal (MN) menghasilkan kuat tekan terendah sebesar 8,667 MPa. Ketika rasio fly ash:kapur diubah menjadi 70%:30%, kuat tekan meningkat menjadi 9,333 MPa. Peningkatan lebih lanjut terjadi pada campuran 75%:25%, di mana kuat tekan mencapai 10,667 MPa. Kuat tekan tertinggi dicapai oleh campuran dengan rasio fly ash:kapur 80%:20%, yaitu 12,000 MPa. pengurangan proporsi Kapur dalam campuran mortar geopolimer dapat meningkatkan kuat tekan secara signifikan, dengan campuran 80%:20% memberikan hasil terbaik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian Penggunaan kapur dan abu terbang sebagai pengganti semen pada mortar maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Campuran dengan persentase abu terbang yang lebih tinggi secara konsisten menunjukkan kuat tekan yang lebih tinggi pada setiap interval waktu curing. Dapat dilihat pada campuran dengan 75% abu terbang dan 25% kapur memiliki kuat tekan pada umur 7 hari 6,667 MPa yang meningkat menjadi 10,667 MPa setelah 28 hari, sedangkan campuran dengan 70% abu terbang dan 30% kapur memulai dengan 5,333 MPa dan naik menjadi 9,333 MPa pada periode yang sama. Ini menegaskan bahwa proporsi abu terbang yang lebih tinggi berkontribusi pada peningkatan kekuatan tekan, yang mungkin dikaitkan dengan jumlah yang lebih besar dari produk hidrasi pozzolanik yang terbentuk selama proses curing.
2. Pengaruh efektivitas penggunaan kapur dalam penelitian ini cenderung berbeda-beda. Saat pengujian kuat tekan variasi optimal didapatkan pada perbandingan abu terbang dan kapur 70% : 30%, yang artinya semakin besar penggunaan kapur maka semakin kecil pula nilai kuat tekan yang dihasilkan.

B. Saran

Untuk penelitian lebih lanjut penulis menyarankan :

1. Dalam membuat benda uji, terutama pada proses pencampuran atau mixing jangan terlalu lama atau terlalu cepat agar benda uji mendapatkan hasil kualitas yang baik. Karena pencampuran terlalu lama akan menyebabkan mortar geopolimer menjadi cepat kering.
2. Disarankan untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan perlengkapan pelindung seperti masker dan sarung tangan, dikarenakan abu terbang dan alkali activator sangat bahaya bagi manusia..

DAFTAR PUSTAKA

- Maryenttry, E., Firdaus, F., & Prawira, W. Y. (2024). Pengaruh Penambahan Kapur Pada Semen Geopolimer Terhadap Mortar Geopolimer. *Rang Teknik Journal*, 7(1), 127-131.
- Riyanto, E., Widyananto, E., & Renaldy, R. R. (2021). Analisis Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Silica Fume dan Kapur Tohor. *INERSIA Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur*, 17(1), 19-26.
- Setyani, Y. (2017). Analisa Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Abu Sekam Padi dan Kapur Padam (*Doctoral dissertation, Teknik Sipil-Fakultas Teknik*).
- Ahmad, S. B., & Sultan, R. (2020, November). Studi Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbasis Fly Ash-Slag dengan Rasio Aktivator Na_2SiO_3 dan NaOH Berbeda. In *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)* (Vol. 5, No. 1, pp. 7-12).
- Yuda, Handoko Brata, and Firdaus Firdaus. "Waktu Ikat Mortar "Semen "Geopolymer Berbasis Fly Ash Dan Kapur." *Bina Darma Conference on Engineering Science (BDCES)*. Vol. 4. No. 2. 2022.
- Anonim. (1991). *Tata cara Rencana Pembuatan Beton Normal*. SK SNI T-15-1990-03. Bandung: *Departemen Pekerjaan Umum*.
- Fauzi, A., Keliat, A. M., Majuar, E., Hajani, C. N., Syukri, S., Mahyar, H., ... & Fahmi, M. (2021). Pengaruh Penggunaan Fly Ash PLTU Pangkalan Susu Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer. In *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe* (Vol. 5, No. 1, pp. 71-76)..
- Aiyub, Aiyub. "Perbandingan Karakteristik Mortar Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Nagan Raya Terhadap Mortar Konvensional Dengan FAS 0, 5." *Jurnal Teknik Sipil Unaya* 8.2 (2022): 171-180..
- Maryoto, A. (2008). Pengaruh penggunaan high volume fly ash pada kuat tekan mortar. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 10(2), 103-114.
- Yuda, H. B., & Firdaus, F. (2022, December). Waktu ikat mortar "semen "geopolymer berbasis fly ash dan kapur. In *Bina Darma Conference on Engineering Science (BDCES)* (Vol. 4, No. 2, pp. 278-291).
- Reza, M., Karolina, R., & Tarigan, J. (2014). Pengaruh Limbah Abu Boiler Dan Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Dalam Campuran Beton. *Repository Institusi Universitas Sumatera Utara*, 62(1), 37-44.
- Manuahe, R., Sumajouw, M. D., & Windah, R. S. (2014). Kuat tekan beton geopolymer berbahan dasar abu terbang (fly ash). *Jurnal Sipil Statik*, 2(6).

- Setiawati, M. (2018). Fly ash sebagai bahan pengganti semen pada beton. *Prosiding Semnastek*.
- Prasetyo, G. B., & Solikin, M. (2015). *Tinjauan kuat tekan beton geopolymer dengan fly ash sebagai bahan pengganti semen* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Kumar, S., Kumar, R., & Bandopadhyay, A. (2006) Metodologi inovatif untuk pemanfaatan limbah dari industri metalurgi dan sekutu. Sumber daya, konservasi, dan daur ulang, 48(4), 301-314.
- Khoiriyah, Nurul Latifah, and Putri Maisytoh. "Karakteristik Mortar Geopolimer Dengan Perawatan Oven Pada Berbagai Variasi Waktu Curing." *Jurnal Poli-Teknologi* 15.1 (2016).
- Pratama, Nugraha Adi, and Erma Desimaliana. "Pengaruh Substitusi Parsial Limbah Bata Ringan terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer." *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil* 10.1 (2024): 51.