

SKRIPSI

**KETAHANAN MORTAR GEOPOLIMER *HYBRID*
BERBAHAN DASAR METAKAOLIN BERDASARKAN
UJI KUAT TEKAN, SUSUT, DAN TAHAN API**

Disusun:

MONICA TRECCY MANOPPO

NIM: 18 012 040



**POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN KONSTRUKSI
BANGUNAN GEDUNG
2022**

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUT SKRIPSI

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 <i>Latar Belakang</i>	1
1.2 <i>Perumusan Masalah</i>	3
1.3 <i>Tujuan Penelitian</i>	3
1.4 <i>Manfaat Penelitian</i>	4
1.5 <i>Pembatasan Masalah</i>	4
1.6 <i>Sistematika Penulisan</i>	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 <i>Kerusakan pada Beton</i>	7
2.1.1 <i>Pemilihan Material untuk Perbaikan</i>	8
2.1.2 <i>Jenis – jenis Material Perbaikan Struktur</i>	8
2.2 <i>Mortar Geopolimer Hybrid</i>	10
2.3 <i>Kaolin</i>	11
2.4 <i>Pengujian Kuat Tekan Mortar (Compressive Strength Test)</i>	20
2.5 <i>Susut Pengeringan (Drying Shrinkage)</i>	21
2.6 <i>Tahan Api</i>	22
2.7 <i>Perkembangan Penelitian Terkait Metakaolin dan Geopolimer</i>	22

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 <i>Tempat dan Waktu Penelitian.....</i>	26
3.2 <i>Metode dan Jenis Penelitian.....</i>	26
3.3 <i>Jenis Data dan Metode Pengumpulan Data.....</i>	27
3.4 <i>Alat dan Material Penelitian</i>	28
3.6 <i>Persiapan Pembuatan Benda Uji Mortar.....</i>	37
3.6.1 Kalsinasi Kaolin.....	38
3.6.2 Molaritas NaOH.....	39
3.6.3 Perencanaan Komposisi Campuran (<i>Mix Design</i>) Mortar	40
3.6.4 Pembuatan Adukan Mortar	41
3.7 <i>Pengujian Kuat Tekan (Compressive Strength Test) Mortar</i>	43
3.8 <i>Pengujian Susut (Drying Shrinkage).....</i>	45
3.9 <i>Pengujian Tahan Api.....</i>	46
BAB IV	48
HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 <i>Kuat Tekan Mortar.....</i>	48
4.1.1 Kuat Tekan Mortar Normal.....	48
4.1.2 Kuat Tekan Variasi Mortar Geopolimer.....	50
4.1.3 Perubahan Panjang Akibat Susut Kering Pada Mortar	53
4.2 <i>Tahan Api</i>	55
4.1.4 Tahan Api Mortar Normal	55
4.1.5 Tahan Api Variasi Mortar Geopolimer	56
4.3 <i>Aplikasi.....</i>	58
BAB V PENUTUP.....	60
5.1 <i>Kesimpulan.....</i>	60
5.2 <i>Saran.....</i>	61
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur membutuhkan material yang berkualitas. Material yang sering digunakan dalam proyek infrastruktur adalah campuran antara semen, pasir, kerikil dan air atau disebut dengan beton. Beton merupakan hal yang paling utama dalam suatu konstruksi. Seiring dengan perkembangan teknologi yang terus mengalami percepatan terdapat banyak sekali terobosan beton yang baru yang ditemukan. Salah satunya yang kini berhasil ditemukan dan berhasil dikembangkan adalah jenis material beton “ Geopolimer” yang konon lebih ramah lingkungan. Karena, material ini tersusun dari sintesa bahan-bahan alam non organik melalui proses *polimerisasi*.

Geopolimer adalah beton atau mortar yang tidak menggunakan semen *Portland* atau menggunakan bahan pengikat selain semen *Portland* dalam proses produksinya, dapat dikategorikan material ramah lingkungan dengan kandungan garam asam basa yang relatif tinggi, karena bahan pengikat anorganik dalam geopolimer adalah bahan dengan kandungan *alumina* dan *silika* yang lebih stabil, sehingga menjadi salah satu solusi yang tepat untuk mengurangi emisi *karbondioksida* pada pembuatan semen *Portland* (Olivia, 2015). Geopolimer adalah polimer anorganik dengan bahan dasar alumino-silikat (SiO_2 dan Al_2O_3) yang diaktivasi oleh larutan basa kuat (Nicholson dan Fletcher, 2005). Geopolimer dapat dibuat dari kaolin, abu layang batubara (fly ash), dan material lain yang mengandung silika dan alumina. Beton geopolimer adalah sebuah senyawa silikat aluminio anorganik yang disintesiskan dari bahan-bahan produk sampingan yang mengandung banyak silikon dan aluminium (Davidovits, 1994). Namun dalam proses pembentukan geopolimer ini diperlukan larutan alkali silika aktif (Davidovits, 1991). Pembuatan geopolimer berbahan dasar kaolin adalah awal dari pengembangan geopolimer (Komnitsas dan Zaharaki, 2007). Geopolimer memiliki kuat tekan yang lebih baik daripada beton, tahan terhadap pemanasan tinggi (Davidovits, 1994), dan tahan terhadap asam.

Penelitian inilah yang menjadikan geopolimer berpotensi untuk menjadi bahan bangunan, immobilisator bahan-bahan beracun, peralatan keramik tahan panas, dan lain-lain (Komnitsas dan Zaharaki, 2007). Beton geopolimer memiliki banyak kelebihan di antaranya, tahan terhadap api, tahan terhadap lingkungan korosif, tahan terhadap reaksi alkali silika, mengurangi polusi udara, dan mempunyai rangkai susut 2 yang kecil (Frantisek Skvara dkk, 2006). Namun mortar geopolimer harus menggunakan perawatan suhu tinggi (85-100 °C) untuk mempercepat polimerisasi dan meningkatkan kekuatan. Itu membuat mortar geopolimer sulit untuk digunakan dalam pengaplikasian langsung di lapangan (Habert et al.,2011).

Salah satu material *Pozzolan* yang dapat digunakan sebagai bahan dasar geopolimer yaitu kaolin. Reaktivitas kaolin dalam keadaan alaminya rendah, sehingga perlu diubah menjadi reaktif dengan cara memanaskannya secara konstan pada suhu 800°C selama 6 jam. Pada suhu ini terjadi *dehidroksilasi* (dehidrasi) yang terbentuk dari proses *endotermis*, sehingga menghasilkan metakaolin (Safitri dan Wibowo, 2018). Telah dikembangkan bahan geopolimer jenis baru untuk mengatasi masalah tersebut. Geopolimer tersebut dikenal dengan Geopolimer *Hybrid*, yaitu pengkombinasian antara geopolimer dengan bahan lain yang mengandung seperti OPC (Ordinary Portland Cement) atau PCC (Portland Composite Cement) untuk membantu perawatan pada suhu ruang. Geopolimer *Hybrid* dibuat dengan proporsi campuran gabungan antara semen Portland dan material yang memiliki kandungan silika dan alumina yang tinggi (Mejía et al., 2015). Terjadi peningkatan kekuatan dan pengurangan porositas geopolimer yang dicampur dengan PCC pada perawatan suhu ruang. Hal tersebut membuktikan bahwa penggunaan PCC membantu ikatan polimerisasi yang lebih cepat sehingga meningkatkan kekuatan pada perawatan suhu ruang. Geopolimer merupakan produk beton geosintetik dimana reaksi pengikatan yang terjadi adalah reaksi polimerisasi. Dalam reaksi polimerisasi ini Aluminium (Al) dan Silika (Si) mempunyai peranan penting dalam ikatan polimerisasi (Davidovits, 2002). Bahan yang mengandung aluminium dan silika disebut prekursor dalam beton geopolimer. Bahan prekursor yang digunakan dalam pengujian beton geopolimer adalah *fly ash*, slag, abu sekam padi, kaolin dan *silica fume* (Davidovits, 2002).

Kaolin di Sulawesi Utara sendiri terbagi pada beberapa daerah. Berdasarkan data Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Provinsi Sulawesi Utara tahun 2017, potensi ketersediaan kaolin terbagi pada daerah Minahasa, Bolmong, Minahasa Selatan, Bitung dan Sitaro, dengan indikasi yang teridentifikasi sebanyak 1 juta ton pada daerah Minahasa dan 7,8 juta ton di daerah Bitung. Pemanfaatan kaolin yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Desa Toraget, Kecamatan Langowan. Menurut data Dinas ESDM Kab. Minahasa, ketersediaan kaolin di Desa Toraget sebesar 500.000 ton. Potensi kaolin di Indonesia sendiri menurut Badan Pusat Statistik (2007), diperkirakan sebesar 66,21 juta ton.

Melihat potensi sumber daya alam khususnya ketersediaan kaolin di Sulawesi Utara dan berdasarkan beberapa latar belakang yang sudah dijelaskan sebelumnya, penulis bermaksud memanfaatkan potensi tersebut melalui pengambilan judul skripsi “**Ketahanan Mortar Geopolimer *Hybrid* Berdasarkan Uji Kuat Tekan, Susut dan Tahan Api**”.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang disusun sebagai acuan penelitian yang dilakukan sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi campuran mortar geopolimer *hybrid* berbahan dasar metakaolin terhadap nilai kuat tekan optimum benda uji umur 3, 7, dan 28 hari pada perawatan suhu udara normal?
2. Bagaimana pengaruh mortar geopolimer *hybrid* berbahan dasar metakaolin terhadap perilaku susut pada mortar geopolimer?
3. Bagaimana pengaruh ketahanan mortar geopolimer *hybrid* berbahan dasar metakolin terhadap pengujian tahan api?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mendapatkan nilai kuat tekan mortar geopolimer *hybrid* berbasis metakaolin dengan perawatan suhu udara normal pada benda uji umur 3, 7, dan 28 hari.
2. Untuk mendapatkan nilai susut pada mortar geopolimer *hybrid*.

3. Mendapatkan nilai pengaruh ketahanan mortar geopolimer *hybrid* pada pengujian tahan api.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Mengevaluasi campuran mortar geopolimer berbasis metakaolin dari segi pengujian kuat tekan, susut dan tahan api serta merepresentasikan karakteristik mortar geopolimer dalam pemanfaatan sebagai material non struktural
2. Memaksimalkan pemanfaatan material lokal yang ramah lingkungan serta tahan terhadap pengaruh lingkungan korosif sebagai substitusi penggunaan material semen *portland*
3. Memberikan inovasi terhadap variasi pengembangan material secara objektif terhadap pemanfaatan metakaolin dalam aplikasi pada elemen nonstruktural

1.5 Pembatasan Masalah

Adapun prosedur dan standar yang digunakan sebagai acuan dan referensi pengujian yang dilakukan yaitu:

1. Prosedur pengujian kuat tekan mortar yang akan dilakukan didasarkan pada ASTM C 109 “*Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50-mm Cube Specimens)*”
2. Prosedur pengujian penyusutan berdasarkan ASTM C 596-01 “*Drying Shrinkage of Mortar Containing Hydraulic Cement*”.
3. Prosedur pengujian Tahan Api berdasarkan SNI -03-1741-1989.

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Pengujian dilakukan pada Laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Manado.
2. Kaolin yang dipakai berasal dari Desa Toraget Kec. Langowan Utara Kab.Minahasa yang lolos saringan No.100. Kaolin dipanaskan pada suhu 800°C selama 6 jam sehingga kaolin menjadi metakaolin.

Metakaolin inilah yang akan digunakan sebagai bahan dasar pembuatan mortar geopolimer.

3. Agregat halus menggunakan material yang berasal dari Amurang Kab. Minahasa Selatan.
4. Air berasal dari sumur bor lokasi Laboratorium Uji Bahan dan Material Politeknik Negeri Manado.
5. Semen yang digunakan tipe *Portland Composite Cement (PCC)* merek Tonasa.
6. Alkalin aktivator (larutan alkali) yang digunakan adalah NaOH (Sodium Hidroksida) dan Na₂SiO₃ (Natrium Silikat).
7. Bahan tambah kimiawi berupa *superplasticizer* jenis *Viscocrete-10* sebanyak 1% dari berat *Binder*.
8. Persentase metakaolin yang digunakan yaitu 100%, dan 95% dari berat semen, dengan rasio Na₂SiO₃ : NaOH = 2 atau 66,67% Na₂SiO₃, dan 33,33% NaOH dari jumlah air pada tiap benda uji serta menggunakan perawatan suhu udara normal.
9. Pengujian kuat tekan mortar geopolimer berbasis metakaolin dilakukan dengan benda uji kubus 50mm x 50mm x 50mm berjumlah masing-masing 18 buah per-variasi komposisi campuran benda uji pada umur 3, 7, dan 28 hari ditambah dengan 18 benda uji mortar normal sebagai pembandingan.
10. Pengujian susut pada mortar geopolimer berbasis metakaolin dilakukan dengan benda uji prisma 285mm x 250mm x 250mm pada variasi komposisi MK 95% berjumlah 2 benda uji dan pada variasi komposisi MK 100% berjumlah 2 benda uji, ditambah dengan 2 benda uji mortar normal sebagai pembandingan berjumlah total 6 benda uji pada umur 3, 4, 11, 18 dan 28 hari.
11. Pengujian tahan api mortar geopolimer berbasis metakaolin dilakukan dengan benda uji berbentuk persegi berukuran 31cm x 31cm x 20 cm berjumlah total 3 benda uji pada umur 7 hari dengan masing – masing variasi campuran mortar normal, MK 100% dan MK 95%.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun garis besar dalam penyusunan skripsi dituangkan dalam sistematika penulisan berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bagian bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat hasil penelitian, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian bab ini berisi teori dari beberapa buku, kajian jurnal-jurnal ilmiah, serta penelitian terdahulu terkait penelitian yang dilaksanakan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bagian bab ini berisikan metode penelitian yang digunakan dalam mendapatkan hasil penelitian, termasuk jenis material, komposisi campuran, dan cara pengujian benda uji sesuai dengan standar yang relevan dan valid.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian bab ini berisikan tentang pembahasan dan hasil dari penelitian yang dilaksanakan sesuai dengan tujuan penelitian.

BAB V PENUTUP

Bagian bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang dilakukan serta saran yang bisa dijadikan acuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini memuat daftar literatur yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian, serta penulisan skripsi.