



ARTIKEL PENELITIAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI

JUDUL:

**PEMANFAATAN PUMICE BREKSIA SEBAGAI MATERIAL UTAMA MORTAR INSTANT
PEREDAM PANAS UNTUK MENDUKUNG TEKNOLOGI BAHAN BANGUNAN
GEDUNG RAMAH LINGKUNGAN**

KETUA PENELITI	ANGGOTA
Nama : Drs. Agus Santoso, M.Pd.	1. Drs. Sumarjo H., M.T.
Jurusan : Pendidikan Teknik Sipil	2. Faqih Ma’arif, S.Pd.T., M.Eng.
Fakultas : Teknik	

Dibiayai Oleh:

Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat

Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian Unggulan

Nomor: 001/AUPT-BOPTN/34.21/2013

**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
TAHUN 2013**

**PEMANFAATAN PUMICE BREKSIA SEBAGAI MATERIAL UTAMA MORTAR INSTANT
PEREDAM PANAS UNTUK MENDUKUNG TEKNOLOGI BAHAN BANGUNAN
GEDUNG RAMAH LINGKUNGAN**

INTISARI

Oleh:

Agus Santoso¹, Sumardjo², Faqih Ma'arif³

^{1,2,3}Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan FT-UNY

Untuk meminimalisir dampak negatif konsumsi energi listrik di dalam gedung maka telah dikembangkan konsep bangunan ramah lingkungan (*green building*) dengan meminimalisir kebutuhan penerangan buatan dan penyejuk udara. Dewasa ini, keberadaan penyejuk udara sudah menjadi kebutuhan standar di berbagai jenis bangunan gedung. Untuk meminimalisir kebutuhan penyejuk udara ini, perlu dikembangkan material dinding yang mampu meredam rambatan panas dari luar ruangan yang akan masuk ke dalam ruangan.

Untuk mengembangkan material dinding peredam panas ini, diperlukan pengembangan material yang memiliki daya hantar panas yang cukup kecil. Pada umumnya, bahan bangunan yang meyimpan banyak pori dan memiliki berat jenis ringan akan memiliki nilai daya hantar panas yang lebih rendah pula. Oleh karena itu, saat ini telah banyak dikembangkan material berbasis agregat ringan. Agregat ringan dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu; agregat ringan alami dan buatan. Kriteria agregat ringan struktural telah ditetapkan secara jelas dalam ASTM 330 bahwa bobot isi kering gembur tidak boleh melampaui 880 kg/m³ dan berat jenis agregat tidak boleh melampaui 2000 kg/m³.

Hasil penelitian pada tahun pertama ini menunjukkan bahwa besarnya pengujian kuat tekan efektif pada MN1; MNP2 dan MP1 berturut turut sebesar 5,23MPa; 3,39MPa; 4,01MPa. Sedangkan pada pengujian kuat tarik belah efektif pada benda uji MN1; MNP2 dan MP1 berturut-turut sebesar 0,16MPa; 0,1MPa dan 0,12MPa. Pada pengujian daya serap air terbesar benda uji MN1; MNP2 dan MP3 berturut-turut sebesar 10,56%; 14,03% dan 42,73%. Pda pengujian berat jenis MN1; MNP2 dan MP3 berturut-turut sebesar 2,13gr/cm³; 1,91gr/cm³ dan 1,56gr/cm³.

Kata kunci: mortar instant, kuat tekan dan tarik, daya serap air dan berat jenis.

BAB I **PENDAHULUAN**

A. Latar Belakang

Peningkatan berbagai aktivitas manusia dalam memenuhi segala kebutuhan hidupnya telah memicu pesatnya perkembangan industri konstruksi. Keberadaan gedung-gedung pusat bisnis, perkantoran maupun pendidikan menjadi kebutuhan yang tidak dapat dielakkan. Populasi gedung-gedung yang terus meningkat telah menimbulkan efek negatif seperti meningkatnya konsumsi energi dan berkurangnya ruang hijau.

Konsumsi energi listrik di dalam gedung didominasi oleh pemenuhan kebutuhan energi untuk penerangan gedung dan penyejuk ruangan (*air conditioner*). Peningkatan konsumsi energi listrik di dalam gedung sangat beresiko untuk mempercepat menipisnya cadangan sumber-sumber energi tak terbarukan dan mempercepat terjadinya pemanasan global (*global warming*). Kondisi ini telah mendorong pemerintah di berbagai negara untuk melakukan kebijakan penghematan energi, khususnya terkait dengan konsumsi listrik untuk penerangan dan penyejuk udara.

Untuk meminimalisir dampak negatif konsumsi energi listrik di dalam gedung maka telah dikembangkan konsep bangunan ramah lingkungan (*green building*) dengan meminimalisir kebutuhan penerangan buatan dan penyejuk udara. Dewasa ini, keberadaan penyejuk udara sudah menjadi kebutuhan standar di berbagai jenis bangunan gedung. Untuk meminimalisir kebutuhan penyejuk udara ini, perlu dikembangkan material dinding yang mampu meredam rambatan panas dari luar ruangan yang akan masuk ke dalam ruangan.

Untuk mengembangkan material dinding peredam panas ini, diperlukan pengembangan material yang memiliki daya hantar panas yang cukup kecil. Pada umumnya, bahan bangunan yang meyimpan banyak pori dan memiliki berat jenis ringan akan memiliki nilai daya hantar panas yang lebih rendah pula. Oleh karena itu, saat ini telah banyak dikembangkan material berbasis agregat ringan. Agregat ringan dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu; agregat ringan alami dan buatan. Kriteria agregat ringan struktural telah ditetapkan secara jelas dalam ASTM 330 bahwa bobot isi kering gembur tidak boleh melampaui 880 kg/m³ dan berat jenis agregat tidak boleh melampaui 2000 kg/m³.

Wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) menyimpan potensi yang sangat besar untuk pengembangan produk berbasis breksi batu apung (*natural pumice breccia*). Menurut Pusat Pembinaan Sumber Daya Investasi (2012), cadangan pumice yang tersimpan di DIY tercatat lebih dari 2,5 miliar m³, meliputi wilayah Kabupaten Gunung Kidul ± 2,497 miliar m³, Kabupaten Bantul ± 76,067 juta m³ dan Kabupaten Sleman ± 85,367 juta m³, dimana masing lokasi terletak relatif saling berdekatan.

Hasil uji awal yang telah dilakukan menunjukkan bahwa breksi batu apung yang berada pada formasi batuan Semilir di wilayah DIY memiliki bobot isi kering gembur 760 kg/m³ dan berat jenis 1,620. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa breksi batu apung memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi beton ringan struktural.

Tersedianya pumice yang melimpah ini menawarkan berbagai keuntungan yaitu; 1) pumice lebih ramah lingkungan (tidak banyak menimbulkan polusi udara berupa gas CO₂ sehingga tidak memicu global warming) karena dapat dimanfaatkan tanpa melalui proses pembakaran, tidak seperti agregat ringan buatan yang membutuhkan proses pembakaran, 2) lebih murah karena tersebar luas di wilayah DIY bahkan Indonesia, 3) dapat menyerap tenaga kerja di sekitar lokasi penambangan.

Selain material utama dinding, hal lain yang tidak kalah penting adalah mortar yang dijadikan sebagai “kulit” penutup dinding. Penggunaan mortar yang memiliki daya hantar panas rendah akan dapat menghambat rambatan panas dari luar gedung ke dalam ruang. Saat ini, telah dikembangkan teknologi mortar *instant* yang sangat praktis dan dapat langsung dimanfaatkan di lapangan. Oleh karena itu, penelitian ini akan menitik-beratkan pada optimasi campuran kering mortar *instant* yang memanfaatkan agregat halus breksi batu apung untuk memperoleh dinding yang memiliki daya redam panas.

A. Identifikasi Masalah

Permasalahan yang masih perlu diteliti dalam pengembangan mortar *instant* dengan agregat breksi batu apung meliputi:

1. Bagaimana konduktivitas thermal berbagai komposisi campuran adukan mortar dengan agregat breksi batu apung?
2. Bagaimana kekedapan air berbagai komposisi campuran adukan mortar dengan agregat breksi batu apung?
3. Bagaimana sifat mekanik (kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur) berbagai komposisi campuran adukan mortar dengan agregat breksi batu apung?
4. Bagaimana kekuatan lekatan antara blok pengisi dinding yang direkatkan dengan berbagai komposisi campuran adukan mortar dengan agregat breksi batu apung?
5. Bagaimana perilaku struktur dinding berbagai komposisi campuran adukan mortar dengan agregat breksi batu apung dalam menerima beban layan?

B. Rumusan Masalah

Untuk memperoleh hasil riset dan pengembangan yang lebih terfokus, Permasalahan yang akan diteliti dalam usulan penelitian tahun pertama ini meliputi:

1. Bagaimana konduktivitas thermal berbagai komposisi campuran adukan mortar dengan agregat breksi batu apung?
2. Bagaimana kekedapan air berbagai komposisi campuran adukan mortar dengan agregat breksi batu apung?
3. Bagaimana kuat tekan berbagai komposisi campuran adukan mortar dengan agregat breksi batu apung?
4. Bagaimana kuat tarik berbagai komposisi campuran adukan mortar dengan agregat breksi batu apung?

5. Bagaimana kuat lentur berbagai komposisi campuran adukan mortar dengan agregat breksi batu apung?

C. Keutamaan Penelitian

Penelitian ini diajukan dengan maksud untuk mendapatkan keutamaan-keutamaan senagai berikut:

1. Mengembangkan teknologi material ramah lingkungan yang dapat meminimalisir konsumsi energi utamanya terkait dengan kebutuhan pendingin udara.
2. Mengembangkan prototype mortar *instant* yang memiliki nilai ekonomis untuk dipasarkan sebagai bahan bangunan komersial.
3. Memberikan nilai tambah ekonomis untuk material lokal di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta untuk memingkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar
4. Membuka kemungkinan penyerapan tenaga kerja di sekitar *quarry area*.

D. Luaran Penelitian

Setelah pelaksanaan penelitian tahap pertama ini diharapkan dapat dicapai hasil sebagai berikut:

1. Makalah yang dapat diterbitkan pada jurnal internasional yang bereputasi, yang ter-index pada berbagai database yang kredibel seperti scopus, proquest, ebsco, gale-cengage ataupun cambrigde scientific abstract.
2. Mengembangkan kerjasama yang lebih terstruktur dengan pihak swasta yang saat ini sudah berkomunikasi dengan peneliti dan menunjukkan minat yang besar untuk memanfaatkan potensi breksi batu apung sebagai bahan konstruksi ramah lingkungan.

E. Hasil/Sasaran yang Direncanakan

Hasil penelitian yang diusulkan dalam hibah penelitian unggulan perguruan tinggi ini diharapkan dapat mengetahui karakteristik fisik dan mekanik morta dengan material breksi batu apung. Selanjutnya, diharapkan dapat menghasilkan 1 (satu) makalah yang akan diterbitkan pada jurnal internasional.

BAB II

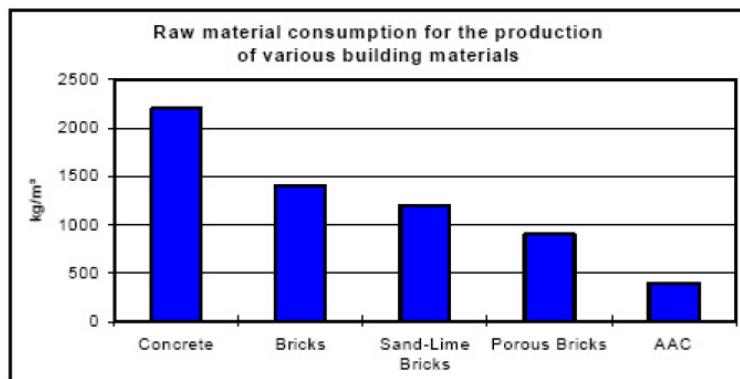
TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Penelitian yang relevan

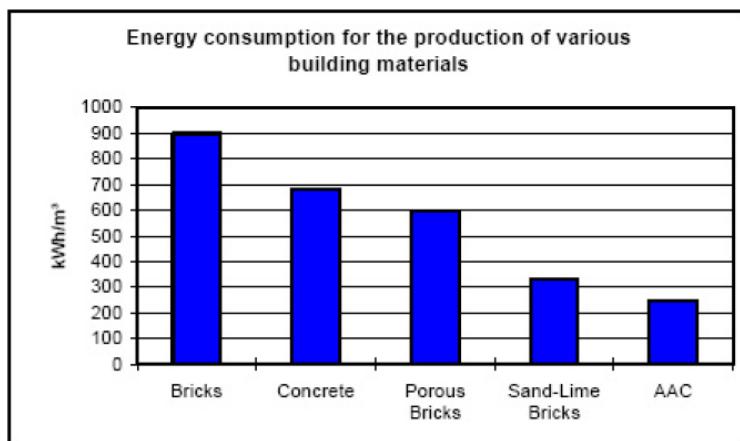
1. Beton Ringan aerasi

a. Energi ramah lingkungan

Pemakaian AAC dapat menghemat pemakaian energi di bumi, perbandingan pemakaian dari berbagai material disajikan pada Gambar 1 dan 2 di bawah.



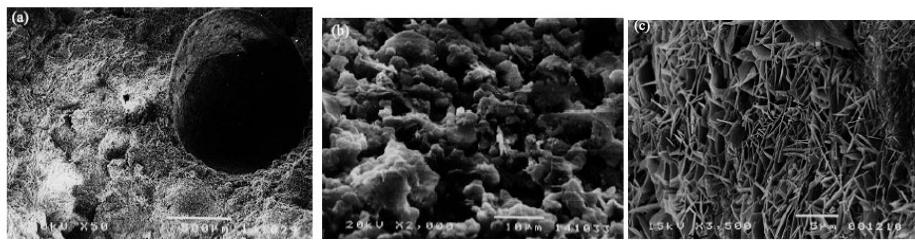
Gambar 1. Konsumsi untuk berbagai jenis material
(Sumber: Folker H. Whitman, 2011)



Gambar 2. Konsumsi energi untuk berbagai jenis material
(Sumber: Folker H. Whitman, 2011)

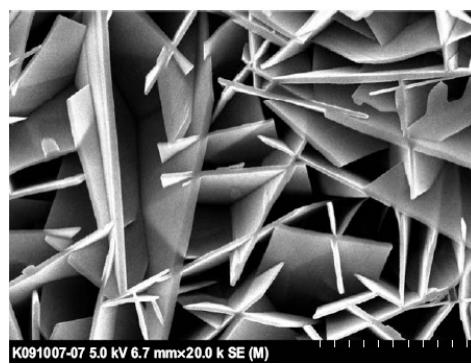
N. Narayanan, K. dan Ramamurthy (2001) Meneliti tentang properties material beton ringan aerasi (*autoclaved aerated concrete*) secara fisik di laboratorium dilihat dari (microstruktur, kerapatan), kandungan kimia, sifat mekanik (kuat tekan, tarik, modulus elastisitas, berat jenis kering) dan secara fungsi sebagai (isolasi panas, kelembaban, durabilitas, ketahanan terhadap isolasi suara dan api. Hasil pengujian menunjukkan bahwa besarnya rasio pengujian tarik berkisar antara 10%-15%, sedangkan untuk kuat tekan dan lentur berkisar antara 0,22-0,27. Modulus rupture beton aerasi didapatkan formula $MOR = 0,27 + 0,21 f_{ct}$, dimana f_{ct} = kuat tekan dalam (MPa), akibat durabilitas sangat disarankan tidak terkena lingkungan korosif, dikarenakan beton ringan aerasi mempunyai porositas tinggi dan daya

absorpsi lebih besar dibandingkan dengan beton normal, beton ringan aerasi mempunyai ketahanan yang baik terhadap api dibandingkan dengan beton normal atau beton non-aerasi.



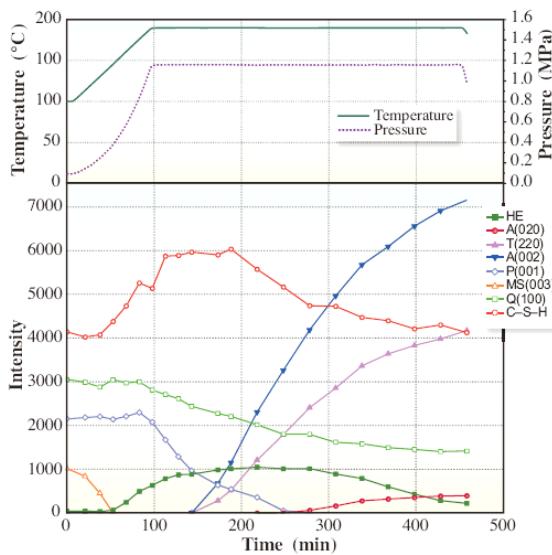
Gambar 3. Hasil pengujian dengan SEM
(Sumber: N. Narayanan dan Ramamurthy, 2000)

Jun Kikuma (2009) meneliti tentang studi formasi beton ringan aerasi (AAC) dengan menggunakan sinar X (X-ray) pada kondisi *hydrothermal*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa hasil analisis kimia tubermorite via *non-crystalline* C-S-H adalah *Non-crystalline* C-S-H ($x\text{CaO}\cdot y\text{SiO}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$) $+ \text{Quartz} (\text{SiO}_2) \rightarrow \square \text{ Tobermorite } (5\text{CaO}\cdot 6\text{SiO}_2\cdot 5\text{H}_2\text{O})$. Analisis senyawa *hydroxylellestadite* menghasilkan (HE: $\text{Ca}_{10}(\text{SiO}_4)_3(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_2$).



Gambar 4. SEM image of platy crystals of tobermorite skala 0.2 μm
(Sumber: Jun Kikuma, 2009)

Hasil penelitian terbaru dari kedua senyawa tersebut pada beton ringan aerasi adalah kombinasi antara tingginya daya transmisi XRD dapat digunakan untuk analisis reaksi *hydrothermal*, dengan menggunakan CCD atau *phonton-counting pixel array detector*.



Gambar 5. pengaruh temperatur terhadap partikel AAC pada saat proses pembuatan (Sumber: Jun Kikuma, 2009)

b. Pengujian kuat tekan dinding aerasi

Genowefa Zapotoczna et. al (2011) meneliti tentang karakteristik beton ringan aerasi AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*) di Polandia. Penelitian yang dilakukan mencakup berat jenis, kuat tekan, ketahanan terhadap cuaca dingin (salju), transfer panas, ketahanan terhadap jamur, daya serap air, sinar radioaktif, ketahanan terhadap api, dan *accustic insulation*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil besarnya berat jenis 300 sampai dengan 750kg/m^3 dengan kuat tekan sekitar 1,5 s.d 5 MPa. Akibat cuaca dingin kekuatannya akan menurun 10%, dalam berbagai kasus ditemukan sekitar 1-12%; besarnya koefisien difusi menunjukkan nilai antara 5 sampai dengan 18; berdasarkan hasil pengujian pada berbagai tingkat kelembaban menunjukkan bahwa adanya jamur tidak begitu pengaruh terhadap AAC. Daya serap AAC setelah 10 menit $50 - 204\text{ g/(m}^2\text{s}^{0.5}\text{)}$, setelah 30 menit $46 - 179\text{ g/(m}^2\text{s}^{0.5}\text{)}$ dan setelah 90 menit $44 - 162\text{ g/(m}^2\text{s}^{0.5}\text{)}$. Ketahanan radioaktif tergantung dari masing-masing produsen, jika $f_1 < 1,5$ maka ketahanannya jelek dan jika $f_2 \leq 240\text{Bq/kg}$ maka ketahanannya baik. Mempunyai ketahanan terhadap api yang baik dan sifat insulasi suara yang bagus dikarenakan adanya porositas yang besar, sehingga dapat bersifat kedap suara.

N. Arreshvhina1, et. al (2006) menguji kuat tekan beton ringan aerasi pada berbagai umur, hasil pengujianannya ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan yang direndam dengan air laut hasilnya lebih rendah dibandingkan dengan yang direndam di air biasa.

Tabel 1. Hasil pengujian kuat tekan AAC

Age	Compressive Strength (MPa)					
	MCTR			M65		
	Air	Seawater	Nat. weather	Air	Seawater	Nat. weather
14 days	8.92	7.66	10.19	10.52	8.65	10.96
28 days	11.93	8.27	11.14	12.84	10.39	11.85
90 days	12.22	8.94	11.85	15.88	12.22	14.12
180 days	13.68	6.02	12.63	16.89	9.82	16.87

Yothin Ungkoon, et. Al (2007) menganalisis tentang material mikrostruktur beton ringan aerasi (*autoclaved aerated concrete*) pada konstruksi dinding dengan menggunakan optikal mikroskop dan scanning electron mikroskopis (SEM), kemudian hasil analisis reaksi kimiawi didapatkan dari data gelombang X-ray (XRD). Pengujian dilakukan dengan membandingkan pasangan dinding menggunakan AAC dan pasangan dinding biasa. Secara umum, material tubermorit dengan orthorhombic dapat distabilkan dengan menggunakan reaksi kimia Ca/Si dari 0.8 s.d 1 dan suhu disekitarnya pada 150°C. Dengan menggunakan dinding AAC, besarnya kerapatan pasangan dinding lebih besar dibandingkan dengan non-AAC. Dinding AAC memberikan hasil kuat tekan lebih besar dan sifat ketahanan terhadap panas yang lebih baik. Penggunaan beton ringan aerasi (*autoclaved aerated concrete*) sangat disarankan ahli konstruksi di Thailand.

Tabel 2. Karakteristik mekanik dan thermal antara AAC dan Non-AAC

Characteristics of sample tested	Non-AAC			AAC		
	Min	Max	Avg.	Min	Max	Avg.
Density (kg/m ³)	733	750	741	573	577	575
Compressive strength (MPa.)	1.6	1.7	1.6	3.7	4.8	4.3
Flexural Strength (MPa.)	0.55	0.64	0.59	0.90	1.23	1.06
Thermal conductivity (W/m°C)	0.179	0.189	0.184	0.132	0.135	0.133
Heat capacity (J/kgK.)	1,303	1,595	1,449	1,193	1,256	1,224

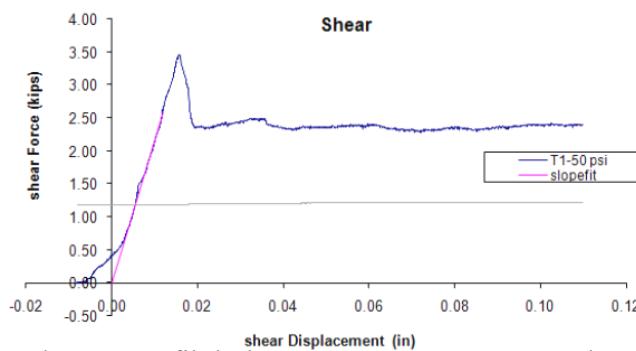
c. Pengujian kuat tarik & geser

Jennifer Tanner, et. all (2004) meneliti desain sistem dinding struktur ringan aerasi AAC (*autoclaved aerated concrete*) dan pengaruhnya akibat gaya gempa. Pengujian dilakukan terhadap 17 dinding dari bata ringan aerasi dengan spesifikasi desain 10 dinding untuk rusak geser dan 7 buah untuk tipe rusak lentur. Pembebanan dikerjakan dengan metode *quasi static* pada arah lateral dinding. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dari lantai diafragma ke dinding geser AAC cukup sukses mentransfer gaya lateral dengan desain yang sudah diusulkan. Pola retak yang terjadi adalah retak lentur, geser, kombinasi retak lentur dan geser, retak pada bagian tengah pasangan dinding, retak slip (*bonding*), retak diagonal dan retak karena gaya aksial. Besarnya kuat lentur yang didapatkan sebesar 1.11 sampai dengan 1.34, dengan rata-rata total sebesar 1.22 dan koefisien variasi 6,8%, kapasitas geser dinding sebesar 130kips dengan drift ratio sekitar 0,7. Besarnya displacement *ductility* factor berkisar antara 2,5 dan 6. Besarnya kuat geser mortar menurut Eric Tung (2008) disajikan pada Tabel 3 di bawah.

Tabel 3. Besar kuat geser mortar biasa

Stress (psi)	Force (kips)
50	1.172
100	2.344
150	3.416
200	4.688

Kemudian dari besarnya kuat geser pengujian dibuat suatu hubungan antara kuat geser dengan displacement. Gambar 9. Memperlihatkan grafik hubungan antara hasil pengujian numerik dengan eksperimental laboratorium



Gambar 6. Grafik hubungan antara gaya geser dan *displacement*

Hasil pengujian kuat geser kemudian dapat dicari modulus gesernya, Eric Tung (2008) melaporkan hasil pengujian modulus geser rata-rata sebesar 12.2ksi untuk bahan dinding pasangan batu bata Tabel 4 di bawah.

Tabel 4. Modulus geser mortar

PRISM	SHEAR MODULUS (ksi)
1	9.4
2	10.4
3	15.7
7	12.2
9	14.1
11	7.7
12	16.3
AVERAGE	12.2

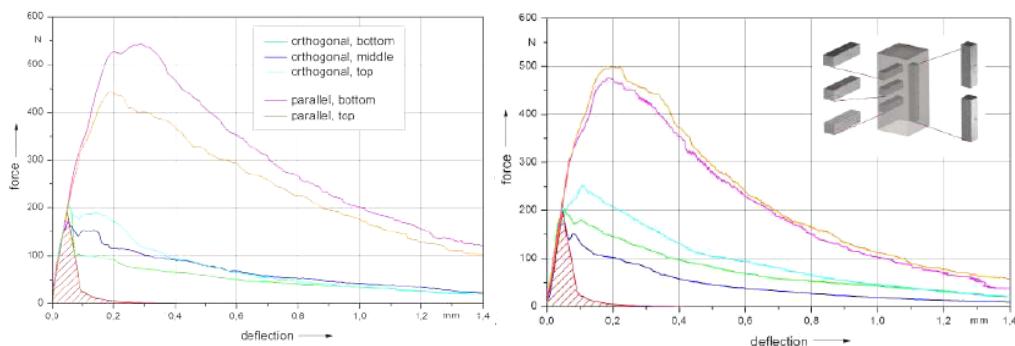
d. Pengujian kuat lentur

Pengujian kuat lentur dimaksudkan untuk mengetahui besarnya gaya geser antar mortar *powerbond* dan batu bata. Besarnya kekuatan lentur pasangan akan menunjukkan pula kualitas material yang digunakan. Eric Tung (2008) melaporkan tentang studi parameter rangka dinding pengisi beton bertulang menggunakan sambungan mortar dengan membandingkan hasil pengujian laboratorium dan numerik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil pengujian mortar batu bata mempunyai gaya tarik, tegangan tekan, dan geser maksimal berturut-turut sebesar 112,2Psi; 2,95ksi dan 4,688kips. Terdapat 3 jenis kegagalan yaitu gagal geser, diagonal dan retak 90°. Hasil pengujian kuat lentur disajikan pada Tabel 5 di bawah.

Tabel 5. Hasil pengujian kuat lentur pasangan dinding

PRISM	Gross Area flexural Tensile Strength (psi)			
	$\frac{6(PL + P_l L_l)}{bd^2}$	$\frac{(P + P_l)}{bd}$	Tensile Strength	
1	142.4	7.2	135.2	psi
12	109.2	5.8	103.4	psi
15	72.2	4.1	84.8	psi
17	162.6	8.1	154.5	psi
26	93.06	5.1	88.0	psi
28	113.5	6.0	107.5	psi
		average	112.2	psi

Gerd Weidemann (2007) meneliti tentang penggunaan serat pada beton ringan aerasi (AAC) dengan menggunakan komputer tomography. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mikroCT 225kV dengan target refleksi dan pencahayaan 8 μm pada 8W dan plat panel detektor (PerkinElmer) dengan sebuah struktur CsI *scintillator* dan 2048*2048 pixels dengan ukuran 0,2mm. Untuk penggunaan digital radiography menggunakan 40kV dan 200 μA . Kolom dan balok beton ringan aerasi dipasang alat cuvette dengan lebar sekitar 100mm, tebal 10mm dan tinggi 150mm, masing-masing alat tersebut diletakkan pada bagian tengah kolom dan balok yang akan diuji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa adanya *cuvette* dapat menggambarkan posisi fiber yang sudah homogen dengan kolom dan balok, bahkan pada saat kolom atau balok dikerjakan gaya aksial dan lentur, perilakunya dapat digambarkan melalui sensor cuvette tersebut. Penggunaan fibre optimum pada dimensi 6mm untuk kadar 1.5% dan 12mm untuk kadar 1% dari volumenya.



Gambar 7. Kuat lentur dengan volume fiber 1% panjang fiber 12mm
(Sumber: Gerd Weidemann, 2007)

e. Pengujian Berat jenis AAC

Menurut Tjokrodimuljo (2007), beton disebut ringan apabila beratnya kurang dari 1800 kg/m³. Beton ringan menurut SK SNI :03-3449-1994 merupakan beton dengan berat di bawah 1860 kg/m³ dengan kuat tekan maksimum 41,36 MPa.

Ahmed Aidan (2009) meneliti tentang proses pembuatan beton ringan aerasi dan sifat material diantaranya adalah berat jenis, ukuran butir agregat, kuat tekan, kuat lentur, modulus elastisitas, dan koefisien thermal beton ringan aerasi (AAC). Hasil pengujian menunjukkan bahwa untuk berat jenis sampai dengan koefisien termal AAC berturut-turut sebesar 600kg/m³; 90 μm ; 5.088MPa; 0.88MPa; 0,0228MPa; dan 0.16%.

B. Hasil Penelitian Pendahuluan

1. Agregat Pumice

Hasil penelitian mengenai komposisi agregat kasar (pumice terhadap batu pecah) terhadap berat jenis dan kuat tekan tertinggi berturut-turut sebesar 100% (0% pumice) dan 46,73MPa. Proporsi campuran pumice yang memenuhi syarat beton ringan struktural yaitu pada prosentase kerikil 0% dan pumice 100%, dengan berat jenis $1815,26\text{kg/m}^3$.

Penelitian selanjutnya adalah tentang efek penambahan serat *polypropylene* dan serat baja terhadap kuat lentur dan kuat tarik beton ringan dengan agregat breksi batu apung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat fiber optimum pada nilai 1% dengan berat jenis $1905,94\text{kg/m}^3$ masih tergolong kedalam beton ringan. Besarnya penambahan serat optimum dan kuat tarik belah beruturut-turut sebesar 1,5% dan 3,24MPa. Sedangkan pada pengujian kuat lentur mencapai nilai optimum pada variasi serat 1,5% dengan nilai 8,08MPa dan penurunan terjadi pada nilai 8,04MPa.

Pengembangan lebih lanjut dilakukan penelitian tentang parial replacement pasir dengan pumice terhadap berat jenis dan kuat tekan beton ringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh perbandingan pasir alami dengan pumice terhadap berat jenis dan kuat tekan beton ringan berbanding lurus dengan banyaknya pasir alami yang digunakan dalam campuran. Pada prosentase perbandingan pasir alami dengan pasir pumice disajikan pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Prosentase perbandingan pumice terhadap BJ dan kuat tekan

No	Pumice (%)	Berat jenis (kg/m^3)	Kuat tekan (MPa)
1	0	1656,58	15,01
2	25	1739,02	18,62
3	50	1767,75	19,37
4	75	1805,98	19,88
5	100	1813,08	20,30

Berdasarkan Tabel 8 di atas menunjukkan bahwa penggunaan pasir pumice optimum pada perbandingan prosentase 75%.

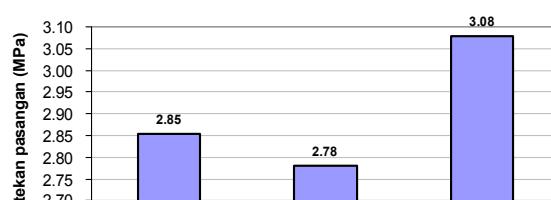
2. Autoclaved Aerated Concrete (Bata Ringan dengan Spesial Mortar)

1) Kuat tekan bata Autoclaved Aerated Concrete

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan mortar untuk *powerblock* dan *Citicon*, didapatkan kuat tekan rerata berturut-turut sebesar 3.13MPa dan 2.43MPa. bata ringan *powerblock* mempunyai kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan *Citicon* sebesar 31.31%.

2) Kuat tekan thin bed mortar dan mortar konvensional

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pasangan dinding dengan menggunakan *thin bed mortar*, variasi f.a.s. sebesar 0.15; 0.20 dan 0.25, didapatkan kuat tekan rerata berturut-turut sebesar 2.85MPa; 2.78MPa dan 3.08MPa. Grafik hubungan antara kuat tekan dengan tipe mortar disajikan pada Gambar 8 di bawah ini.

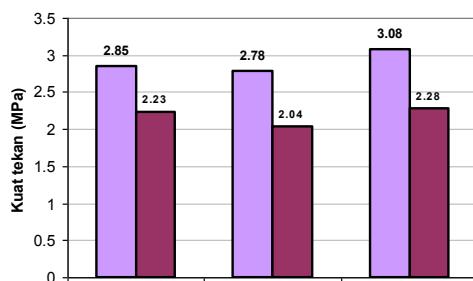


Gambar 9. Perbandingan antara kuat tekan pasangan dengan faktor air semen

Sedangkan pada nilai f.a.s sebesar 0.25; kuat tekan meningkat sebesar 11% dibandingkan dengan f.a.s 0.2. Berdasarkan hasil pengujian juga menunjukkan bahwa pada nilai f.a.s sebesar 0.25 pembacaan tegangan tekan akan optimal yaitu sebesar 3.08MPa. Hasil pengujian tersebut juga mengindikasikan bahwa besarnya tegangan tekan dinding ringan aerasi lebih besar dibandingkan dengan pasangan dinding batu bata yang dilakukan oleh Oscar (2008) yaitu sebesar 1.60MPa.

3) Kuat tekan pasangan 3 lapis antara *thin bed mortar* dan mortar konvensional

Berdasarkan hasil pengujian untuk 3 lapis *thin bed* mortar untuk perbandingan 0,15; 0,20; dan 0,25; besarnya kuat tekan rerata berturut-turut sebesar 2.85MPa; 2.78MPa; dan 3.08MPa. Sedangkan untuk hasil pengujian dengan menggunakan mortar konvensional, hasil pengujian kuat tekannya berturut-turut sebesar 2.23MPa; 2.04MPa; dan 2.28MPa.

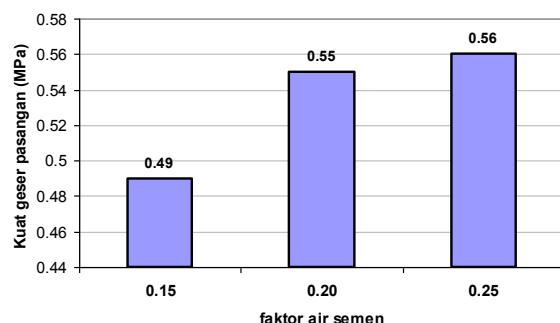


Gambar 9. Perbandingan kuat tekan ¹pasangan antara ²*thin bed mortar* dan mortar konvensional
Gambar 9 tersebut diatas menunjukkan bahwa untuk kuat tekan dengan menggunakan *thin bed mortar*, hasilnya lebih tinggi berturut-turut sebesar 22%; 27% dan 26% dibandingkan dengan mortar konvensional.

4) Kuat geser pasangan 2 lapis *thin bed mortar*

Kuat tarik pasangan 2 lapis *thin bed* mortar menggunakan variasi faktor air semen, agar didapatkan hasil f.a.s optimum. Variasi f.a.s dilakukan pada nilai 0.15; 0.20 dan 0.25.

Untuk perbandingan antara kuat geser mortar dengan nilai f.a.s. disajikan pada Gambar 10 di bawah ini.

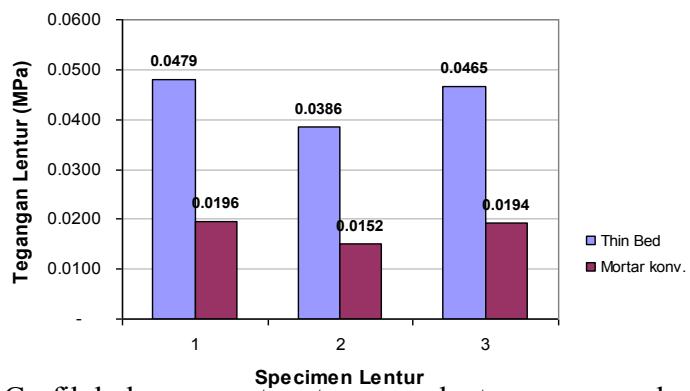


Gambar 10. Perbandingan antara kuat geser *thin bed mortar* dengan variasi f.a.s

Gambar 10 di atas menunjukkan bahwa dengan bertambahnya nilai f.a.s. maka akan semakin meningkat kuat geser pasangannya. Hal ini ditenggarai bahwa pada f.a.s sebesar 0.15; pelaksanaan pengerajan di Laboratorium sulit untuk dilakukan. Besarnya peningkatan nilai f.a.s pada 0.20 dan 0.25 berturut-turut sebesar 12.24% dan 14.28%. Penambahan f.a.s akan ideal pada nilai 0.25.

5) Kuat lentur pasangan 4 lapis *thin bed mortar* dan mortar konvensional

kuat lentur pasangan 4 lapis *thin bed mortar* dan mortar konvensional dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan lentur antara ikatan mortar dengan bata ringan aerasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada variasi f.a.s 0.15; 0.20 dan 0.25 berturut-turut sebesar 0.0479MPa; 0.0386MPa; dan 0.0465MPa. perbandingan antara tegangan dengan variasi f.a.s disajikan pada Gambar 11 di bawah ini.



Gambar 11. Grafik hubungan antara tegangan lentur pasangan dengan menggunakan *thin bed mortar* dan konvensional mortar.

Gambar 11 di atas menunjukkan bahwa pada nilai f.a.s sebesar 0.2; nilai tegangan rerata menurun sebesar 24% dibandingkan dengan nilai f.a.s 0.15. sedangkan pada nilai f.a.s. sebesar 0.15 dan 0.25 nilai tegangannya hampir sama. Hal ini mengindikasikan bahwa campuran f.a.s yang disarankan untuk *thin bed mortar* yaitu pada nilai f.a.s sebesar 0.25.

Sedangkan pada konvensional mortar terjadi penurunan nilai tegangan pada perbandingan 1:5 sebesar 29.47% terhadap perbandingan campuran 1:4. Tipe kerusakan pada f.a.s sebesar 0.15 adalah kerusakan pasangan dan mortar. Sedangkan pada f.a.s sebesar 0.20 dan 0.25 terjadi tipe kerusakan kombinasi antara mortar dengan pasangan. Sedangkan pada mortar konvensional, tipe kerusakan yang terjadi hanya pada mortar.

BAB III **METODE PENELITIAN**

A. Metode

Sesuai dengan tujuannya, maka penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental, diantaranya adalah pengembangan baru metode pencampuran *trial mix*. Data-data yang digunakan untuk analisis lebih lanjut, berupa data primer yang diperoleh dari hasil pengukuran dalam eksperimen yang dilakukan. Berikut disajikan diagram Penelitian dengan *Fishbone* seperti pada Gambar di bawah.

B. Lokasi Penelitian

Pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, Selanjutnya dilakukan Pengujian yang meliputi: (a) Sifat Mekanik Bahan; (b) Perilaku model laboratorium.

C. Material

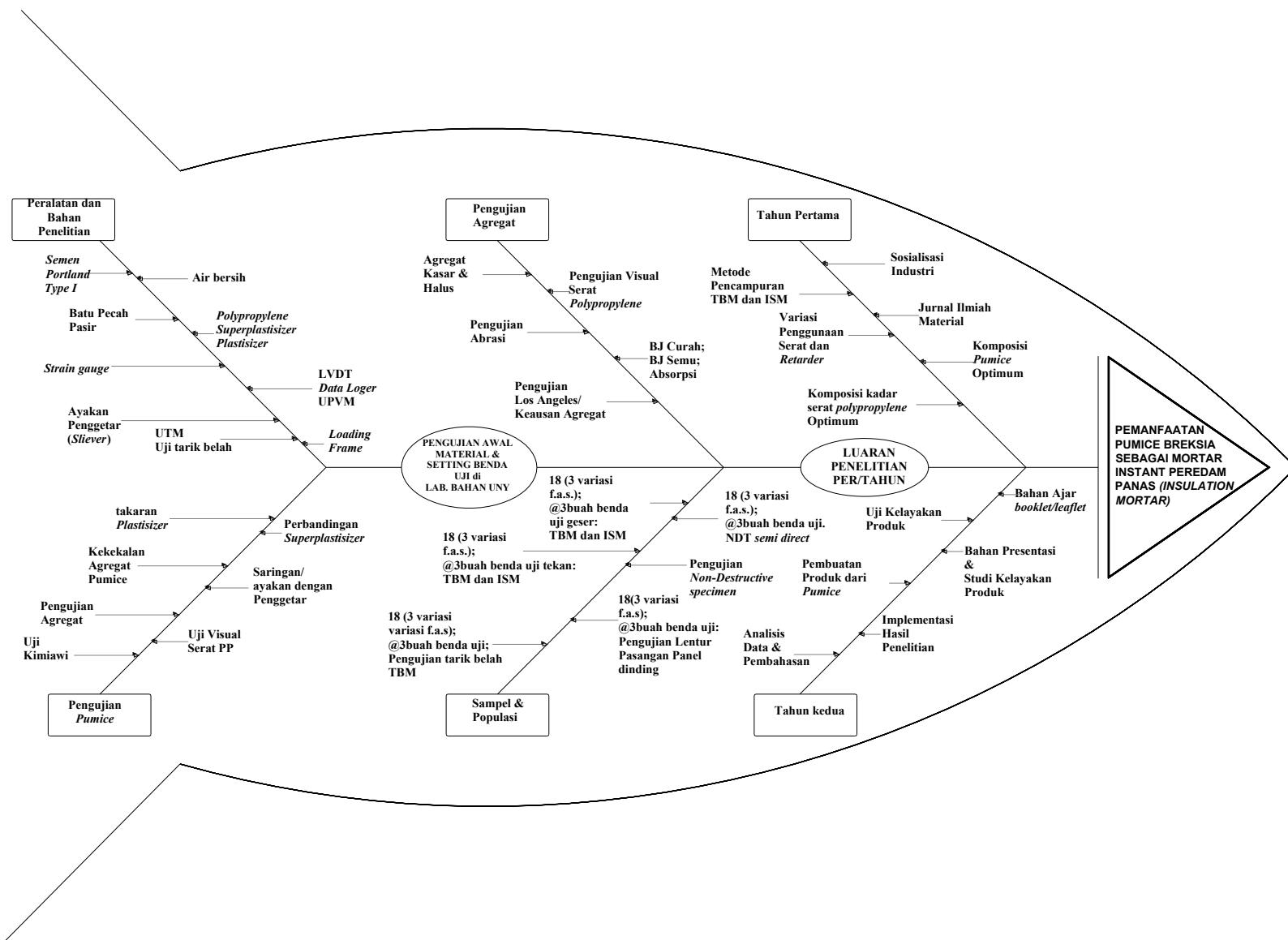
Bahan-bahan yang dibutuhkan untuk melaksanakan berbagai pengujian dalam penelitian ini meliputi: (a) Agregat; (b) Semen *portland type I*, memenuhi Persyaratan SNI 15-2049-2004; (c) Serat *Polypropylene monofilament* dengan diameter 18 μm & panjang 12mm; (d) Air Bersih.

D. Populasi dan Sampel

Penelitian ini menggunakan tiga buah benda uji untuk setiap pengujian, dengan demikian diperlukan benda uji dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 7. Populasi dan Sampel penelitian

No	Specimen	Perbandingan Volume	Jenis pengujian	Jumlah
1	MN, MNP dan MP	1:4; 1:6: 1:8 1Pc:2Ps:2Pm; 1Pc:3s:3Pm; 1Pc: 4Ps:4Pm 1:4Pm; 1:6Pm; 1:8Pm	Kuat tekan	45 buah
2	MN, MNP dan MP	1:4; 1:6: 1:8 1Pc:2Ps:2Pm; 1Pc:3s:3Pm; 1Pc: 4Ps:4Pm 1:4Pm; 1:6Pm; 1:8Pm	Kuat tarik belah	45 buah
3	MN, MNP dan MP	1:4; 1:6: 1:8 1Pc:2Ps:2Pm; 1Pc:3s:3Pm; 1Pc: 4Ps:4Pm 1:4Pm; 1:6Pm; 1:8Pm	Daya serap air	45 buah
4	MN, MNP dan MP	1:4; 1:6: 1:8 1Pc:2Ps:2Pm; 1Pc:3s:3Pm; 1Pc: 4Ps:4Pm 1:4Pm; 1:6Pm; 1:8Pm	Berat jenis	45 buah
5	MN, MNP dan MP		Konduktivitas thermal	5varians @2 buah total 90 buah
Total				270 buah



Gambar 12. Diagram Fishbone Penelitian

BAB IV **HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Hasil

Berdasarkan data penelitian laoratorium, didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Pengujian kuat tekan kubus

Berikut disajikan data hasil kuat tekan kubus rerata pada masing-masing specimen MN (mortar Normal, Mortar Normal Pumice, dan Mortar Pumice).

Tabel 8. Pengujian kuat tekan kubus MN

No	Specimen	Perbandingan Volume	Kuat tekan rerata (MPa)
1	MN1	1Pc:4Ps	5,23
2	MN2	1Pc:6Ps	3,44
3	MN3	1Pc:8Ps	1,64

Keterangan:

MN1 = Mortar Normal dengan perbandingan 1Pc:4Ps

Tabel 9. Pengujian kuat tekan kubus MNP

No	Specimen	Perbandingan Volume	Kuat tekan rerata (MPa)
1	MNP1	1Pc: 2Ps: 2Pm	2,88
2	MNP2	1Pc: 3Ps: 3Pm	3,39
3	MNP3	1Pc: 4Ps: 4Pm	2,18

Keterangan:

MNP1 = Mortar Normal Pumice dengan perbandingan 1Pc: 2Ps: 2Pm

Tabel 10. Pengujian kuat tekan kubus MP

No	Specimen	Perbandingan Volume	Kuat tekan rerata (MPa)
1	MP1	1Pc: 4Pm	4,01
2	MP2	1Pc: 6Pm	2,56
3	MP3	1Pc: 8Pm	0,47

Keterangan:

MP1 = Mortar Pumice dengan perbandingan 1Pc: 4Pm

2. Pengujian Kuat tarik belah

Berikut disajikan data hasil pengujian kuat tarik belah rerata pada masing-masing specimen MN (mortar Normal, Mortar Normal Pumice, dan Mortar Pumice).

Tabel 11. Pengujian kuat tarik belah MN

No	Specimen	Perbandingan Volume	Kuat tekan rerata (MPa)
1	MN1	1Pc:4Ps	0,16
2	MN2	1Pc:6Ps	0,10
3	MN3	1Pc:8Ps	0,06

Keterangan:

MN1 = Mortar Normal dengan perbandingan 1Pc:4Ps

Tabel 12. Pengujian kuat tarik belah MNP

No	Specimen	Perbandingan Volume	Kuat tekan rerata (MPa)
1	MNP1	1Pc: 2Ps: 2Pm	0,05
2	MNP2	1Pc: 3Ps: 3Pm	0,10
3	MNP3	1Pc: 4Ps: 4Pm	0,06

Keterangan:

MNP1 = Mortar Normal Pumice dengan perbandingan 1Pc: 2Ps: 2Pm

Tabel 13. Pengujian kuat tarik belah MP

No	Specimen	Perbandingan Volume	Kuat tekan rerata (MPa)
1	MP1	1Pc: 4Pm	0,12
2	MP2	1Pc: 6Pm	0,09
3	MP3	1Pc: 8Pm	0,07

Keterangan:

MP1 = Mortar Pumice dengan perbandingan 1Pc: 4Pm

3. Pengujian serapan air

Berikut disajikan data hasil serapan air rerata pada masing-masing specimen MN (mortar Normal, Mortar Normal Pumice, dan Mortar Pumice).

Tabel 14. Serapan air benda uji MN

No	Specimen	Perbandingan Volume	Serapan air rerata (%)
1	MN	1Pc:4Ps	10,56
2	MN	1Pc:6Ps	4,42
3	MN	1Pc:8Ps	3,54

Keterangan:

MN1 = Mortar Normal dengan perbandingan 1Pc:4Ps

Tabel 15. Serapan air benda uji MNP

No	Specimen	Perbandingan Volume	Serapan air rerata (%)
1	MNP1	1Pc: 2Ps: 2Pm	9,48
2	MNP2	1Pc: 3Ps: 3Pm	14,03
3	MNP3	1Pc: 4Ps: 4Pm	9,87

Keterangan:

MNP1 = Mortar Normal Pumice dengan perbandingan 1Pc: 2Ps: 2Pm

Tabel 16. Serapan air benda uji MP

No	Specimen	Perbandingan Volume	Serapan air rerata (%)
1	MP1	1Pc: 4Pm	22,24
2	MP2	1Pc: 6Pm	23,99
3	MP3	1Pc: 8Pm	42,73

Keterangan:

MP1 = Mortar Pumice dengan perbandingan 1Pc: 4Pm

4. Pengujian Berat Jenis

Berikut disajikan data hasil berat jenis rerata pada masing-masing specimen MN (mortar Normal, Mortar Normal Pumice, dan Mortar Pumice).

Tabel 17. Pengujian kuat tekan kubus MNP

No	Specimen	Perbandingan volume	Berat Jenis rerata (gr/cm ³)
1	MN1	1Pc:4Ps	2.13
2	MN2	1Pc:6Ps	1.96
3	MN3	1Pc:8Ps	1.81

Keterangan:

MN1 = Mortar Normal dengan perbandingan 1Pc:4Ps

Tabel 18. Pengujian kuat tekan kubus MNP

No	Specimen	Perbandingan Volume	Berat Jenis rerata (gr/cm ³)
1	MNP1	1Pc: 2Ps: 2Pm	1,86
2	MNP2	1Pc: 3Ps: 3Pm	1,91
3	MNP3	1Pc: 4Ps: 4Pm	1.68

Keterangan:

MNP1 = Mortar Normal Pumice dengan perbandingan 1Pc: 2Ps: 2Pm

Tabel 19. Pengujian kuat tekan kubus MNP

No	Specimen	Perbandingan Volume	Berat Jenis rerata (gr/cm ³)
1	MP1	1Pc: 4Pm	1,52
2	MP2	1Pc: 6Pm	1,46
3	MP3	1Pc: 8Pm	1,56

Keterangan:

MP1 = Mortar Pumice dengan perbandingan 1Pc: 4Pm

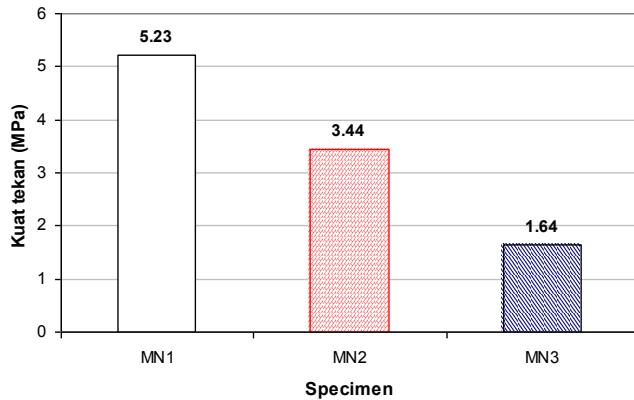
B. Pembahasan

1. Kuat tekan

Pengujian kuat tekan dimaksudkan untuk mencari besarnya tegangan tekan mortar, komposisi penggunaan bahan yang digunakan adalah tiga jenis, diantaranya adalah Mortar Normal (MN), Mortar Normal Pumice (MNP) dan Mortar Pumice (MP). Hasil perbandingan dari ketiga komposisi material untuk masing masing varian disajikan pada Gambar 12 di bawah ini.

a. Mortar Normal (MN)

Berdasarkan hasil pengujian di atas, dapat digambarkan sebuah grafik perbandingan antara MN1; MN2 dan MN3 seperti disajikan pada Gambar 12 di halaman selanjutnya.

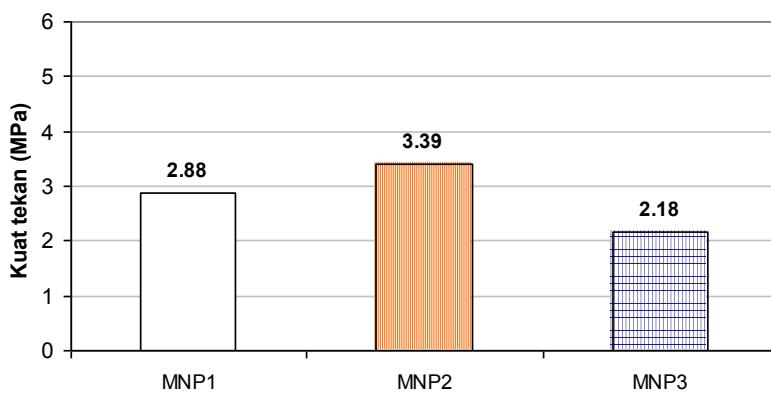


Gambar 12. Perbandingan Specimen mortar Normal (MN)

Berdasarkan Gambar 12 di atas menunjukkan bahwa Kuat tekan benda uji MN1 mempunyai nilai tertinggi dibandingkan dengan benda uji MN2 dan MN3. besarnya selisih nilai kuat tekan MN1 terhadap MN2 dan MN3 adalah 34,23% dan 68,64%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan jumlah agregat halus pasir sangat berpengaruh terhadap kuat tekan mortarnya. Penggunaan mortar normal efektif yang direkomendasikan adalah pada nilai 1Pc:4Ps.

b. Mortar Normal Pumice (MNP)

Berikut digambarkan sebuah grafik perbandingan antara MNP1; MNP2 dan MNP3 seperti disajikan pada Gambar 13 di bawah ini.

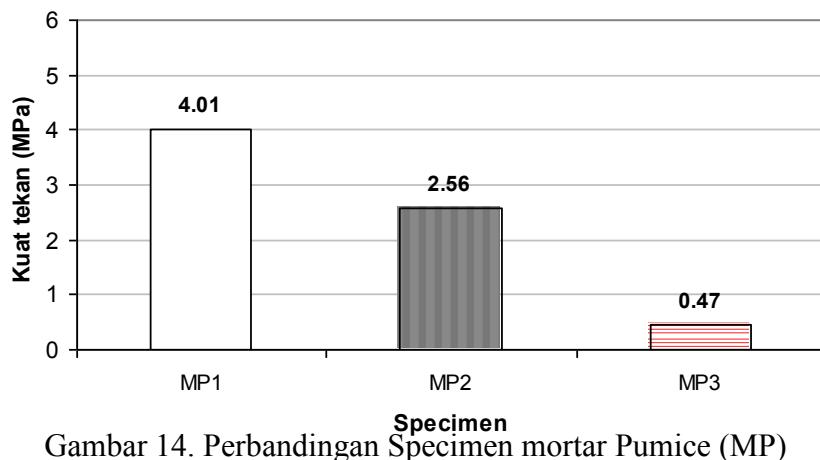


Gambar 13. Perbandingan Specimen mortar Normal Pumice (MNP)

Berdasarkan Gambar 13 di atas menunjukkan bahwa Kuat tekan benda uji MNP2 mempunyai nilai tertinggi dibandingkan dengan benda uji MNP1 dan MNP3. besarnya selisih nilai kuat tekan MNP2 terhadap MNP1 dan MNP3 adalah sebesar 15,04% dan 35,69%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan jumlah Semen, agregat halus pasir dan pumice berpengaruh terhadap kuat tekan mortarnya. Penggunaan mortar normal efektif yang direkomendasikan adalah pada nilai 1Pc :3Ps :3Pm.

c. Mortar Pumice (MP)

Berikut digambarkan sebuah grafik perbandingan antara MP1; MP2 dan MP3 seperti disajikan pada Gambar 14 di bawah ini.



Gambar 14. Perbandingan Specimen mortar Pumice (MP)

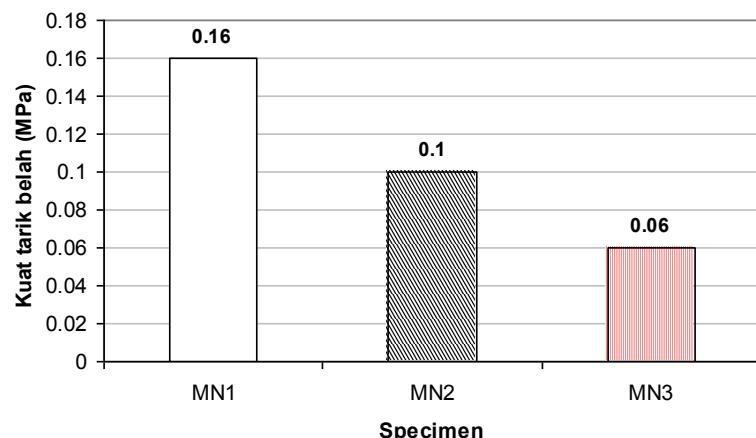
Berdasarkan Gambar 14 di atas menunjukkan bahwa Kuat tekan benda uji MP1 mempunyai nilai tertinggi dibandingkan dengan benda uji MP2 dan MP3. Besarnya selisih nilai kuat tekan MP1 terhadap MP2 dan MP3 adalah sebesar 36,16 % dan 88,28%. Penggunaan mortar pumice efektif yang direkomendasikan adalah pada nilai 1Pc: 6Pm.

2. Kuat tarik belah

Pengujian kuat tarik belah dimaksudkan untuk mencari besarnya tegangan tarik mortar, komposisi penggunaan bahan yang digunakan adalah tiga jenis, diantaranya adalah Mortar Normal (MN), Mortar Normal Pumice (MNP) dan Mortar Pumice (MP). Hasil perbandingan dari ketiga komposisi material untuk masing masing varian disajikan pada Gambar di bawah ini.

a. Mortar Normal (MN)

Berikut digambarkan sebuah grafik perbandingan antara MN1; MN2 dan MN3 seperti disajikan pada Gambar 15 di bawah ini.

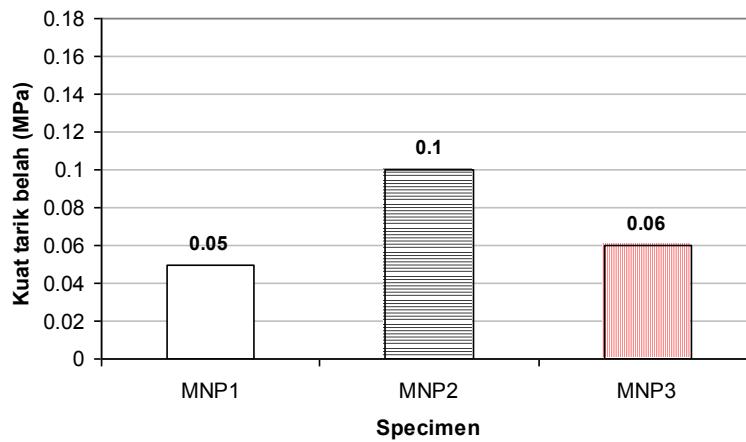


Gambar 15. Perbandingan Specimen mortar Normal (MN)

Berdasarkan Gambar 15 di atas menunjukkan bahwa Kuat tarik belah benda uji MN1 mempunyai nilai tertinggi dibandingkan dengan benda uji MN2 dan MN3. besarnya selisih nilai kuat tekan MN1 terhadap MN2 dan MN3 adalah 37,50 % dan 62,50 %. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan jumlah agregat halus pasir sangat berpengaruh terhadap kuat tekan mortarnya. Penggunaan mortar normal efektif yang direkomendasikan adalah pada nilai 1Pc:4Ps.

b. Mortar Normal Pumice (MNP)

Berikut digambarkan sebuah grafik perbandingan antara MNP1; MNP2 dan MNP3 seperti disajikan pada Gambar 16 di bawah ini.

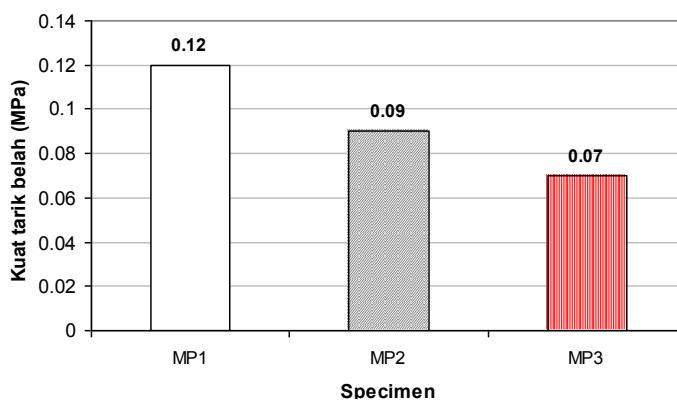


Gambar 16. Perbandingan Specimen mortar Normal Pumice (MNP)

Berdasarkan Gambar 16 di atas menunjukkan bahwa Kuat tarik belah benda uji MNP2 mempunyai nilai tertinggi dibandingkan dengan benda uji MN1 dan MN3. Besarnya selisih nilai kuat tekan MNP2 terhadap MNP1 dan MNP3 adalah 50% dan 40%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan perbandingan mortar normal pumice efektif pada perbandingan volume 1Pc: 3Ps: 3Pm.

c. Mortar Pumice (MP)

Berikut digambarkan sebuah grafik perbandingan antara MP1; MP2 dan MP3 seperti disajikan pada Gambar 17 di bawah ini.



Gambar 17. Perbandingan Specimen mortar Pumice (MP)

Berdasarkan Gambar 17 di atas menunjukkan bahwa Kuat tarik belah benda uji MP1 mempunyai nilai tertinggi dibandingkan dengan benda uji MP2 dan MP3. Besarnya selisih

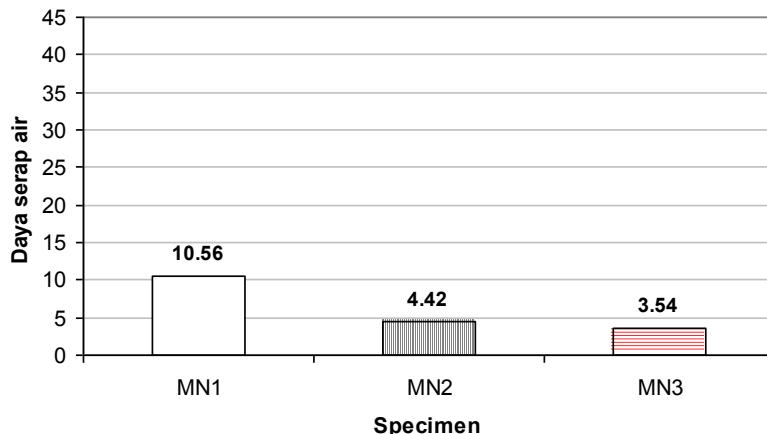
nilai kuat tekan MP1 terhadap MP2 dan MP3 adalah sebesar 25% dan 41,67%. Penggunaan mortar pumice efektif yang direkomendasikan adalah pada nilai 1Pc: 4Pm.

3. Daya serap air

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya serapan air pada campuran mortar. Berikut hasil perbandingan masing-masing specimen campuran mortar.

a. Mortar Normal (MN)

Berikut digambarkan sebuah grafik perbandingan antara MN1; MN2 dan MN3 seperti disajikan pada Gambar 18 di bawah ini.

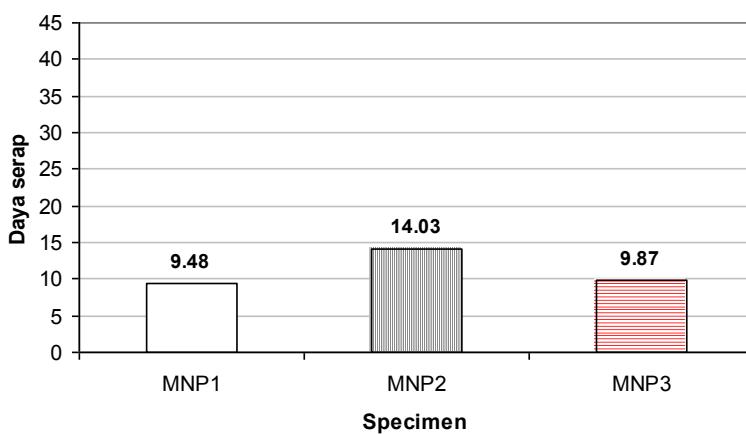


Gambar 18. Perbandingan Specimen mortar Normal (MN)

Berdasarkan Gambar 18 di atas menunjukkan bahwa daya serap air benda uji MN1 mempunyai nilai tertinggi dibandingkan dengan benda uji MN2 dan MN3. Besarnya selisih nilai kuat tekan MN1 terhadap MN2 dan MN3 adalah sebesar 58,15% dan 58,15%. Penggunaan mortar pumice efektif yang direkomendasikan adalah pada nilai 1Pc: 4Ps.

b. Mortar Normal Pumice (MNP)

Berikut digambarkan sebuah grafik perbandingan antara MNP1; MNP2 dan MNP3 seperti disajikan pada Gambar 19 di bawah ini.



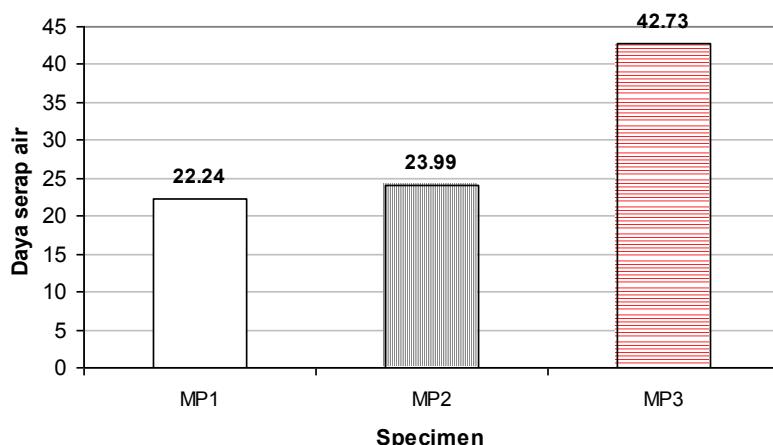
Gambar 19. Perbandingan Specimen mortar Normal Pumice (MNP)

Berdasarkan Gambar 19 di atas menunjukkan bahwa daya serap air benda uji MNP2 mempunyai nilai tertinggi dibandingkan dengan benda uji MNP1 dan MNP3. Besarnya selisih nilai kuat tekan MNP2 terhadap MNP1 dan MNP3 adalah sebesar 32,43% dan

29,65%. Penggunaan mortar pumice efektif yang direkomendasikan adalah pada nilai 1Pc: 3Ps: 3Pm.

c. Mortar Pumice (MP)

Berikut digambarkan sebuah grafik perbandingan antara MP1; MP2 dan MP3 seperti disajikan pada Gambar 20 di bawah ini.



Gambar 20. Perbandingan Specimen Mortar Pumice (MP)

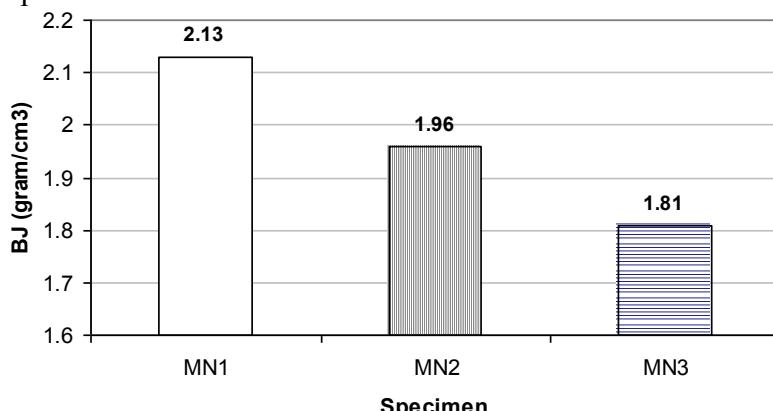
Berdasarkan Gambar 20 di atas menunjukkan bahwa daya serap air benda uji MP3 mempunyai nilai tertinggi dibandingkan dengan benda uji MP1 dan MP2. Besarnya selisih nilai kuat tekan MNP3 terhadap MNP1 dan MNP2 adalah sebesar 47,95% dan 78,12%. Penggunaan mortar pumice efektif yang direkomendasikan adalah pada nilai 1Pc: 8Pm.

4. Berat Jenis

Pengujian berat jenis dimaksudkan untuk mencari besarnya berat persatuhan dari mortar yang telah dibuat, pembahasan mengenai hal tersebut disajikan pada Gambar di bawah ini.

a. Mortar Normal (MN)

Berikut digambarkan sebuah grafik perbandingan antara MN1; MN2 dan MN3 seperti disajikan pada Gambar 18 di bawah ini.

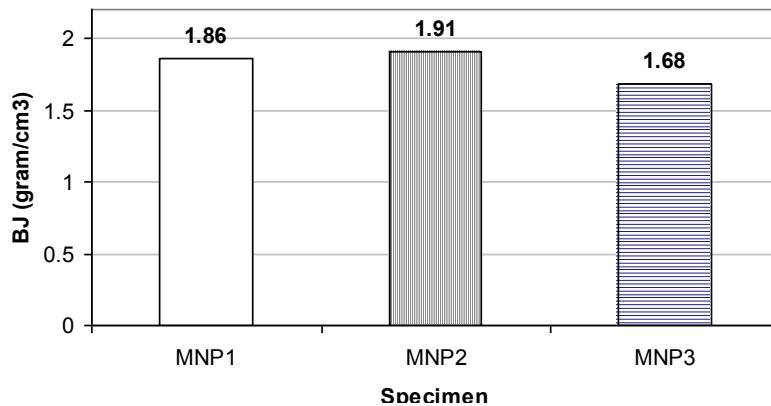


Gambar 21. Perbandingan Specimen mortar Normal (MN)

Berdasarkan Gambar 21 di atas menunjukkan bahwa daya serap air benda uji MN1 mempunyai nilai tertinggi dibandingkan dengan benda uji MN2 dan MN3. Besarnya selisih nilai kuat tekan MN1 terhadap MN2 dan MN3 adalah sebesar 7,98% dan 15,02%. Penggunaan mortar pumice efektif yang direkomendasikan adalah pada nilai 1Pc: 4Ps.

b. Mortar Normal Pumice (MNP)

Berikut digambarkan sebuah grafik perbandingan antara MNP1; MNP2 dan MNP3 seperti disajikan pada Gambar 22 di bawah ini.

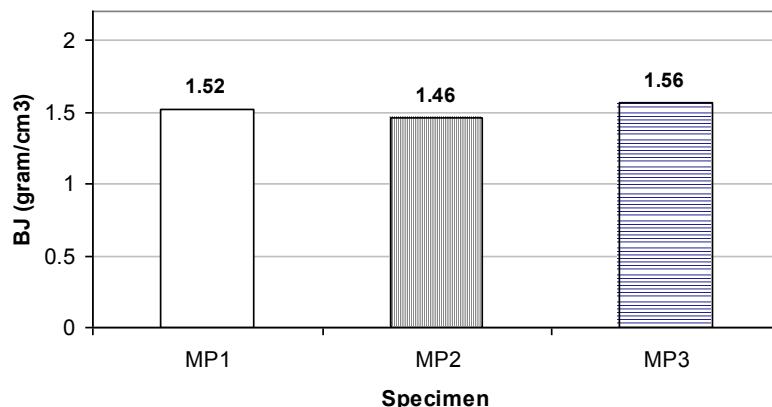


Gambar 22. Perbandingan Specimen mortar Normal Pumice (MNP)

Berdasarkan Gambar 22 di atas menunjukkan bahwa daya serap air benda uji MNP2 mempunyai nilai tertinggi dibandingkan dengan benda uji MNP1 dan MNP3. Besarnya selisih nilai kuat tekan MNP2 terhadap MNP1 dan MNP3 adalah sebesar 2,62% dan 12,04%. Penggunaan mortar pumice efektif yang direkomendasikan adalah pada nilai 1Pc: 3Ps: 3Pm.

c. Mortar Pumice (MP)

Berikut digambarkan sebuah grafik perbandingan antara MP1; MP2 dan MP3 seperti disajikan pada Gambar 23 di bawah ini.



Gambar 23. Perbandingan Specimen Mortar Pumice (MP)

Berdasarkan Gambar 23 di atas menunjukkan bahwa daya serap air benda uji MP3 mempunyai nilai tertinggi dibandingkan dengan benda uji MP1 dan MP2. Besarnya selisih nilai kuat tekan MNP3 terhadap MNP1 dan MNP2 adalah sebesar 2,56% dan 6,41%. Penggunaan mortar pumice efektif yang direkomendasikan adalah pada nilai 1Pc: 8Pm.

BAB V **KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di atas, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kuat tekan efektif pada MN1; MNP2 dan MP1 berturut turut sebesar 5,23MPa; 3,39MPa; 4,01MPa.
2. Kuat tarik belah efektif pada benda uji MN1; MNP2 dan MP1 berturut-turut sebesar 0,16MPa; 0,1MPa dan 0,12MPa.
3. Daya serap air terbesar benda uji MN1; MNP2 dan MP3 berturut-turut sebesar 10,56%; 14,03% dan 42,73%.
4. Pengujian berat jenis MN1; MNP2 dan MP3 berturut-turut sebesar 2,13gr/cm³; 1,91gr/cm³ dan 1,56gr/cm³.

B. Saran

Setelah dilakukannya penelitian saran dari penulis yaitu:

1. Estimasi waktu dalam proses penelitian perlu diperhatikan agar sesuai dengan rencana waktu yang telah ditetapkan.
2. Peralatan yang digunakan dalam penelitian harus sesuai dengan standar berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed Aidan, et. al. 2009. *Preparation and properties of porous aerated concrete* НАУЧНИ ТРУДОВЕ НА РУСЕНСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ - 2009, том 48, серия 09.
- Eric Tung. 2008. *Parametric study of masonry infilled reinforced concrete frames using mortar joint properties*. The 14th World Conference On Earthquake Engineering October 12–17, 2008, Beijing, China.
- Folker H. Whitman, 2011. *Advance in Autoclaved aerated concrete*, page 272pp, Published by Belkema.
- Genowefa Zapotoczna, et. al. 2011. *Autoclaved Aerated Concrete Properties on the basis of current research results conducted by ICiMB - Research and Development Center for Cellular Concrete Industry CEBET and Building Research Institute*. Handbook for AAC producers and users. Magazine of Concrete Producers Association. 5 Interantional Conference of Autoclaved Aerated Concrete.
- Gerd Weidemann, et, al. 2007. *Fibre reinforced autoclaved aerated concrete studied by computed tomography, International Symposium on Digital industrial Radiology and Computed Tomography*, June 25-27, 2007, Lyon, France.
- Jun Kikuma. 2009. *Formation of Autoclaved Aerated Concrete Studied by In Situ X-ray Diffraction under Hydrothermal Condition Industrial Applications*. Analysis and Simulation Center, Asahi-KASEI Corporation, Springs research frontier 2009.
- N. Narayanan, K. R. 2001. *Structure and properties of aerated concrete: a review*. *Building Technology and Construction Management Division*, Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Madras, Elsevier, Cement & Concrete Composites 22(2001)321±329, Chennai 600 036, India, www.elsevier.com/locate/cemconcomp.
- N. Arreshvhina, et. al. 2006. *Microstructural Behavior Of Aerated Concrete Containing High Volume Of GGBFS*, *Proceedings of the 6th Asia-Pacific Structural Engineering and Construction Conference (APSEC 2006)*, 5 – 6 September 2006, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Tjokrodimuljo, K., 2007. *Teknologi Beton*. Nafiri: Yogyakarta.
- Yothin Ungkoon, et. al. 2007. *Analysis of Microstructure and Properties of Autoclaved Aerated Concrete Wall Construction Materials*. *J. Ind. Eng. Chem.*, Vol. 13, No. 7, (2007) 1103-1108. Received July 11, 2007; Accepted November 9, 2007.