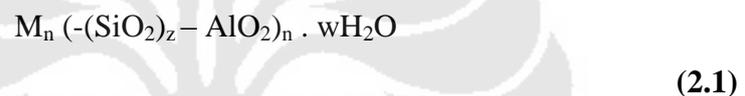


## BAB 2 DASAR TEORI

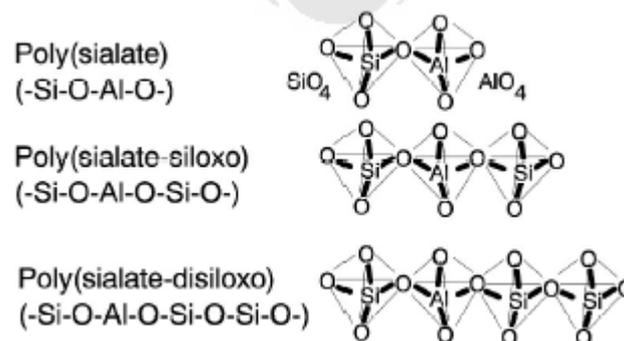
### 2.1 Istilah dan Ilmu Kimia Geopolimer

Istilah geopolimer pertama kali diperkenalkan oleh Davidovits pada tahun 1978 untuk menggambarkan jenis pengikat mineral yang memiliki komposisi kimia menyerupai zeolit tetapi memiliki mikrostruktur yang amorf. Dia juga menganjurkan penggunaan istilah ‘poly(sialate)’ untuk geopolimer berbasis silka-aluminat [3]; sialat adalah kependekan dari silikon-okso-aluminat (*silico-oxo-aluminate*).

Rumus empiris dari poly(sialate) adalah [4]:



Dimana “z” adalah bilangan 1, 2, atau 3, sampai dengan 32; M adalah kation monovalen seperti kalium atau natrium, dan “n” adalah derajat polikondensasi. Davidovits juga membedakan tiga tipe polysialate yaitu, tipe poly(sialate) (-Si-O-Al-O), tipe poly(sialate-siloxo) (-Si-O-Al-O-Si-O), dan tipe poly(sialate-disiloxo) (-Si-O-Al-O-Si-O-Si-O) [3]. Struktur dari polysialate-polysialate ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Struktur Kimia Polysialate [5]



## 2. 2 Prekursor dan Larutan Alkali Untuk Geopolimer

Prekursor dan larutan alkali adalah dua zat utama penyusun geopolimer. Prekursor untuk geopolimer berbasis alumina silikat seharusnya kaya akan silikon dan aluminium, yang dapat berupa mineral alami seperti kaolin, tanah liat, mika, andalusit, spinel dan lain sebagainya, yang rumus empirisnya mengandung Si, Al, dan oksigen (O) [8]. Alternatif lain yang dapat digunakan sebagai material asal adalah material yang berasal dari produk sampingan seperti abu terbang, *silica fume*, *slag*, *rice-husk ash*, lumpur merah, dan lain lain. Pemilihan material asal untuk pembuatan geopolimer bergantung pada beberapa faktor seperti ketersediaan material asal, biaya, tipe aplikasi dan kebutuhan spesifik dari pemakai akhir. Larutan alkalin berasal dari logam alkali yang dapat larut, yang pada umumnya adalah larutan berbasis natrium atau kalium.

Semenjak tahun 1972, Davidovits bekerja dengan menggunakan kaolinit sebagai material asal dengan larutan alkali berupa NaOH dan KOH untuk membuat geopolimer. Teknologi untuk pembuatan geopolimer ini telah dipatenkan dalam berbagai bentuk yang diberi nama 'SILICAFE process' [8]. Kemudian Davidovits juga memperkenalkan *pure calcined kaolinite* yang diberi nama KANDOXI (*KAolinite, Nacrite, Dickite OXIde*) yang dikalsinasi selama 6 jam pada suhu 750°C [7]. Seperti halnya kaolinit yang terkalsinasi (*calcined kaolinite*) lainnya, kaolinit jenis ini memiliki performa yang lebih baik dalam membentuk geopolimer dibandingkan kaolinit-kaolinit alami.

Xu dan Van Deventer juga mempelajari berbagai jenis mineral-mineral alumino-silikat untuk membuat geopolimer [9]. Studi mereka melibatkan 16 mineral alami Si-Al yang melingkupi cincin, rantai, lembaran dan kelompok struktur kristal, dan juga kelompok mineral garnet, mika, tanah liat, feldspar, *sodalite* dan zeolit. Mereka menemukan bahwa mineral-mineral alumino silikat alami merupakan sumber yang potensial untuk pembuatan geopolimer. Untuk larutan alkali, mereka menggunakan natrium hidroksida atau kalium hidroksida. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kalium hidroksida (KOH) memiliki kekuatan tekan dan pelarutan yang lebih baik.

Diantara limbah atau produk sampingan, abu terbang dan *slag* adalah sumber geopolimer yang paling potensial. Beberapa studi telah melaporkan

penggunaan kedua prekursor ini. Cheng dan Chiu mempelajari pembuatan geopolimer tahan api menggunakan *slag* dari tanur tinggi yang telah digranulasi yang dikombinasikan dengan metakaolinit [10]. Kombinasi dari kalium hidroksida dan natrium silikat telah digunakan sebagai larutan alkali. Van Jaarsveld dan rekan-rekannya telah berhasil mengidentifikasi potensi penggunaan material limbah seperti abu terbang yang telah terkontaminasi oleh minyak, limbah tambang dan runtuh bangunan untuk menghambat mobilisasi logam beracun [11]. Palomo dan rekan-rekannya melaporkan penelitian tentang geopolimer berbasis abu terbang [12]. Mereka menggunakan kombinasi dari natrium hidroksida dengan natrium silikat dan kalium hidroksida dengan kalium silikat sebagai larutan alkali. Mereka menemukan bahwa tipe larutan alkali adalah faktor yang sangat penting dalam mempengaruhi kekuatan mekanis geopolimer. Kombinasi dari natrium silikat dan natrium hidroksida memberikan kekuatan tekan yang paling tinggi.

Van Jaarsveld melaporkan bahwa ukuran partikel, kandungan kalsium, kandungan logam alkali, kandungan amorf, dan morfologi serta asal dari abu terbang mempengaruhi sifat-sifat dari geopolimer [13]. Mereka juga membuktikan bahwa kandungan kalsium dalam abu terbang memainkan peranan yang penting terhadap kekuatan tekan. Semakin tinggi kandungan kalsium maka semakin tinggi pula kekuatan tekan yang dihasilkan. Namun, untuk mencapai sifat ikatan yang optimal dari material, abu terbang sebagai material asal harus memiliki kandungan kalsium yang rendah dan karakteristik-karakteristik lainnya seperti material yang tidak terbakar harus lebih rendah dari 5%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  lebih rendah dari 10%, kandungan silika reaktif yang harusnya berkisar 40-50%, 80-90% partikel-pratikelnya memiliki ukuran kurang dari 45  $\mu\text{m}$  dan kandungan fase *glass* yang tinggi [14]. Gourley menyebutkan bahwa adanya kalsium dalam abu terbang dalam jumlah yang signifikan dapat mengganggu kecepatan polimerisasi yang telah diatur dan mengubah mikrostruktur [15]. Oleh karena itu penggunaan abu terbang dengan kandungan kalsium yang rendah (ASTM Kelas F) lebih disukai daripada abu terbang dengan kandungan kalsium yang tinggi untuk pembuatan geopolimer.

Swanepoel dan Strydom [16], Phair dan Van Deventer [17], Van Jaarsveld [6] dan Bakharev [18] juga melaporkan hasil penelitian mereka tentang abu

terbang sebagai prekursor untuk membuat geopolimer. Davidovits melaporkan hasil-hasil penelitian awalnya tentang geopolimer berbasis abu terbang sebagai bagian dari proyek yang disponsori Uni Eropa yang berjudul '*Understanding and mastering coal fired ashes geopolymerisation process in order to turn potential into profit*', yang dikenal dengan akronim GEOASH [19].

Setiap prekursor memiliki kelebihan dan kekurangannya. Sebagai contoh, metakaolin sebagai prekursor memiliki kemampuan melarutkan tinggi dalam larutan reaktan, menghasilkan rasio Si/Al yang terkontrol dalam geopolimer, dan memiliki warna yang putih [15]. Namun metakaolin relatif lebih mahal untuk diproduksi dalam jumlah besar karena ia harus dikalsinasi pada temperatur sekitar 500-700°C selama beberapa jam. Dalam hal ini penggunaan abu terbang sebagai material asal akan menguntungkan secara ekonomi.

### **2. 3 Sifat-Sifat Geopolimer**

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan melaporkan geopolimer memiliki kekuatan awal yang tinggi, penyusutan (*shrinkage*) yang rendah, *freeze-thaw resistance*, ketahanan terhadap sulfat, ketahanan terhadap korosi, ketahanan terhadap asam, ketahanan terhadap api, dan reaksi agregat alkali yang tidak berbahaya.

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, Davidovits melaporkan bahwa semen geopolimer dapat mengeras secara cepat pada temperatur ruang dan memiliki kekuatan tekan sekitar 20 MPa hanya setelah 4 jam pada temperatur 20°C dan sekitar 70-100MPa setelah 28 hari [8]. Comrie dan rekan-rekannya melakukan pengujian pada geopolimer mortar dan melaporkan bahwa sebagian besar kekuatan 28 harinya diperoleh selama 2 hari pertama selama *curing* [20].

Semen geopolimer lebih unggul daripada semen Portland dalam hal ketahanan panas dan api dimana semen Portland mengalami penurunan kekuatan tekan yang cepat pada 300°C, sedangkan semen geopolimer tetap stabil sampai dengan 600°C [8]. Telah dibuktikan pula bahwa penyusutan pada geopolimer jauh lebih rendah dibandingkan semen Portland.

Keberadaan alkali dalam semen atau beton Portland dapat menimbulkan *Alkali-Aggregate-Reaction* (AAR) yang berbahaya. Namun hal ini tidak terjadi

pada geopolimer, bahkan pada geopolimer yang memiliki kandungan alkali yang lebih tinggi. Davidovits membuktikan bahwa berdasarkan ASTM C227 yaitu pengujian *bar expansion*, semen geopolimer dengan kandungan alkali yang jauh lebih tinggi dibandingkan semen Portland tidak menimbulkan AAR yang berbahaya.

Geopolimer juga tahan asam karena tidak seperti semen Portland. Sebagaimana ditunjukkan oleh pengujian terhadap asam dimana sampel direndam di dalam 5 asam sulfat dan asam klorida, semen geopolimer relatif stabil dengan kehilangan berat hanya sekitar 5-8%. Sementara itu semen Portland menunjukkan kehilangan berat sebesar 30-60% [4]. Beberapa publikasi terakhir melaporkan hasil-hasil dari pengujian ketahanan asam pada geopolimer dan beton geopolimer [21-23]. Dengan mengamati kehilangan berat setelah kontak dengan asam, para peneliti tersebut menyimpulkan bahwa geopolimer atau beton geopolimer jauh lebih baik daripada semen Portland dalam hal ketahanan asam sebagaimana ditunjukkan oleh kehilangan beratnya yang jauh lebih kecil. Namun Bakharev dan Song beserta rekan-rekan mereka melaporkan bahwa kekuatan tekan geopolimer mengalami penurunan setelah kontak dengan asam, bergantung pada jangka waktu kontaknya [22-23]. Pengujian yang dilakukan oleh U.S Army Corps of Engineers juga membuktikan bahwa geopolimer memiliki kekuatan yang jauh lebih baik terhadap serangan kimia dan *freeze/thaw*, dan koefisien penyusutan yang sangat rendah [20].

Bakharev mempelajari kekuatan tekan geopolimer yang dibuat dari abu terbang kelas C pada temperatur *curing* yang meningkat [24]. Mempertimbangkan adanya perbedaan yang cukup signifikan antara pengertian *curing* pada disiplin teknik sipil dan geopolimer maka dalam penulisan ini lebih cenderung digunakan kata “pengerasan” pada geopolimer untuk menghindari kesalah pahaman. Pengerasan yang dimaksud disini adalah proses pembentukan struktur *cross-link* melalui polikondensasi. Komposisi kimia dari abu terbang yang digunakan pada penelitian Bakharev dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Analisis XRF Komposisi Kimia Abu Terbang [24]

Oxide	Fly ash
SiO <sub>2</sub>	50.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28.0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.0
CaO	6.
MgO	0.6
K <sub>2</sub> O	1.5
Na <sub>2</sub> O	0.2
TiO <sub>2</sub>	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.7
MnO	-
SO <sub>3</sub>	-
Sulphide sulphur as S <sup>2-</sup>	-
Cl <sup>-</sup>	0.2
Loss on ignition	-

Bakharev membagi sampel-sampel geopolimernya menjadi 3 tipe:

a. Tipe I

Campuran dikeraskan selama 2 jam pada temperatur ruang dan kemudian dinaikkan ke 75°C sebelum mengalami pengerasan pada temperatur 75°C selama sebulan.

b. Tipe II

Campuran dikeraskan selama 24 jam pada temperatur ruang dan kemudian dinaikkan ke 75°C sebelum akhirnya mengalami pengerasan pada temperatur 75°C dan 95°C selama 24 jam

c. Tipe III

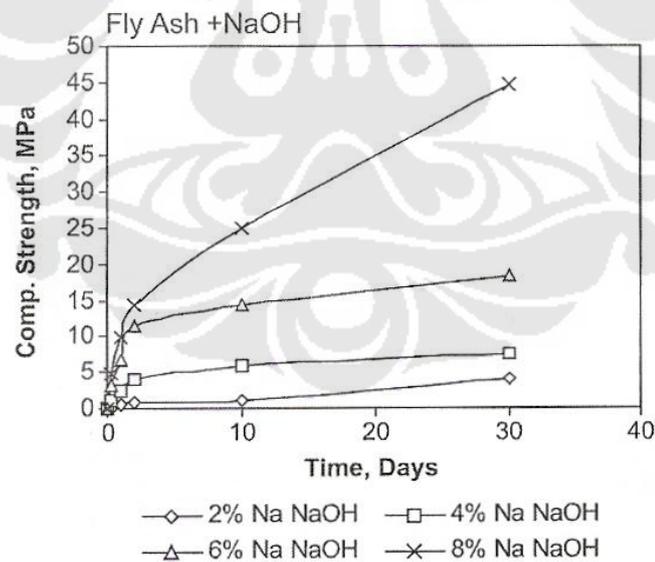
Sama dengan tipe II, namun pengerasan dilakukan selama 6 jam.

Metode pencampurannya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

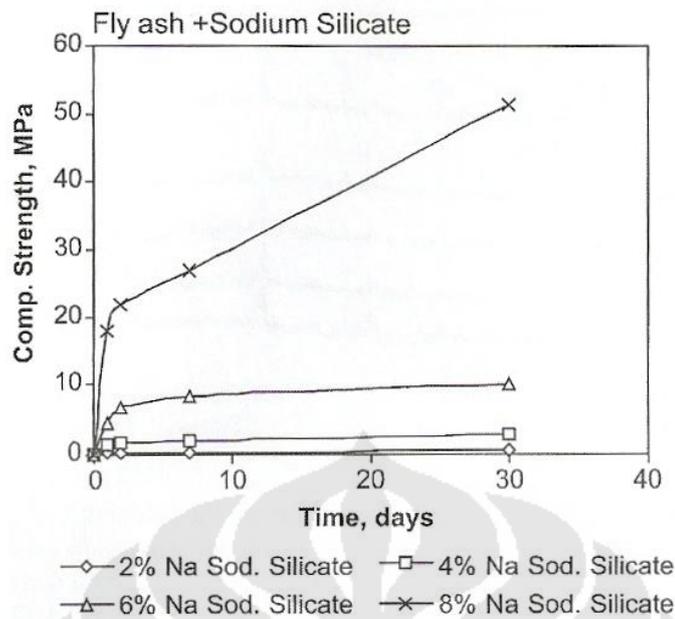
**Tabel 2.2** Metode Pencampuran Sampel Pada Masing-Masing Tipe [24]

Type of activator and w/b ratio	Concentration	Curing regime	Compressive strength	XRD	SEM	SEM X-Ray microanalysis	FTIR
Liquid sodium silicate, w/b=0.3	2%, 4%, 6%, 8% Na	Case I 75°C	1, 2, 7, 30	X	X	X	
NaOH, w/b=0.3	2%, 4%, 6%, 8% Na	Case I 75°C	1, 2, 7, 30	X	X		
Liquid sodium silicate, w/b=0.3	8% Na	Case II 75°C	1, 2, 7, 14, 30, 45, 60, 120	X	X	X	X
NaOH, w/b=0.3	8% Na	Case II 75°C	2, 10, 20, 30, 45, 60, 120, 140	X	X	X	X
Liquid sodium silicate, w/b=0.3	8% Na	Case II 95°C	1, 2, 7, 14, 30, 45, 60, 120	X	X	X	X
NaOH, w/b=0.3	8% Na	Case II 95°C	2, 10, 20, 30, 45, 60, 120, 140	X	X	X	X
Liquid sodium silicate, w/b=0.3	8% Na	Case III 95°C	1, 2, 7, 14, 30, 45, 60, 120	X	X		X
NaOH, w/b=0.3	8%, 10% Na	Case III 75°C	2, 10, 20, 30, 45, 60, 120, 140	X	X		
NaOH, w/b=0.3	8%, 10% Na	Case III 95°C	2, 10, 20, 30, 45, 60, 120, 140	X	X		X

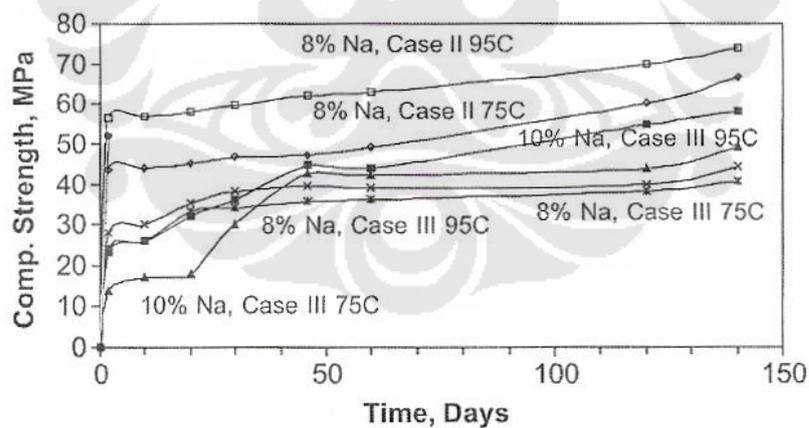
Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Gambar 2.2 - 2.6.



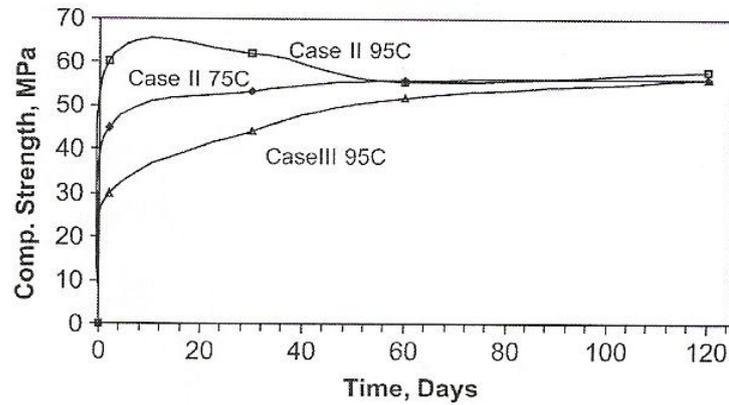
**Gambar 2.2** Kekuatan Tekan Geopolimer Dimana Abu Terbangnya Diaktivasi oleh Natrium Hidroksida, Dikeraskan Pada 75°C Selama 2 Jam Pada Temperatur Ruang (Tipe I 75°C) [24]



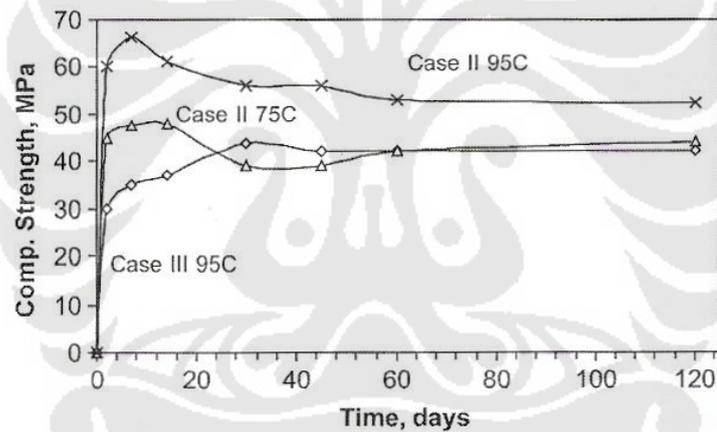
**Gambar 2.3** Kekuatan Tekan Geopolimer Dimana Abu Terbangnya Diaktivasi oleh Natrium Silikat, Dikeraskan Pada 75°C Selama 2 Jam Pada Temperatur Ruang (tipe I 75°C) [24]



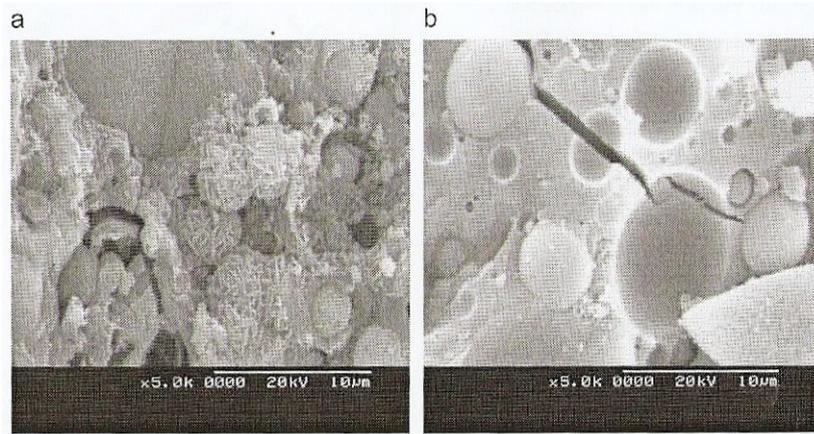
**Gambar 2.4** Kekuatan Tekan Geopolimer Dimana Abu Terbangnya Diaktivasi oleh Natrium Hidroksida, Dikeraskan Sebagaimana Kondisi Pada Tipe II 95°C, Tipe II 75°C, Tipe III 95°C, dan Tipe III 75°C. Sampel-Sampel Ditahan Pada Temperatur Ruang di Dalam Air Setelah Perlakuan Panas [24]



**Gambar 2.5** Kekuatan Tekan Geopolimer Dimana Abu Terbangnya Diaktivasi oleh Natrium Silikat, Dikeraskan Sebagaimana Kondisi Pada Tipe II 95°C, Tipe II 75°C, dan Tipe III 95°C. Sampel-Sampel Ditahan Pada Temperatur Ruang [24]



**Gambar 2.6** Kekuatan Tekan Geopolimer Dimana Abu Terbangnya Diaktivasi oleh Natrium Silikat, Dikeraskan Sebagaimana Kondisi Pada Tipe II 95°C, Tipe II 75°C, dan Tipe III 95°C. Sampel-Sampel Ditahan Pada Temperatur Ruang di Dalam Air Setelah Perlakuan Panas [24]



**Gambar 2.7** (a) Sampel Yang Diaktivasi Menggunakan Natrium Hidroksida  
(b) Sampel Yang Diaktivasi Menggunakan Natrium Silikat [24]

Gambar 2.1 menunjukkan adanya peningkatan kekuatan tekan seiring dengan peningkatan kandungan natrium di dalam campuran. Peningkatan yang sedikit demi sedikit dari 2-8% Na terjadi pada kasus ini (abu terbang + natrium hidroksida).

Walaupun untuk kasus natrium silikat terjadi juga peningkatan kekuatan tekan, namun fenomena yang sedikit berbeda dengan kasus natrium hidroksida dapat dilihat pada Gambar 2.3 pada kasus ini peningkatan kekuatan tekan cukup rendah pada 2, 4, dan 6% Na. Namun peningkatan yang tajam terjadi ketika konsentrasi Na meningkat menjadi 8%.

Dapat dilihat pada Gambar 2.4 bahwa waktu pra-pengerasan yang lama pada temperatur ruang memberikan pengaruh yang baik dengan ditunjukkannya perkembangan kekuatan awal material. Peningkatan sebesar 300% dapat terlihat setelah pengerasan selama 24 jam pada tipe II 75°C dan tipe II 95°C dibandingkan dengan tipe I 75°C. Gambar 2.4 secara umum menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kekuatan tekan yang signifikan jika material disimpan selama 24 jam sebelum dikeraskan (bandingkan dengan Gambar 2.1). Selain itu dapat juga dilihat kenaikan Na diatas 8% menghasilkan kenaikan kekuatan yang lambat (tipe III 75°C).

Kekuatan material meningkat pada tipe II 75°C dan tipe II 95°C dibandingkan dengan tipe III 75°C karena adanya peningkatan periode waktu saat

pengerasan panas (Gambar 2.3 dan 2.4); yaitu 24 vs 6 jam. Material akan memiliki kekuatan yang lebih tinggi jika mengalami perlakuan panas selama 24 jam. Namun fenomena yang sebaliknya terjadi untuk material yang dibuat dari natrium hidroksida ketika perlakuan panas selama 6 jam diberikan (tipe III 95°C dan tipe III 75°C). Material yang dikeraskan pada 75°C (tipe III 75°C) memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan material yang dikeraskan pada 95°C (tipe III 95°C). Sebuah fenomena yang menarik terjadi untuk kasus natrium hidroksida yang diaktivasi dengan 10% Na dan dikeraskan pada 75°C (tipe III 75°C). Pada bulan pertama kekuatannya dibawah dari kekuatan sampel-sampel yang dibuat dari 8% Na, namun ketika dikeraskan pada 95°C (tipe III 95°C), campuran dengan 10% Na memiliki kekuatan yang lebih tinggi daripada sampel-sampel yang dibuat dari 8% Na.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa kekuatan material yang dibuat dari natrium silikat bergantung pada kondisi penyimpanan setelah terbuka terhadap panas. Kehilangan kekuatan sebesar 25% terjadi setelah pengerasan panas. Material yang dibuat dari natrium hidroksida tidak menunjukkan adanya penurunan kekuatan setelah pengerasan panas (Gambar 2.4).

Ketika disimpan pada temperatur ruang di udara terbuka, sampel-sampel tipe II 95°C yang dibuat dari natrium silikat kehilangan kekuatannya sebesar 20%, sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 2.5 sampel-sampel ini disimpan dan ditutupi oleh *hydrophobic film* dan plastik tipis. Material yang dibuat dari natrium silikat kehilangan 25% kekuatannya ketika disimpan di temperatur ruang dalam air setelah pengerasan panas, sebagaimana yang terjadi pada tipe II 75°C atau tipe II 95°C (Gambar 2. 6). Namun material yang diaktivasi oleh natrium silikat dan dikeraskan selama 6 jam pada 95°C (tipe III 95°C) tidak mengalami penurunan kekuatan ketika disimpan di air pada temperatur ruang. Ketika disimpan di udara, material yang diaktivasi oleh natrium silikat dan dikeraskan sebagaimana tipe II 75°C atau tipe III 95°C tidak mengalami penurunan kekuatan. Namun tipe III 95°C menunjukkan adanya beberapa peningkatan kekuatan. Oleh karena itu, material-material yang diaktivasi oleh natrium silikat dan dikeraskan selama 6 jam memiliki peningkatan kekuatan yang stabil dibanding sampel-

sampel yang dikeraskan pada 95°C selama 24 jam yang menunjukkan adanya penurunan kekuatan sebesar 25%.

Bakharev juga menjelaskan bahwa sampel yang diaktivasi menggunakan natrium hidroksida jauh lebih stabil kekuatannya dibanding dengan abu terbang yang diaktivasi oleh natrium silikat. Dimana fasa zeolit hadir bersama fasa alkali alumino silikat amorf dalam abu terbang yang diaktivasi oleh natrium hidroksida sedangkan pada abu terbang yang diaktivasi oleh natrium silikat hanya terdapat fasa alkali alumino silikat amorf seperti yang dapat dilihat melalui pengamatan SEM pada Gambar 2.7.

## 2.4 Aplikasi Geopolimer

Menurut Davidovits, geopolimer dapat diaplikasikan pada berbagai lapangan industri seperti automobil, *aerospace*, metalurgi dan pengecoran bukan besi, teknik sipil dan industri plastik [8]. Tipe dari aplikasi material-material geopolimer ditentukan oleh struktur kimia dalam hal ini adalah rasio atom Si:Al dalam *polysialate*, sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2.3. Rasio Si:Al yang rendah seperti 1, 2 dan 3 menginisiasi jaringan 3D yang sangat kaku. Sementara rasio Si:Al yang lebih besar dari 15 menghasilkan karakter polimer dari material geopolimer tersebut. Dapat dilihat pada Tabel 2.3 bahwa kebanyakan aplikasi geopolimer pada bidang teknik sipil cocok pada rasio Si:Al yang rendah.

Satu dari bidang yang potensial dari aplikasi material geopolimer adalah pada manajemen limbah beracun karena geopolimer berperilaku seperti material zeolit yang dikenal baik akan kemampuannya untuk menyerap limbah kimia beracun [8]. Comrie dan rekan-rekannya juga memberikan gambaran dan hasil pengujian yang relevan dari potensi penggunaan teknologi geopolimer dalam manajemen limbah beracun [20]. Berdasarkan pengujian menggunakan GEOPOLYMITE 5.0, mereka merekomendasikan geopolimer dapat digunakan dalam proses penyimpanan limbah beracun. GEOPOLYMITE 5.0 adalah merek dagang dari Cordi-Geopolymere SA, sebuah tipe pengikat geopolimer yang dibuat dari berbagai macam *alumina silicate precondensate* dengan alkali *hardener*.

**Tabel 2.3** Aplikasi-Aplikasi Material Geopolimer Berdasarkan Rasio Si:Al [5]

Si : Al ratio	Applications
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bricks</li> <li>- Ceramics</li> <li>- Fire Protection</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Low CO<sub>2</sub> cements and concretes</li> <li>- Radioactive and toxic waste encapsulation</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fire protection fibre glass composite</li> <li>- Foundry equipments</li> <li>- Heat resistant composites, 200°C to 1000°C</li> <li>- Tooling for aeronautics titanium process</li> </ul>
>3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sealants for industry, 200°C to 600°C</li> <li>- Tooling for aeronautics SPF aluminium</li> </ul>
20-35	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fire resistant and heat resistant fibre composites</li> </ul>

## 2.5 Bata Tras Kapur

Berkaitan dengan tujuan penggunaan sampel geopolimer yang akan dibuat yaitu sebagai bahan bangunan atau lebih tepatnya sebagai bata tras kapur atau lebih dikenal dengan batako, maka sampel geopolimer tersebut sepatutnya memiliki fungsional menyerupai bata tras kapur.

Menurut SNI 03-2113-2000 mengenai “Bata Tras Kapur Untuk Pasangan Dinding”, bata tras kapur adalah suatu jenis unsur bangunan berbentuk bata yang dibuat dari bahan utama kapur padam, air dan tras alam atau buatan, dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya, yang dipergunakan untuk pasangan dinding. Bata tras kapur dibedakan menjadi bata tras kapur pejal dan bata tras kapur berlobang. Bata tras kapur pejal adalah bata yang memiliki penampang pejal 75% atau lebih dari luas penampang seluruhnya, dan memiliki volume pejal lebih dari 75% volume seluruhnya. Bata tras kapur berlobang adalah bata yang memiliki luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lubang lebih dari 25% volume bata seluruhnya.

Berdasarkan kuat tekan minimum bata tras kapur pejal dan berlobang dibedakan dalam 2 kelas yaitu :

- Bata tras kapur kelas 20 (kelas II)
- Bata tras kapur kelas 30 (kelas I)

Adapun persyaratan mutu yang harus terpenuhi antara lain sebagai berikut:

## a. Sifat tampak

Bidang permukaannya harus tidak cacat. Bentuk permukaan lain yang didesain, diperbolehkan. Rusuk-rusuknya siku satu terhadap yang lain dan sudut rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

## b. Ukuran dan toleransi

Ukuran dan toleransi bata tras kapur harus sesuai dengan Tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Ukuran dan Toleransi Bata Tras Kapur [25]

Satuan: mm

Jenis	Tinggi	Lebar	Panjang
Pejal	$250 \pm 2$	$120 \pm 2$	$75 \pm 5$
Berlubang	$390 \pm 2$	$120 \pm 2$	$100 \pm 5$

## c. Syarat fisik

Bata tras kapur harus memenuhi persyaratan fisik sesuai dengan Tabel 2.5.

**Tabel 2.5** Syarat Fisik Bata Tras Kapur [25]

No.	Syarat fisik	Tingkat mutu bata tras kapur	
		I	II
1.	Kuat tekan bruto rata-rata minimum ( $\text{kg/cm}^2$ )	30	20
2.	Kuat tekan bruto masing-masing benda uji minimum ( $\text{kg/cm}^2$ )	25	15
3.	Penyerapan air rata-rata maksimum (%)	25	25