

**PEMANFAATAN LIMBAH *GYP SUM BOARD* SEBAGAI PENGGANTI
SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BATAKO**



IBNU DWIKI PERMANA

5415134222

**Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam Mendapatkan
Gelar Sarjana**

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK BANGUNAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2017

ABSTRAK

IBNU DWIKI PERMANA, **Pemanfaatan Limbah *Gypsum Board* Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Batako**. Skripsi. Jakarta : Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta 2017.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan limbah *gypsum board* sebagai pengganti sebagian semen dalam pembuatan batako berlubang. Penelitian ini menggunakan komposisi limbah *gypsum board* sebesar 0%, 15%, 20%, 25%, dan 30% dari berat semen. Rancangan campuran batako berlubang dengan nilai kuat tekan rata-rata 50 kg/cm² termasuk dalam kategori mutu kelas II menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding dengan nilai fas 0,3.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penelitian Uji bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Waktu penelitian dilakukan pada periode September – Oktober 2017 dengan metode eksperimen sesuai dengan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding. Pembuatan benda uji dilakukan di Pabrik Batako Sherlyn Jalan Mustika Sari II, Bekasi. Ukuran benda uji 40 x 20 x 10 cm menggunakan mesin *press* hidrolik dengan jumlah sampel sebanyak 40 buah.

Hasil penelitian menunjukkan penggunaan limbah *gypsum board* dapat meningkatkan kuat tekan batako berlubang dari setiap komposisi limbah. Nilai kuat tekan rata-rata optimum dengan persentase serbuk *gypsum* 25% sebesar 57,24 kg/cm² dan nilai daya serap air rata-ratanya sebesar 2,74%, namun mengalami penurunan kuat tekan rata-rata pada persentase serbuk *gypsum* 30% sebesar 55,26 kg/cm² dan nilai daya serap air rata-ratanya sebesar 3,13%.

Kata kunci : *gypsum*, batako, kuat tekan, daya serap air

ABSTRACT

IBNU DWIKI PERMANA, Waste Utilization Gypsum Board as a Substitute of Cement to Compressive Strength Concrete Block. Thesis. Jakarta: Department Of Civil Engineering, Faculty Of Engineering, State University Of Jakarta, in 2017.

This study aims to determine the use of waste gypsum board as a substitute for some cement in the manufacture of hollow concrete block. This study used composition of waste gypsum board is 0%, 15%, 20%, 25% and 30% of the weight cement. The design a mixture of hollow concrete block with an average strength value of 50 kg/cm² included in class II quality category according to SNI 03-0349-1989 about concrete block for wall pairs with a fas value of 0.3.

This research was conducted in Laboratory Test Materials Research Department of Civil Engineering Faculty of Engineering State University of Jakarta. The time of the research was conducted in September – Oktober 2017 with experimental method in according to SNI 03-0349-1989 about concrete block for wall pairs. The making a test done at the factory concrete block Sherlyn Mustika Sari II, Bekasi. Test object size 40 x 10 x 20 cm using hydraulic press machine with 40 samples.

The result showed that the use of gypsum board waste can increase the compressive strength of the hollow concrete block from any waste composition. The optimum compressive strength value with 25% gypsum powder percentage was 57,24 kg/cm² and the average water absorption value was 2,74%, but decreased the average compressive strength in percentage of 30% gypsum powder was 55,26 kg/cm² and the average water absorption value of 3,13%.

Keyword: *gypsum, concrete block, compressive strength, water absorption*

LEMBAR PERSETUJUAN

Nama : Ibnu Dwiki Permana
No. Registrasi : 5415134222
Jurusan : Teknik Sipil
Program Studi : Pendidikan Teknik Bangunan

Judul Skripsi : "Pemanfaatan Limbah *Gypsum Board* Sebagai Pengganti
Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Batako"

Jakarta, 23 Oktober 2017

Mengetahui,

Pembimbing I



Anisah, M.T

NIP. 19731104 200604 2 001

Pembimbing II



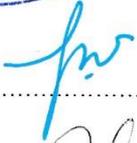
Lenggogeni, M.T

NIP. 19600103 198503 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Anisah, M.T (Dosen Pembimbing Materi)		30/10 2017
Lenggogeni, M.T (Dosen Pembimbing Metodologi)		2/11-2017

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
R.Eka Murtinugraha, M.Pd (Ketua Sidang)		20/11 - 2017
Dr. Gina Bachtiar, M.T (Penguji I)		22 Nov '17
Drs. Prihantono, M.Eng (Penguji II)		27/10-17

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 23 Oktober 2017

Yang Membuat Pernyataan



Ibnu Dwiki Permana

5415134222

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat rahmat, karunia dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Pemanfaatan Limbah *Gypsum Board* Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Batako”.

Skripsi ini disusun untuk menyelesaikan program studi S1 atau Strata 1 yang merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) pada Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan dukungan dan bantuan baik moril maupun spritual dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Keluarga penulis, Pak Sofian, Ibu Suhartati, Reza Fahlevi Akbar S.Kom.I dan Adinda Ramadhania Zahrah yang telah memberikan dukungan sepenuhnya baik doa, motivasi dan materi.
3. R. Eka Murtinugraha, M.Pd selaku Ketua Program Studi Strata 1 (S1) dan Ketua Penguji Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
4. Lenggogeni, M.T selaku Penasehat Akademik dan Dosen Pembimbing 2 dalam hal metodologi yang telah memberikan bimbingan sampai terselesaikannya skripsi ini.
5. Anisah, M.T selaku Dosen Pembimbing 1 dalam hal materi yang telah memberikan bimbingan sepenuhnya hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Dr. Gina Bachtiar, MT selaku Anggota Penguji 1 Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
7. Drs. Prihantono, M.Eng selaku Anggota Penguji 2 Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

8. Pak Ratman selaku Kepala Laboratorium Uji Bahan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
9. Teman-teman Program Studi S1 Pendidikan Teknik Bangunan angkatan 2013 khususnya kelas B tanpa mengurangi rasa hormat yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
10. Sahabat “Rumah Singgah” (Adrian, Ali, Bayu, Bimo, Deni, Dharma, Fadhel, Fajar, Farhan, Ikhwan, Jo, Khoirur, Reska, Rifki, Roki, Wisnu, dan Yudha) menjadi tim sukses saya yang sudah membuktikan solidaritas dan loyalitasnya sejak awal kuliah sampai terselesaikannya skripsi ini.
11. Wafiqah Khaerriyah, S.T sebagai salah satu motivasi terbesar dalam penyelesaian akhir skripsi ini.
12. Seluruh pihak yang membantu penulis baik langsung maupun tidak langsung selama melakukan penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan. Hal ini dikarenakan keterbatasan pengetahuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi tercapainya penelitian yang berkualitas. Akhir kata, penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat dan menambah ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil.

Jakarta, Agustus 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
LEMBAR PEGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	6
1.6 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II LANDASAN TEORI, KERANGKA BERPIKIR DAN	
 HIPOTESIS PENELITIAN	
2.1 Landasan Teori.....	7
2.1.1 Pengertian Batako.....	7
2.1.2 Jenis-Jenis Batako.....	7
2.1.3 Syarat Mutu Batako.....	10
2.1.4 Bahan Penyusun Batako.....	11
2.1.4.1 Semen Portland.....	12
2.1.4.2 Agregat Halus (Pasir).....	15

2.1.4.3 Air.....	16
2.1.5 Limbah <i>Gypsum Board</i>	18
2.2 Metode Pengujian Batako.....	20
2.2.1 Metode Uji Mekanis.....	20
2.2.4 Tampak dan Ukuran Batako (Uji Fisis).....	21
2.2.3 Daya Serap Air Batako.....	21
2.2.2 Kuat Tekan Batako.....	22
2.3 Penelitian Relevan.....	25
2.4 Kerangka Berpikir.....	26
2.5 Hipotesis Penelitian.....	27

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian.....	28
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	28
3.3 Metode Penelitian.....	28
3.4 Teknik Pengambilan Sampel.....	29
3.4.2 Sampel.....	29
3.5 Bahan dan Alat.....	29
3.5.1 Bahan.....	29
3.5.2 Alat.....	30
3.6 Prosedur Penelitian.....	31
3.6.1 Persiapan Bahan Baku.....	31
3.6.2 Proses Pembuatan Batako Berlubang.....	32
3.6.3 Pengujian Batako Berlubang.....	33
3.6.3.1 Pengujian Tampak dan Ukuran.....	33
3.6.3.2 Pengujian Daya Serap Air.....	33
3.6.3.3 Pengujian Kuat Tekan.....	34
3.7 Teknik Analisis Data.....	35
3.8 Alur Penelitian.....	36

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian Bahan.....	37
4.1.1 Agregat Halus (Pasir).....	37
4.1.2 Semen Portland.....	38
4.1.3 Serbuk <i>Gypsum</i>	38
4.1.4 Hasil Perhitungan Kebutuhan Bahan.....	39
4.2 Deskripsi Data.....	40
4.3 Hasil Pengujian.....	40
4.3.1 Pengujian Sifat Tampak Batako Berlubang.....	41
4.3.2 Pengujian Ukuran dan Berat Batako Berlubang.....	44
4.3.3 Pengujian Daya Serap Air Batako Berlubang.....	46
4.3.4 Pengujian Kuat Tekan Batako Berlubang.....	47
4.4 Pembahasan Hasil Penelitian.....	49
4.4.1 Pengujian Sifat Tampak Batako Berlubang.....	49
4.4.2 Pengujian Ukuran dan Berat Batako Berlubang.....	50
4.4.3 Pengujian Daya Serap Air Batako Berlubang.....	53
4.4.4 Pengujian Kuat Tekan Batako Berlubang.....	55
4.5 Analisis Data Keseluruhan.....	58
4.6 Keterbatasan Penelitian.....	61

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	62
5.2 Saran.....	63

DAFTAR PUSTAKA.....64

LAMPIRAN.....66

RIWAYAT HIDUP.....102

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Ukuran dan Toleransi Batako.....	10
2.2 Syarat-Syarat Mekanis Batako.....	11
2.3 Komposisi Senyawa Kimia Semen.....	14
2.4 Syarat Mutu Agregat Halus Menurut SNI 03-0642-2002.....	15
2.5 Komposisi Bahan Kimia <i>Gypsum</i>	19
3.1 Jumlah Benda Uji Batako Berlubang.....	29
4.1 Hasil Pengujian Pasir.....	37
4.2 Hasil Pengujian Semen.....	38
4.3 Hasil Pengujian Serbuk <i>Gypsum</i>	39
4.4 Hasil Perhitungan Kebutuhan Bahan.....	39
4.5 Hasil Pemeriksaan Cacat dan Retak Permukaan Rata-rata Batako Berlubang.....	41
4.6 Hasil Pemeriksaan Tiap Rusuk Siku Rata-rata Batako Berlubang.....	42
4.7 Hasil Pemeriksaan Sudut Rata-rata Batako Berlubang Tidak Mudah Dirapihkan Tangan.....	43
4.8 Hasil Pengujian Ukuran Rata-rata Batako Berlubang.....	45
4.9 Hasil Pengujian Berat Rata-rata Batako Berlubang.....	45
4.10 Hasil Pengujian Daya Serap Air Rata-rata Batako Berlubang.....	47
4.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-rata Batako Berlubang.....	48
4.12 Hasil Pengujian Sifat Tampak Rata-rata Batako Berlubang.....	49
4.13 Keseluruhan Hasil Pengujian Batako Berlubang Berdasarkan SNI 03-0349-1989.....	58

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Tipe-Tipe Batako.....9
Gambar 2.2	Limbah <i>gypsum board</i> yang berasal dari daerah Pondok Gede, Bekasi ditumbuk/dipecah menjadi serbuk <i>gypsum</i>20
Gambar 2.3	Mesin <i>Press</i> Hidrolik.....21
Gambar 3.1	Diagram Alur Penelitian.....36
Gambar 4.1	Cacat dan Retak Permukaan Batako.....42
Gambar 4.2	Rusuk Tidak Siku Batako.....43
Gambar 4.3	Sudut Mudah Dirapihkan Tangan Batako.....44
Gambar 4.4	Pengukuran Tebal (Kiri), Pengukuran Lebar (Tengah), dan Pengukuran Panjang (Kanan).....44
Gambar 4.5	Perendaman Batako (Kiri) dan Pengovenan Batako (Kanan).....47
Gambar 4.6	<i>Capping</i> Batako (Kiri) dan Uji Kuat Tekan Batako (Kanan).....48
Gambar 4.7	Grafik Hasil Pengujian Ukuran Rata-rata Batako Berlubang.....51
Gambar 4.8	Grafik Hasil Pengujian Berat Rata-rata Batako Berlubang.....52
Gambar 4.9	Grafik Hasil Pengujian Daya Serap Air Rata-rata Batako Berlubang.....54
Gambar 4.10	Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-rata Batako Berlubang.....56
Gambar 4.11	Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan daya Serap Air Batako Berlubang.....59

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Uji Kadar Lumpur pada Agregat Halus (Pasir).....	66
Lampiran 2 Uji Analisis Saringan Agregat Halus (Pasir).....	67
Lampiran 3 Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir).....	71
Lampiran 4 Uji Kadar Air pada Agregat Halus (Pasir).....	74
Lampiran 5 Uji Kadar Zat Organik pada Agregat Halus (Pasir).....	75
Lampiran 6 Uji Berat Jenis Semen.....	76
Lampiran 7 Uji Berat Jenis Serbuk <i>Gypsum</i>	77
Lampiran 8 Uji Kandungan Kimia Serbuk <i>Gypsum</i>	78
Lampiran 9 Perhitungan Oksida Serbuk <i>Gypsum</i>	79
Lampiran 10 Perhitungan Kebutuhan Bahan.....	81
Lampiran 11 Job Sheet.....	84
Lampiran 12 Uji Ukuran Batako Berlubang.....	91
Lampiran 13 Uji Berat Batako Berlubang.....	93
Lampiran 14 Uji Daya Serap Air Batako Berlubang.....	94
Lampiran 15 Uji Kuat Tekan Batako Berlubang.....	96
Lampiran 16 Proses Pembuatan Batako Berlubang.....	99
Lampiran 17 Proses Pengujian Batako Berlubang.....	100

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Dengan semakin pesatnya kemajuan pengetahuan dan teknologi di bidang teknik sipil yang mendorong industri untuk dapat berperan serta dalam meningkatkan sebuah pembangunan konstruksi dengan lebih berkualitas, diperlukan suatu bahan bangunan yang memiliki keunggulan yang lebih baik dibandingkan bahan bangunan yang sudah ada selama ini. Selain itu, bahan tersebut harus memiliki beberapa keuntungan seperti bentuk yang dapat menyesuaikan dengan kebutuhan, spesifikasi teknis, daya tahan yang kuat, kecepatan pelaksanaan konstruksi serta ramah lingkungan.

Dinding merupakan salah satu komponen penyusun non struktur bangunan rumah. Dinding dapat dibuat dari bermacam-macam material sesuai dengan kebutuhannya. Kebutuhan batu bata yang semakin meningkat dan kerusakan tanah yang disebabkan oleh pembuatan batu bata menjadi masalah di lapangan yang harus segera diatasi. Penggunaan batako sebagai alternatif pengganti batu bata untuk pembuatan dinding diharapkan mampu mengurangi permasalahan tersebut. Selain itu, dalam pelaksanaannya batako dapat disusun lebih cepat (Angelina, 2013).

Batako merupakan bahan bangunan yang berupa bata cetak alternatif pengganti batu bata yang tersusun dari komposisi antara pasir, semen Portland dan air. Pengertian batako menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-0349-1989) adalah komponen bangunan yang dibuat dari campuran semen Portland atau pozolan, pasir, air dan atau tanpa bahan tambahan lainnya (*additive*), dicetak sedemikian rupa hingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding.

Selain itu, tercatat data angka kebutuhan semen mencapai 20 juta ton dalam kurun waktu 2012-2016 (Asosiasi Semen Indonesia, 2016). Menurut Djwantoro Hardjito (2007), teknologi produksi semen di Indonesia cenderung boros energi dan menimbulkan emisi CO₂ yang menyumbang pada kenaikan suhu global. Sehubungan dengan hal itu, maka dilakukan penelitian sebagai upaya untuk menemukan sumber lain sebagai bahan alternatif pengganti sebagian semen. Bahan alternatif tersebut didapat dengan cara memanfaatkan limbah-limbah industri dan konstruksi yang selama ini dibiarkan dan dibuang begitu saja. Salah satu limbah industri konstruksi yang dapat dimanfaatkan adalah *gypsum board* sebagai pengganti sebagian semen.

Gypsum board merupakan bahan material yang kaya akan mineral sering kali digunakan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan konstruksi. *Gypsum board* dapat dengan mudah ditemukan di berbagai daerah di Indonesia sehingga dapat memanfaatkan bahan material ini. Menurut Hantarman Budiono (2016), *Managing Director Product Saint-Gobain Construction Products Indonesia* penggunaan *gypsum board* di Indonesia saat ini sekitar 100 juta m² dari total penduduk yang mencapai hampir 260 juta jiwa sedangkan untuk jumlah limbah *gypsum board* yang

ada di Indonesia sebanyak 450.000 ton/tahun dan akan berpotensi mencemarkan lingkungan (Detiknews, 2012). *Gypsum* memiliki kandungan senyawa yang sama dengan semen, yaitu SiO_2 2,4 %, Fe_2O_3 0,07 % dan CaO 52,39 % (Hasan, 2014). *Gypsum* memiliki banyak kegunaan di antaranya untuk *drywall*, bahan perekat, sebagai pengganti kayu, sebagai penambah kekerasan untuk bahan bangunan, untuk bahan baku kapur tulis, dan sebagai salah satu bahan pembuat semen Portland (Surya, 2014).

Namun keberadaan limbah *gypsum board* yang tidak digunakan dari sisa penggunaan, dibuang begitu saja tanpa adanya pemanfaatan dari limbah itu sendiri yang berpotensi mencemarkan lingkungan. Menurut Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah B3, *gypsum* yang awalnya bukan termasuk limbah B3 sejak adanya peraturan ini berubah menjadi limbah B3. Jika terlalu lama dibiarkan juga dapat menimbulkan berbagai penyakit di masyarakat. Cara mengatasinya adalah dengan langsung mengambil sisa *gypsum board* yang tidak terpakai disimpan di tempat yang aman agar tidak terkontaminasi dengan alam bebas dan limbah yang lain sehingga sangat mengurangi dampak dari *gypsum board* menjadi limbah B3. Karena bahannya yang kuat, dari bagian-bagian kecil *gypsum board* yang tidak terpakai pada toko-toko di pinggir jalan dapat dijadikan sebagai bahan bangunan yang baru.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Fuad Hasan (2014) yang menggunakan limbah *gypsum* untuk bahan tambah pembuatan batako dengan perbandingan 1 pc : 5 ps dengan nilai fas sebesar 0,5. Penambahan limbah *gypsum* yang direncanakan sebanyak 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen. Hasil kuat tekan optimum diperoleh pada penambahan *gypsum* sebanyak 15% dan nilai kuat

tekannya sebesar 5,17 MPa. Kekurangan batako yang telah dibuat di antaranya penelitian ini menggunakan cetakan batako manual karena itu batako masih kurang sempurna dan tidak efisien dari segi waktu dan perlu dipilih teknik pencampuran pada saat proses pembuatan batako supaya semua bahan dapat tercampur menjadi satu adonan batako. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai “Pemanfaatan Limbah *Gypsum Board* Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Batako” yang menggunakan limbah *gypsum board* dengan variasi pengganti sebagian semen 0% sebagai kontrol, 15%, 20%, 25% dan 30% dari berat semen untuk pembuatan benda uji batako berlubang dengan perbandingan campuran 1 pc : 5 ps dengan nilai fas 0,3 karena berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Fuad Hasan (2014).

1.2. Identifikasi Masalah

Sesuai dengan latar belakang di atas, maka identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apakah limbah *gypsum board* dapat digunakan sebagai pengganti sebagian semen pada pembuatan batako berlubang ?
2. Berapa persentase campuran optimum jika dilakukan substitusi terhadap semen dengan komposisi 0% sebagai kontrol, 15%, 20%, 25% dan 30% agar didapatkan nilai kuat tekan optimum ?
3. Berapa besar kuat tekan batako berlubang yang menggunakan limbah *gypsum board* sebagai bahan pengganti sebagian semen dapat memenuhi SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding ?

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini sangat luas, sehingga perlu dibatasi dari identifikasi masalah di atas, masalah yang akan diteliti hanya dibatasi pada :

1. Batako yang diuji adalah batako berlubang yang mempunyai ukuran 40 x 10 x 20 cm dan dimensi lubang 8 x 17 x 3 cm sebanyak 3 lubang.
2. Perbandingan campuran 1 pc : 5 ps.
3. Semen yang digunakan semen Portland jenis 1 yang dibuat di pabrik didapatkan dari daerah Bogor.
4. Pasir yang digunakan pasir kali yang berasal dari daerah Padalarang, Jawa Barat.
5. Nilai faktor air semen 0,3.
6. Persyaratan minimum kuat tekan rata-rata batako pada tingkat mutu II SNI 03-0349-1989 50 kg/cm².
7. Umur perendaman 28 hari.
8. Penggunaan limbah *gypsum board* sebagai pengganti sebagian semen dengan komposisi 0% sebagai kontrol, 15%, 20%, 25% dan 30% diambil di daerah Pondok Gede, Bekasi.
9. Tiap macam persentase batako berlubang dari limbah *gypsum board* dibuat dari 3 benda uji.
10. Standar pengujian yang dilakukan berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.
11. Tidak menghitung masalah harga atau biaya dari pembuatan batakonya pada hasil akhir penelitian.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan batasan masalah di atas, maka secara spesifik masalah penelitian dirumuskan sebagai berikut : “Apakah nilai kuat tekan optimum batako berlubang yang menggunakan limbah *gypsum board* dengan komposisi 0% sebagai kontrol, 15%, 20%, 25% dan 30% sebagai pengganti sebagian semen dapat memenuhi SNI 03-0349-1989 tingkat mutu II dengan kuat tekan rata-rata sebesar 50 kg/cm^2 ?”

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisis (tampak dan ukuran) dan sifat mekanis (daya serap air dan kuat tekan) batako berdasarkan syarat yang ada dalam SNI 03-0349-1989 menggunakan limbah *gypsum board* sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase 0% sebagai kontrol, 15%, 20%, 25% dan 30%.

1.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui informasi yang akurat mengenai limbah *gypsum board* sebagai pengganti sebagian semen pada pembuatan batako berlubang.
2. Untuk menghasilkan batako berlubang dengan menggunakan bahan baku limbah yang berkualitas.
3. Untuk memberikan wawasan bagi industri dan mahasiswa khususnya di Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Jakarta tentang bahan bangunan untuk pembuatan batako berlubang dengan menggunakan limbah *gypsum board* sebagai pengganti sebagian semen.

BAB II

LANDASAN TEORI, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS

PENELITIAN

2.1. Landasan Teori

2.1.1. Pengertian Batako

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-0349-1989), *conblock (concrete block)* atau batu bata cetak beton adalah komponen bangunan yang dibuat dari campuran semen Portland atau pozolan, pasir, air dan atau tanpa bahan tambahan lainnya (*additive/substitutive*), dicetak sedemikian rupa hingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding.

Batako adalah bata yang dibuat dari campuran bahan perekat hidrolis ditambah dengan agregat halus dan air dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya dan mempunyai luas penampang lubang lebih dari 25 % penampang batanya dan isi lubang lebih dari 25 % isi batanya (Supribadi, 1986).

2.1.2. Jenis-jenis Batako

Berdasarkan bahan pembuatannya batako dibedakan menjadi 2 macam (Hendratmo, 2010), yaitu :

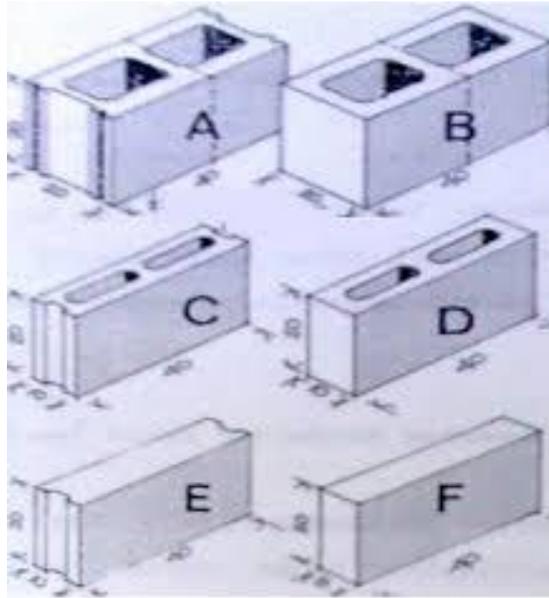
1. Batako *press*, dibuat dari campuran semen dan pasir atau abu batu. Ada yang dibuat secara manual, ada juga yang menggunakan mesin. Perbedaannya dapat

dilihat pada kepadatan permukaan batakonya. Umumnya memiliki ukuran panjang 36-40 cm, tebal 8-10 cm dan tinggi 18-20 cm.

2. Batako putih, dibuat dari campuran tras, batu kapur dan air. Campuran tersebut dicetak. Tras merupakan jenis tanah berwarna putih/putih kecoklatan yang berasal dari pelapukan batu-batu gunung berapi. Umumnya memiliki ukuran panjang 25-30 cm, tebal 8-10 cm, dan tinggi 14-18 cm.

Berdasarkan tipenya batako dibagi menjadi 6 macam (Supribadi, 1986), yaitu :

1. Tipe A : Ukuran 20x20x40 cm berlubang untuk tembok/dinding pemikul dengan tebal 20 cm.
2. Tipe B : Ukuran 20x20x40 cm berlubang untuk tembok/dinding tebal 20 cm sebagai penutup pada sudut-sudut dan pertemuan-pertemuan.
3. Tipe C : Ukuran 10x20x40 cm berlubang dipergunakan sebagai penutup dinding pengisi dengan tebal 10 cm dan memiliki void di sisinya.
4. Tipe D : Ukuran 10x20x40 cm berlubang sebagai dinding pengisi pemisah dengan tebal 10 cm.
5. Tipe E : Ukuran 10x20x40 cm tidak berlubang untuk tembok-tembok setebal 10 cm. Dipergunakan untuk dinding pengisi atau pemikul sebagai hubungan sudut-sudut dan pertemuan-pertemuan.
6. Tipe F : Ukuran 8x20x40 cm tidak berlubang sebagai dinding pengisi.



Gambar 2.1 Tipe-tipe batako (Hendratmo, 2010)

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-0349-1989), berdasarkan tingkat mutunya batako berlubang dibedakan menjadi 4 macam, yaitu :

1. Tingkat mutu I : digunakan untuk dinding non struktural terlindungi, kuat tekan rata-rata sebesar 70 kg/cm^2 .
2. Tingkat mutu II : digunakan untuk dinding struktural tak terlindungi (boleh ada beban), kuat tekan rata-rata sebesar 50 kg/cm^2 .
3. Tingkat mutu III : digunakan untuk dinding non struktural tak terlindungi boleh terkena hujan dan panas, kuat tekan rata-rata sebesar 35 kg/cm^2 .
4. Tingkat mutu IV : digunakan untuk dinding non struktural terlindungi dari cuaca, kuat tekan rata-rata sebesar 20 kg/cm^2 .

2.1.3. Syarat Mutu Batako

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-0349-1989) tentang bata beton untuk pasangan dinding ada 3 syarat mutu batako, yaitu :

1. Pandangan Luar (sifat tampak)

Bidang permukaannya harus tidak cacat. Rusuk-rusuknya siku satu terhadap yang lain, dan sudut rusuknya tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari tangan.

2. Ukuran dan Toleransi

Ukuran batako dan toleransinya dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Ukuran dan Toleransi Batako

Jenis	Ukuran (mm)			Tebal dinding sekat lubang minimum	
	Panjang	Lebar	Tebal	Luar	Dalam
Pejal	390 +3 -5	190 ± 2	100 ± 2		
Berlubang					
a. Kecil	390 +3 -5	190 ± 2	100 ± 2	20	15
b. Besar	390 +3 -5	190 ± 2	100 ± 2	25	20

(Sumber : SNI 03-0349-1989)

3. Syarat Mekanis (kuat tekan dan penyerapan air)

Batako harus memenuhi syarat-syarat mekanis sesuai dengan Tabel 2.2

Tabel 2.2 Syarat-syarat Mekanis Batako

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat mutu batako pejal				Tingkat mutu batako berlubang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Kuat tekan bruto* rata-rata minimum	kg/cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20
Kuat tekan bruto masing-masing benda uji	kg/cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
Penyerapan air rata-rata, maksimum	%	25	35	-	-	25	35	-	-

(Sumber : SNI 03-0349-1989)

Keterangan : *Kuat tekan bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda coba pecah, dibagi dengan luas ukuran nyata dari bata termasuk luas lubang serta cekungan tepi.

2.1.4. Bahan Penyusun Batako

Mutu batako ditentukan oleh beberapa faktor yaitu bahan dasar, proses pembuatan, alat yang digunakan serta bahan tambah/pengganti. Dalam perkembangannya bahan penyusun batako tidak hanya terdiri dari pasir, semen dan air. Namun berbagai variasi telah banyak dilakukan dalam penelitian. Adapun bahan penyusun batako, antara lain :

2.1.4.1. Semen Portland

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 15-2049-2004), semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silika-silika kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan. Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat dan mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat (Tjokrodimuljo, 1996).

Sifat-sifat semen Portland dapat dibedakan menjadi 2, yaitu sifat fisik dan sifat kimia (Mulyono, 2004). Sifat fisik semen Portland, meliputi :

1. Berat Jenis

Berat jenis semen berkisar antara $3,15 \text{ mg/m}^3$. Berat jenis digunakan dalam hitungan perbandingan campuran saja.

2. Waktu Ikatan

Waktu yang diperlukan semen terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan yang disebut waktu ikatan. Waktu ikat semen dibagi 2, yaitu waktu ikat awal dan waktu ikat akhir.

3. Panas Hidrasi

Silikat dan aluminat pada semen bereaksi dengan air menjadi media perekat yang memadat lalu membentuk massa yang keras. Reaksi membentuk media perekat ini disebut hidrasi. Panas hidrasi didefinisikan sebagai kuantitas panas dalam kalori/gram pada semen yang terhidrasi. Hidrasi semen bersifat eksotermis dengan panas yang dikeluarkan kira-kira 120 kalori/gram. Dalam pelaksanaan, perkembangan panas ini dapat mengakibatkan masalah, yakni timbulnya retakan pada saat pendinginan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pendinginan melalui perawatan pada saat pelaksanaan.

4. Kehalusan Butir

Reaksi antara semen dan air dimulai dari permukaan butir-butir semen, sehingga makin luas permukaan butir-butir semen (dari berat yang sama) makin cepat proses hidrasinya. Hal ini berarti kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi semen, semakin halus butiran semen maka proses hidrasi akan semakin cepat, sehingga kekuatan awal tinggi dan kekuatan akhir akan berkurang. Kehalusan semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya naik air ke permukaan.

Sifat kimia pada komposisi semen Portland pada dasarnya ada 4 unsur paling penting (Tjokrodinuljo, 2004), yaitu :

1. Trikalsium Silikat ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C_3S .
2. Dikalsium Silikat ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C_2S .
3. Trikalsium Aluminat ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C_3A .
4. Tetrakalsium Aluminoferrit ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$) disingkat menjadi C_4AF .

Senyawa tersebut menjadi kristal-kristal yang paling mengikat/mengunci ketika menjadi klinker. Komposisi C_3S dan C_2S adalah 70-80 % dari berat semen dan merupakan bagian yang paling dominan memberikan sifat semen.

Tabel 2.3 Komposisi Senyawa Kimia Semen

Komponen	Kadar (% berat)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO ₃)	1 – 2

(Sumber : Tjokrodinuljo : 1996)

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 15-2049-2004), berdasarkan jenis dan penggunaannya semen Portland dibagi dalam 5 jenis, yaitu :

1. Jenis I : Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
2. Jenis II : Semen Portland untuk penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau hidrasi kalor sedang.
3. Jenis III : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.

5. Jenis V : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.1.4.2. Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus (pasir) adalah batuan yang mempunyai ukuran butir antara 0,15-5 mm. Agregat halus dapat diperoleh dari dalam tanah, dasar sungai atau tepi laut (Tjokrodinuljo, 2009). Sedangkan menurut Standar Nasional Indonesia (2002), pasir adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi ‘alami’ batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm.

Tabel 2.4 Syarat Mutu Agregat Halus Menurut SNI 03-6820-2002

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Presentase Lolos Kumulatif (%)
10	100
4,8	95 – 100
2,4	70 – 100
1,2	40 – 75
0,6	20 – 50
0,3	10 – 25
0,15	0 – 10

(Sumber : SNI 03-6820-2002)

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI-S-04-1989-F:28) dijelaskan mengenai persyaratan pasir atau agregat halus yang baik sebagai bahan bangunan adalah sebagai berikut :

1. Agregat halus harus terdiri dari butiran yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan $< 2,2$.
2. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % bila lebih dari itu maka pasir harus dicuci.
3. Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton kecuali dengan petunjuk dari lembaga pemerintahan bahan bangunan yang diakui.
4. Sifat kekal pasir apabila diuji dengan larutan jenuh natrium sulfat bagian hancur maksimal 12 % dan jika diuji dengan larutan magnesium sulfat bagian hancur maksimal 10 %.
5. Pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak, yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrans-Harder dengan larutan jenuh NaOH 3 %.
6. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.
7. Susunan besar butir pasir mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 sampai 3,8 dan terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam.
8. Agregat halus yang digunakan untuk plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan pasir pasangan.

2.1.4.3. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, untuk membasahi agregat dan akan memberikan kemudahan pada adukan beton. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung-gelembung air sedangkan air yang sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak sempurna, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton (Mulyono, 2004). Selain itu, air merupakan bahan pembuat beton yang sangat penting. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air hanya diperlukan 25 % dari berat semen saja (Tjokrodinuljo, 1996).

Persyaratan mutu air menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2847-2002) adalah sebagai berikut :

1. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
2. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi :
 - a. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.

- b. Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90 % dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

2.1.5 Limbah *Gypsum Board*

Gypsum merupakan bahan galian yang terbentuk dan air tanah yang mengandung ion-ion sulfat dan sulfida. *Gypsum* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) adalah bahan yang biasa ditambahkan pada proses pembuatan semen. Penggunaan bahan tambah berwarna putih ini diharapkan dapat menambah daya kuat tekan campuran dalam batako (Aziiz, 2008). *Gypsum* adalah bentuk hemihidrat dari kalsium sulfat dihidrat dengan rumus kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Di alam, *gypsum* merupakan massa yang padat dan berwarna abu-abu, merah atau coklat. Warna tersebut disebabkan adanya zat lain seperti tanah liat, oksidasi besi, anhidrat, karbohidrat, dan sedikit SiO_2 atau oksida logam lain (Anderson, 1997). *Gypsum* adalah mineral yang bahan utamanya terdiri dari hidratedcalcium sulfate. Seperti pada mineral dan batu, gypsum akan menjadi lebih kuat apabila mengalami penekanan (Gypsum Association, 2007).

Papan gipsum atau *gypsum board* merupakan material pelapis interior untuk dinding pembatas dan plafon *gypsum*, serta dapat diaplikasikan sebagai pelapis dinding bata. Saat ini, penggunaan papan *gypsum* untuk interior sudah semakin luas, disebabkan oleh karakteristiknya yang tahan api dan *finishing* yang sangat baik, bobotnya pun ringan serta pengerjaan yang cepat dan kering (Regal, 2013). Papan *gypsum* adalah nama generik untuk keluarga produk lembaran yang terdiri dari inti utama yang tidak terbakar dan dilapisi dengan kertas pada permukaannya.

Ini adalah terminologi yang dipilih untuk produk lembaran *gypsum* yang didesain untuk digunakan sebagai dinding, langit-langit atau plafon, dan memiliki kemampuan untuk dihias (Ahmad, 2014).

Adapun macam-macam ukuran dan jenis *gypsum board* (Regal, 2013) adalah sebagai berikut :

1. Jenis *Gypsum Board*

Gypsum board juga memiliki berbagai macam merek antara lain, *gypsum jayaboard*, *gypsum elephant*, *gypsum knauf* dan *gypsum aplus*, dengan jenis sebagai berikut :

- a. Tipe X, memiliki ketahanan terhadap panas atau api.
- b. Vapor Barrier, biasanya dilengkapi dengan *foil* untuk menahan kelembaban.
- c. Inti papan *gypsum* anti air, biasa digunakan di dapur dan kamar mandi.
- d. Papan *Gypsum Exterior*, untuk digunakan di langit-langit *exterior*, *sofit* dan atap.

2. Ukuran *Gypsum Board*

Gypsum board tersedia dalam berbagai ukuran, tetapi yang paling umum adalah lembaran tebal 8-12 mm, dengan ukuran 1,2 m x 2,4 m. Namun ukuran papan *gypsum* bisa disesuaikan dengan kebutuhan.

Tabel 2.5 Komposisi Bahan Kimia *Gypsum*

No	Kandungan Senyawa Kimia	
	Senyawa	Kandungan
1	SiO ₃	18,48 %
2	CaO	45,66 %
3	Bi ₂ O ₃	35,86 %

(Sumber : Lab Fire Fakultas Teknik UNJ)

Dalam penelitian ini limbah *gypsum board* dipecah/ditumbuk dengan lolos saringan No. 200 (0,75 mm) kemudian dicampur pada adukan batako. Maksud dari penggunaan limbah *gypsum board* untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang tinggi dalam waktu pengujian 28 hari.



Gambar 2.2 Limbah *gypsum board* yang berasal dari daerah Pondok Gede, Bekasi ditumbuk/dipecah menjadi serbuk *gypsum*

2.2 Metode Pengujian Batako

2.2.1 Metode Uji Mekanis

Metode mekanis yang digunakan pada pembuatan batako ini menggunakan mesin *press*. Dalam skala industri, proses pembuatan batako dikerjakan oleh mesin pencetak yang digerakkan diesel atau dinamo elektrik. Sedangkan untuk pencampuran bahan-bahan yang dibutuhkan umumnya menggunakan alat mixer. Dengan menggunakan bantuan alat-alat mekanik ini, produksi batako bisa menjadi lebih banyak dan cepat.



Gambar 2.3 Mesin *Press* Hidrolik

2.2.2 Tampak dan Ukuran Batako (Uji Fisis)

Batako yang dibuat jenis batako semen atau disebut juga batako *press* terdiri dari campuran semen, pasir dan air. Ukuran dan model lebih beragam dibandingkan dengan batako putih. Batako ini biasanya menggunakan dua lubang atau tiga lubang di sisinya untuk diisi oleh adukan pengikat. Di pasaran ukuran batako *press* memiliki panjang 36-40 cm, tinggi 18-20 cm dan tebal 8-10 cm.

2.2.3 Daya Serap Air Batako

Penyerapan air adalah jumlah air yang menyerap bahan dari waktu ke waktu per satuan luas permukaan atau volume. Besar kecilnya penyerapan air sangat dipengaruhi pori atau rongga yang terdapat pada material. Semakin banyak pori maka akan semakin besar pula penyerapan sehingga ketahanannya akan berkurang. Rongga yang terdapat pada material terjadi karena kurang kualitas dan komposisi bahan penyusunnya (Hanifah, 2012).

Faktor-faktor yang mempengaruhi penyerapan air batako (Nugraha, 2007), yaitu

:

1. Sifat Material
2. Pemakaian ukuran material
3. Bentuk pori

Menurut SNI 03-0349-1989 daya serap air batako dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Daya Serap} = \frac{(A-B)}{B} \times 100$$

Keterangan :

A = Berat batako dalam keadaan basah (kg)

B = Berat batako dalam keadaan kering oven (kg)

Nilai daya serap air dari setiap batako yang diuji kemudian dihitung nilai rata-ratanya.

2.2.4 Kuat Tekan batako

Pengertian kuat tekan batako pada dasarnya sama dengan kuat tekan beton. Menurut SNI 03-1974-1990 tentang metode pengujian kuat tekan beton, kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan batako (Darmono, 2009), yaitu :

1. Umur Batako

Mutu batako bertambah tinggi dengan bertambahnya umur batako. Oleh karena itu, sebagai standar kekuatan batako dipakai kekuatan pada umur batako 28 hari. Bila karena suatu hal ingin mengetahui kuat tekan batako yang lain dapat dilakukan 3 atau 7 hari.

2. Faktor Air Semen

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dan berat semen dalam campuran adukan. Kekuatan dan kemudahan pengerjaan batako.

3. Ukuran Agregat

Ukuran agregat dapat mempengaruhi kuat tekan batako. Untuk perbandingan bahan-bahan campuran tertentu kuat tekan batako berkurang bila ukuran maksimum bertambah besar dan juga akan menambah kesulitan pengerjaannya.

4. Kepadatan Batako

Dalam pembuatan batako diusahakan campuran dibuat sepadat mungkin. Hal ini memungkinkan untuk menjadikan bahan semakin mengikat keras dengan adanya kepadatan yang lebih, serta untuk membantu merekatnya bahan pembuat batako dengan semen yang dibantu air.

5. Tekstur

Permukaan batako harus mempunyai kerapatan dan kekerasan tekstur yang tahan segala cuaca.

6. Perawatan Batako

Perawatan ini berupa pencegahan atau mengurangi kehilangan/penguapan air dari dalam batako yang ternyata masih diperlukan untuk kelanjutan proses hidrasi. Bila terjadi kekurangan/kehilangan air maka proses hidrasi akan terganggu/terhenti yang akan mengakibatkan terjadi penurunan perkembangan kekuatan batako, terutama penurunan kuat tekan.

7. Reaksi Senyawa Kimia

Hal ini dapat terjadi karena semen sebagai bagian utama pada adukan merupakan material yang terdiri atas bahan-bahan kimia yang memungkinkan untuk bereaksi dengan zat-zat kimia yang lainnya. Jika salah satu atau sebagian senyawa kimia terlalu mendominasi reaksi dapat mempengaruhi nilai kuat tekan batako.

Menurut SNI 03-0349-1989 kuat tekan batako dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kuat Tekan : } \sigma = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

$$\sigma = \text{Kuat tekan (kg/cm}^2\text{)}$$

$$P = \text{Beban tekan maksimum (kg)}$$

$$A = \text{Luas Penampang (cm}^2\text{)}$$

Nilai kuat tekan dari setiap batako yang diuji kemudian dihitung nilai rata-ratanya.

2.3. Penelitian Relevan

Terdapat penelitian yang relevan dengan penelitian ini, di antaranya sebagai berikut :

1. Menurut Penelitian Fuad Hasan (2014), yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Padat PT. Petro Kimia Gresik Untuk Kekuatan Bata Beton yang Menggunakan Agregat Halus Dust”. Variasi penambahan limbah *gypsum* sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen campuran bata beton yang direncanakan, dengan perbandingan berat semen dan agregat halus 1 : 5 dengan fas 0,5. Untuk uji kuat tekan menggunakan cetakan silinder dengan dimensi 15 cm dan tinggi 30 cm direndam selama 28 hari. Hasil dari penelitian ini didapatkan kuat tekan terbesar pada penambahan *gypsum* 15% yaitu sebesar 5,17 MPa.
2. Menurut penelitian Ari Setyo Nugroho (2014), yang berjudul “Tinjauan Kualitas Batako dengan Pemakaian Bahan Tambah Limbah *Gypsum*”. Variasi penambahan limbah *gypsum* sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dari berat adukan batako. Jumlah sampel dari benda uji 5 untuk setiap persentase penambahan dengan faktor air semen 0,45 dan perbandingan berat semen dengan pasir 1 : 5. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa uji kuat tekan pada persentase penambahan limbah *gypsum* 1% menghasilkan kuat tekan optimum sebesar 8,017 MPa sedangkan pada kuat tekan normal sebesar 4,056 MPa.
3. Menurut penelitian Lilik Sri Widodo (2015), yang berjudul “Pengaruh *Foam Agent* dan Serbuk *Gypsum* Terhadap Kualitas Bata Ringan”. Variasi *foam agent*

adalah 0 lt/m³, 0,7 lt/m³, 0,9 lt/m³, dan 1,1 lt/m³ dan 5% serbuk *gypsum* dari volume beton. Setiap variasi benda uji perbandingan berat semen dan agregat halus adalah 1:2 dengan nilai fas 0,3. Untuk pengujian kuat tekan menggunakan cetakan silinder 15 cm dan tinggi 30 cm. Perendaman dilakukan selama 28 hari. Dari hasil penelitian kuat tekan optimum bata ringan dengan kandungan *foam agent* 0,7 lt/m³ dan 5% serbuk *gypsum* sebesar 3,58 MPa.

2.4. Kerangka Berpikir

Batako merupakan suatu jenis bahan bangunan yang digunakan sebagai pemisah yang terbuat dari campuran bahan perekat hidrolis ditambah dengan agregat halus dan air dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya, kemudian dicetak dan dipress. Untuk mengurangi permintaan semen yang terlalu tinggi setiap tahunnya, maka dilakukan upaya penelitian untuk menggantikan sebagian semen.

Hal ini dilakukan dengan cara mengurangi jumlah semen dan mengganti sebagian semen dimana bahan pengganti tersebut mempunyai fungsi yang sama dengan semen, yaitu sebagai pengikat dalam campuran. Salah satu pengganti alternatif semen diduga adalah limbah *gypsum board*.

Limbah *gypsum board* pada penelitian ini digunakan sebagai bahan alternatif pengganti sebagian semen pada batako berlubang. Komposisi kimia serbuk *gypsum* memiliki beberapa kesamaan dengan semen dan unsur yang paling dominan yaitu CaO 45,66 % hasil dari Laboratorium Fire Fakultas Teknik UNJ. Dalam proses semen CaO merupakan oksida terpenting yang merupakan senyawa terbesar yang bereaksi dengan senyawa silikat, aluminat dan besi membentuk senyawa potensial

penyusun senyawa semen. CaO dapat memberikan nilai tambah pada batako, khususnya meningkatkan nilai kuat tekan batako.

Berdasarkan pengamatan yang didasari oleh penelitian-penelitian yang sudah ada, maka perlu diteliti lebih lanjut mengenai pemanfaatan limbah *gypsum board* sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase sebesar 0% sebagai kontrol, 15%, 20%, 25% dan 30% dari berat semen. Pengujian batako berlubang untuk pasangan dinding meliputi pengujian sifat fisik (tampak dan ukuran) dan pengujian sifat mekanis (penyerapan air dan kuat tekan) yang mengacu pada SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.

2.5. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan uraian landasan teori dan kerangka berpikir di atas, diduga ada peningkatan nilai optimum yang dapat mempengaruhi sifat fisik (tampak dan ukuran) dan sifat mekanis (kuat tekan dan penyerapan air) batako berlubang pada persentase pengganti sebagian limbah *gypsum* terhadap berat semen sehingga dapat memenuhi persyaratan mutu batako berlubang kelas II SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa nilai kuat tekan optimum batako berlubang yang menggunakan limbah *gypsum board* sebagai pengganti sebagian semen dengan komposisi 0% sebagai kontrol, 15%, 20%, 25% dan 30% dari berat semen dapat memenuhi SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding ?

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Pembuatan batako berlubang dilakukan di Pabrik Batako Sherlyn Jalan Mustika Sari II, Bekasi. Sedangkan untuk uji kuat tekan dilakukan di Laboratorium Penelitian Uji Bahan Teknik Sipil Universitas Negeri Jakarta yang bertempat di Jalan Rawamangun Muka, Jakarta Timur. Adapun waktu penelitian ini dilaksanakan pada bulan September – Oktober 2017.

3.3. Metode Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, maka metode yang digunakan adalah metode eksperimen di laboratorium dengan uji batako berlubang yang menggunakan limbah *gypsum board* sebagai pengganti sebagian semen dengan komposisi 0% sebagai kontrol, 15%, 20%, 25% dan 30% dari berat semen. Penarikan kesimpulan diambil melalui pendekatan deskriptif.

3.4. Teknik Pengambilan Sampel

3.4.1. Sampel

Sampel yang akan diuji dalam penelitian ini sebanyak 10 buah batako berlubang dari masing-masing persentase.

Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji Batako Berlubang

Macam Pengujian	Ukuran benda Uji (cm)	Presentase serbuk <i>gypsum</i>	Jumlah Benda Uji
Kuat Tekan	10 x 20 x 40	0%	3
		15%	3
		20%	3
		25%	3
		30%	3
Tampak & Ukuran, Daya Serap	10 x 20 x 40	0%	3
		15%	3
		20%	3
		25%	3
		30%	3
Total Benda Uji			30

Dalam penelitian ini ditambahkan sebanyak 1 buah benda uji untuk masing-masing komposisinya, hal ini dilakukan sebagai upaya preventif apabila ada benda uji yang memiliki cacat sehingga total benda uji 40 buah.

3.5 Bahan dan Alat

3.5.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Serbuk *gypsum*

Serbuk *gypsum* yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari limbah *gypsum board* yang terdapat pada toko di pinggir jalan Pondok Gede, Bekasi yang dipecah/ditumbuk sampai dengan lolos ayakan No. 200 (0,75 mm).

2. Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir kali, yaitu pasir yang diperoleh dari daerah Padalarang yang merupakan hasil gigitan batu-batuan yang keras dan tajam dengan ukuran 0,063 mm - 5 mm sehingga merupakan adukan yang baik untuk pekerjaan pasangan yang sudah melalui tahap pemeriksaan berat jenis, kadar lumpur, kadar air, kandungan zat organik, dan analisa saringan agregat halus.

3. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Portland jenis 1 yang digunakan untuk pembuatan batako berlubang.

4. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air PAM yang digunakan di pabrik pembuatan batako berlubang.

3.5.2. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Seperangkat alat pemeriksaan berat jenis pasir.
2. Seperangkat alat pemeriksaaan kadar lumpur pasir.

3. Seperangkat alat pemeriksaan kandungan zat organik pasir.
4. Seperangkat alat pemeriksaan kadar air pasir.
5. Seperangkat alat pemeriksaan analisa saringan pasir.
6. Mesin uji kuat tekan.
7. Mesin pengaduk.
8. Mesin *press*.
9. Caliper/mistar sorong dengan ketelitian 1 mm.
10. Penggaris siku.
11. Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 gram.
12. Timbangan dengan ketelitian 1 gram.
13. Bejana.
14. Ember.
15. Oven.

3.6. Prosedur Penelitian

Prosedur dalam penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

3.6.1. Persiapan Bahan Baku

Proses untuk menyiapkan bahan baku pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan bahan substitusi

Bahan substitusi pada penelitian ini berupa limbah *gypsum board* yang terlebih dahulu dibersihkan dan dijauhkan dari kotoran dan dipecah/ditumbuk, lalu diayak hingga lolos saringan No. 200 (0,75 mm).

2. Pemeriksaan Pasir

Dilakukan beberapa pengujian terhadap pasir, antara lain :

- a. Pengujian kadar lumpur pasir
- b. Pemeriksaan kandungan zat organik pasir
- c. Pengujian kadar air pasir
- d. Pemeriksaan berat jenis pasir
- e. Pengujian analisa saringan pasir

3.6.2. Proses Pembuatan Batako Berlubang

Pembuatan batako berlubang dilakukan di Pabrik Batako Sherlyn yang terletak di Jalan Mustika Sari II, Bekasi dengan menggunakan mesin *press*. Langkah-langkah dalam pembuatan batako berlubang adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan semua bahan dan peralatan yang diperlukan seperti : pasir, semen, air, serbuk *gypsum*, timbangan, bejana, mesin pengaduk dan mesin *press*.
2. Timbang masing-masing bahan seperti semen, pasir, serbuk *gypsum*, dan air yang akan digunakan.
3. Pembuatan mortar, yaitu dengan mencampurkan semen, pasir, air, dan serbuk *gypsum* menggunakan mesin pengaduk.
4. Tambahkan air sesuai nilai faktor air semen hingga adukan homogen.
5. Oleskan cetakan batako dengan minyak.
6. Masukkan adonan batako ke dalam mesin *press* hingga cetakan terisi penuh kemudian ratakan permukaan cetakan.
7. Setelah padat adonan tersebut dipress.

8. Kemudian cetakan dilepas dan benda uji diletakkan di tempat yang terlindung dari sinar matahari langsung.
9. Didiamkan selama 24 jam dalam proses pengeringan di tempat penyimpanan.
10. Batako direndam selama 28 hari.
11. Ulangi langkah di atas dengan persentase serbuk *gypsum* yang berbeda.

3.6.3. Pengujian Batako Berlubang

Pada penelitian ini dilakukan pengujian tampak dan ukuran, daya serap air dan kuat tekan di Laboratorium Penelitian Uji Bahan Teknik Sipil Universitas Negeri Jakarta. Dengan jumlah sampel sebanyak 3 buah batako berlubang dari masing-masing persentase untuk pengujian tampak dan ukuran, daya serap air, dan kuat tekan. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengujian sampel :

3.6.3.1. Pengujian Tampak dan Ukuran

Dalam pengujian tampak dan ukuran dibuat 3 buah batako berlubang untuk tiap komposisinya. Sebagai alat pengukur dipakai penggaris siku, timbangan dan jangka sorong yang dapat mengukur hingga ketelitian 1 mm. Untuk setiap pengukuran panjang, lebar dan tebal dilakukan di tiga tempat yang berbeda lalu dihitung rata-ratanya.

3.6.3.2. Pengujian Daya Serap Air

Dalam pengujian daya serap air ini digunakan 3 buah batako berlubang untuk tiap komposisinya. Pengujian penyerapan air ini adalah untuk mengetahui kemampuan batako menyerap air setelah dilakukan perendaman selama 24 jam. Prosedur pelaksanaan uji penyerapan air menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding adalah sebagai berikut:

- a. Benda uji direndam dalam air selama 24 jam.
- b. Benda uji diangkat dari rendaman dan air sisanya dibiarkan meniris kurang lebih 1 menit.
- c. Permukaan bidang benda uji dilap dengan kain lembab, agar air yang masih melekat di bidang permukaan benda uji terserap kain lembab itu.
- d. Benda uji kemudian ditimbang (A).
- e. Setelah itu, benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu 105° C sampai beratnya 2 kali, penimbangan berselisih tidak lebih dari 0,2 % dari penimbangan sebelumnya (B).
- f. Selisih penimbangan dalam keadaan basah (A) dan keadaan kering (B) adalah jumlah penyerapan air dan harus dihitung berdasarkan persen berat benda uji kering.

Penyerapan air dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{(A-B)}{B} \times 100$$

Keterangan :

A = Berat batako dalam keadaan basah (kg)

B = Berat batako dalam keadaan kering oven (kg)

Nilai penyerapan air dari setiap batako berlubang yang diuji kemudian dihitung nilai rata-ratanya.

3.6.3.3. Pengujian Kuat Tekan

Untuk pengujian kuat tekan dipakai 3 buah benda uji. Prosedur pengujian kuat tekan batako berlubang melalui tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Meratakan Bidang Tekan

Sebelum pengujian kuat tekan, bidang tekan batako diratakan terlebih dahulu. Bidang tekan benda uji (2 bagian) diratakan dengan besi yang telah dibuat sedemikian rupa sehingga terdapat bidang yang sejajar dan rata satu dengan yang lainnya. Tebal lapisan perata kurang lebih 3 mm lalu dikeringkan selama 1 hari.

2. Penentuan Kuat Tekan

Kuat tekan dilakukan apabila pengerasan lapisan perata minimal telah berumur 1 hari. Benda uji yang telah siap, diletakkan pada mesin tekan yang dapat diatur kecepatan penekanannya. Pastikan jarum pembaca nilai kuat tekan pada posisi nol, kemudian benda uji ditekan hingga jarum warna merah berhenti.

Kuat tekan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kuat Tekan} : \sigma = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

$$\sigma = \text{Kuat tekan (kg/cm}^2\text{)}$$

$$P = \text{Beban tekan maksimum (kg)}$$

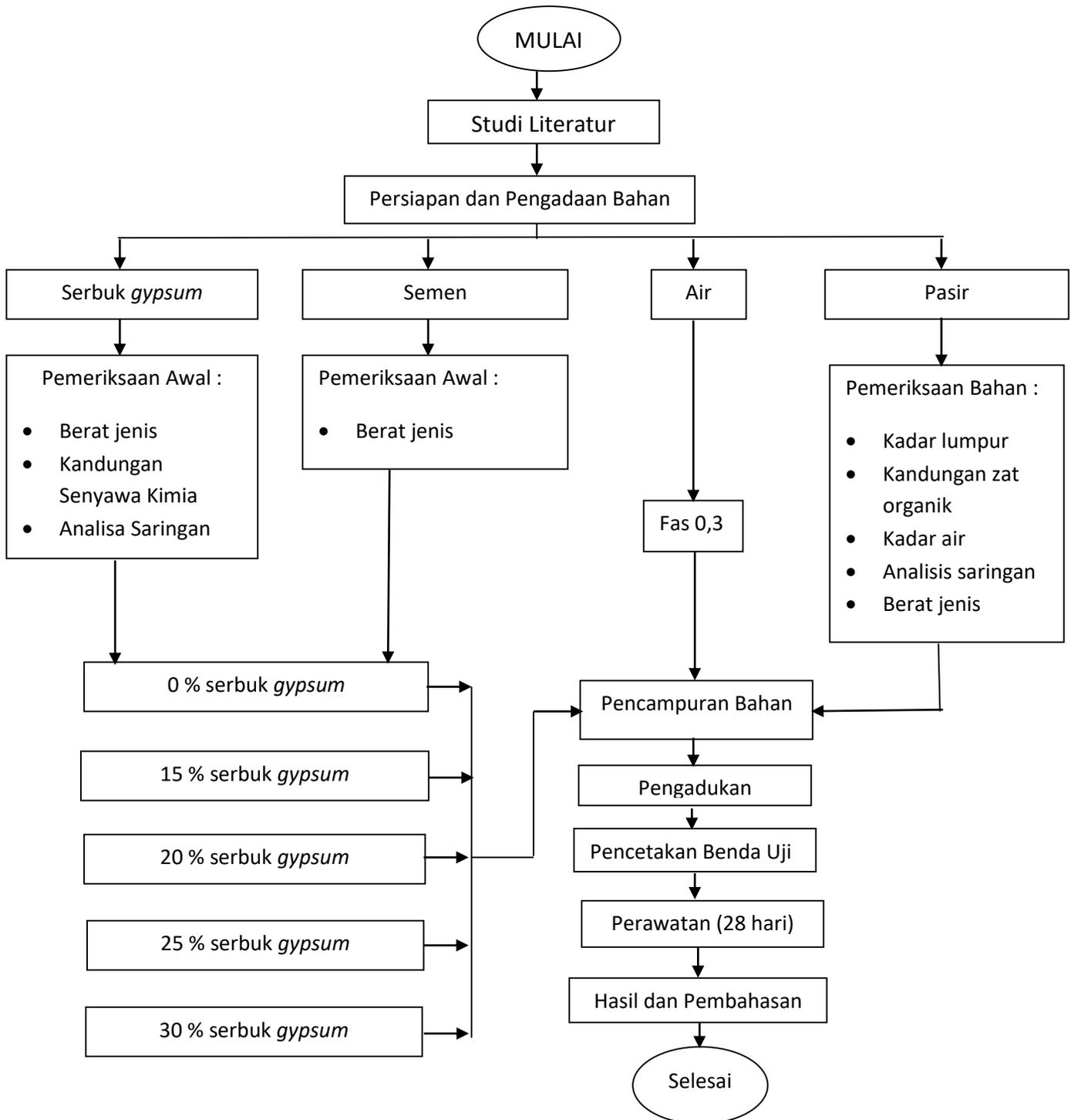
$$A = \text{Luas Penampang (cm}^2\text{)}$$

Nilai kuat tekan dari setiap batako berlubang yang diuji kemudian dihitung nilai rata-ratanya.

3.7. Teknik Analisis Data

Untuk menganalisis hasil penelitian ini digunakan uji secara deskriptif dengan menggunakan grafik dan tabel dalam software Microsoft Excel.

3.8. Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Bahan

4.1.1 Agregat Halus (Pasir)

Pasir yang digunakan adalah pasir kali yang berasal dari daerah Padalarang. Penelitian pasir ini dilakukan di Laboratorium Praktek Uji Bahan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Berikut data hasil uji pengujian pasir dan data hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1-5 hal 69-78.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Pasir

No	Macam-macam Pengujian	Standar Pengujian	Hasil
1.	Kadar Air Pasir	SNI 03-1971-1990	6,28 %
2.	Kadar Lumpur Pasir	SNI 03-1776-1990	3,24 %
3.	Kehalusan Butir Pasir	SNI 03-2834-2000	4,152
4.	Zat Organik Pasir	SNI 03-1766-1990	Tidak Ada
5.	Berat Jenis Pasir	SNI 03-1970-2000	3,12 gr/ml
6.	Penyerapan Air	SNI 03-1970-2000	5,58%

4.1.2. Semen Portland

Semen yang digunakan adalah semen portland jenis I pada pabrik pembuatan batako berlubang yang berasal dari daerah Bogor. Penelitian semen ini dilakukan di Laboratorium Praktek Uji Bahan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Berikut data hasil uji pengujian semen dan data hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 6 hal 79.

Tabel 4.2 Hasil Pegujian Semen

Jenis Pengujian	Batas Standar Maksimal	Hasil
Berat Jenis	3,00-3,20 t/m ³	3,05 gr/ml

4.1.3 Serbuk *Gypsum*

Serbuk *gypsum* yang digunakan dalam penelitian ini sebagai pengganti sebagian semen untuk pembuatan batako berlubang, diperoleh dari limbah *gypsum board* yang dipecah/ditumbuk dengan lolos saringan No. 200 (0,75 mm) dari daerah Pondok Gede, Bekasi. Pengujian berat jenis serbuk *gypsum* ini dilakukan di Laboratorium Praktek Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta dan untuk pengujian kandungan senyawa kimia serbuk *gypsum* ini dilakukan di Laboratorium Uji Penelitian Fire Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Berikut data hasil uji pengujian serbuk *gypsum* dan data hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 7-9 hal 80-83.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Serbuk *Gypsum*

Jenis Pengujian	Hasil
Berat Jenis	2,35 gr/ml

No	Kandungan Senyawa Kimia	
	Senyawa	Kandungan
1	SiO ₃	18,48 %
2	CaO	45,66 %
3	Bi ₂ O ₃	35,86 %

4.1.4 Hasil Perhitungan Kebutuhan Bahan

Berikut data hasil perhitungan kebutuhan bahan dan data hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 10 hal 84-86.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Kebutuhan Bahan

Komposisi (%)	Berat Semen Per 8 Benda Uji (kg)			
	Semen	Pasir	Serbuk <i>Gypsum</i>	Air
1PC : 5PS : 0% SG	34,4 kg	104 kg	-	10,32 kg
1PC : 5PS : 15% SG	29,24 kg	104 kg	5,16 kg	10,32 kg

1PC : 5PS : 20% SG	27,52 kg	104 kg	6,88 kg	10,32 kg
1PC : 5PS : 25% SG	25,8 kg	104 kg	8,6 kg	10,32 kg
1PC : 5PS : 30% SG	24,08 kg	104 kg	10,32 kg	10,32 kg

Total keseluruhan untuk kebutuhan bahan batako berlubang sebanyak 40 buah adalah sebagai berikut :

1. Semen = 141,04 kg
2. Pasir = 520 kg
3. Serbuk *Gypsum* = 30,96 kg
4. Air = 51,6 kg

4.2 Deskripsi Data

Penelitian batako berlubang ini menggunakan serbuk *gypsum* sebagai pengganti sebagian semen terhadap berat semen. Pembuatan benda uji dibagi menjadi 5 kelompok, kelompok I adalah batako berlubang yang tidak menggunakan serbuk *gypsum* sebagai pengganti sebagian semen. Setelah itu, kelompok II, III, IV, dan V adalah batako berlubang yang menggunakan serbuk *gypsum* sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase 15%, 20%, 25%, dan 30% dari berat semen. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji diberi tanda untuk membedakan persentase penggunaan serbuk *gypsum*.

Kemudian dilakukan penilaian benda uji terhadap sifat tampak, ukuran, daya serap air dan kuat tekan. Berikut ini hasil penelitian dan selengkapnya terdapat pada lampiran.

4.3 Hasil Pengujian

Pengujian pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat fisis (tampak dan ukuran) dan sifat mekanis (daya serap air dan kuat tekan).

4.3.1 Pengujian Sifat Tampak Batako Berlubang

Menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, pengujian sifat tampak pada batako berlubang harus memenuhi persyaratan antara lain bidang permukaan batako berlubang tidak boleh cacat, rusuk-rusuknya siku satu terhadap yang lain dan sudut rusuk tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari tangan.

Berikut data hasil pengujian sifat tampak batako berlubang :

1. Pemeriksaan Cacat dan Retak Permukaan Batako Berlubang

Tabel 4.5 Hasil Pemeriksaan Cacat dan Retak Permukaan Rata-rata Batako Berlubang

Komposisi	No Benda Uji			Keterangan
	1	2	3	
0 %	✓	✓	✓	Tidak Cacat
15 %	✓	×	✓	Tidak Cacat
20 %	✓	✓	✓	Tidak Cacat
25 %	✓	✓	✓	Tidak Cacat

30%	✓	✓	✓	Tidak Cacat
Rata-rata				Tidak Cacat



Gambar 4.1 Cacat dan Retak Permukaan Batako

2. Pemeriksaan Tiap Rusuk Siku Batako Berlubang dengan Menggunakan Penggaris Siku

Tabel 4.6 Hasil Pemeriksaan Tiap Rusuk Siku Rata-rata Batako Berlubang

Komposisi	No Benda Uji			Keterangan
	1	2	3	
0 %	✓	✓	✓	Siku
15 %	✓	✓	✓	Siku
20 %	✓	✓	×	Siku
25 %	✓	✓	✓	Siku

30%	×	✓	✓	Siku
Rata-rata				Siku



Gambar 4.2 Rusuk Tidak Siku Batako

3. Pemeriksaan Sudut Batako Berlubang Tidak Mudah Dirapihkan dengan Menggunakan Tangan

Tabel 4.7 Hasil Pemeriksaan Sudut Rata-rata Batako Berlubang Tidak Mudah Dirapihkan Tangan

Komposisi	No Benda Uji			Keterangan
	1	2	3	
0 %	✓	✓	✓	Tidak Mudah Dirapihkan
15 %	×	✓	✓	Tidak Mudah Dirapihkan
20 %	✓	✓	✓	Tidak Mudah Dirapihkan
25 %	✓	✓	✓	Tidak Mudah Dirapihkan

30%	✓	✓	✓	Tidak Mudah Dirapihkan
Rata-rata				Tidak Mudah Dirapihkan



Gambar 4.3 Sudut Mudah Dirapihkan Tangan Batako

4.3.2 Pengujian Ukuran dan Berat Batako Berlubang

Untuk pengujian ukuran dipakai 3 buah batako berlubang untuk tiap komposisinya. Sebagai alat pengukur dipakai penggaris siku dan jangka sorong. Setiap pengukuran panjang, lebar dan tebal dilakukan di 3 tempat yang berbeda. Sedangkan untuk pengujian berat batako berlubang menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,1 g.



**Gambar 4.4 Pengukuran Tebal (Kiri), Pengukuran Lebar (Tengah),
Pengukuran Panjang (Kanan)**

Berikut data hasil pengujian ukuran rata-rata batako berlubang dan data hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 12 hal 94-95.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Ukuran Rata-rata Batako Berlubang

Komposisi	Dimensi Ukuran	Ukuran Batako Berlubang			
		Panjang	Lebar	Tebal	Toleransi
0 %	40 x 20 x 10 cm	40,17 cm	20,24 cm	10,27 cm	± 2 cm
15 %		40,16 cm	20,29 cm	10,27 cm	
20 %		40,18 cm	20,27 cm	10,28 cm	
25 %		40,17 cm	20,27 cm	10,26 cm	
30 %		40,20 cm	20,24 cm	10,25 cm	

Berikut data hasil pengujian berat rata-rata batako berlubang dan data hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 13 hal 96.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Berat Batako Berlubang

Komposisi	Berat
0 %	5387,4 g
0 %	5351,3 g
0 %	5398,2 g

Rata-rata	5378,9 g
15 %	5464,7 g
15 %	5433,5 g
15 %	5462,6 g
Rata-rata	5453,6 g
20 %	5391,3 g
20 %	5424,1 g
20 %	5437,6 g
Rata-rata	5417,6 g
25 %	5523,9 g
25 %	5529,5 g
25 %	5537,4 g
Rata-rata	5530,2 g
30 %	5538,8 g
30 %	5486,2 g
30 %	5496,9 g
Rata-rata	5507,3 g

4.3.3 Pengujian Daya Serap Air Batako Berlubang

Untuk pengujian daya serap air digunakan 3 buah batako berlubang untuk tiap komposisinya. Batako berlubang yang telah melewati tahap perawatan ditiriskan dalam waktu 1 menit, lalu permukaan batako berlubang dilap dengan kain lembab, agar air yang masih melekat di bidang permukaan terserap ke kain lembab itu. Batako berlubang ditimbang dalam keadaan basah. Setelah itu, batako dikeringkan dalam oven 105° C selama 1 hari, kemudian batako ditimbang kembali dalam keadaan kering. Nilai daya serap air batako berlubang yang diuji kemudian dihitung nilai rata-ratanya.



Gambar 4.5 Perendaman Batako (Kiri) dan Pengovenan Batako (Kanan)

Berikut data hasil pengujian daya serap air rata-rata batako berlubang dan data hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 14 hal 97-98.

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Daya Serap Air Rata-rata Batako Berlubang

Sampel	Komposisi				
	0 %	15 %	20 %	25 %	30 %

1	3,32 %	3,11 %	2,96 %	2,71 %	3,01 %
2	3,17 %	3,17 %	3,08 %	2,79 %	3,14 %
3	3,19 %	3,28 %	3,12 %	2,74 %	3,25 %
Rata-rata	3,22 %	3,18 %	3,05 %	2,74 %	3,13 %

4.3.4 Pengujian Kuat Tekan Batako Berlubang

Pengujian kuat tekan batako berlubang dilakukan pada umur 28 hari terhadap batako kontrol dan dengan penggunaan serbuk *gypsum* sebesar 15%, 20%, 25% dan 30%. Pengujian ini berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.



Gambar 4.6 Capping Batako (Kiri) dan Uji Kuat Tekan Batako (Kanan)

Berikut data pengujian kuat tekan rata-rata batako berlubang dan data hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 15 hal 99-101.

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-rata Batako Berlubang

Sampel	Komposisi				
	0 %	15 %	20 %	25 %	30 %
1	53,4 kg/cm ²	54,01 kg/cm ²	55,41 kg/cm ²	57,54 kg/cm ²	55,58 kg/cm ²
2	52,34 kg/cm ²	54,51 kg/cm ²	55,02 kg/cm ²	56,81 kg/cm ²	54,8 kg/cm ²
3	52,43 kg/cm ²	52,98 kg/cm ²	55,53 kg/cm ²	57,53 kg/cm ²	55,42 kg/cm ²
Rata-rata	52,72 kg/cm²	53,83 kg/cm²	55,22 kg/cm²	57,29 kg/cm²	55,26 kg/cm²

4.4 Pembahasan Hasil Penelitian

Dari sampel yang telah diuji tersebut, hasil penelitian sifat fisik (tampak dan ukuran) dan sifat mekanis (daya serap air dan kuat tekan) dapat dijelaskan sebagai berikut :

4.4.1 Pengujian Sifat Tampak Batako Berlubang

Menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, pengujian sifat tampak pada batako berlubang harus memenuhi persyaratan antara lain bidang permukaan batako berlubang tidak boleh cacat, rusuk-rusuknya siku satu terhadap yang lain dan sudut rusuk tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari tangan.

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Sifat Tampak Rata-rata Batako Berlubang

Jenis Pengujian	Kelompok Benda Uji				
	0%	15%	20%	25%	30%
Bidang Permukaan Tidak Boleh Cacat	Tidak Cacat	Tidak Cacat	Tidak Cacat	Tidak Cacat	Tidak Cacat
Rusuk-rusuk Siku Satu Terhadap yang Lain	Siku	Siku	Siku	Siku	Siku
Sudut Rusuk Tidak Mudah Dirapihkan dengan Kekuatan Jari Tangan	Tidak Mudah	Tidak Mudah	Tidak Mudah	Tidak Mudah	Tidak Mudah

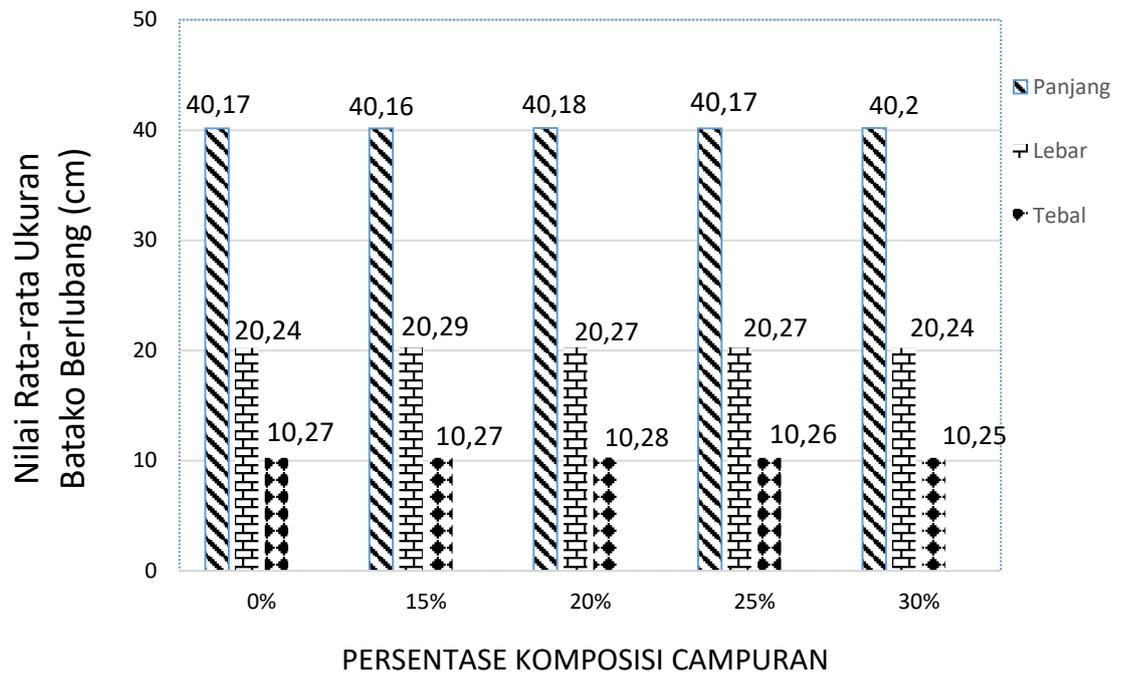
Pada pemeriksaan bidang permukaan tidak boleh cacat, benda uji dinyatakan lolos uji. Walaupun, ada beberapa sampel yang permukaannya terdapat retak pada salah satu bidang, tetapi masih memenuhi persyaratan kelulusan pengujian sifat tampak karena telah memenuhi lebih dari 60 % kriteria permukaan bidang benda uji tidak boleh cacat berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding. Rata-rata rusuk kelompok benda uji siku satu terhadap yang lain dan sudut rusuknya tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari tangan. Walaupun, masih ada beberapa sampel yang pada salah satu bagiannya tidak siku

terhadap yang lain. Namun, masih memenuhi persyaratan kelulusan pengujian sifat tampak.

Dari ketiga pemeriksaan sifat tampak pada benda uji, maka dapat disimpulkan benda uji dengan penggunaan serbuk *gypsum* sebagai pengganti sebagian semen sebesar 0% sebagai kontrol, 15%, 20%, 25% dan 30% dinyatakan lulus uji. Rata-rata permukaan bidangnya tidak cacat, rusuk-rusuknya siku dengan yang lain dan sudut rusuknya tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari tangan. Penggunaan serbuk *gypsum* sebagai pengganti sebagian semen pada batako berlubang tidak berpengaruh besar terhadap sifat tampaknya.

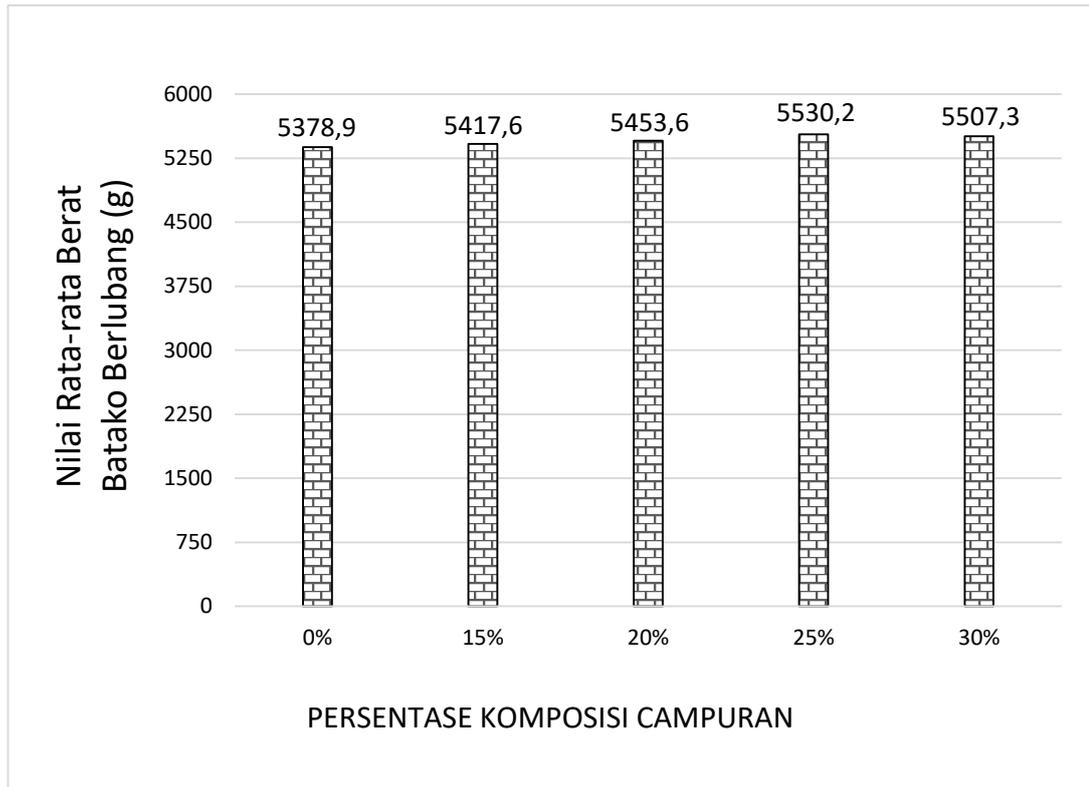
4.4.2 Pengujian Ukuran dan Berat Batako Berlubang

Berdasarkan hasil pengujian ukuran pada Tabel 4.8 maka dapat disimpulkan ukuran batako berlubang (panjang, lebar dan tebal) dengan penggunaan serbuk *gypsum* sebagai pengganti sebagian semen dengan komposisi 0% sebagai kontrol, 15%, 20%, 25% dan 30% sesuai dengan ukuran 40 x 20 x 10 cm dan toleransi sebesar ± 2 cm untuk setiap pengukuran panjang, lebar dan tebal di tiga tempat yang berbeda dapat memenuhi persyaratan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.



Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian Ukuran Rata-rata Batako Berlubang

Berdasarkan grafik hasil pengujian ukuran rata-rata batako berlubang ada penambahan sedikit ukuran panjang, lebar dan tebal dari ukuran cetakan karena dari ukuran presisi cetakan pabrik yang sering digunakan sehingga ada sedikit perubahan dan faktor pemindahan benda uji dari pabrik ke rumah, lalu rumah ke laboratorium untuk dilakukan pengujian. Selain itu, juga dari perawatan dan penempatan selama 28 hari.



Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian Berat Rata-rata Batako Berlubang

Bila dilihat dari gambar grafik di atas berat batako berlubang dari 0% hingga 15% mengalami kenaikan dengan nilai berat rata-rata sebesar 38,7 g, pada komposisi campuran 15% hingga 20% mengalami kenaikan dengan nilai berat rata-rata sebesar 36 g, pada komposisi campuran 20% hingga 25% mengalami kenaikan dengan nilai berat rata-rata sebesar 76,6 g dan pada komposisi campuran 25% hingga 30% mengalami penurunan dengan nilai berat rata-rata sebesar 22,9 g.

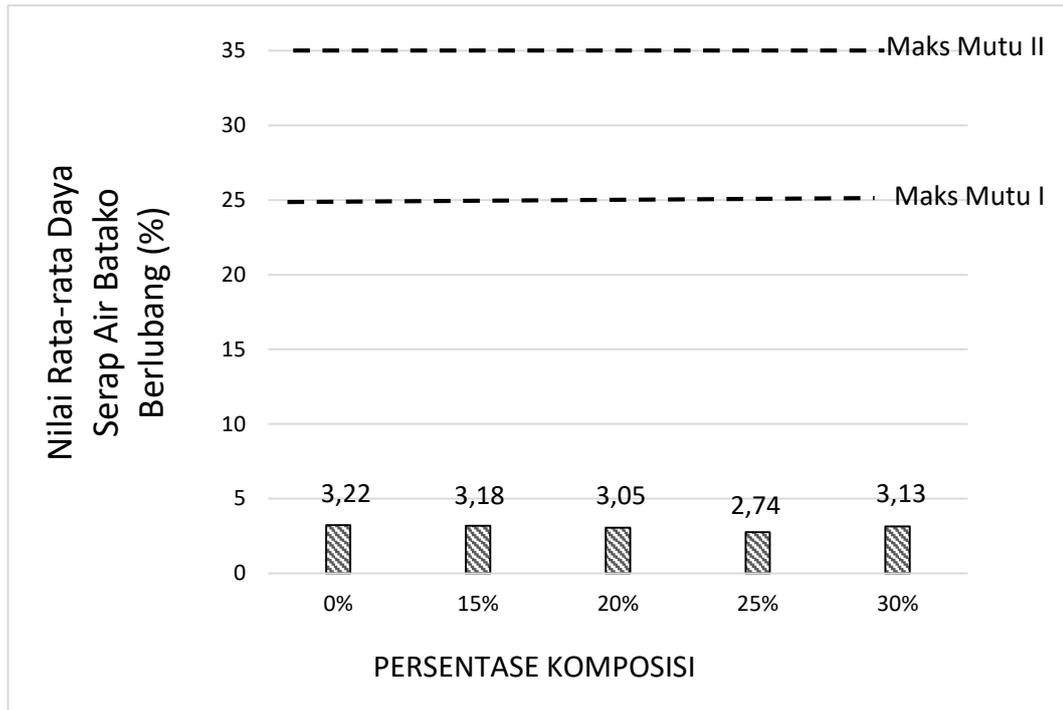
Terjadi Penurunan ini disebabkan karena adanya banyak pori atau rongga udara yang terdapat pada benda uji. Selain itu, semakin banyaknya campuran akan menurunkan nilai berat rata-rata benda uji, karena pada saat pengadukan di mesin *mixer* campuran untuk benda uji tersebut terlalu kental dikarenakan nilai faktor air semen 0,3 yang membuat adukan batako berlubang di *mixer* agak sedikit sulit untuk

dipadatkan di mesin hidrolik. Saat penekanan di mesin hidrolik kurang maksimal yang mengakibatkan kualitas benda uji menjadi rendah pada persentase komposisi campuran serbuk *gypsum* 30%.

4.4.3 Pengujian Daya Serap Air Batako Berlubang

Menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, nilai penyerapan air batako berlubang maksimum adalah 25% (kelas mutu I) dan 35% (kelas mutu II). Berdasarkan hasil pengujian daya serap air batako berlubang dari setiap komposisi termasuk ke dalam kategori kelas mutu I (kurang dari 25%), karena nilai rata-rata daya serap air batako berlubang berturut-turut 3,22%, 3,18%, 3,05%, 2,74%, dan 3,13%.

Hal yang memengaruhi besar kecilnya nilai daya serap air batako berlubang adalah adanya pori atau rongga udara yang terdapat pada batako berlubang tersebut. Semakin sedikit pori atau rongga udara yang terdapat pada batako berlubang maka semakin kecil nilai daya serap air batako berlubang yang terjadi. Hasil pengujian daya serap air dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



Gambar 4.9 Grafik Hasil Pengujian Daya Serap Air Rata-rata Batako Berlubang

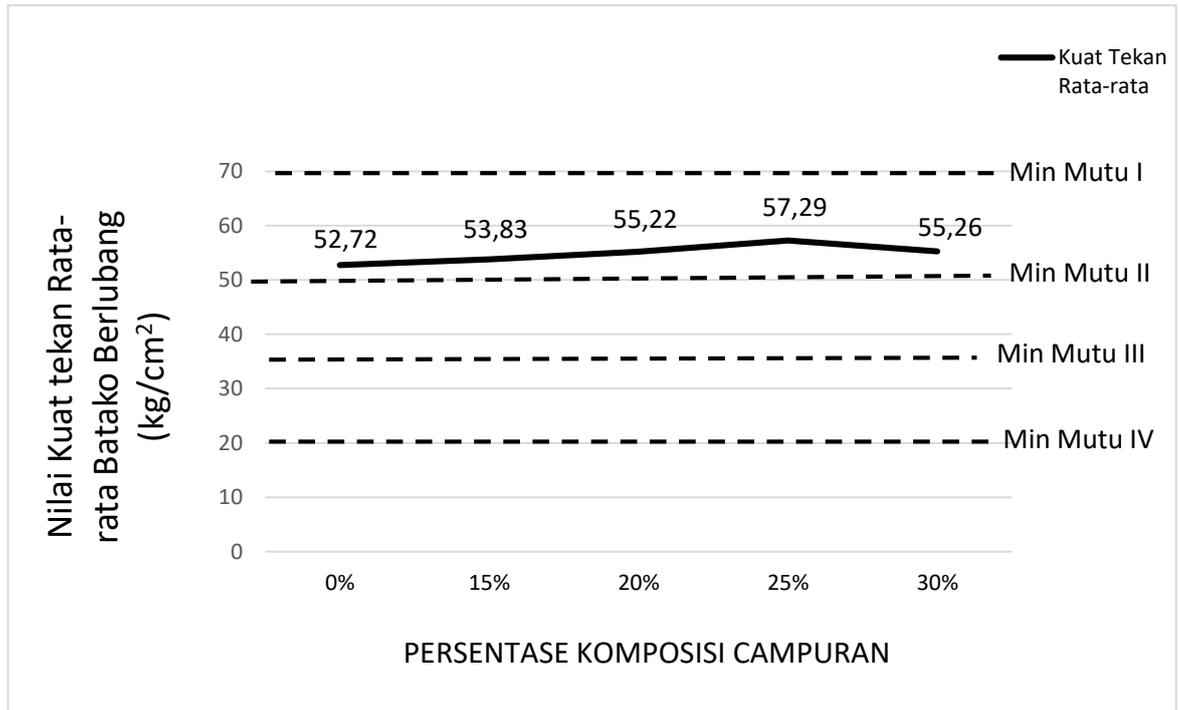
Pada grafik terdapat penurunan dan kenaikan nilai rata-rata daya serap air pada setiap persentase komposisi pengganti sebagian semen dengan serbuk *gypsum* yang jumlahnya terlalu sedikit atau terlalu banyak. Daya serap air pada persentase 0% sebagai kontrol memiliki nilai rata-rata sebesar 3,22%. Daya serap air pada persentase 15% memiliki nilai rata-rata sebesar 3,18% yang mengalami penurunan nilai rata-rata daya serap air dari persentase 0% sebesar 0,04% sehingga sebenarnya membuat daya serap air mengalami peningkatan kualitas namun tetap pada mutu kelas yang sama. Daya serap air pada persentase 20% memiliki nilai rata-rata sebesar 3,05% yang mengalami penurunan nilai rata-rata daya serap air dari persentase 15% sebesar 0,13% sehingga sebenarnya membuat nilai daya serap air mengalami peningkatan kualitas namun tetap pada mutu kelas yang sama. Daya serap air pada persentase 25% memiliki nilai rata-rata sebesar 2,74% yang

mengalami penurunan nilai rata-rata daya serap air dari persentase 20% sebesar 0,31% sehingga sebenarnya membuat nilai daya serap air mengalami peningkatan kualitas namun tetap pada mutu kelas yang sama. Daya serap air pada persentase 30% memiliki nilai rata-rata sebesar 3,13% yang mengalami kenaikan nilai rata-rata daya serap air dari persentase 25% sebesar 0,39% sehingga sebenarnya membuat nilai daya serap air mengalami penurunan kualitas namun tetap pada mutu kelas yang sama.

Dari data di atas, peran serbuk gypsum sebagai pengganti sebagian semen yang berfungsi sebagai pengisi pori jika jumlahnya terlalu banyak ikut membantu menyerap air bersama dengan pasir yang terdapat pada batako. Untuk nilai rata-rata daya serap air paling baik terdapat pada persentase serbuk *gypsum* 25%.

4.4.4 Pengujian Kuat Tekan Batako Berlubang

Hasil pengujian kuat tekan batako berlubang dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



Gambar 4.10 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-rata Batako Berlubang

Di dalam persyaratan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, kuat tekan rata-rata minimum batako berlubang untuk tingkat mutu kelas II sebesar 50 kg/cm². Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan rata-rata batako berlubang disimpulkan bahwa semua sampel benda uji dapat memenuhi persyaratan untuk mutu kelas II. Kuat tekan rata-rata batako berlubang normal tanpa serbuk *gypsum* sebagai pengganti sebagian semen dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 52,72 kg/cm², kuat tekan batako berlubang dengan menggunakan serbuk *gypsum* sebanyak 15% sebagai pengganti sebagian semen dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 53,83 kg/cm², kuat tekan rata-rata batako berlubang dengan menggunakan serbuk *gypsum* sebanyak 20% sebagai pengganti sebagian semen dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 55,22 kg/cm², kuat tekan rata-rata batako berlubang dengan menggunakan serbuk *gypsum* sebanyak 25% sebagai pengganti sebagian semen

dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar $57,29 \text{ kg/cm}^2$, dan kuat tekan rata-rata batako berlubang dengan menggunakan serbuk *gypsum* sebanyak 30% sebagai pengganti sebagian semen dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar $55,26 \text{ kg/cm}^2$.

Nilai kuat tekan benda uji batako berlubang terus mengalami kenaikan, untuk hasil kuat tekan 0% - 15% mengalami kenaikan nilai kuat tekan sebesar $1,11 \text{ kg/cm}^2$, untuk hasil kuat tekan 15% - 20% mengalami kenaikan nilai kuat tekan sebesar $1,39 \text{ kg/cm}^2$, untuk hasil kuat tekan 20% - 25% mengalami kenaikan nilai kuat tekan sebesar $2,07 \text{ kg/cm}^2$, tetapi untuk hasil kuat tekan 25% - 30% mengalami penurunan nilai kuat tekan sebesar $2,03 \text{ kg/cm}^2$.

Persentase komposisi serbuk *gypsum* mempengaruhi kenaikan dan penurunan nilai kuat tekan benda uji batako berlubang tersebut. Hal ini disebabkan karena berkurangnya jumlah semen yang digunakan dengan jumlah pasir yang sama. Senyawa kimia yang terdapat pada serbuk *gypsum*, yaitu SiO_3 18,48%, CaO 45,66%, Bi_2O_3 35,86% bereaksi dengan baik dengan senyawa kimia pada semen Portland jenis I, yaitu C_3S 51%, C_2S 24%, C_3A 6%, C_4AF 11%, MgO 2,9% dan SO_3 2,5% sehingga benda uji mengalami kenaikan nilai kuat tekan dan penurunan nilai kuat tekan akibat semakin bertambahnya jumlah kandungan senyawa CaO pada serbuk *gypsum* yang terlalu mendominasi reaksi senyawa kimia yang terdapat pada adukan yang merusak komposisi bahan penyusunnya sehingga kemampuan semen mengikat bahan material lain semakin sulit.

4.4.5 Analisis Data Keseluruhan

Hasil data pengujian keseluruhan benda uji batako berlubang untuk pasangan dinding dengan serbuk *gypsum* sebagai pengganti sebagian semen yang meliputi

pengujian sifat fisik (tampak dan ukuran) dan sifat mekanis (kuat tekan dan daya serap air) dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

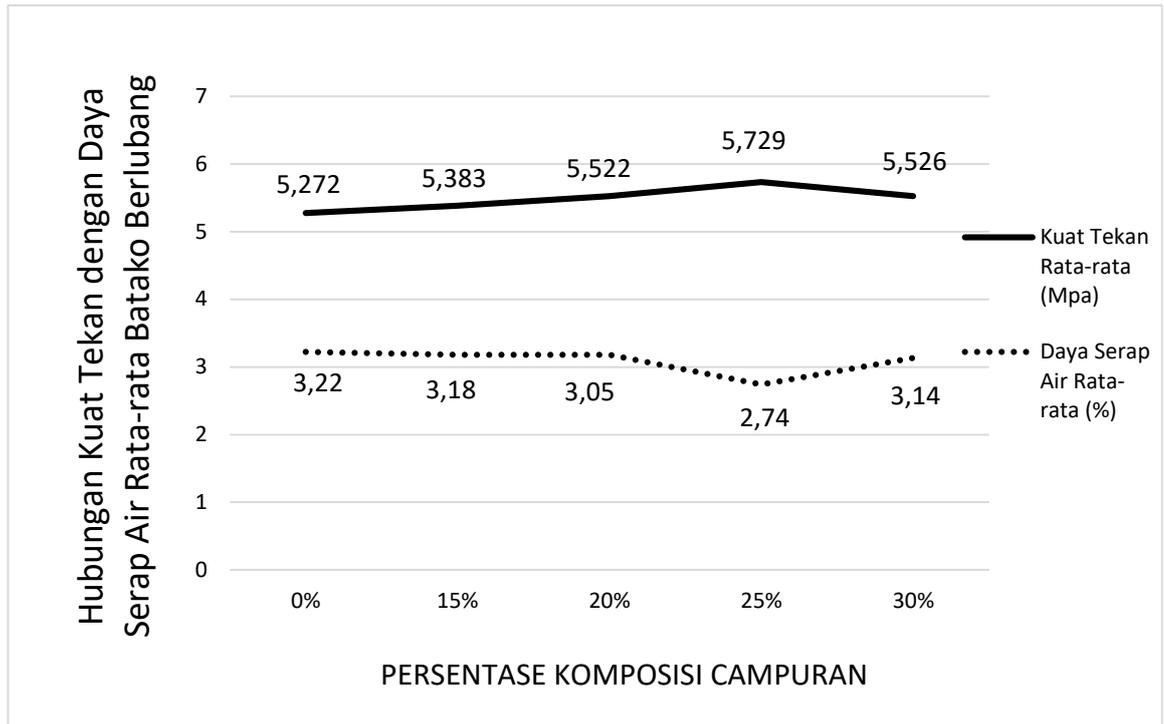
Tabel 4.13 Keseluruhan Hasil Pengujian Batako Berlubang Berdasarkan SNI 03-0349-1989

Komposisi	Sifat tampak	Ukuran	Kuat Tekan	Daya Serap Air
0 %	✓	✓	Mutu II	Mutu I
15 %	✓	✓	Mutu II	Mutu I
20 %	✓	✓	Mutu II	Mutu I
25 %	✓	✓	Mutu II	Mutu I
30 %	✓	✓	Mutu II	Mutu I

*✓ : memenuhi persyaratan SNI 03-0349-1989

Berdasarkan Tabel 4.12 di atas dapat disimpulkan bahwa untuk semua komposisi benda uji batako berlubang dapat memenuhi persyaratan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.

Hasil hubungan kuat tekan dengan daya serap air rata-rata batako berlubang dapat dilihat pada grafik berikut ini :



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Daya Serap Air Rata-rata Batako Berlubang

Dari grafik di atas, hubungan kuat tekan dengan daya serap air rata-rata batako berlubang diketahui semakin tinggi persentase serbuk *gypsum* sebagai pengganti sebagian semen, semakin tinggi pula nilai hasil kuat tekan sehingga nilai daya serap air rendah. Terjadinya penurunan nilai hasil daya serap air maka terjadi peningkatan nilai hasil kuat tekan. Hal ini saling berhubungan karena nilai daya serap air yang kecil membuat batako menjadi kedap air. Batako yang kedap air artinya batako tersebut tidak memiliki atau hanya kecil rongga udara/pori-pori sehingga sifat fisiknya semakin keras dan kokoh. Naiknya kuat tekan karena dipengaruhi juga oleh zat CaO (kapur) sebesar 45,66 % yang merupakan senyawa terbesar dalam serbuk *gypsum* yang akan bereaksi dengan senyawa aluminat, besi dan silikat membentuk senyawa potensial penyusun semen.

Benda uji batako berlubang dengan substitusi serbuk *gypsum* sebesar 0% memiliki nilai kuat tekan $52,72 \text{ kg/cm}^2$ dan nilai daya serap air 3,22%, batako berlubang dengan substitusi serbuk *gypsum* sebesar 15% memiliki nilai kuat tekan $53,83 \text{ kg/cm}^2$ dan nilai daya serap air 3,18%, batako berlubang dengan substitusi serbuk *gypsum* sebesar 20% memiliki nilai kuat tekan $55,22 \text{ kg/cm}^2$ dan nilai daya serap air 3,05%, batako berlubang dengan substitusi serbuk *gypsum* sebesar 25% memiliki nilai kuat tekan $57,29 \text{ kg/cm}^2$ dan nilai daya serap air 2,74%, batako berlubang dengan substitusi serbuk *gypsum* sebesar 30% memiliki nilai kuat tekan $55,26 \text{ kg/cm}^2$ dan nilai daya serap air 3,13%, untuk hasil kuat tekan masuk ke dalam kategori mutu kelas II dengan nilai kuat tekan rata-rata di atas 50 kg/cm^2 dan untuk daya serap air masuk ke dalam kategori mutu kelas I karena nilai daya serap air di bawah 25 % berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.

Dari persentase substitusi serbuk *gypsum* 0% - 15% mengalami kenaikan nilai kuat tekan sebesar $1,11 \text{ kg/cm}^2$ dan penurunan nilai daya serap air sebesar 0,04%, persentase substitusi serbuk *gypsum* 15% - 20% mengalami kenaikan nilai kuat tekan sebesar $1,39 \text{ kg/cm}^2$ dan penurunan nilai daya serap air sebesar 0,13%, persentase substitusi serbuk *gypsum* 20% - 25% mengalami kenaikan nilai kuat tekan sebesar $2,07 \text{ kg/cm}^2$ dan penurunan nilai daya serap air sebesar 0,31%, persentase substitusi serbuk *gypsum* 25% - 30% mengalami penurunan nilai kuat tekan sebesar $2,03 \text{ kg/cm}^2$ dan kenaikan nilai daya serap air sebesar 0,39%,

Adapun penurunan nilai kuat tekan dan naiknya nilai daya serap air pada persentase 30%, diduga akibat semakin bertambahnya jumlah kandungan zat CaO (kapur) pada serbuk *gypsum* sehingga kemampuan semen mengikat bahan material

lain semakin sulit. Selain itu, pencampuran bahan yang tidak merata dan pada saat pencetakan bahan penyusunnya masih kurang padat yang menyebabkan nilai kuat tekannya rendah dan naiknya nilai daya serap air.

4.4.6 Keterbatasan Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa keterbatasan dalam proses pembuatan batako berlubang sehingga hasilnya masih kurang optimal, yaitu :

1. Karena banyaknya sampel yang digunakan maka menyulitkan proses penempatan, perawatan dan pemindahan batako berlubang, dari tempat pembuatan sampai tempat penelitian, proses ini dikhawatirkan mempengaruhi hasil uji sampel.
2. Ukuran cetakan mesin *press* hidrolik yang kurang presisi akibat terlalu seringnya pemakaian.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Batako berlubang dengan menggunakan serbuk *gypsum* sebagai pengganti sebagian semen pada campuran dengan komposisi sebesar 15%, 20%, 25%, dan 30% dapat memenuhi semua persyaratan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.
2. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai kuat tekan optimum batako berlubang, yaitu pada komposisi campuran serbuk *gypsum* sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase sebesar 25 % dengan nilai kuat tekan rata-rata 57,29 kg/cm² termasuk dalam kategori mutu kelas II dan mendapatkan hasil pengujian daya serap air sebesar 2,74% termasuk dalam kategori mutu kelas I menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian lebih lanjut sebaiknya pemanfaatan serbuk *gypsum* tidak hanya digunakan sebagai pengganti sebagian semen pada batako berlubang saja, tetapi juga dapat digunakan sebagai pengganti sebagian semen atau bahan tambah untuk produk yang lain.

2. Perhatikan jumlah air yang digunakan dalam pembuatan benda uji batako berlubang karena karakteristik yang dimiliki limbah menyebabkan benda uji yang dibuat dapat menyerap air lebih banyak sehingga apabila kelebihan air dikhawatirkan akan mengurangi kualitas benda uji yang dihasilkan dan apabila kekurangan air dapat menyebabkan proses pemadatan akan sulit.

DAFTAR PUSTAKA

- Angelina, 2013. *Penggunaan Limbah Bubur Kertas dan Fly Ash Pada Batako (202M)*. Surakarta : Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Asosiasi Semen Indonesia, 2016. *Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Hijau Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan Batako*. Jakarta : Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
- Aziiz, 2008. *Tinjauan Kekuatan Dinding Panel Bertulangan Bambu Dengan Bahan Tambah Abu Batu Bara (Fly Ash), Gypsum dan Lem Beton*. Palembang Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya.
- Badan Standardisasi Indonesia, 1989. *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding SNI-03-0349-1989*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Indonesia, 1989. *SNI-S-04-1989-F:28. Syarat Mutu Pasir Atau Agregat Halus Sebagai Bahan Bangunan*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Indonesia, 2002. *SNI 03-2847-2002. Syarat Mutu Air yang Baik Sebagai Bahan Bangunan*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Indonesia, 2002. *SNI 03-6820-2002. Syarat Mutu Agregat Halus*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Indonesia, 2004. *SNI 15-2049-2004. Jenis Penggunaan Semen Portland*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Budiono, Hantarman, 2016. <http://properti.kompas.com/read/2016/07/21/193000721/.Peluang.Besar.Pemakaian.Gypsum.di.Indonesia.Masih.0,4.Per.sen.Per.Kapita>.
- Detiknews, 2012. *PT. Petro Kimia Gresik Menghasilkan Limbah Padat Sebanyak ± 450.000 ton/tahun dan Akan Berpotensi Terjadi Pencemaran Lingkungan.*, Detikcom, www.detiknews.com.
- Gypsum Association, 2007. <http://www.academia.edu/8653961/GYPSUM> [5 April 2017]

- Hardjito, Djwantoro 2007. <http://henrinurcahyo.wordpress.com/2007/08/05/pabrik-semen-dan-ancaman-ekologis/> [25 Maret 2017]
- Hasan, 2014. *Pemanfaatan Limbah Padat PT Petro Kimia Gresik Untuk Kekuatan Bata Beton yang Menggunakan Agregat Halus Dust*. Surakarta : Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Mulyono, 2004. *Tinjauan Kualitas Batako dengan Pemakaian Bahan Tambah Limbah Gypsum*. Surakarta : Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Regal, 2013. <http://tukangbata.blogspot.co.id/2013/03/pengenalan-dan-penggunaan-papan-gypsum.html>
- Supribadi, 1986. *Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Hijau Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Batako*. Jakarta : Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
- Tjokrodimuljo, 1996. *Tinjauan Kualitas Batako dengan Pemakaian Bahan Tambah Limbah Gypsum*. Surakarta : Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Lampiran 1

Tempat Pengujian:	Laboratorium Uji Bahan, Fakultas Teknik, UNJ
Tanggal Pengujian:	1 Agustus 2017
Pengujian:	Kadar Lumpur pada Agregat Halus (Pasir)

Benda uji : Pasir kali asal Padalarang

Hasil Pengujian :

Gelas Ukur ke-	H Pasir (V1) Mm	H Lumpur (V2) Mm	H Seluruh mm
1	350	10	360
2	340	15	360
3	340	10	350

Perhitungan :

$$\text{Sampel Kadar Lumpur (1)} = \frac{10}{360} \times 100\% = 2,77 \%$$

$$\text{Sampel Kadar Lumpur (2)} = \frac{15}{360} \times 100\% = 4,16 \%$$

$$\text{Sampel Kadar Lumpur (2)} = \frac{10}{350} \times 100\% = 2,8 \%$$

$$\text{Kadar Lumpur Rata-rata} = \frac{2,77 \% + 4,16 \% + 2,8 \%}{3} = 3,24 \%$$

Lampiran 2

Tempat Pengujian:	Laboratorium Uji Bahan, Fakultas Teknik, UNJ
Tanggal Pengujian:	2 Agustus 2017
Pengujian:	Analisis Saringan Agregat Halus (Pasir)

Benda uji : Pasir kali asal Padalarang

Hasil Pengujian : Sampel ke- 1

ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS							
Berat contoh = 1000 gram							
Berat Wadah	Nomor Saringan	Ukuran Lubang Saringan		Berat Tertahan (gram)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Tertahan Kumulatif (%)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
		Mm	inch				
526,7	-	9,50	3/8	0	0	0	100
483,2	No. 4	4,76	-	4,5	0,45	0,45	99,55
416,7	No. 8	2,38	-	156,3	15,63	16,08	83,92
386,4	No. 16	1,19	-	198,9	19,89	35,97	64,03
337,5	No. 30	0,59	-	246,4	24,64	60,61	39,39
307,8	No. 50	0,297	-	197,2	19,72	80,33	19,67
362,5	No. 100	0,149	-	144	14,4	94,73	5,27
354,4	No. 200	0,075	-	38	3,8	98,53	1,47
		Wadah		14,7	1,47	100	0
		Total		1000	100		

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\text{Persentase tertahan kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{0+0,45+16,08+35,97+60,61+80,33+94,73+98,53}{100} = 3,867
 \end{aligned}$$

Tempat Pengujian:	Laboratorium Uji Bahan, Fakultas Teknik, UNJ
Tanggal Pengujian:	2 Agustus 2017
Pengujian:	Analisis Saringan Agregat Halus (Pasir)

Benda uji : Pasir kali asal Padalarang

Hasil Pengujian : Sampel ke- 2

ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS							
Berat contoh = 1000 gram							
Berat Wadah	Nomor Saringan	Ukuran Lubang Saringan		Berat Tertahan (gram)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Tertahan Kumulatif (%)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
		Mm	inch				
526,7	-	9,50	3/8	0	0	0	100
483,2	No. 4	4,76	-	11	1,1	1,1	98,9
416,7	No. 8	2,38	-	253	25,3	26,4	73,6
386,4	No. 16	1,19	-	258,8	25,88	52,28	47,72
337,5	No. 30	0,59	-	185,8	18,58	70,86	29,14
307,8	No. 50	0,297	-	142,4	14,24	85,1	14,9
362,5	No. 100	0,149	-	109,4	10,94	96,04	3,96
354,4	No. 200	0,075	-	27,2	2,72	98,76	1,24
		Wadah		12,4	1,24	100	0
		Total		1000	100		

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\text{Persentase tertahan kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{0+1,1+26,4+52,28+70,86+85,1+96,04+98,76}{100} = 4,305
 \end{aligned}$$

Tempat Pengujian:	Laboratorium Uji Bahan, Fakultas Teknik, UNJ
Tanggal Pengujian:	2 Agustus 2017
Pengujian:	Analisis Saringan Agregat Halus (Pasir)

Benda uji : Pasir kali asal Padalarang

Hasil Pengujian : Sampel ke- 3

ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS							
Berat contoh = 1000 gram							
Berat Wadah	Nomor Saringan	Ukuran Lubang Saringan		Berat Tertahan (gram)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Tertahan Kumulatif (%)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
		Mm	inch				
526,7	-	9,50	3/8	0	0	0	100
483,2	No. 4	4,76	-	8,9	0,89	0,89	99,11
416,7	No. 8	2,38	-	229,9	22,99	23,88	76,12
386,4	No. 16	1,19	-	253,2	25,32	49,2	50,8
337,5	No. 30	0,59	-	211	21,1	70,3	29,7
307,8	No. 50	0,297	-	165,5	16,55	86,85	13,15
362,5	No. 100	0,149	-	110,3	11,03	97,88	2,12
354,4	No. 200	0,075	-	15,2	1,52	99,4	0,6
526,7		Wadah		6	0,6	100	0
		Total		1000	100		

$$\text{MHB} = \frac{\text{Persentase tertahan kumulatif}}{100}$$

$$= \frac{0+0,89+23,88+49,2+70,3+86,85+97,88+99,4}{100} = 4,284$$

$$\text{Didapat, MHB rata-rata} = \frac{3,867 + 4,305 + 4,284}{3} = 4,152$$

Persyaratan Gradasi Agregat Halus

Ukuran saringan (mm)	Persentase Berat Butir yang lewat saringan			
	Zona I (Pasir Kasar)	Zona II (Pasir Agak kasar)	Zona III (Pasir Agak Halus)	Zona IV (Pasir Halus)
9,50	100	100	100	100
4,76	90-100	90-100	90-100	95-100
2,38	60-95	75-100	85-100	95-100
1,19	30-70	55-90	75-100	90-100
0,59	15-34	35-59	60-79	80-100
0,297	5-20	8-30	12-40	15-50
0,149	0-10	0-10	0-10	0-15

Kesimpulan : Pasir yang digunakan untuk penelitian adalah pasir kali berasal dari Padalarang.
Berdasarkan hasil uji analisis saringan agregat halus termasuk ke dalam Zona I yaitu pasir kasar.

Lampiran 3

Tempat Pengujian:	Laboratorium Uji Bahan, Fakultas Teknik, UNJ
Tanggal Pengujian:	3 Agustus 2017
Pengujian:	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir)

Benda uji : Pasir kali asal Padalarang

Hasil Pengujian : Sampel ke- 1

PENENTUAN <i>SPECIFIC GRAVITY</i> AGREGAT HALUS	
Berat Contoh = 500 gram	
A. Berat Pikhnometer	= 180,4 gram
B. Berat contoh kondisi kering	= 500 gram
C. Berat piknometer + air + contoh (SSD)	= 998,5 gram
D. Berat piknometer + air	= 658,6 gram
E. Berat contoh kering	= 473,3 gram
Berat Jenis Semu	$= \frac{E}{E+D-C}$ $= \frac{473,3}{473,3 + 658,6 - 998,5} = 3,54$
Berat Jenis Curah	$= \frac{E}{B+D-C}$ $= \frac{473,3}{500 + 658,6 - 998,5} = 2,95$
Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)	$= \frac{B}{B+D-C}$ $= \frac{500}{500 + 658,6 - 998,5} = 3,12$
Persentase Penyerapan (<i>Absorpsi</i>)	$= \frac{B-E}{E} \times 100\%$ $= \frac{500 - 473,3}{473,3} \times 100\% = 5,64 \%$

Tempat Pengujian:	Laboratorium Uji Bahan, Fakultas Teknik, UNJ
Tanggal Pengujian:	3 Agustus 2017
Pengujian:	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir)

Benda uji : Pasir kali asal Padalarang

Hasil Pengujian : Sampel ke- 2

PENENTUAN <i>SPECIFIC GRAVITY</i> AGREGAT HALUS	
Berat Contoh = 500 gram	
A. Berat Piknometer	= 193,2 gram
B. Berat contoh kondisi kering	= 500 gram
C. Berat piknometer + air + contoh (SSD)	= 997,8 gram
D. Berat piknometer + air	= 685,8 gram
E. Berat contoh kering	= 473,7 gram
Berat Jenis Semu	$= \frac{E}{E+D-C}$ $= \frac{473,7}{473,7 + 685,8 - 1002,8} = 3,02$
Berat Jenis Curah	$= \frac{E}{B+D-C}$ $= \frac{473,7}{500 + 685,8 - 1002,8} = 2,58$
Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)	$= \frac{B}{B+D-C}$ $= \frac{500}{500 + 656,8 - 997,8} = 3,14$
Persentase Penyerapan (<i>Absorpsi</i>)	$= \frac{B-E}{E} \times 100\%$ $= \frac{500 - 473,7}{473,7} \times 100\% = 5,55 \%$

Tempat Pengujian:	Laboratorium Uji Bahan, Fakultas Teknik, UNJ
Tanggal Pengujian:	3 Agustus 2017
Pengujian:	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir)

Benda uji : Pasir kali asal Padalarang

Hasil Pengujian : Sampel ke- 3

PENENTUAN <i>SPECIFIC GRAVITY</i> AGREGAT HALUS	
Berat Contoh = 500 gram	
A. Berat Pikhometer	= 161 gram
B. Berat contoh kondisi kering	= 500 gram
C. Berat piknometer + air + contoh (SSD)	= 994,8 gram
D. Berat piknometer + air	= 654,7 gram
E. Berat contoh kering	= 473,6 gram
Berat Jenis Semu	$= \frac{E}{E+D-C}$ $= \frac{473,6}{473,6 + 654,7 - 994,8} = 3,54$
Berat Jenis Curah	$= \frac{E}{B+D-C}$ $= \frac{473,6}{500 + 654,7 - 994,8} = 2,96$
Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)	$= \frac{B}{B+D-C}$ $= \frac{500}{500 + 654,7 - 994,8} = 3,12$
Persentase Penyerapan (<i>Absorpsi</i>)	$= \frac{B-E}{E} \times 100\%$ $= \frac{500 - 473,6}{473,6} \times 100\% = 5,57 \%$

Didapat, Berat Jenis dan Besar Penyerapan Agregat Halus rata-rata = 3,12 dan 5,58 %

Lampiran 4

Tempat Pengujian:	Laboratorium Uji Bahan, Fakultas Teknik, UNJ
Tanggal Pengujian:	4 Agustus 2017
Pengujian:	Kadar Air pada Agregat Halus (Pasir)

Benda uji : Pasir kali asal Padalarang

Hasil Pengujian :

Sampel 1

A. Berat Wadah (W1) = 295,1 gram
B. Berat Wadah (W1) + Benda Uji = 2295,1 gram (W2)
C. Berat Benda Uji (B - A) = 2000 gram (W3 = W2 - W1)
D. Berat Benda Uji Kering = 1881,4 gram (W5 = W4 - W1)
Kadar Air Agregat Halus = $\frac{C-D}{D} \times 100\% = 6,3 \%$

Sampel 2

A. Berat Wadah (W1) = 290,2 gram
B. Berat Wadah (W1) + Benda Uji = 2290,2 gram (W2)
C. Berat Benda Uji (B - A) = 2000 gram (W3 = W2 - W1)
D. Berat Benda Uji Kering = 1877,6 gram (W5 = W4 - W1)
Kadar Air Agregat Halus = $\frac{C-D}{D} \times 100\% = 6,51 \%$

Sampel 3

A. Berat Wadah (W1) = 212,2 gram
B. Berat Wadah (W1) + Benda Uji = 2221,2 gram (W2)
C. Berat Benda Uji (B - A) = 2000 gram (W3 = W2 - W1)
D. Berat Benda Uji Kering = 1885,9 gram (W5 = W4 - W1)
Kadar Air Agregat Halus = $\frac{C-D}{D} \times 100\% = 6,05 \%$

$$\text{Kadar air rata-rata} = \frac{6,3 \% + 6,51 \% + 6,05 \%}{3} = 6,28 \%$$

Lampiran 5

Tempat Pengujian:	Laboratorium Uji Bahan, Fakultas Teknik, UNJ
Tanggal Pengujian:	1 Agustus 2017
Pengujian:	Kadar Zat Organik pada Agregat Halus (Pasir)

Benda uji : Pasir kali asal Padalarang

Hasil Pengujian :



Kesimpulan: Semakin gelap warna larutan di atas pasir berarti kadar zat organik yang dikandung sangat besar, dan sebaliknya.

Berdasarkan hasil pengujian kadar zat organik yang terkandung dalam pasir, dinyatakan bahwa kadar zat organik pasir berada dalam standar tes warna No. 1. Hal tersebut menunjukkan bahwa kadar zat organik pada pasir jumlahnya sangat sedikit, sehingga pasir dapat memenuhi standar dan diijinkan untuk digunakan sebagai bahan penyusun batako.

Lampiran 6

Tempat Pengujian:	Laboratorium Uji Bahan, Fakultas Teknik, UNJ
Tanggal Pengujian:	7 Agustus 2017
Pengujian:	Berat Jenis Semen

Benda uji : Semen Portland Tipe I

Hasil Pengujian :

PENGUJIAN BERAT JENIS SEMEN	
A. Berat Contoh Semen (W_s)	= 64 gram
B. Pembacaan Pertama Pada Skala Botol (V_1)	= 0 ml
C. Pembacaan Kedua Pada Skala Botol (V_2)	= 21 ml
D. Berat Jenis Pada Suhu 25°C (d)	= 1 gr/ml
$\text{Berat Jenis} = \frac{W_s}{V_2 - V_1} \times d = \frac{64}{(21 - 0)} \times 1 = 3,05 \text{ gr/ml}$	

Lampiran 7

Tempat Pengujian:	Laboratorium Uji Bahan, Fakultas Teknik, UNJ
Tanggal Pengujian:	9 Agustus 2017
Pengujian:	Berat Jenis Serbuk <i>Gypsum</i>

Sampel 1

PENGUJIAN BERAT JENIS SERBUK <i>GYP SUM</i>	
A. Berat Contoh Serbuk <i>Gypsum</i>	= 64 gram
B. Pembacaan Pertama Pada Skala Botol (V1)	= 0,7 ml
C. Pembacaan Kedua Pada Skala Botol (V2)	= 28 ml
D. Berat Jenis Pada Suhu 25°C (d)	= 1 gr/ml
Berat Jenis = $\frac{\text{berat serbuk gypsum}}{V_2 - V_1} \times d = \frac{64}{(28 - 0,7)} \times 1 = 2,34 \text{ gr/ml}$	

Sampel 2

PENGUJIAN BERAT JENIS SERBUK <i>GYP SUM</i>	
A. Berat Contoh Serbuk <i>Gypsum</i>	= 64 gram
B. Pembacaan Pertama Pada Skala Botol (V1)	= 0,8 ml
C. Pembacaan Kedua Pada Skala Botol (V2)	= 28,3 ml
D. Berat Jenis Pada Suhu 25°C (d)	= 1 gr/ml
Berat Jenis = $\frac{\text{berat serbuk gypsum}}{V_2 - V_1} \times d = \frac{64}{(28,3 - 0,8)} \times 1 = 2,33 \text{ gr/ml}$	

Sampel 3

PENGUJIAN BERAT JENIS SERBUK <i>GYP SUM</i>	
A. Berat Contoh Serbuk <i>Gypsum</i>	= 64 gram
B. Pembacaan Pertama Pada Skala Botol (V1)	= 0,7 ml
C. Pembacaan Kedua Pada Skala Botol (V2)	= 27,5 ml
D. Berat Jenis Pada Suhu 25°C (d)	= 1 gr/ml
Berat Jenis = $\frac{\text{berat serbuk gypsum}}{V_2 - V_1} \times d = \frac{64}{(27,5 - 0,7)} \times 1 = 2,39 \text{ gr/ml}$	

Sehingga didapatkan, Berat Jenis Serbuk *Gypsum* rata-rata = 2,35 gr/ml

Lampiran 9

Perhitungan Oksida Serbuk *Gypsum*

Massa atom relatif :	Massa atom hasil :
O = 16	23,55 %
S = 32	26,35 %
Ca = 40	30,99 %
Bi = 83	19,11 %

1. Oksida SO ₃	=	(1 x 32) + (3 x 16)
	=	80
O ₃	=	32/48 x 26,35 %
	=	17,56 %
SO ₃	=	26,35 % + 17,56 %
	=	43,91 %
2. Oksida CaO	=	(1 x 40) + (1 x 16)
	=	56
O	=	40/16 x 30,99 %
	=	77,47 %
CaO	=	30,99 % + 77,47 %
	=	108,46 %
3. Oksida Bi ₂ O ₃	=	(2 x 83) + (3 x 16)
	=	214
O	=	166/48 x 19,11 %
	=	66,08 %
Bi ₂ O ₃	=	19,11 % + 66,08 %
	=	85,19 %
Jumlah Masa O	=	17,56 % + 77,47 % + 66,08 %

$$\begin{aligned} &= 161,11 \% \\ \text{Jumlah Masa Oksida} &= 43,91 \% + 108,46 \% + 85,19 \% \\ &= 237,56 \% \end{aligned}$$

Persentase Oksida :

SO_3	=	$(43,91 \% : 237,56 \%) \times 100 \%$	=	18,48 %
CaO	=	$(108,46 \% : 237,56 \%) \times 100 \%$	=	45,66 %
Bi_2O_3	=	$(85,19 \% : 237,56 \%) \times 100 \%$	=	35,86 %
<hr/> Total				100 %

Lampiran 10

Perhitungan Kebutuhan Bahan

Komposisi variasi campuran penelitian (dalam satuan berat)

1. 1 Semen : 0 % Serbuk *Gypsum* : 5 pasir
2. 1 Semen : 15 % Serbuk *Gypsum* : 5 pasir
3. 1 Semen : 20 % Serbuk *Gypsum* : 5 pasir
4. 1 Semen : 25 % Serbuk *Gypsum* : 5 pasir
5. 1 semen : 30 % Serbuk *Gypsum* : 5 pasir

$$\text{Bj Pasir} = 3 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Bj Semen} = 3,05 \text{ gr/cm}^3$$

Ukuran Batako = 40 x 10 x 20 cm dan dimensi lubang 8 x 17 x 3 cm sebanyak
3 lubang.

$$\text{Berat Batako} = 5,2 \text{ kg (ditimbang dari pabrik)}$$

$$\text{Berat Semen} = 1/6 \times 5,2 = 0,86 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Pasir} = 3/6 \times 5,2 = 2,6 \text{ kg}$$

Jumlah sampel untuk setiap persentase serbuk *gypsum* yang digunakan adalah 40 buah, maka :

$$\text{Semen} = 0,86 \times 40 = 34,4 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 2,6 \times 40 = 104 \text{ kg}$$

Sehingga jumlah berat serbuk *gypsum* yang dibutuhkan untuk tiap campuran persentase 0 %, 15 %, 20 %, 25 %, dan 30 % adalah sebagai berikut :

$$a. 15 \% = \frac{15}{100} \times 34,4 \text{ kg} = 5,16 \text{ kg}$$

$$b. 20 \% = \frac{20}{100} \times 34,4 \text{ kg} = 6,88 \text{ kg}$$

$$c. 25 \% = \frac{25}{100} \times 34,4 \text{ kg} = 8,6 \text{ kg}$$

$$d. 30 \% = \frac{30}{100} \times 34,4 \text{ kg} = 10,32 \text{ kg}$$

Jumlah kebutuhan air yang dibutuhkan untuk tiap campuran persentase adalah sebagai berikut :

$$0,3 (\text{nilai FAS}) \times 34,4 = 10,32 \text{ kg}$$

Kebutuhan Bahan Batako

Komposisi (%)	Berat Semen Per 8 Benda Uji (kg)			
	Semen	Pasir	Serbuk <i>Gypsum</i>	Air
1PC : 5PS : 0% SG	34,4 kg	104 kg	-	10,32 kg
1PC : 5PS : 15% SG	29,24 kg	104 kg	5,16 kg	10,32 kg
1PC : 5PS : 20% SG	27,52 kg	104 kg	6,88 kg	10,32 kg
1PC : 5PS : 25% SG	25,8 kg	104 kg	8,6 kg	10,32 kg
1PC : 5PS : 30% SG	24,08 kg	104 kg	10,32 kg	10,32 kg

Total keseluruhan untuk kebutuhan bahan batako sebanyak 40 buah adalah sebagai berikut :

- 5. Semen = 141,04 kg
- 6. Pasir = 520 kg
- 7. Serbuk *Gypsum* = 30,96 kg
- 8. Air = 51,6 kg

Lampiran 11

JOB SHEET

PEMBUATAN BATAKO BERLUBANG MENGGUNAKAN LIMBAH *GYPSUM BOARD* SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN

a. Tujuan

Membuat benda uji batako berlubang untuk pengujian sift fisik (tampak dan ukuran) dan sifat mekanik (daya serap air dan kuat tekan).

b. Tempat Penelitian

Pabrik Batako Sherlyn yang terletak di Jalan Mustika Sari II, Bekasi.

c. Peralatan

1. Mesin pengaduk.
2. Mesin *press*.
3. Caliper/mistar sorong dengan ketelitian 1 mm.
4. Penggaris siku.
5. Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 gram.
6. Timbangan dengan ketelitian 1 gram.
7. Bejana.
8. Ember.
9. Cangkul.

d. Bahan

1. Serbuk *gypsum*

Serbuk *gypsum* yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari limbah *gypsum board* yang terdapat pada toko di pinggir jalan Pondok Gede, Bekasi yang dipecah/ditumbuk sampai dengan lolos ayakan No. 200 (0,75 mm).

2. Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir kali, yaitu pasir yang diperoleh dari daerah Padalarang yang merupakan hasil gigitan batu-batuan yang keras dan tajam dengan ukuran 0,063 mm - 5 mm sehingga merupakan adukan yang baik untuk pekerjaan pasangan yang sudah melalui tahap pemeriksaan berat jenis, kadar lumpur, kadar air, kandungan zat organik, dan analisa saringan agregat halus.

3. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Portland jenis 1 yang digunakan untuk pembuatan batako berlubang.

4. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air PAM yang digunakan di pabrik pembuatan batako berlubang.

e. Langkah-langkah Pembuatan

1. Mempersiapkan semua bahan dan peralatan yang diperlukan seperti : pasir, semen, air, serbuk *gypsum*, timbangan, bejana, mesin pengaduk, dan mesin *press*.

2. Timbang masing-masing bahan seperti semen, pasir, serbuk *gypsum*, dan air yang akan digunakan.
3. Pasir diayak terlebih dahulu agar diperoleh pasir yang halus, lalu pasir dicuci atau dibersihkan sampai kadar lumpur berkurang, setelah itu dikeringkan untuk mendapatkan pasir dalam keadaan kering permukaan jenuh (SSD).
4. Pembuatan mortar, yaitu dengan mencampurkan semen, pasir, air, dan serbuk *gypsum* menggunakan mesin pengaduk.
5. Tambahkan air sesuai nilai faktor air semen hingga adukan homogen.
6. Oleskan cetakan batako dengan minyak.
7. Masukkan adonan batako ke dalam mesin press hingga cetakan terisi penuh kemudian ratakan permukaan cetakan.
8. Setelah padat adonan tersebut dipress.
9. Kemudian cetakan dilepas dan benda uji diletakkan di tempat yang terlindung dari sinar matahari langsung.
10. Didiamkan selama 24 jam dalam proses pengeringan di tempat penyimpanan.
11. Batako direndam selama 28 hari.
12. Ulangi langkah di atas dengan komposisi persentase serbuk *gypsum* sebagai pengganti sebagian semen yang berbeda.

PENGUJIAN DAYA SERAP AIR BENDA UJI BATAKO BERLUBANG

a. Tujuan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai penyerapan air benda uji batako berlubang apakah sesuai dengan persyaratan mutu SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.

b. Tempat Penelitian

Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

c. Peralatan

1. Timbangan yang dapat menimbang teliti sampai 9,5% dari berat benda uji.
2. Oven yang dapat mencapai 105° C.
3. Bak perendam.

d. Bahan

Benda uji batako berlubang sebanyak 3 buah dengan kondisi utuh (tidak cacat).

e. Langkah-langkah Pembuatan

1. Benda uji direndam dalam air selama 24 jam.
2. Benda uji diangkat dari rendaman dan air sisanya dibiarkan meniris kurang lebih 1 menit.
3. Permukaan bidang benda uji dilap dengan kain lembab, agar air yang masih melekat di bidang permukaan benda uji terserap kain lembab itu.
4. Benda uji kemudian ditimbang (A).

5. Setelah itu, benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu 105° C sampai beratnya 2 kali, penimbangan berselisih tidak lebih dari 0,2 % dari penimbangan sebelumnya (B).
6. Selisih penimbangan dalam keadaan basah (A) dan keadaan kering (B) adalah jumlah penyerapan air dan harus dihitung berdasarkan persen berat benda uji kering.

f. Perhitungan

Penyerapan air dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{(A-B)}{B} \times 100$$

Keterangan :

A = Berat batako dalam keadaan basah (kg)

B = Berat batako dalam keadaan kering oven (kg)

Nilai penyerapan air dari setiap batako berlubang yang diuji kemudian dihitung nilai rata-ratanya.

g. Sumber Bacaan

SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.

PENGUJIAN KUAT TEKAN BENDA UJI BATAKO BERLUBANG

a. Tujuan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai kuat tekan benda uji batako berlubang apakah sesuai dengan persyaratan mutu SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.

b. Tempat Penelitian

Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

c. Peralatan

1. Mesin uji kuat tekan
2. Sendok Semen
3. *Waterpass*

d. Bahan

1. Benda uji batako berlubang sebanyak 3 buah dengan kondisi utuh (tidak cacat).
2. Semen Portland
3. Air bersih
4. Wadah

e. Langkah-langkah Pembuatan

1. Meratakan Bidang Tekan

Sebelum pengujian kuat tekan, bidang tekan batako diratakan terlebih dahulu. Bidang tekan benda uji (2 bagian) diratakan dengan besi yang telah dibuat sedemikian rupa sehingga terdapat bidang yang sejajar dan

rata satu dengan yang lainnya. Tebal lapisan merata kurang lebih 3 mm lalu dikeringkan selama 1 hari.

2. Penentuan Kuat Tekan

Kuat tekan dilakukan apabila pengerasan lapisan merata minimal telah berumur 3 hari. Benda uji yang telah siap, diletakkan pada mesin tekan yang dapat diatur kecepatan penekanannya. Pastikan jarum pembaca nilai kuat tekan pada posisi nol, kemudian benda uji ditekan hingga jarum warna merah berhenti.

f. Perhitungan

Kuat tekan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kuat Tekan : } \sigma = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

σ = Kuat tekan (kg/cm²)

P = Beban tekan maksimum (kg)

A = Luas Penampang (cm²)

Nilai kuat tekan dari setiap batako berlubang yang diuji kemudian dihitung nilai rata-ratanya.

g. Sumber Bacaan

SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.

Lampiran 12

Data Hasil Pengujian

Pengujian : Ukuran Batako Berlubang

Komposisi	Panjang	Lebar	Tebal
0 %	40,16 cm	20,32 cm	10,31 cm
0 %	40,22 cm	20,27 cm	10,28 cm
0 %	40,14 cm	20,15 cm	10,22 cm
Rata-rata	40,17 cm	20,24 cm	10,27 cm

Komposisi	Panjang	Lebar	Tebal
15 %	40,17 cm	20,35 cm	10,28 cm
15 %	40,20 cm	20,34 cm	10,33 cm
15 %	40,12 cm	20,18 cm	10,21 cm
Rata-rata	40,16 cm	20,29 cm	10,27 cm

Komposisi	Panjang	Lebar	Tebal
20 %	40,15 cm	20,31 cm	10,34 cm
20 %	40,24 cm	20,32 cm	10,26 cm
20 %	40,16 cm	20,18 cm	10,25 cm
Rata-rata	40,18 cm	20,27 cm	10,28 cm

Komposisi	Panjang	Lebar	Tebal
25 %	40,17 cm	20,35 cm	10,29 cm
25 %	40,21 cm	20,29 cm	10,26 cm
25 %	40,15 cm	20,17 cm	10,25 cm
Rata-rata	40,17 cm	20,27 cm	10,26 cm

Komposisi	Panjang	Lebar	Tebal
30 %	40,20 cm	20,36 cm	10,29 cm
30 %	40,24 cm	20,23 cm	10,26 cm
30 %	40,17 cm	20,13 cm	10,21 cm
Rata-rata	40,20 cm	20,24 cm	10,25 cm

Lampiran 13

Pengujian : Berat Batako Berlubang

Komposisi	Berat
0 %	5387,4 g
0 %	5351,3 g
0 %	5398,2 g
Rata-rata	5378,9 g
15 %	5464,7 g
15 %	5433,5 g
15 %	5462,6 g
Rata-rata	5453,6 g
20 %	5391,3 g
20 %	5424,1 g
20 %	5437,6 g
Rata-rata	5417,6 g
25 %	5523,9 g
25 %	5529,5 g
25 %	5537,4 g
Rata-rata	5530,2 g
30 %	5538,8 g
30 %	5486,2 g
30 %	5496,9 g
Rata-rata	5507,3 g

Lampiran 14

Pengujian : Daya Serap Air Batako Berlubang

Berat Batako Berlubang dalam Keadaan Basah (A)

Sampel	Komposisi				
	0 %	15 %	20 %	25 %	30 %
1	5543,7 g	5602,6 g	5528,4 g	5886,4 g	5678,2 g
2	5493,4 g	5578,3 g	5557,2 g	5867,1 g	5622,6 g
3	5559,4 g	5613,2 g	5578,6	5881,3 g	5636,7 g
Rata-rata	5532,1 g	5598 g	5554,7 g	5878,2 g	5645,8 g

Berat Batako Berlubang Keadaan Kering dalam Oven (B)

Sampel	Komposisi				
	0 %	15 %	20 %	25 %	30 %
1	5365,5 g	5433,2 g	5369,3 g	5730,9 g	5511,8 g
2	5324,2 g	5406,6 g	5391,1 g	5707,5 g	5451,2 g
3	5387,2 g	5434,5 g	5409,6 g	5724,4 g	5458,9 g
Rata-rata	5358,9 g	5424,7 g	5390 g	5720,9 g	5473,9 g

Berat Batako Berlubang dalam Keadaan Basah (A) – Berat Batako Keadaan Kering dalam Oven (B)

Sampel	Komposisi				
	0 %	15 %	20 %	25 %	30 %
1	178,2 g	169,4 g	159,1 g	155,5 g	166,4 g
2	169,2 g	171,7 g	166,1 g	159,6 g	171,4 g
3	172,2	178,7 g	169 g	156,9 g	177,8 g
Rata-rata	173,2 g	173,2 g	164,7 g	157,3 g	171,8

Daya Serap Air Rata-rata Batako Berlubang $(A-B)/B \times 100 \%$

Sampel	Komposisi				
	0 %	15 %	20 %	25 %	30 %
1	3,32 %	3,11 %	2,96 %	2,71 %	3,01 %
2	3,17 %	3,17 %	3,08 %	2,79 %	3,14 %
3	3,19 %	3,28 %	3,12 %	2,74 %	3,25 %
Rata-rata	3,22 %	3,18 %	3,05 %	2,74 %	3,13 %

Lampiran 15

Pengujian : Kuat Tekan Batako Berlubang

Komposisi	Beban Tekan Maksimum (P)	Luas Penampang (A)	$\sigma = P/A$
0 %	540,44 kg	10,12 cm ²	53,4 kg/cm ²
0 %	530,24 kg	10,13 cm ²	52,34 kg/cm ²
0 %	535,34 kg	10,21 cm ²	52,43 kg/cm ²
Rata –rata			52,72 kg/cm²

Komposisi	Beban Tekan Maksimum (P)	Luas Penampang (A)	$\sigma = P/A$
15 %	545,53 kg	10,1 cm ²	54,01 kg/cm ²
15 %	550,63 kg	10,1 cm ²	54,51 kg/cm ²
15 %	540,44 kg	10,2 cm ²	52,98 kg/cm ²
Rata –rata			53,83 kg/cm²

Komposisi	Beban Tekan Maksimum (P)	Luas Penampang (A)	$\sigma = P/A$
20 %	560,83 kg	10,12 cm ²	55,41 kg/cm ²
20 %	555,73 kg	10,1 cm ²	55,02 kg/cm ²
20 %	565,93 kg	10,19 cm ²	55,53 kg/cm ²
Rata –rata			55,22 kg/cm²

Komposisi	Beban Tekan Maksimum (P)	Luas Penampang (A)	$\sigma = P/A$
25 %	581,22 kg	10,1 cm ²	57,54 kg/cm ²
25 %	576,13 kg	10,14 cm ²	56,81 kg/cm ²
25 %	586,32 kg	10,19 cm ²	57,53 kg/cm ²
Rata –rata			57,29 kg/cm²

Komposisi	Beban Tekan Maksimum (P)	Luas Penampang (A)	$\sigma = P/A$
30 %	560,83 kg	10,09 cm ²	55,58 kg/cm ²
30 %	555,73 kg	10,14 cm ²	54,8 kg/cm ²
30 %	565,93 kg	10,21 cm ²	55,42 kg/cm ²
Rata –rata			55,26 kg/cm²

Kuat Tekan Rata-rata Batako Berlubang

Sampel	Komposisi				
	0 %	15 %	20 %	25 %	30 %
1	53,4 kg/cm ²	54,01 kg/cm ²	55,41 kg/cm ²	57,54 kg/cm ²	55,58 kg/cm ²
2	52,34 kg/cm ²	54,51 kg/cm ²	55,02 kg/cm ²	56,81 kg/cm ²	54,8 kg/cm ²
3	52,43 kg/cm ²	52,98 kg/cm ²	55,53 kg/cm ²	57,53 kg/cm ²	55,42 kg/cm ²
Rata-rata	52,72 kg/cm²	53,83 kg/cm²	55,22 kg/cm²	57,29 kg/cm²	55,26 kg/cm²

Lampiran 16

Proses Pembuatan Batako Berlubang



Alat Mesin Press



Alat Mixer/Pengaduk



Pencetakan Benda Uji



Hasil Cetak Benda Uji

Lampiran 17**Proses Pengujian Batako Berlubang****Perendaman 28 Hari****Oven Batako Berlubang****Pengukuran Tebal****Pengukuran Lebar**



Pengukuran Panjang



***Capping* Batako Berlubang**



Kuat Tekan Batako Berlubang

Riwayat Hidup



Ibnu Dwiki Permana, lahir di Jakarta pada tanggal 2 Mei 1995, putra kedua dari 3 bersaudara pasangan Bapak Sofian dan Ibu Suhartati. Pendidikan yang pernah ditempuh Sekolah Dasar di SDN Jatimakmur V, Bekasi lulus pada tahun 2007 lalu melanjutkan ke jenjang Sekolah Menengah Pertama di SMPN 257 Jakarta lulus pada tahun 2010, melanjutkan ke jenjang Sekolah Menengah Atas di SMAN 51 Jakarta lulus pada tahun 2013. Selanjutnya, penulis melanjutkan ke jenjang Strata 1 pada Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan Jurusan teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta masuk melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selain itu, penulis juga mengikuti Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT. China Sonangol Media Investment pada pembangunan proyek gedung Indonesia One di Jalan MH. Thamrin No. 13, Sudirman Jakarta Pusat pada tahun 2016 serta mengikuti Praktek Keterampilan Mengajar (PKM) di SMKN 58 Jakarta Timur pada tahun 2017 dan menyelesaikan studi Strata 1 di tahun 2017 dengan judul skripsi “Pemanfaatan Limbah *Gypsum Board* Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Batako.”