



PENGARUH PEMANFAATAN ABU AMPAS TEBU DAN LIMBAH BATA MERAH TERHADAP KARAKTERISTIK GENTENG TANAH LIAT TRADISIONAL

PROYEK AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
untuk Memenuhi Sebagian Prasyarat
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya



Oleh:
Igit Nugraha
NIM. 13510134003

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2016**

PENGARUH PEMANFAATAN ABU AMPAS TEBU DAN LIMBAH BATA MERAH TERHADAP KARAKTERISTIK GENTENG TANAH LIAT TRADISIONAL

Oleh:
Igit Nugraha
13510134003

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah terhadap beban lentur, rembesan air, penyerapan air, sifat tampak dan ukuran genteng tanah liat.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: variabel bebas, terikat, dan pengendali. Variabel bebas dalam proyek akhir ini adalah variasi persentase penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah, yaitu campuran AAT 0% dan LBM 0%, AAT 5% dan LBM 2,5%, AAT 5% dan LBM 5%, dan AAT 5% dan LBM 7,5% dimana persentase penambahan berdasarkan dari berat tanah liat yang digunakan. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah beban lentur, rembesan air (*impermeabilitas*), penyerapan air (*porositas*), sifat tampak dan ukuran.

Hasil pengujian genteng tanah liat dengan penambahan abu ampas tebu serta limbah bata merah. Hasil pengujian kapasitas beban lentur rata-rata pada campuran AAT 0% dan LBM 0% = 72,3 Kg, AAT 5% dan LBM 2,5% = 96,2 Kg, AAT 5% dan LBM 5% = 82,2 Kg, dan AAT 5% dan LBM 7,5% = 80,8 Kg. Hasil pengujian rembesan air pada campuran AAT 0% dan LBM 0% mengembun, AAT 5% dan LBM 2,5% basah, AAT 5% dan LBM 5% basah, dan AAT 5% dan LBM 7,5% basah. Hasil pengujian penyerapan air pada campuran AAT 0% dan LBM 0% = 17,60%, AAT 5% dan LBM 2,5% = 15,68%, AAT 5% dan LBM 5% = 15,99%, dan AAT 5% dan LBM 7,5% = 16,11%. Hasil pengujian visual genteng dengan panjang berguna 232,54 mm dan lebar berguna 190,12 mm. Berdasarkan penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah pada genteng tanah liat dapat meningkatkan kualitas dibandingkan dengan genteng tanah liat tanpa bahan tambah abu ampas tebu dan limbah bata merah.


Kata Kunci: Genteng tanah liat, abu ampas tebu, limbah bata merah.

PERSETUJUAN

Proyek akhir yang berjudul **“Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu dan Limbah Bata Merah Terhadap Karakteristik Genteng Tanah Liat Tradisional”** ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

Yogyakarta, 2016

Dosen Pembimbing,



Drs. Darmono, M.T
NIP. 19640805 199101 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

PROYEK AKHIR



**PENGARUH PEMANFAATAN ABU AMPAS TEBU DAN
LIMBAH BATA MERAH TERHADAP KARAKTERISTIK
GENTENG TANAH LIAT TRADISIONAL**

Disusun oleh:

Igit Nugraha
13510134003

Telah Dipertahankan di depan Tim Penguji Proyek Akhir Jurusan Pendidikan
Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Negeri Yogyakarta
Pada Tanggal 22 Juli 2016
Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Guna Memeroleh Gelar Ahli Madya

TIM PENGUJI

Jabatan	Nama Lengkap	Tanda Tangan
1. Ketua Penguji	Drs. Darmono, M.T.	
2. Penguji Utama I	Faqih Ma'arif, M.Eng.	
3. Penguji Utama II	Pramudiyanto, M.Eng.	

Yogyakarta, 22 Juli 2016

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta,



Dr. Widarto, M.Pd.

NIP. 19631230 198812 1 001

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Igit Nugraha
NIM : 13510134003
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Pengaruh Pemanfaatan Kombinasi Abu Ampas
Tebu dan Limbah Bata Merah sebagai Bahan
Tambah terhadap Karakteristik Genteng Tanah Liat

Menyatakan bahwa dalam proyek akhir ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di sebuah Perguruan Tinggi. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali sebagai acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 21 Mei 2016

Yang menyatakan,



Igit Nugraha
NIM. 13510134003

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang

Karya Proyek Akhir ini saya persembahkan untuk

Ayah dan Ibu

Yang selalu mendoakan dan memberi semangat moril serta materil

Kakak-kakak saya

Yang selalu memberikan semangat dan mengingatkan saya tentang arti
kerja keras

Sahabat-sahabat saya

Yang selalu menjadi penyemangat

MOTTO

“JADIKANLAH SABAR DAN SHOLAT SEBAGAI PENOLONGMU,
SESUNGGUHNYA ALLAH BESERTA ORANG-ORANG YANG SABAR”.

(Q.S. AL-BAQARAH : 153)

“... DAN BARANG SIAPA YANG BERTAWAKAL KEPADA ALLAH SWT
NISCAYA ALLAH SWT AKAN MENGUKUPKAN (KEPERLUAN)NYA...”

(Q.S ATH-THALAQ: 3)

“YAKINLAH ADA SESUATU YANG MENANTIMU SELEPAS BANYAK
KESABARAN (YANG KAU JALANI), YANG AKAN MEMBUATMU TERPANA
HINGGA KAU LUPA BETAPA PEDIHNYA RASA SAKIT”.

(ALI BIN ABI THALIB)

“JIKA KAMU TIDAK MERASA LELAH, BERARTI KAMU SEDANG TIDAK
MEMPERJUANGKAN APAPUN DALAM HIDUPMU”.

(PENULIS)

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah puji serta syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “ Pengaruh Pemanfaatan Kombinasi Abu Ampas Tebu dan Limbah Bata Merah sebagai Bahan Tambah terhadap Karakteristik Genteng Tanah Liat Tradisional”. Yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah terhadap kualitas genteng tanah liat.

Penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik tentunya tidak lepas dari dukungan, bantuan, bimbingan, dan saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Widarto selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan izin untuk menggunakan fasilitas selama penyusun melakukan penelitian, sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Drs. Darmono, M.T. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Negeri Yogyakarta sekaligus Pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penyusun sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Faqih Ma'arif, M.Eng. selaku dosen penguji.
4. Bapak Pramudiyanto, M.Eng. selaku dosen penguji.

5. Pemilik dan pegawai pembuatan genteng tradisional yang telah membimbing dan bersedia memberikan ijin kepada penyusun untuk melaksanakan penelitian.
6. Bapak Sudarman, S.Pd. selaku Teknisi Laboratorium Bahan Bangunan Teknik Sipil Universitas Negeri Yogyakarta.
7. Kedua orang tua saya yang telah memberikan dorongan, motivasi beserta do'a tulus untuk saya.
8. Rekan-rekan Teknik Sipil UNY angkatan "13" yang telah memberikan dukungan dan motivasinya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
9. Kepada pihak-pihak terkait yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungannya.

Dengan sepuh hati penyusun menyadari bahwa laporan ini masih jauh kata sempurna. Untuk itu, saran dan kritik yang bersifat membangun penyusun harapkan demi sempurnanya laporan ini agar dapat memberikan sumbangsih dan bahan pemikiran bagi kita semua.

Akhir kata, semoga laporan ini bermanfaat bagi kita untuk memperkaya ilmu dan wawasan di masa sekarang maupun yang akan datang.

Yogyakarta, 2016
Penyusun

Igit Nugraha
NIM. 13510134003

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR JUDUL	i
ABSTRAK	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
SURAT PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
 BAB I PENDAHULUAN	 1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Batasan Masalah	7
D. Rumusan Masalah	8
E. Tujuan Kajian	9
F. Manfaat Kajian	9
G. Keaslian Gagasan	10
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 11
A. Abu Ampas Tebu	11
1. Abu Pembakaran Ampas Tebu Sebagai <i>Fly Ash</i>	12
2. Abu Pembakaran Ampas Tebu Sebagai <i>Bottom Ash</i>	12
B. Semen Merah	13
C. Genteng	13
1. Jenis-jenis Genteng berdasar Material	14

D. Bahan Baku Genteng	15
1. Tanah Liat/Lempung	15
2. Pasir	19
3. Air	20
E. Persyaratan Genteng	20
1. Berdasarkan Bentuknya	20
2. Ketetapan Ukuran	21
3. Penyerapan Air	21
4. Beban Lentur	21
5. Pandangan Luar dan Ketetapan Bentuk	22
BAB III METODE PENELITIAN	24
A. Pelaksanaan Kajian	24
1. Tempat Kajian	24
2. Metode Kajian	24
3. Variabel Kajian	25
B. Alat dan Bahan Penelitian	28
1. Alat	28
2. Bahan	37
C. Proses Pembuatan Genteng Tanah Liat	40
1. Tahap Persiapan	40
2. Pemeriksaan Karakteristik Abu Ampas Tebu	40
3. Pembuatan Benda Uji Genteng	41
D. Pengujian Benda Uji Genteng Tanah Liat	43
1. Pengujian Beban Lentur	43
2. Pengujian Rembesan Air (<i>Impermeabilitas</i>)	44
3. Pengujian Penyerapan Air (<i>Porositas</i>)	45
4. Pengujian Sifat Tampak	46
5. Pengujian Ukuran	47

E. Analisis Data	47
1. Karakteristik Abu Ampas Tebu dan Limbah Bata Merah	47
2. Karakteristik Genteng Tanah Liat	48
BAB IV HASIL KAJIAN DAN PEMBAHASAN	50
A. Hasil Kajian	50
1. Karakteristik Abu Ampas Tebu	50
2. Karakteristik Limbah Bata Merah	50
3. Karakteristik Genteng Tanah Liat	51
B. Pembahasan	56
1. Pengujian Beban Lentur	56
2. Pengujian Rembesan Air (<i>Impermeabilitas</i>)	57
3. Pengujian Penyerapan Air (<i>Porositas</i>)	59
4. Pengujian Sifat Tampak	60
5. Pengujian Ukuran	60
6. Kualitas Genteng Tanah Liat	60
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	61
A. Kesimpulan	61
B. Saran-saran	62
C. Keterbatasan Pengujian	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	66

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 . Struktur mineral-mineral lempung	17
Gambar 2 . Jenis genteng berdasarkan bentuk	19
Gambar 3 . Ayakan lolos saringan 0,15 mm	28
Gambar 4 . Jangka sorong	28
Gambar 5 . Timbangan kodok ketelitian 1 gram	29
Gambar 6 . Timbangan elektrik ketelitian 0,01 gram	29
Gambar 7 . Mesin uji beban lentur	30
Gambar 8 . Meteran	30
Gambar 9 . Ember	31
Gambar 10 . Malam	31
Gambar 11 . Seng	32
Gambar 12 . Kompor listrik	32
Gambar 13 . Piring seng	33
Gambar 14 . Oven	33
Gambar 15 . Penggaris siku	34
Gambar 16 . Dudukan Kayu	34
Gambar 17 . Cetakan genteng	35
Gambar 18 . Tempat pengeringan genteng	35
Gambar 19 . Penggiling Tanah Liat	36
Gambar 20 . Tempat Pembakaran	36
Gambar 21 . Tanah Liat	37
Gambar 22 . Air	37
Gambar 23 . Abu Ampas Tebu	38
Gambar 24 . Limbah Bata Merah	38
Gambar 25 . Sabut Kelapa	39
Gambar 26 . Pengujian Beban Lentur	43
Gambar 27 . Pengujian Rembesa Air	44
Gambar 28 . Pengujian Penyerapan Air	45

Gambar 29 . Pengujian Sifat Tampak	46
Gambar 30 . Pengujian Ukuran	46
Gambar 31 . Grafik Rata-rata Beban Lentur	51
Gambar 32 . Grafik Rata-rata <i>Porositas</i>	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komposisi Kimia Abu Pembakaran Ampas Tebu	10
Tabel 2. Perbandingan komposisi senyawa kimia batu bata	12
Tabel 3. Kelompok dan komposisi mineral lempung	17
Tabel 4. Komposisi kimia dalam lempung	18
Tabel 5. Ketetapan ukuran genteng	20
Tabel 6. Penyerapan air maksimum	20
Tabel 7. Kekuatan terhadap beban lentur	21
Tabel 8. Ketetapan bentuk	21
Tabel 9. Rencana perbandingan bahan susun genteng	40
Tabel 10. Pengujian beban lentur benda uji	50
Tabel 11. Pengujian rembesan air genteng tanah liat	51
Tabel 12. Pengujian penyerapan air genteng tanah liat	52
Tabel 13. Pengujian tampak genteng tanah liat	54
Tabel 14. Pengujian ukuran genteng tanah liat	54

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Pengujian Beban Lentur Genteng Tanah Liat
- Lampiran 2. Pengujian Rembesan Air (*Impermeabilitas*) Genteng Tanah Liat
- Lampiran 3. Pengujian Penyerapan Air (*Porositas*) Genteng Tanah Liat
- Lampiran 4. Pengujian Sifat Tampak Genteng Tanah Liat
- Lampiran 5. Pengujian Ukuran Genteng Tanah Liat
- Lampiran 6. Pengujian Kadar Air
- Lampiran 7. Pengujian Beban Berat Satuan

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Genteng adalah unsur bangunan yang berfungsi sebagai penutup atap dan dibuat dari tanah liat dengan atau tanpa campuran bahan lainnya, dibakar sampai suhu yang cukup tinggi, sehingga tidak hancur apabila direndam dalam air (PUBI 1982). Pada proses pembuatan genteng, umumnya bahan-bahan yang digunakan seperti: tanah liat (lempung), serbuk paras dan air. Proses pengolahan akhirnya melalui proses pembakaran dilakukan dengan suhu maksimum mencapai 1000°C (Frick, 1988).

Berbagai penelitian tentang genteng tanah liat telah dilakukan dengan harapan akan ditemukannya metode pembuatan yang efisien serta penyediaan bahan bangunan dalam jumlah besar dan ekonomis. Alternatif yang sedang menjadi perhatian dewasa ini adalah pemanfaatan limbah-limbah industri. Limbah industri untuk bahan campuran genteng ternyata mampu meningkatkan kuat tekan. Pemakaian genteng tanah liat banyak diminati oleh masyarakat, hal ini cukup beralasan karena harga yang murah dan bebannya ringan. Dalam penelitian ini digunakan genteng tanah liat.

Penelitian genteng yang dilaksanakan dalam penelitian ini dilakukan di daerah Yogyakarta karena kualitas gentengnya masih belum memenuhi syarat SNI 03-2095-1998 Genteng Keramik seperti berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Arini Rasma,dkk: 2011 melakukan identifikasi kualitas produk genteng keramik tidak bergelasir di beberapa perusahaan kecil di wilayah Jawa

(Jatiwangi, Yogyakarta, Tulung Agung, Kebumen, Trenggalek, Serang), Aceh, dan Nusa Tenggara Barat telah dilakukan dengan melakukan pengujian mutu produk sesuai dengan persyaratan SNI 03-2095-1998 Genteng Keramik serta kajian dan analisis untuk memperbaiki mutu/kualitas genteng keramik. Berdasarkan hasil identifikasi sebagian besar (81,25%) genteng produk industri kecil (IKM) dari wilayah Jawa (Jatiwangi, Yogyakarta, Tulung Agung, Kebumen, Trenggalek, Serang), Aceh, dan Nusa Tenggara Barat yang merupakan Industri Kecil Menengah kualitasnya belum memenuhi syarat mutu SNI genteng dari parameter uji klasifikasi ukuran, mutu tampak, ketepatan ukuran, penyerapan air, dan beban lentur.

Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu ampas tebu dan limbah bata merah. Abu ampas tebu yang memiliki kandungan silika sebanyak 71% yang apabila ditambahkan ke dalam campuran genteng tanah liat akan menambah daya ikat antar partikelnya sehingga kekuatan lentur adonan dan produk jadinya akan semakin bertambah serta sifat *pozzolan* abu ampas tebu akan berfungsi sebagai *filler* yang berperan dalam memperkecil nilai *porositas*. Kemudian limbah bata merah yang sudah diayak lolos saringan 0,15 mm atau setara dengan butiran semen memiliki kandungan silika 56,4% yang ketika proses pembakaran silika dari limbah bata merah berfungsi sebagai penguat badan genteng tanah liat dimana pada kondisi temperatur titik leburnya silika akan mengisi ruang kosong (pori) yang dibentuk antara partikel dan mineral akibat adanya penguapan air dan bahan lainnya hingga produk menjadi lebih rapat. Selain itu pemanfaatan abu ampas tebu dapat mengurangi polusi udara akibat

limbah pembakaran ampas tebu yang biasanya digunakan di pabrik gula sedangkan limbah bata merah pemanfaatannya kurang dioptimalkan yang biasanya hanya digunakan sebagai timbunan tanah yang sebenarnya mempunyai kandungan kimia yang baik untuk bahan campuran genteng tanah liat. Sehingga penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah terhadap genteng tanah liat dapat meningkatkan kualitasnya serta memanfaatkan limbah yang tidak terpakai.

Abu Ampas tebu merupakan butiran kecil yang dihasilkan dari hasil pembakaran ampas tebu di pabrik gula yang sudah tidak digunakan lagi atau sudah menjadi limbah pabrik yang apabila dibiarkan dapat mencemari lingkungan karena butirannya yang mudah berterbangan. Dari hasil uji laboratorium abu ampas tebu mempunyai kandungan *silikat* sebesar 71% sehingga memiliki sifat *pozzolan*.

Standar ASTM C 125-07 (2007) mensyaratkan bahwa *pozzolan* ialah bahan yang mempunyai *silika* atau *silika alumina* yang memiliki sedikit atau tidak ada sifat semen tetapi apabila dalam bentuk butiran yang halus dan dengan kehadiran kelembaban, bahan ini dapat bereaksi secara kimia dengan *kalsium hidroksida* pada suhu biasa untuk membentuk senyawa bersifat semen. *Pozzolan* merupakan bahan alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur *silika* dan atau *alumina* yang reaktif. Butirannya yang halus bila ditambahkan ke dalam campuran tanah liat akan mengisi pori-pori dari genteng.

Kemudian selain menggunakan abu ampas tebu dalam pembuatan genteng juga digunakan limbah dari batu bata merah yang merupakan limbah dari hasil

penggilingan batu bata atau genteng sehingga didapatkan butiran-butiran halus. *Alumina* dan *silika* merupakan unsur utama pada limbah bata merah dimana didapatkan dari hasil perpaduan antara tanah liat dan pasir yang merupakan bahan utama pembuatan batu bata. Bahan dasar pembuatan batu bata terdiri dari lempung (tanah liat) 50%-60%, pasir sekitar 35%-50% dan air secukupnya. Sampai diperoleh campuran yang bersifat plastis dan mudah dicetak (Hendro Suseno, 2010). Batu bata baru umumnya memiliki kandungan senyawa kimia *silika oksida* (SiO_2) berkisar 55%-65% dan *alumina oksida* (Al_2O_3) berkisar 10%-25% (Hendro Suseno, 2010). Berbeda dengan limbah batu bata komposisi kimia dari limbah genteng terdiri dari 54%-61% *silika oksida* (SiO_2) dan 22%-32% *alumina oksida* (Al_2O_3) (Fernando Castro et.al, 2009).

Kemudian untuk memperbaiki kualitas genteng ditambahkan bahan tambah yang diharapkan dapat memperbaiki kualitas genteng yaitu dengan bahan tambah abu sekam padi dan limbah bata merah berdasarkan penelitian sebelumnya yaitu penelitian Iwan Fauzie Hartono (2012) melakukan penelitian mengenai genteng tanah liat dengan bahan tambah abu ampas tebu yang berasal dari industri penggilingan tebu. Komposisi yang dipakai dalam campuran genteng terdiri dari 100% tanah liat:0% abu ampas tebu, 90% tanah liat:10% abu ampas tebu, 85% tanah liat:15% abu ampas tebu, 80% tanah liat:20% abu ampas tebu, 75% tanah liat:25% abu ampas tebu, 70% tanah liat:30% abu ampas tebu dari berat tanah liat. Berdasarkan pada masing-masing persentase penambahan campuran genteng, kuat lentur tertinggi didapat pada campuran 100% tanah liat:0% abu ampas tebu yaitu sebesar 230,967 kgf dan kuat lentur terendah didapat pada

campuran 70% tanah liat: 30% abu ampas tebu yaitu sebesar 179,641 kgf. Semua jenis perlakuan memenuhi persyaratan SNI 03-2095-1998 dengan kuat lentur minimum 170 kgf (mutu 1), dan untuk daya resapan air tertinggi yaitu 21,843% dan tidak memenuhi persyaratan SNI 03-2095-1998 dengan daya resapan maksimal 12% (mutu 1).

Rofiatus Sakdiyah (2014) melakukan penelitian mengenai pengaruh substitusi ampas tebu, sekam padi, dan serbuk kayu pada genteng keramik. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan pada genteng dengan adanya substitusi bahan yaitu sekam padi (B): 19,06 Kg/m², serbuk kayu (B): 16,26 Kg/m², ampas tebu (B): 13,46 Kg/m² dan substitusi tanpa bahan sekam padi (TB): 13,46 Kg/m², serbuk kayu (TB): 13,65 Kg/m², ampas tebu (TB): 10,84 Kg/m² sedangkan besar porositas genteng pada pengujian uji alir (waktu tetes) yaitu tidak sejalan dengan kerapatan (massa jenis) genteng. Besarnya tingkat porositas berdasarkan dari uji alir yaitu tanpa bahan abu ampas tebu (TB): 7,24 jam, sekam padi (TB): 7,12 jam, serbuk kayu (TB): 1,02 jam dan bahan sekam padi (B): 7,19 jam, ampas tebu (B): 1,01 jam, serbuk kayu (B): 6,52 jam.

Berdasarkan dasar teori dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang telah terbukti dapat meningkatkan kualitas genteng maka genteng dengan bahan tambah abu ampas tebu dan limbah bata merah dapat meningkatkan kualitas genteng yang memang di pulau Jawa khususnya Yogyakarta masih belum memenuhi syarat SNI 03-2095-1998 Genteng Keramik.

Bahan tambah dengan abu ampas tebu dan limbah bata merah layak digunakan dalam penelitian ini mengingat bahannya yang mudah didapat yaitu abu ampas tebu dapat diambil dari Pabrik Gula Madukismo serta limbah bata merah yang biasanya tidak terpakai dari bekas reruntuhan bangunan. Selain mudah didapat juga lebih ekonomis dan sekaligus memanfaatkan limbah yang tidak terpakai sehingga diharapkan bahan tambah ini akan mudah digunakan sebagai bahan tambah genteng dalam pembuatan genteng.

Kemudian untuk mencari nilai maksimum dan nilai minimum dalam pengujian genteng tanah liat dengan bahan tambah maka diperlukan rencana variasi persentase masing-masing bahan tambah dan variasi yang direncanakan ada 3 variasi penambahan, yaitu abu ampas tebu 5% sebagai bahan tambah dengan nilai persentase yang sama dan penambahan limbah bata merah masing-masing 2,5%; 5%; dan 7,5%.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Abu ampas tebu dan limbah bata merah lolos saringan ayakan 0,15 mm untuk campuran genteng.
2. Variasi komposisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan tambah abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah yang digunakan adalah 2,5%, 5%, dan 7,5%. (belum diketahui kualitasnya dan belum dicoba oleh pabrik genteng).

3. Proses pencampuran adukan harus merata atau homogen, sehingga semua bahan tambah dapat tercampur.
4. Penambahan air dalam campuran perlu dikontrol supaya tidak terjadi perbedaan jumlah kandungan air dalam proses penggilingan.
5. Jumlah penggilingan genteng dengan bahan tambah sama dengan jumlah penggilingan dengan genteng tanpa bahan tambah.
6. Pengujian yang akan dilakukan pada genteng tanpa bahan tambah adalah pengujian pengujian beban lentur, rembesan air (*impermeabilitas*), penyerapan air (*porositas*), sifat tampak, dan ukuran sesuai dengan SNI 03 6861.1-2002.

C. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini perlu adanya batasan masalah, agar dalam melakukan pengujian genteng tanah liat dapat menghasilkan kualitas genteng tanah liat yang baik. Adapun batasan masalah adalah sebagai berikut :

1. Pengujian yang akan dilakukan pada genteng tanpa bahan tambah adalah pengujian pengujian beban lentur, rembesan air (*impermeabilitas*), penyerapan air (*porositas*), sifat tampak, dan ukuran.
2. Metode yang dilakukan untuk melakukan pengujian genteng tanah liat berdasarkan Standar Nasional Indonesia SNI 03-6861.1-2002.
3. Pengujian yang akan dilakukan pada genteng dengan penambahan komposisi bahan tambah abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah 2,5%, 5%, dan 7,5% adalah pengujian pengujian beban lentur, rembesan air (*impermeabilitas*), penyerapan air (*porositas*), sifat tampak, dan ukuran.

4. Proses pembakaran genteng tanah liat dibakar pada tungku tradisional.

D. Rumusan Masalah

Dengan penambahan limbah abu ampas tebu dan limbah bata merah dalam campuran genteng tanah liat, maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa besar beban lentur rata-rata genteng dari setiap variasi penambahan komposisi bahan tambah abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah yang digunakan adalah 2,5%, 5%, dan 7,5% ?
2. Bagaimana rembesan air (*impermeabilitas*) genteng dari setiap variasi penambahan komposisi bahan tambah abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah yang digunakan adalah 2,5%, 5%, dan 7,5% ?
3. Berapa persentase penyerapan air (*porositas*) dari setiap variasi penambahan komposisi bahan tambah abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah yang digunakan adalah 2,5%, 5%, dan 7,5% ?
4. Bagaimana sifat tampak genteng dari setiap variasi penambahan komposisi bahan tambah abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah yang digunakan adalah 2,5%, 5%, dan 7,5% ?
5. Bagaimana keseragaman ukuran genteng untuk setiap variasi penambahan komposisi bahan tambah abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah yang digunakan adalah 2,5%, 5%, dan 7,5% ?
6. Bagaimana kualitas tanpa bahan tambah dan genteng tanah liat dengan penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah ?

E. Tujuan Kajian

Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui:

1. Beban lentur rata-rata genteng tanah liat dari setiap variasi penambahan komposisi bahan tambah abu ampas tebu 5% limbah bata merah yang digunakan adalah 2,5%, 5%, dan 7,5% ?
2. Rembesan air (*impermeabilitas*) genteng tanah liat dari setiap variasi penambahan komposisi bahan tambah abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah yang digunakan adalah 2,5%, 5%, dan 7,5% ?
3. Persentase penyerapan air (*porositas*) genteng tanah liat dari setiap variasi penambahan komposisi bahan tambah abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah yang digunakan adalah 2,5%, 5%, dan 7,5% ?
4. Sifat tampak genteng tanah liat dari setiap variasi penambahan komposisi bahan tambah abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah yang digunakan adalah 2,5%, 5%, dan 7,5% ?
5. Keseragaman ukuran genteng tanah liat dari setiap variasi penambahan komposisi bahan tambah abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah yang digunakan adalah 2,5%, 5%, dan 7,5% ?
6. Kualitas genteng tanah liat tanpa bahan tambah dan genteng tanah liat dengan penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah ?

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diambil dari penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian merupakan salah satu wawasan untuk pengembangan ilmu teknologi bahan.

2. Bagi masyarakat khususnya disekitar lokasi pembuatan genteng tanah liat. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan informasi dalam menentukan pilihan terhadap bahan penutup atap terutama genteng tanah liat.
3. Bagi para peneliti dan mahasiswa hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan informasi atau referensi untuk melakukan penelitian-penelitian lebih lanjut.

G. Keaslian Gagasan

Pengujian genteng tanah liat dengan bahan tambah abu ampas tebu dan limbah bata merah ini merupakan hasil inovasi dari pengujian yang telah dilakukan sebelumnya tetapi berbeda komposisi campuran dan dengan komposisi campuran dan bahan tambahnya. Inovasi penambahan abu ampas tebu dan bata merah bertujuan untuk menghasilkan genteng tanah liat yang lebih kuat dan juga memenuhi persyaratan SNI 03-6861.1-2002.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Abu Ampas Tebu

Abu pembakaran ampas tebu merupakan hasil perubahan secara kimiawi dari pembakaran ampas tebu murni. Ampas tebu digunakan sebagai bahan bakar untuk memanaskan boiler dengan suhu mencapai 550°C - 600°C dan lama pembakaran setiap 4-8 jam dilakukan pengangkutan atau pengeluaran abu dari dalam boiler, karena jika dibiarkan tanpa dibersihkan akan terjadi penumpukan yang akan mengganggu proses pembakaran ampas tebu berikutnya (Muslimin Lubis, 2010).

Komposisi kimia dari abu ampas tebu terdiri dari beberapa senyawa yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Komposisi Kimia Abu Pembakaran Ampas Tebu

Senyawa kimia	Persentase(%)
SiO₂	71
Al₂O₃	1,9
Fe₂O₃	7,8
CaO	3,4
MgO	0,3
K₂O	8,2
P₂O₅	3,0
MnO	0,2

(Sumber: <http://digilib.petra.ac.id/viewer.php?page=1&submit.x=0&submit.pdf>)

1. Abu Pembakaran Ampas Tebu Sebagai *Fly Ash*

(CSA) A23.5 memberi 2 jenis *fly ash* yaitu tipe F dan tipe C yang secara umum perbedaan kedua tipe ini terletak pada sumbernya, yaitu batu bara.

Tipe F bersumber dari bituminus dan batu bara yang keras, sedangkan tipe C bersumber dari sub bituminus dan batu bara muda. Perbedaan yang nyata dari kedua jenis ini adalah kandungan komposisi kimiannya. Komposisi kimia pada tipe F diberikan yaitu : $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \geq 70\%$, dan untuk kadar CaO rata-rata kurang dari 8% sedangkan tipe C untuk komposisi yang sama yaitu: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 antara 50 % sampai dengan 70%. Kemudian abu ampas tebu memiliki komposisi $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ berkisar antara 70%-80% dan kadar CaO berada pada kisaran 3%-5% sehingga abu ampas tebu dapat dikategorikan sebagai *fly ash* tipe F karena kandungan silika abu ampas tebu mencapai 71%.

2. Abu Pembakaran Ampas Tebu Sebagai *Bottom Ash*

Bottom ash dan *Fly ash* pada abu pembakaran ampas tebu hampir sama unsur dan jumlah yang terkandung di dalamnya tetapi perbedaannya adalah *bottom ash* memiliki ukuran butiran yang lebih kasar dari *fly ash*. Pada proses pemanasan boiler di pabrik gula, ampas tebu (*bagasse*) digunakan sebagai bahan bakar. Proses pembakaran tersebut menghasilkan abu ampas tebu (*bagasse ash*). Abu ampas tebu yang tertinggal pada tungku pembakaran tersebut disebut *bottom ash* di samping itu ada pula yang terbang ke cerobong asap yang disebut dengan *fly ash*.

B. Semen Merah

Semen merah adalah hasil dari penggilingan batu bata atau genteng sehingga didapatkan butiran-butiran halus. *Alumina* dan *silika* merupakan unsur utama pada semen merah di mana didapatkan dari hasil perpaduan antara tanah liat dan pasir yang merupakan bahan utama pembuatan batu bata. Bahan dasar pembuatan batu bata terdiri dari lempung (tanah liat) 50%-60%, pasir sekitar 35%-50% dan air secukupnya sampai diperoleh campuran yang bersifat plastis dan mudah dicetak (Hendro Suseno, 2010).

Batu bata baru umumnya memiliki kandungan senyawa kimia *silika oksida* (SiO_2) berkisar 55%-65% dan *alumina oksida* (Al_2O_3) berkisar 10%-25% (Hendro Suseno, 2010). Berbeda dengan limbah batu bata baru komposisi kimia dari limbah batu bata lama terdiri dari 54%-61% *silika oksida* (SiO_2) dan 22%-32% *alumina oksida* (Al_2O_3) (Fernando Castro et.al, 2009). Komposisi senyawa kimia batu bata dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan komposisi senyawa kimial batu bata.

Senyawa	Limbah Batu Bata	Batu Bata Baru
SiO_2	56,4%	60,6%
Al_2O_3	27,4%	19,2%
Fe_2O_3	7,2%	8,1%
CaO	1,2%	2,6%
MgO	1,4%	2,9%

Sumber : Fernando Castro et.al (2009)

C. Genteng

Genteng merupakan benda yang berfungsi untuk atap suatu bangunan. Dahulu genteng berasal dari tanah liat yang dicetak dan dipanaskan sampai kering. Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dewasa ini genteng

telah banyak memiliki macam dan bentuk dan tidak lagi berasal dari tanah liat semata, tetapi secara umum genteng dibuat dari semen, agregat (pasir) dan air yang dicampur dengan material lain dengan perbandingan tertentu. Selain itu, untuk menambah kekuatan genteng juga digunakan campuran seperti serat alam, serat asbes, serat gelas, perekat aspal dan biji-biji logam yang memperkuat mutu genteng. Dengan mengingat fungsi genteng sebagai atap yang berperan penting dalam suatu bangunan untuk pelindung rumah dari terik matahari, hujan dan perubahan cuaca lainnya. Maka genteng harus mempunyai sifat mekanis yang baik, seperti kekuatan tekan, kekuatan pukul, dan sifat lainnya (Saragih, 2007).

Genteng merupakan salah satu komponen penting pembangunan perumahan yang memiliki fungsi untuk melindungi rumah dari suhu hujan maupun fungsi lainnya. kemudian supaya kualitas genteng optimal, maka daya serap air harus seminimal mungkin, agar kebocoran dapat diminimalisir (Musabbikhah, 2007).

1. Jenis-jenis Genteng berdasar Material

a. Genteng Tanah Liat

Genteng jenis ini terbuat dari tanah liat yang di *press* (tekan sedemikian rupa) kemudian dipanaskan dengan bara api dengan derajat kepanasan tertentu. Daya tahan genteng jenis ini sangat kuat sekali. Rangka diperlukan pemasangannya, mekanisme pemasangan kunci/kaitan genteng pada rangka penopang.

b. Genteng Metal

Genteng metal atau genteng berbahan logam, memiliki ukuran yang lebih besar, yaitu sekitar 60-120 cm, dengan ketebalan 0,3 mm. pemasangan genteng ini

tidak jauh beda dengan genteng dari tanah liat. Karena memiliki ukuran yang lebih lebar maka dapat mempercepat waktu pemasangan pada sebuah rumah. Genteng jenis ini biasanya memerlukan sekrup untuk pemasangannya agar tidak mudah terbawa angin karena bobotnya lumayan ringan.

c. Genteng Keramik

Genteng ini memiliki warna yang cukup banyak karena pada saat proses *finishing* nya dilapisi pewarna pada bagian atasnya (*glazur*). Bahan utama genteng ini adalah keramik. Bertumpu pada rangka kayu atau beton.

d. Genteng Aspal

Materil genteng yang satu ini bersifat solid namun tetap ringan, terbuat dari campuran lembaran *bitument* (turunan aspal) dan bahan kimia lain. Terdapat 2 bentuk model yaitu model datar yang terbaut pada triplek dan bentuk bergelombang yang dibaut pada rangka atap. Bentuknya yang lebar dan ringan membuat atap ini sering dipakai untuk atap pada bangunan tambahan seperti garasi.

e. Genteng Kaca

Genteng ini dipakai agar sinar matahari dapat masuk ke dalam ruangan secara langsung sehingga menghemat konsumsi listrik untuk penerangn. Material genteng ini terbuat dari kaca.

D. Bahan Baku Genteng Tanah Liat

1. Tanah Liat/Lempung

Lempung atau tanah liat adalah partikel mineral berkerangka dasar *silikat* yang berdiameter kurang dari 4 mikrometer. Lempung mengandung leburan

unsur-unsur silikon, oksigen, dan alumunium adalah unsur yang paling banyak menyusun kerak bumi. Lempung terbentuk dari proses pelapukan batuan *silika* oleh asam karbonat dan sebagian dihasilkan dari aktivitas panas bumi.

Lempung membentuk gumpalan keras saat kering dan lengket apabila basah terkena air. Sifat ini ditentukan oleh jenis mineral lempung yang mendominasinya. Mineral lempung digolongkan berdasarkan susunan lapisan oksida silikon dan oksida alumunium yang membentuk kristalnya. Golongan 1:1 memiliki satu lapisan oksida silikon dan satu oksida alumunium, sementara golongan 2:1 memiliki dua lapis golongan oksida silikon yang mengapit satu lapis oksida alumunium. Mineral lempung golongan 2:1 memiliki sifat elastis yang kuat, menyusut saat kering dan memuai saat basah. Karena perilaku inilah beberapa jenis tanah dapat membentuk kerutan-kerutan atau pecah-pecah bila kering (wikipedia.org).

Tanah lempung adalah tanah yang memiliki partikel-partikel mineral tertentu yang “menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air” (Grim, 1953). Partikel-partikel tanah berukuran yang lebih kecil dari 2 mikrometer ($=2\ \mu$), atau <5 mikron menurut sistem klasifikasi yang lain, disebut sebagai partikel berukuran lempung daripada disebut lempung saja. Partikel-partikel dari mineral lempung umumnya berukuran koloid ($<1\ \mu$) dan ukuran $2\ \mu$ merupakan batas atas (paling besar) dari ukuran partikel *silika* dan atau alumunium yang halus.

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut:

1. Ukuran butir halus, kurang dari 0,002 mm

2. Permeabilitas rendah
3. Kenaikan air kapiler sangat tinggi
4. Bersifat sangat kohesif
5. Kadar kembang susut yang tinggi
6. Proses konsolidasi lambat (Hardiyatmo, 1999)

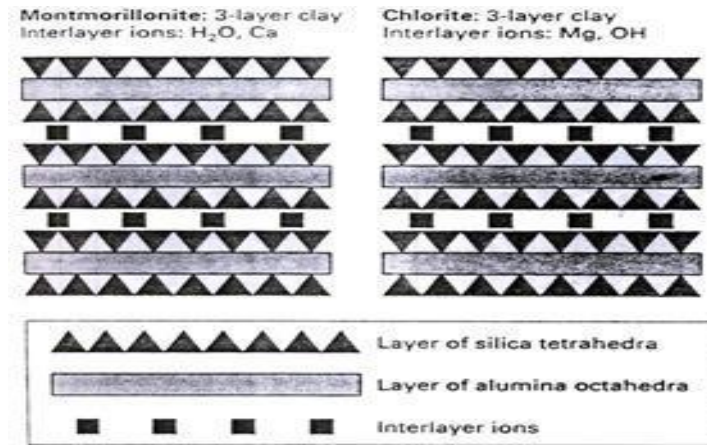
Tanah liat/lempung adalah sejenis tanah liat yang bersifat plastis mengandung kadar *silica* dan alumina yang tinggi. Lempung merupakan mineral sekunder dan tergolong aluminium *filosilicat* terhidrasi, mineral lempung (*clay*) sangat umum digunakan dalam industri keramik. Mineral lempung merupakan penyusun batuan sedimen dan penyusun utama dari tanah (Sinugroho, 1979).

a. Struktur Mineral Lempung

Mineral lempung merupakan pelapukan akibat reaksi kimia yang menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm. Satuan struktur dasar dari mineral lempung terdiri dari *Silica Tetrahedron* dan *Alumina Oktahedron*. Satuan-satuan dasar tersebut bersatu membentuk struktur lembaran. Jenis-jenis mineral lempung tergantung dari kombinasi susunan satuan struktur dasar atau tumpukan lembaran serta macam ikatan antara masing-masing lembaran.

Susunan pada kebanyakan tanah lempung terdiri dari *silica* tetrahedra dan aluminium oktahedra. *Silica Tetrahedron* pada dasarnya merupakan kombinasi dari satuan *Silica Tetrahedron* yang terdiri dari satu atom silikon yang dikelilingi pada sudutnya oleh empat buah atom Oksigen sedangkan *Alumina Oktahedron*

merupakan kombinasi dari satuan yang terdiri dari satuan atom aluminium yang dikelilingi oleh atom Hidroksi pada keenam sisinya (Holtz & Kovasc, 1981).



Gambar 1. Struktur Mineral-mineral Lempung.
(Sumber: Tucker 1991).

b. Komposisi Lempung

Berdasarkan komposisinya mineral lempung dibedakan menjadi beberapa kelompok seperti ditampilkan pada Tabel 3, sedangkan komposisi kimia yang terdapat dalam lempung menurut metode NLCE (*National Laobaratory For Civil Engineering*) terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kelompok dan komposisi mineral lempung.

Kelompok	Struktur Lapisan	Komposisi
Kaolinite	1:1 dioktahedral	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$
Serpentine	1:1 trioktahedral	$Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8$
Montmorillonite atau smecite	2:1 dioktahedral atau trioktahedral	$(Na,Ca)_{0,3}(Al,Mg)_2SiO_{10}(OH)_2 nH_2O$
Pyrophyllite	2:1 dioktahedral	$Al_2Si_4O_{10}(H)_2$
Talk	2:1 trioktahedral	$(Mg,Fe,Al)_6(Si,Al)_4O_{10}(OH)_8$
Chlorite	2:2 trioktahedral	$(Mg,Fe,Al)_6(Si,Al)_4O_{10}(OH)_8$
Mika	2:1 dioktahedral	$KAl_2(AlSi_3)O_{10}(OH)$

Sumber : Abdullah (2004) dan Barroroh (2007)

Lapisan *alumina* memiliki rumus molekul $\text{Al}_2(\text{OH})_6$ dan ini biasanya disebut *gibbsite*. Struktur ini tersusun satu atom *alumina* dan enam atom oksigen yang membentuk struktur *oktahedral*. Atom *alumina* dapat digantikan oleh atom magnesium membentuk struktur dengan nama *brucite* dengan rumus molekul $\text{Mg}_3(\text{OH})_6$. Komposisi kimia lempung pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi kimia dalam lempung

Senyawa	Jumlah (%)
Silika (SiO_2)	61,43
Alumina (Al_2O_3)	18,09
Besi Oksida (Fe_2O_3)	1,22
Kalsium Oksida (CaO)	0,84
Magnesium Oksida (MgO)	0,91
Sulfur Trioksida (SO_3)	0,01
Potasium Oksida (K_2O)	3,21
Sodium Oksida (Na_2O)	0,15
H_2O hilang pada suhu 105°C	0,6
H_2O hilang pada pembakaran diatas suhu 105°C	12,65

Sumber : Kurniasari (2008)

2. Pasir

Pasir adalah contoh bahan mineral butiran. Butiran pasir umumnya berukuran antara 0,0625 sampai 2 milimeter. Materi pembentuk pasir adalah silikon oksida, tetapi di beberapa pantai tropis dan subtropis umumnya dibentuk dari batu kapur. Pasir tidak dapat ditumbuhi tanaman, karena rongga-rongganya yang besar (wikipedia.org).

Pasir merupakan agregat halus yang terdiri dari butiran sebesar 0,14-5 mm, didapat dari batuan alam (*natural sand*) atau dapat juga dengan memecahnya (*artificial sand*), tergantung dari kondisi pembentukan tempat terjadinya. Pasir alam dapat dibedakan atas: pasir galian, pasir sungai, dan pasir laut. Pasir

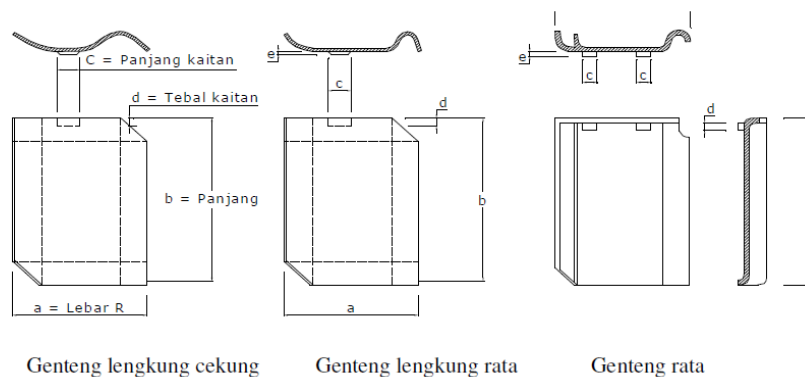
merupakan bahan pengisi yang digunakan dengan tanah liat untuk membuat adukan. Kemudian pasir juga berpengaruh terhadap sifat tahanan susut, keretakan dan kekerasan pada produk bahan bangunan campuran tanah liat (Badan Standar Nasional, 2002).

3. Air

Air merupakan bahan dasar yang sangat penting dalam pembuatan genteng. Air diperlukan untuk bereaksi dengan tanah liat serta menjadikan bahan pelumas antara tanah liat dengan pasir agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan (Spesifikasi Bahan Bangunan, 2002).

E. Persyaratan Genteng Tanah Liat

1. Menurut SNI 03-6861.1-2002 berdasarkan bentuknya genteng keramik dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu :
 - a. Genteng Lengkung Cekung, yaitu genteng dengan penampang yang berbentuk gelombang, tidak simetris dan tidak mempunyai bagian yang rata.
 - b. Genteng Lengkung Rata, yaitu genteng dengan penampang bagian tengah yang rata dan tepi-tepinya melengkung.
 - c. Genteng Rata, yaitu genteng dengan permukaan rata, tepi yang satu beralur dan tepi lainnya berlidih. Biasanya dibuat dengan mesin kempa atau press.



Gambar 2 . Jenis genteng berdasarkan bentuk
(Sumber : SNI 03-6861.1-2002)

2. Ketetapan Ukuran

Genteng keramik untuk semua mutu harus memenuhi ukuran-ukuran sesuai dengan ketentuan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Ketetapan ukuran genteng

Uraian	Genteng			Keterangan
	Kecil (mm)	Sedang (mm)	Besar (mm)	
Panjang berguna (jarak reng)	200	250	300	Penyimpangan < 6 mm
Lebar berguna	200	200	200	
Jarak penutup memanjang	Min 40	Min 50	Min 60	
Jarak penutup melintang	Min 40	Min 40	Min 40	
Kaitan minimum				
- Tinggi	10	10	10	
- Panjang	30	30	30	
- Lebar	10	10	10	

Sumber : SNI 03-6861.1-2002

3. Penyerapan Air

Genteng keramik untuk semua mutu harus memenuhi penyerapan air (*porositas*) sesuai dengan ketentuan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Penyerapan air maksimum

Tingkat	Penyerapan air maksimum (%)
I	12
II	15
III	20

Sumber : SNI 03-6861.1-2002

4. Beban Lentur

Genteng keramik untuk semua mutu harus memenuhi kekuatan terhadap beban lentur sesuai dengan ketentuan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Kekuatan terhadap beban lentur

Tingkat Mutu	Kekuatan terhadap beban lentur (Kgf) atau (Kg)	
	Rata-rata dari minimal 6 (enam) genteng yang diuji	Angka minimal untuk masing-masing genteng yang diuji
I	150	110
II	120	90
III	80	60
IV	50	35
V	30	25

Sumber : SNI 03-6861.1-2002

5. Pandangan luar dan ketetapan bentuk

Genteng keramik untuk semua mutu harus memenuhi pandangan luar dan ketetapan bentuk sesuai dengan ketentuan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Ketetapan bentuk

Tingkat Mutu	Pandangan Luar	Ketapan Bentuk (% kelengkungan maksimal)			
		Jenis Genteng	200 mm	250 mm	300 mm
I	<ul style="list-style-type: none"> - Harus mempunyai permukaan yang utuh - Kerapatan pada pemasangan baik - Warna sama 	- Lengkung cekung	4	4	5
		- Lengkung rata	3	3	3,3
		- rata	2,5	2,5	3
II	<ul style="list-style-type: none"> - Harus mempunyai permukaan yang utuh - Kerapatan pada pemasangan baik - Terdapat cacat-cacat sangat sedikit 	- Lengkung cekung	5	5	6
		- Lengkung rata	4	4	4,5
		- rata	3	3	4

Tingkat Mutu	Pandangan Luar	Ketetapan Bentuk (% kelengkungan maksimal)			
		Jenis Genteng	200 mm	250 mm	300 mm
III	<ul style="list-style-type: none"> - Sedikit retak rambut - Kerapatan pada pemasangan baik - Cacat-cacat tidak terlalu besar 	<ul style="list-style-type: none"> - Lengkung cekung - Lengkung rata - rata 	6 5 4	6 5 4	7 5,5 5
IV	<ul style="list-style-type: none"> - Sedikit retak-retak - Kerapatan pada pemasangan baik - Cacat-cacat tidak terlalu besar 	<ul style="list-style-type: none"> - Lengkung cekung - Lengkung rata - rata 	7 6 5	7 6 5	8 7 6
V	<ul style="list-style-type: none"> - Terdapat cacat-cacat tapi masih bisa dipakai 	<ul style="list-style-type: none"> - Lengkung cekung - Lengkung rata - rata 	8 7 6	8 7 6	9 8 7

Sumber : SNI 03-6861.1-2002

BAB III METODE PENELITIAN

A. Pelaksanaan Kajian

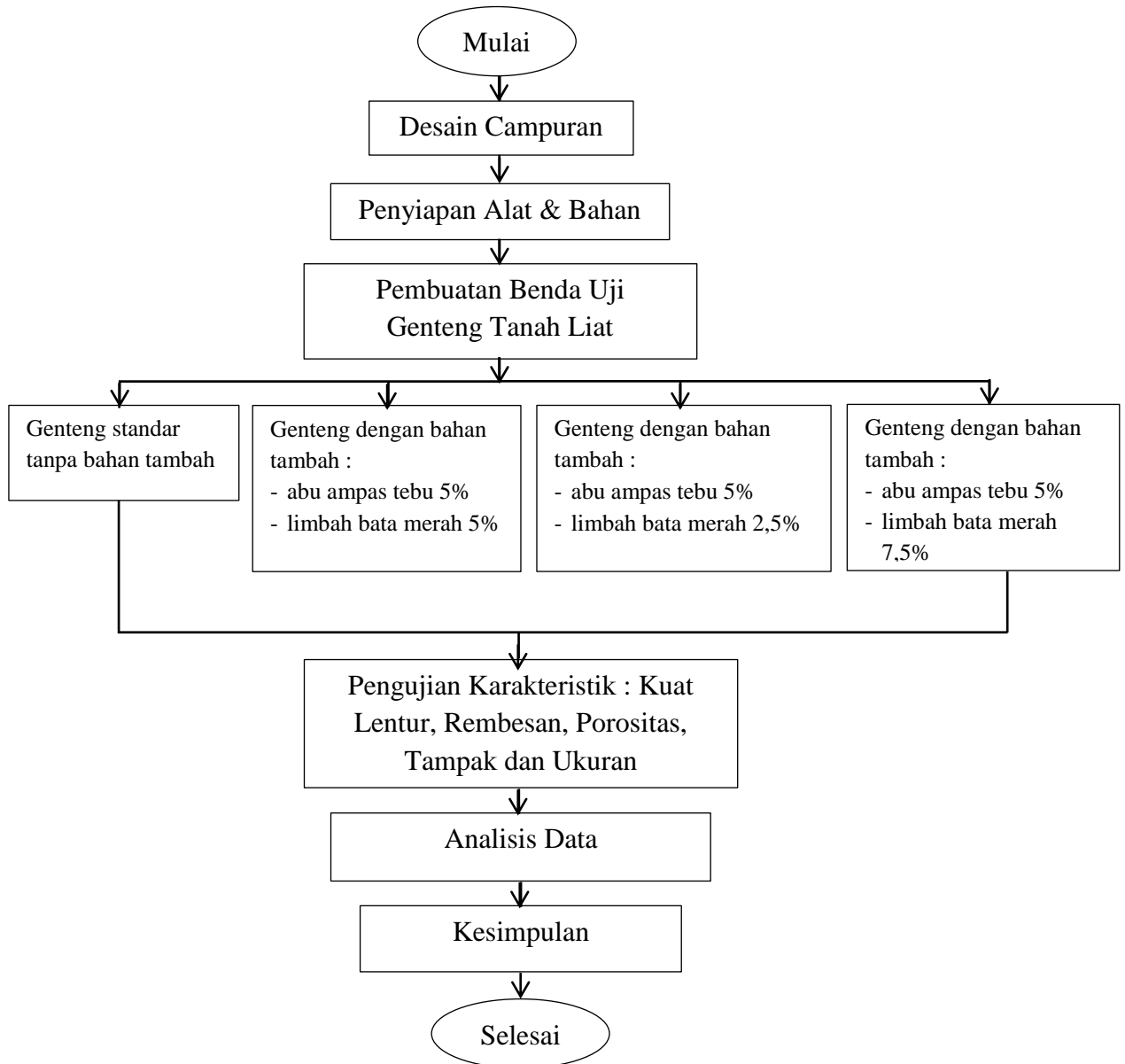
1. Tempat Kajian

Pelaksanaan kajian pembuatan benda uji genteng tanah liat bertempat di *Home Industry* pembuatan genteng tanah liat, yang beralamatkan di jalan Imogiri Timur KM. 19, Bantul, Yogyakarta. Pengujian Beban lentur, rembesan air (*impermeabilitas*), penyerapan air (*porositas*), sifat tampak dan ukuran dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Yogyakarta.

2. Metode Kajian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu dengan melakukan pengujian sampel di Laboratorium Bahan Bangunan Fakultas Teknik UNY. Penelitian ini menggunakan abu ampas tebu dan limbah bata merah sebagai bahan tambah dalam pembuatan campuran genteng tanah liat. Penelitian ini terdiri dari satu faktor yaitu perbandingan antara tanah liat, abu ampas tebu dan limbah bata merah pada komposisi campuran pembuatan genteng tanah liat. Pengujian yang akan dilakukan yaitu pengujian beban lentur, pengujian rembesan air (*impermeabilitas*), pengujian penyerapan air (*porositas*), pengujian sifat tampak dan ukuran. Perbandingan campuran variasi penambahan komposisi bahan tambah abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah yang digunakan adalah 2,5%, 5%, dan 7,5%.

Tahapan-tahapan dalam penelitian adalah sebagai berikut



3. Variabel Kajian

Variabel kajian dalam penelitian ini adalah variabel bebas, terikat, dan pengendali. Adapun hubungan masing variabel-variabel tersebut adalah variabel bebas bisa mengakibatkan perubahan pada variabel terikat sedangkan variabel terikat merupakan akibat dari adanya variabel bebas dan variabel pengendali

berperan sebagai pengontrol atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti.

a. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi persentase penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah. Penelitian ini menggunakan penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah adalah sebagai berikut :

- 1) Abu ampas tebu 0% dan limbah bata merah 0%
- 2) Abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah 2,5%.
- 3) Abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah 5%.
- 4) Abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah 7,5%.

b. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah jenis pengujian yang dilakukan pada genteng tanah liat, yaitu :

1) Beban lentur

Kapasitas beban lentur yang dapat ditahan genteng tanah liat.

2) Rembesan air (*impermeabilitas*)

Tidak boleh ada tetesan air dari permukaan bagian bawah genteng dalam waktu 2 jam.

3) Penyerapan air (*porositas*)

Persentase berat air yang diserap genteng setelah direndam selama 24 jam dikurangi kering oven dan dibagi kering oven.

4) Sifat tampak

Apakah terdapat retak-retak, tidak mulus atau cacat lainnya.

5) Ukuran

Persentase tebal, kait miring, panjang dan lebar berguna genteng tanah liat.

c. Variabel pengendali

1) Komposisi campuran tanah liat

Berat tanah liat untuk 1 genteng adalah 1706 gr.

2) Penggilingan

Setiap variasi masing-masing digiling sebanyak 2 kali.

3) Pengayakan

Utuk mendapatkan butiran halus abu ampas tebu dan limbah bata merah di ayak lolos saringan no. 1

4) Ketebalan genteng tanah liat

Ketebalan genteng tanah liat diusahakan seragam yaitu 12 mm.

5) Proses pembuatan

Cara atau proses pencampuran bahan menggunakan cara manual, begitu pula dengan proses pencetakannya.

6) Pengeringan dan pembakaran

Proses pengeringan dan pembakaran dilaksanakan ditempat yang sama yaitu di *home industry* pembuatan genteng tradisional jl. Imogiri km 11.

7) Jenis bahan yang digunakan

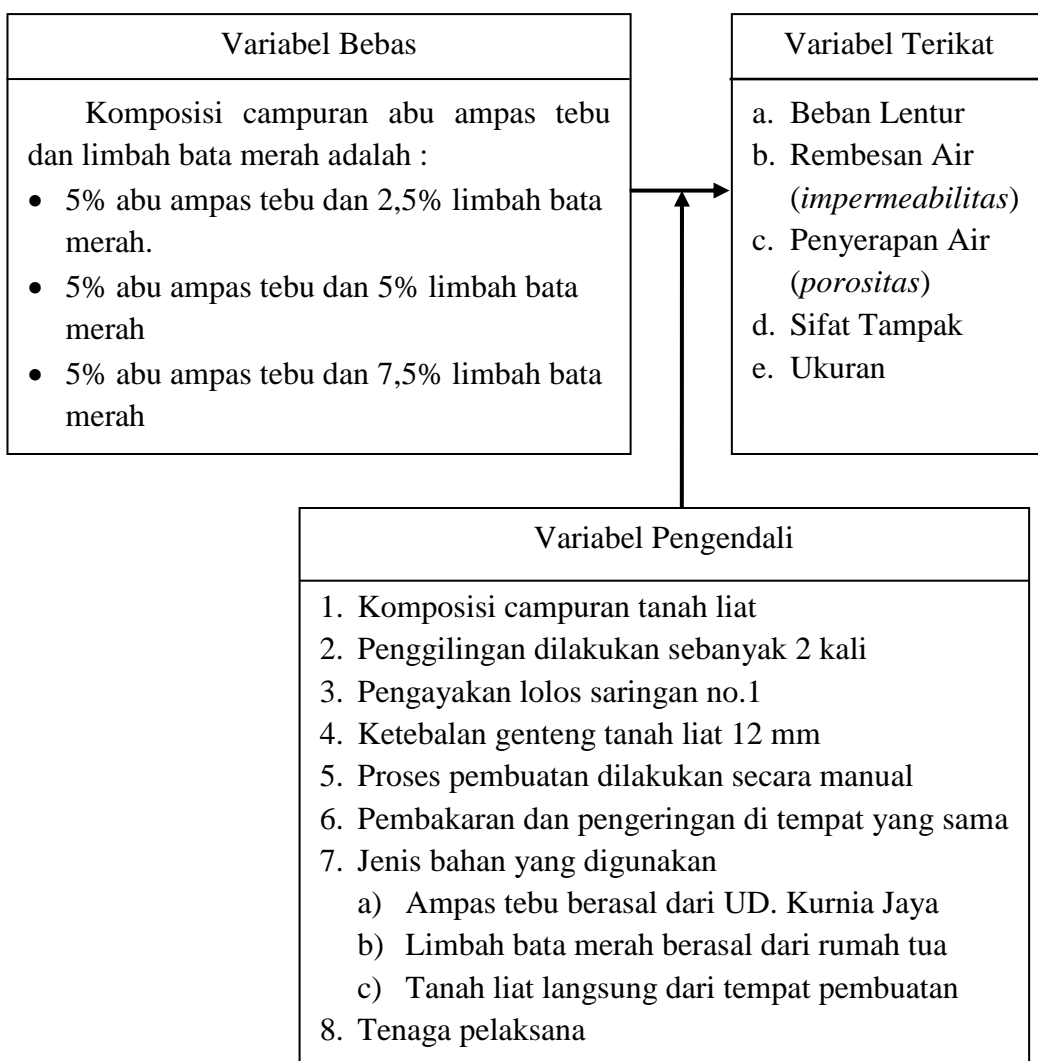
a) Ampas tebu berasal dari UD. Kurnia Jaya

- b) Limbah bata merah berasal dari rumah tua atau kuno di daerah Bantul.
- c) Tanah liat langsung dari tempat pembuatan genteng tradisonal.

8) Tenaga pelaksana

Pekerja atau tukang yang sudah ahli dan menguasai dalam proses pembuatan genteng tanah liat tradisonal.

Adapun hubungan antar masing-masing variabel pada penelitian ini, dapat dilihat pada gambar berikut ini :



B. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

a. Ayakan

Ayakan digunakan untuk menyaring limbah abu ampas tebu dan limbah bata merah. Ayakan yang digunakan merk *TATONAS*. Susunan lubang untuk ayakan pasir, berturut-turut adalah : 4,80 mm; 2,40 mm; 1,20 mm; 0,60 mm; 0,30 mm dan 0,15 mm serta dilengkapi dengan tutup.



Gambar 3. Ayakan Lolos Saringan 0,15 mm

b. Jangka Sorong

Jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm digunakan untuk pengujian ukuran genteng.



Gambar 4. Jangka Sorong

c. Timbangan

Dalam penelitian ini menggunakan 2 buah timbangan :

- 1) Timbangan kodok, dengan ketelitian 1 gram digunakan untuk mengukur berat sampel kurang dari 10 kg.



Gambar 5. Timbangan Kodok Ketelitian 1 gram

- 2) Timbangan elektrik, merk OHAUS dengan ketelitian 0,01 gram digunakan untuk menimbang bahan tambah.



Gambar 6. Timbangan Elektrik ketelitian 0.01 gram

d. Mesin Uji Beban Lentur

Digunakan untuk menguji beban lentur genteng.



Gambar 7. Mesin Uji beban lentur

e. Meteran

Meteran ini digunakan untuk mengukur panjang dan lebar genteng.



Gambar 8. Meteran

f. Ember

Digunakan untuk merendam genteng pada pengujian *porositas*.



Gambar 9. Ember

g. Malam

Malam ini untuk perekat antara seng dan genteng beton dalam pengujian rembesan air.



Gambar 10. Malam

h. Seng

Digunakan untuk pengujian rembesan air.



Gambar 11. Seng

i. Kompor Listrik

Digunakan untuk memasak malam pada pengujian rembesan air.



Gambar 12. Kompor Listrik

j. Piring Seng

Digunakan untuk wadah bahan uji.



Gambar 13. Piring Seng

k. Oven

Untuk mengeringkan benda uji genteng.



Gambar 14. Oven

l. Siku

Digunakan untuk mengukur kesikuan genteng.



Gambar 15. Penggaris Siku

m. Dudukan Kayu

Digunakan sebagai dudukan genteng tanah liat ketika pengujian beban lentur.



Gambar 16. Dudukan Kayu

n. Cetakan genteng tanah liat

Digunakan untuk mencetak genteng beton, alat ini terdapat di tempat Penelitian.



Gambar 17. Cetakan Genteng

o. Tempat pengeringan genteng tanah liat

Digunakan untuk mengeringkan genteng yang sudah melalui proses pencetakan.



Gambar 18. Tempat Pengeringan Genteng

p. Penggiling tanah liat

Digunakan untuk menggiling tanah liat pada saat pencampuran dengan bahan tambah.



Gambar 19. Penggiling Tanah Liat

q. Tempat Pembakaran Genteng Tanah Liat

Digunakan untuk proses pembakaran genteng tanah liat yang sebelumnya telah melalui proses pengeringan.



Gambar 20. Tempat Pembakaran

2. Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Tanah Liat

Digunakan sebagai bahan utama dalam proses pembuatan campuran genteng tanah liat.



Gambar 21. Tanah Liat

b. Air

Digunakan dalam proses pencampuran genteng tanah liat berfungsi untuk memudahkan dalam penggilingan dan pencetakan.



Gambar 22. Air

c. Abu Ampas Tebu

Digunakan sebagai bahan tambah pada campuran genteng tanah liat.



Gambar 23. Abu Ampas Tebu

d. Limbah bata merah

Digunakan sebagai bahan tambah pada campuran genteng tanah liat.



Gambar 24. Limbah Bata Merah

e. Sabut Kelapa

Digunakan sebagai bahan bakar untuk proses pembakaran genteng tanah liat.



Gambar 25. Sabut Kelapa

C. Proses Pembuatan Genteng Tanah Liat

1. Tahap Persiapan

- a. Persiapan tanah liat yang akan digunakan.
- b. Persiapan abu ampas tebu dan limbah bata merah yang sebelumnya telah diayak dan dicampur dengan komposisi 5% abu ampas tebu dan variasi dari limbah bata merah limbah bata merah 2,5% , 5% , dan 7,5%.

- c. Perisapan air yang akan digunakan.

2. Pemeriksaan Karakteristik Abu Ampas Tebu dan Limbah Bata Merah

Pemeriksaan karakteristik abu ampas tebu dan limbah bata merah bertujuan untuk mengetahui keadaan fisik sebenarnya. Pemeriksaan karakteristik ini yang digunakan adalah sesuai dengan pengujian standar, meliputi :

- a. Pemeriksaan berat satuan abu ampas tebu dan limbah bata merah.
- b. Pemeriksaan kadar air abu ampas tebu dan limbah bata merah.

3. Pembuatan Benda Uji Genteng Tanah Liat

Langkah – langkah dalam pembuatan benda uji genteng tanah liat, yaitu :

- a. Persiapan bahan susun genteng

Persiapan bahan susun genteng meliputi, mempersiapkan takaran tanah liat, abu ampas tebu, limbah bata merah dan air sesuai dengan kebutuhan yang telah direncanakan.

- b. Tahap pencampuran dan penggilingan bahan susun genteng tanah liat

Bahan susun genteng tanah liat (tanah liat, abu ampas tebu, limbah bata merah dan air) digiling pada mesin khusus penggiling tanah liat yang berfungsi untuk membuat tekstur tanah liat lebih halus dan lebih merapatkan rongga-rongga pada yang masih belum terisi. Selanjutnya tambahkan air $\pm 75\%$ dari jumlah air yang diperlukan, kemudian adukan diratakan dan sisa air yang diperlukan ditambahkan sedikit-sedikit sambil adukan terus diratakan sampai homogen. Penggilingan dilakukan untuk setiap variasi benda uji sebanyak 3 kali penggilingan. Adapun perencanaan kebutuhan bahan tambah untuk setiap variasi penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan bahan susun genteng tanah liat

Perbandingan Berat	Abu Ampas Tebu (gr)	Limbah Bata Merah (gr)	Tanah Liat (gr)
Abu ampas tebu 0% dan Limbah bata merah 0%	0	0	1706
Abu ampas tebu 5% dan Limbah bata merah 2,5%	85,3	42,65	1706
Perbandingan Berat	Abu Ampas Tebu (gr)	Limbah Bata Merah (gr)	Tanah Liat (gr)
Abu ampas tebu 5% dan Limbah bata merah 5%	85,3	85,3	1706
Abu ampas tebu 5% dan Limbah bata merah 7,5%	85,3	127,95	1706

c. Tahap pencetakan atau pengepresan bahan susun genteng tanah liat

Sebelum campuran yang telah homogen dicetak, terlebih dahulu didiamkan hingga agak keras namun tidak sampai keras atau kering supaya nanti mudah dalam membentuk untuk tahap pencetakan. Selanjutnya setelah didiamkan, tahap selanjutnya dituang dalam cetakan genteng tanah liat sampai penuh yang sebelumnya telah diolesi pelumas. Lalu ditekan dan digosok-gosok sampai halus, setelah itu genteng tanah liat yang sudah jadi diangkat ke tempat pemeliharaan. Demikian seterusnya langkah ini dilakukan berulang-ulang hingga jumlah genteng beton mencapai jumlah yang diinginkan untuk diuji.

d. Pengeringan

Genteng tanah liat yang selesai dicetak, dikeringkan dengan cara

ditempatkan dalam tatakan atau rak-rak genteng dan ditunggu sampai genteng siap untuk dijemur sampai genteng kering dan siap untuk dibakar.

e. Pembakaran

Setelah bahan dicetak dan dianginkan selama beberapa hari kemudian tahap terakhir adalah proses pembakaran pada tempat pembakaran yang telah disiapkan dan suhu yang telah disesuaikan dengan kebutuhan. Proses pembakaran pada tungku khusus pembakaran genteng ini kurang lebih selama 24 jam tanpa henti.

f. Perawatan benda uji genteng tanah liat

Setelah proses pembakaran selesai dan genteng tanah liat dibongkar dari tempat pembakaran atau tobong, genteng disimpan ditempat yang sejuk terhindar dari sinar matahari dan hujan. Kemudian genteng ditata dengan rapi agar tidak terjadi gesekan yang mengakibatkan mutu genteng bisa turun.

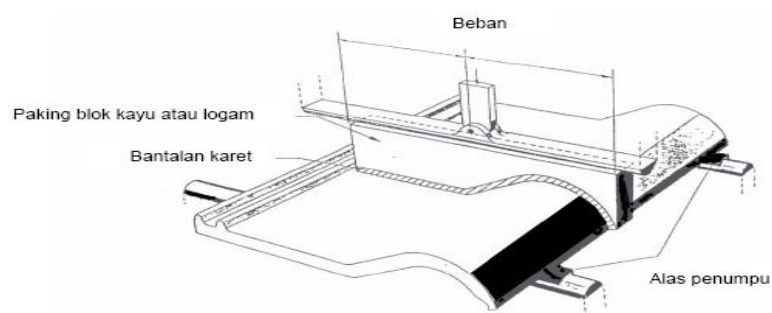
D. Pengujian Benda Uji Genteng Tanah Liat

Pengujian benda uji genteng dilakukan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-6861.1-2002) adalah sebagai berikut :

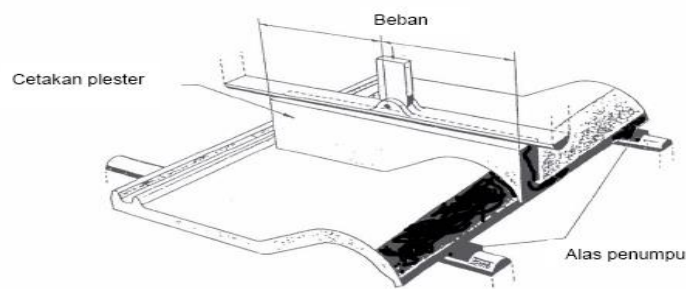
1. Pengujian Beban Lentur

Genteng yang sudah dibakar dan telah cukup kuat kemudian diuji beban lenturnya. Alat yang digunakan untuk melakukan pengujian ini adalah *Universal Testing Machine* (UTM) yang dapat memberikan beban secara teratur dan merata dengan hasil yang ditunjukkan ditampilkan dalam monitor komputer. Penekan dan landasan terbuat dari besi, sedangkan untuk dudukan genteng tanah liat terbuat dari kayu dengan bentuk yang disesuaikan dengan lekukan seperti genteng tanah

liat yang tebalnya 20 mm dan di atas genteng yang akan diuji diberi tambahan dudukan penekan supaya beban yang disalurkan benar-benar merata dan tepat di atas genteng benda uji tersebut. Pembebanan lentur diberikan pada permukaan atas genteng melalui penekan yang diletakan tepat di tengah antara dua dudukan sampai genteng patah. Nilai beban lentur ditampilkan di monitor komputer dengan bentuk grafik dengan satuan kN.



Gambar 3 Cara uji untuk genteng profil



Gambar 4 Papan penekan

Gambar 26. Pengujian Beban Lentur
(Sumber : SNI 03-0096-1999)

2. Pengujian Rembesan Air (*Impermeabilitas*)

Pengujian rembesan dilakukan untuk mengetahui ketahanan genteng tanah liat dengan bahan tambah maupun tanpa bahan tambah terhadap rembesan. Langkah-langkah pengujiannya yaitu, membuat mal berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 200 mm, lebar 100 mm, dan tinggi 100 mm yang terbuat dari

seng, mal yang sudah dibentuk direkatkan di atas genteng bagian bawah dengan menggunakan malam yang sebelumnya telah dipanaskan dan cairannya digunakan untuk menutup serta merekatkan bagian seng yang kira-kira akan dilalui air ketika pengujian. Air yang ditambahkan ke dalam mal tersebut tingginya 40 mm kemudian didiamkan selama 2 jam dan selalu dilihat apakah ada tetesan atau rembesan air di bagian bawah gentengnya.



Gambar 27. Pengujian Rembesan Air

3. Pengujian Penyerapan Air (*Porositas*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui penyerapan air genteng tanah liat dengan bahan tambah maupun tanpa bahan tambah. Adapun langkah-langkah pengujiannya yaitu, genteng tanah liat yang sudah jadi dan siap di uji di *oven* pada suhu $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam, kemudian setelah di oven genteng tanah liat ditimbang untuk mengetahui berat keringnya. Lalu genteng tanah liat yang telah ditimbang tadi di rendam dalam air sampai seluruh permukaan genteng tertutup rendaman air dan diamkan selama 24 jam, kemudian genteng ditimbang untuk mengetahui berat basahya yang sebelum ditimbang terlebih dahulu

menyeka bagian permukaan genteng yang ada genangan airnya.



Gambar 28. Pengujian Penyerapan Air

4. Pengujian Sifat Tampak

Genteng tanah liat yang sudah siap diuji kemudian dilakukan pengujian sifat tampak. Hal ini dilaksanakan untuk mengetahui apakah genteng tanah liat dengan bahan tambah dan genteng tanpa bahan tambah memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia dan termasuk mutu ke berapa yaitu permukaan yang mulus, tidak terdapat retak-retak, atau cacat lainnya yang mempengaruhi sifat pemakaian. Langkah-langkah pengujiannya adalah dengan mengamati secara seksama genteng tanah liat yang sedang diuji dan mencari setiap persyaratan yang harus terpenuhi didalam sifat tampak genteng tersebut.



Gambar 29. Pengujian sifat tampak

5. Pengujian Ukuran

Pengujian ukuran bertujuan untuk mengetahui apakah genteng dengan atau tanpa bahan tambah masuk dalam SNI dan termasuk jenis apa genteng tersebut. Pengujian ini meliputi pengukuran tebal, panjang, lebar kaitan serta panjang dan lebar berguna genteng tanah liat. Menurut SNI 03-6861.1-2002 ukuran bagian genteng tanah liat dapat dilihat di tabel 8 halaman 20.



Gambar 30. Pengujian Ukuran

E. Analisis Data

1. Karakteristik Abu ampas tebu, Limbah bata merah, dan Tanah liat

a. Berat satuan

Berat satuan abu ampas tebu, limbah bata merah, dan tanah liat dapat dihitung dengan rumus :

$$\gamma_{\text{sat}} = \frac{W_2 - W_1}{V} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

γ_{sat} = berat satuan (gram/ml)

W_1 = Berat wadah berisi abu ampas tebu atau tanah liat (gram)

W_2 = Berat wadah (gram)

V = Volume abu ampas tebu atau tanah liat (ml)

b. Kadar air

Kadar air abu ampas tebu, limbah bata merah, dan tanah liat dapat dihitung dengan rumus :

$$W = \frac{W_2 - W_1}{100} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

γ_{sat} = kadar air (%)

W_1 = Berat kering udara (gram)

W_2 = Berat kering oven (gram)

2. Karakteristik Genteng Tanah Liat

a. Beban lentur genteng tanah liat

Nilai beban lentur genteng tanah liat diperoleh dari beban maksimal yang mampu ditahan oleh genteng tanah liat.

b. Rembesan air (*impermeabilitas*)

Ketahanan genteng terhadap rembesan atau tetesan air di bagian permukaan bawah genteng dalam jangka waktu 2 jam.

c. Penyerapan air (*porositas*)

Penyerapan air genteng tanah liat dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Penyerapan air genteng tanah liat} = \frac{W - K}{K} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

W = berat genteng dalam keadaan basah (gram)

K = berat genteng dalam keadaan kering (gram)

d. Sifat tampak

Apakah terdapat retak-retak, permukaan tidak mulus, atau cacat lainnya

e. Ukuran

Berapa ukuran untuk panjang, lebar, tinggi kaitan serta panjang dan lebar berguna genteng.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Kajian

Pengujian yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bangunan Teknik Sipil dan Perencanaan, UNY, diantaranya adalah pengujian abu ampas tebu, limbah bata merah, genteng tanah liat dengan bahan tambah dan tanpa bahan tambah. Data hasil pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Karakteristik Abu Ampas Tebu

Pemeriksaan karakteristik abu ampas tebu yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi berat satuan dan kadar air.

a. Berat satuan

Hasil pemeriksaan berat satuan abu ampas tebu dari hasil pengujian yaitu 0,014 gr/ml.

b. Kadar air

Hasil pemeriksaan kadar air abu ampas tebu dari hasil pengujian diperoleh sebesar 4,05%.

2. Karakteristik Limbah Bata Merah

Pemeriksaan karakteristik bata merah yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi berat satuan dan kadar air.

a. Berat satuan

Hasil pemeriksaan berat satuan bata merah dari hasil pengujian yaitu 1,075 gr/ml.

b. Kadar air

Hasil pemeriksaan kadar air bata merah dari hasil pengujian diperoleh sebesar 2,08%.

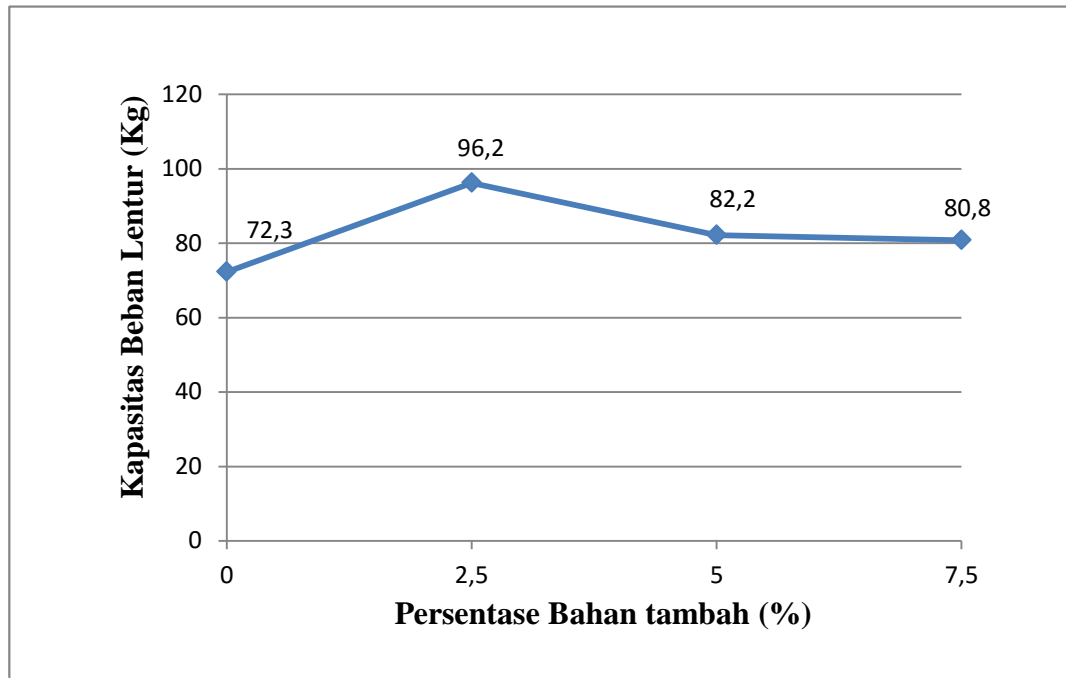
3. karakteristik Genteng Tanah Liat

a. Pengujian beban lentur

pengujian beban lentur benda uji genteng tanah liat dilaksanakan setelah genteng benar-benar siap untuk diuji dengan jumlah benda uji sebanyak 5 buah untuk masing-masing variabel penambahan abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah 0%; 2,5%; 5%; 7,5%. Data hasil pengujian beban lentur genteng tanah liat dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Pengujian beban lentur benda uji

No. Benda Uji	Beban lentur genteng untuk berbagai variabel campuran (Kg)			
	Abu ampas tebu 0% dan bata merah 0%	Abu ampas tebu 5% dan bata merah 2,5%	Abu ampas tebu 5% dan bata merah 5%	Abu ampas tebu 5% dan bata merah 7,5%
1	74,2	97,6	74,5	82,7
2	68,3	88,8	90,0	82,1
3	65,2	99,1	85,2	78,2
4	76,3	94,8	82,0	81,6
5	77,5	101,0	79,2	79,5
Rata-rata	72,3	96,2	82,2	80,8



Gambar 29. Grafik Rata-rata Beban Lentur

b. Pengujian rembesan air (*impermeabilitas*)

Pengujian rembesan air (*impermeabilitas*) benda uji genteng tanah liat dilaksanakan dengan jumlah benda uji 3 buah untuk masing-masing variabel penambahan abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah 0%;2,5%;5%;7,5%. Data hasil pengujian rembesan air (*impermeabilitas*) genteng tanah liat dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Pengujian rembesan air genteng tanah liat

Persentase	Benda Uji ke	Rembesan
0%	1	Tidak Merembes
	2	Tidak Merembes
	3	Tidak Merembes
2,5%	1	Tidak Merembes
	2	Tidak Merembes
	3	Tidak Merembes

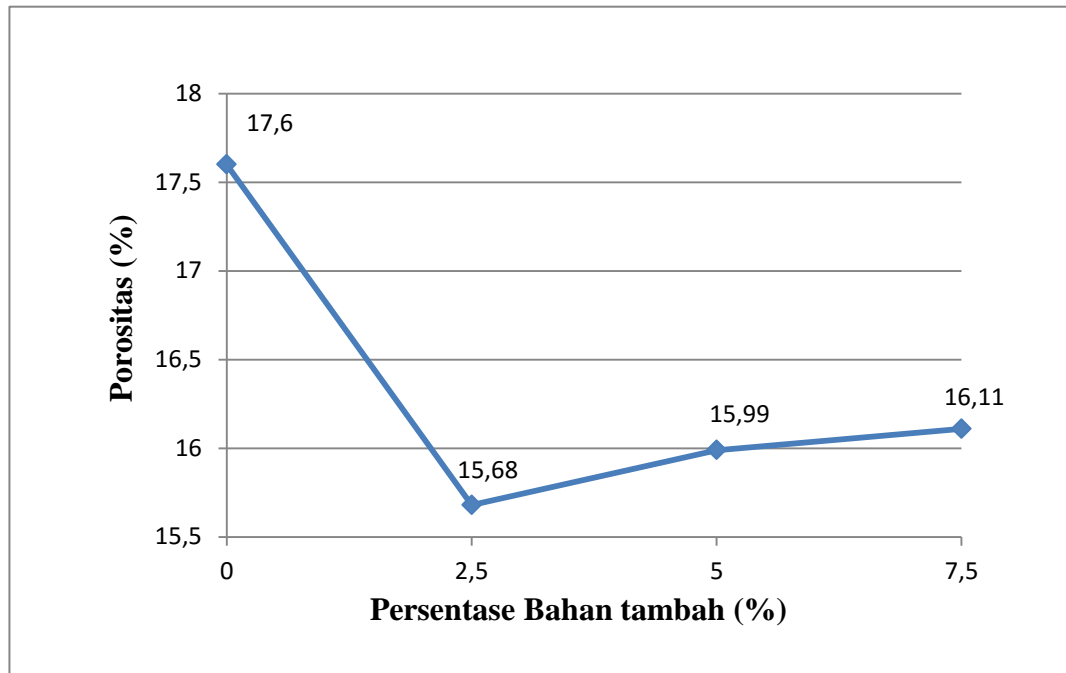
Persentase	Benda Uji ke	Rembesan
5%	1	Tidak Merembes
	2	Tidak Merembes
	3	Tidak Merembes
7,5%	1	Tidak Merembes
	2	Tidak Merembes
	3	Tidak Merembes

c. Pengujian penyerapan air (*porositas*)

Pengujian penyerapan air (*porositas*) benda uji genteng tanah liat dilaksanakan dengan jumlah benda uji 3 buah untuk masing-masing variabel penambahan abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah 0%;2,5%;5%;7,5%. Data hasil pengujian penyerapan air (*porositas*) genteng tanah liat dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Pengujian penyerapan air genteng tanah liat

Persentase	Benda Uji	W _{basah} (Kg)	W _{kering} (Kg)	Porositas (%)	Rata- rata (%)
0%	1	276	232	18,97	17,60
	2	345	296	16,55	
	3	312	266	17,29	
2,5%	1	280	241	16,18	15,68
	2	305	264	15,53	
	3	286	248	15,32	
5%	1	419	358	17,04	15,99
	2	399	346	15,32	
	3	407	352	15,63	
7,5%	1	414	359	15,32	16,11
	2	435	372	16,94	
	3	419	361	16,07	



Gambar 29. Grafik Rata-rata *Porositas*

d. Pengujian sifat tampak

Pengujian sifat tampak genteng tanah liat benda uji genteng tanah liat dilaksanakan dengan jumlah benda uji 5 buah untuk masing-masing variabel penambahan abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah 0%; 2,5%; 5%; dan 7,5%. Dari pengamatan semua genteng tanah liat dengan bahan tambah abu ampas tebu dan limbah bata merah yang telah dibuat, permukaan atasnya halus, tidak terdapat rongga, kekuatan genteng kuat, tidak terdapat retak, atau cacat lain yang mempengaruhi sifat pemakaian dan juga siku. Data hasil pengujian sifat tampak genteng tanah liat dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13. Pengujian tampak genteng tanah liat.

No.	Persentase	Uraian				
		Retak	Kehalus an	Bintik Hitam	Benjolan	Lekukan
1	2,5 %	Tidak ada	Halus	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
2		Tidak ada	Halus	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
3		Tidak ada	Halus	Tidak ada	Ada	Tidak ada
4		Tidak ada	Halus	Tidak ada	Ada	Tidak ada
5		Tidak ada	Halus	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
1	5%	Tidak ada	Halus	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
2		Tidak ada	Halus	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
3		Tidak ada	Halus	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
4		Tidak ada	Halus	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
5		Ada	Halus	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
1	7,5%	Tidak ada	Halus	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
2		Ada	Halus	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
3		Ada	Halus	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
4		Tidak ada	Halus	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
5		Tidak ada	Halus	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada

e. Pengujian ukuran

Pengujian ukuran benda uji genteng tanah liat dilaksanakan dengan jumlah benda uji 5 buah untuk masing-masing variabel penambahan abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah 0%; 2,5%; 5%; dan 7,5%. pengujian ukuran meliputi pengujian panjang dan lebar berguna, kaitan, dan jarak penutup genteng. Data hasil pengujian ukuran genteng tanah liat dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Pengujian ukuran genteng tanah liat.

Nama Ukuran	Sampel					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
Panjang Berguna (Jarak reng)	229,6	224,1	232,4	243,1	233,5	232,54
Lebar Berguna	188,3	191,4	191,2	190,3	189,4	190,12
Jarak Penutup Memanjang	310,8	320,7	320,2	310,9	312,3	314,98
Jarak Penutup Melintang	219,6	213,2	221,7	219,8	221,9	219,24

Nama Ukuran	Sampel					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
Kaitan						
- Panjang	43,2	42,1	42,5	43,1	42,3	42,64
- Lebar	19,3	18,8	18,1	17,9	18,2	18,46
- Tinggi	13,2	12,4	12,6	11,5	13,1	12,56

B. Pembahasan

Dari data hasil pengujian abu ampas tebu, bata merah, dan genteng tanah liat dengan bahan tambah dan tanpa bahan tambah. Pembahasannya adalah sebagai berikut :

1. Pengujian Beban Lentur

Pengujian genteng tanah liat terhadap beban lentur dengan penambahan abu ampas tebu dan limbah batu bata merah apabila dilihat dari hasil pengujian yang dituangkan ke dalam grafik semakin bertambah persentase bahan tambah abu ampas tebu dan limbah bata merah nilai beban lentur semakin menurun meskipun nilainya masih lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa bahan tambah hal ini dikarenakan pada proses penggilingan tanah liat dan bahan tambah yang dicampur sulit untuk membuat campuran menyatu atau homogen dan butiran abu ampas tebu yang jumlahnya banyak membuat kerja mesin penggiling tidak optimal sehingga ada bagian dalam genteng yang keropos atau berpori maka daya ikat antar partikel bahan penyusunnya pun menjadi lemah yang mana mempengaruhi kekuatan genteng dalam menahan beban lentur. Pengujian beban lentur ini menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan genteng tanpa penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah. Hal ini terjadi karena abu ampas tebu memiliki kandungan silika yang tinggi dengan persentase 71% dari

kandungan kimia keseluruhan membuat ikatan antar partikel campuran genteng menjadi lebih kuat yang berpengaruh terhadap tingkat kerapatan partikelnya sehingga menambah kekuatan lenturnya, kemudian butiran halus bata merah yang telah diayak lolos saringan 0,15 mm setara dengan butiran halus semen berfungsi sebagai *pozzolan* berubah fungsi menjadi *filler* yang mengisi rongga (pori-pori) pada genteng dan menghasilkan genteng yang lebih padat. Hasil pengujian karakteristik genteng tanah liat dengan variasi abu ampas tebu 0% dan limbah bata merah 0% adalah 72,3 Kg, hasil tersebut menurut SNI 03-6861.1-2002 merupakan genteng dengan tingkat mutu ke 4 dengan minimal beban lenturnya 50 kg. Sedangkan untuk karakteristik genteng tanah liat dengan variasi abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah 2,5%, abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah 5%, serta abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah 7,5% memiliki nilai beban lentur diatas 80 Kg sehingga merupakan genteng dengan tingkat mutu ke 3 seperti persyaratan beban lentur yang tercantum dalam dalam SNI 03-6861.1-2002 bahwa genteng dengan tingkat mutu ke 3 harus memiliki nilai beban lentur minimal 80 Kg sedangkan untuk nilai maksimum beban lentur terjadi pada genteng tanah liat dengan variabel penambahan abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah 2,5% dengan nilai beban lentur rata-rata adalah 96,2 Kg dan nilai minimum terjadi pada genteng tanpa bahan tambah abu ampas tebu dan limbah bata merah dengan nilai beban lentur rata-rata adalah 72,3 Kg. Kemudian apabila campuran hanya ditambahi abu ampas tebu saja dengan persentase 5% maka kemungkinan genteng akan mengalami penurunan kekuatan dikarenakan sifat abu ampas tebu yang mudah menyerap air sehingga pada saat pencetakan genteng

mudah pengerjaannya namun kekuatannya menurun sedangkan apabila ditambahi limbah bata merah saja dengan variasi persentase 2,5%; 5%; dan 7,5% genteng kemungkinan peningkatan beban lenturnya sedikit namun berat gentengnya semakin bertambah karena pada prinsipnya sama limbah bata merah berasal dari tanah liat.

2. Pengujian Rembesan Air (*Impermeabilitas*)

Pengujian ketahanan terhadap rembesan air dilakukan selama 3 jam, dengan jumlah sampel untuk setiap variasi penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah adalah masing-masing 3 buah sampel dan hasilnya menunjukkan bahwa tidak ada satu pun sampel yang bagian bawahnya menetes akibat rembesan. Untuk genteng dengan variasi tanpa bahan tambah bagian bawah genteng hanya mengembun namun tidak sampai menetes sedangkan untuk genteng dengan variasi bahan tambah hanya basah tidak sampai mengembun dan juga menetes. Perbedaan hasil dari genteng tanah liat dengan bahan tambah dengan genteng tanah liat tanpa bahan tambah dikarenakan bahan tambah abu ampas tebu dan limbah bata merah mampu berperan sebagai pengisi rongga yang dapat merapatkan genteng sehingga air yang seharusnya mengalir melalui rongga tersebut tidak mengalir secara lancar atau terhambat dengan adanya butiran halus dari abu ampas tebu dan limbah bata merah yang mengisi dan menutupi rongga-rongga tersebut hal ini dapat dibuktikan dengan hasil pengujian yaitu genteng tanah liat dengan bahan tambah selama pengujian berlangsung permukaan bawah genteng hanya basah tidak terjadi rembesan maupun mengembun Sedangkan genteng yang tanpa bahan tambah tidak ada partikel atau butiran halus yang

mengisi dan menutupi rongga-rongga tersebut hasilnya air dapat leluasa mengalir melalui rongga-rongga tersebut hal ini dapat dilihat pada saat pengujian permukaan genteng bagian bawah mengembun yang apabila didiamkan secara terus menerus maka genteng tersebut akan mengalami rembesan akibat tidak adanya butiran yang menahan laju air. Namun secara keseluruhan ketiga sampel dari setiap variasi campuran pada pengujian ketahanan terhadap rembesan air (*impermeabilitas*) telah memenuhi persyaratan SNI 03-6861.1-2002 yaitu genteng harus mampu menahan rembesan air selama 2 jam.

3. Pengujian Penyerapan Air (*Porositas*)

Dari hasil pengujian penyerapan air (*porositas*) yang dituangkan ke dalam grafik diketahui bahwa semakin bertambahnya persentase bahan tambah yang tercampur pada genteng menunjukkan semakin tinggi nilai *porositas* meski nilainya tidak melebihi genteng tanpa bahan tambah berarti mengindikasikan bahwa terdapat banyak rongga setiap penambahan persentase bahan tambah. Tingginya nilai tersebut karena lemahnya ikatan partikel dalam mengisi rongga-rongga sebagai akibat dari tidak homogen atau tercampur dengan baik bahan susun pada proses penggilingan dikarenakan butiran abu ampas tebu yang banyak menyerap air dengan cepat yang membuat butuh tenaga banyak dalam proses pencetakan yang seharusnya mudah dikerjakan. Pengujian *porositas* ini menunjukkan bahwa penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah ke dalam campuran genteng tanah liat dapat meningkatkan beban lentur dengan porositas yang kecil yang berarti rongga atau porinya lebih sedikit sehingga genteng lebih padat. Dari hasil pengujian genteng tanpa bahan tambah mempunyai nilai

porositas terbesar yaitu 17,60% dan lebih besar dibandingkan dengan genteng dengan bahan tambah yang variasi abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah 7,5% dengan nilai porositas 16,11%. Semakin kecilnya nilai porositas tersebut tidak lepas dari pengaruh bahan tambah yang berperan dalam mengisi rongga-rongga yang terdapat dalam genteng tersebut sehingga air yang seharusnya pada proses penyerapan air selama 24 jam itu masuk kedalam bagian genteng melalui rongga-rongga tersebut akhirnya tertahan oleh butiran halus dari abu ampas tebu dan limbah bata merah sehingga air yang masuk atau diserap oleh genteng tersebut hanya sedikit sedangkan genteng dengan tanpa bahan tambah memiliki nilai porositas yang tinggi dikarenakan air yang diserap oleh genteng tersebut juga tinggi dengan proses masuknya air melalui rongga-rongga yang tidak terisi oleh butiran halus. Hasil pengujian keempat variasi genteng tanah liat apabila dikelompokkan menurut SNI 03-6861.1-2002 masuk genteng dengan mutu ke 3 dengan batas penyerapan air maksimum sebesar 20%.

4. Pengujian Sifat Tampak

Dari hasil pengujian sifat tampak, terdapat perbedaan antara sifat tampak genteng tanah liat tanpa bahan tambah dengan genteng tanah liat dengan bahan tambah. Variasi penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah terbukti memberi pengaruh terhadap sifat tampak yaitu dapat mengurangi retak serta permukaan lebih, namun meskipun begitu perlu ada kontrol terhadap takaran penambahan jumlah abu ampas tebu karena apabila terlalu banyak bisa menyebabkan permukaannya menjadi kasar, karena pada saat proses penggilingan, abu ampas tebu membuat tanah liat menjadi sulit dihaluskan sehingga

pada saat pencetakan cenderung sedikit retak-retak di permukaan genteng, terlebih lagi jika homogenitas dalam proses penggilingannya tidak terjamin sedangkan untuk genteng dengan tanpa bahan tambah tampak yang sangat terlihat dibandingkan dengan genteng dengan bahan tambah yaitu permukaannya masih cenderung kasar dan tidak mulus.

5. Pengujian Ukuran

Dari hasil pengujian ukuran menunjukkan genteng tanah liat yang telah diuji ukurannya menurut SNI 03-6861.1-2002 untuk panjang bergunanya merupakan genteng sedang dengan rata-rata 232,54 mm dengan maksimal penyimpangan 6 mm. Lebar kaitan genteng tanah liat masuk kedalam genteng sedang dengan panjang 42,64 dengan minimal panjangnya 30 mm, tingginya 12,56 mm dengan tinggi minimal 10 mm serta lebar 18,46 mm dengan lebar minimal 10 mm seperti yang disyaratkan dalam SNI 03-6861.1-2001. Dari hasil pengujian baik genteng dengan bahan tambah maupun genteng dengan bahan tambah tidak mempengaruhi dalam ukuran genteng, karena ukurannya bergantung pada cetakan genteng tanah liat yang digunakan.

6. Kualitas Genteng Tanah Liat dengan Bahan Tambah dan Genteng Tanah Liat tanpa Bahan Tambah

Genteng tanah liat dengan bahan tambah memiliki berat 1675 gram, beban lentur rata-rata 96,2 Kg, dan nilai penyerapan air 15,68%, hasil tersebut telah memenuhi persyaratan SNI 03-6861.1-2002. Sedangkan genteng tanah liat tanpa bahan tambah memiliki berat 1706 gram, beban lentur rata-rata 72,3 Kg, dan nilai penyerapan air 17,60%.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakteristik beban lentur untuk keempat variasi genteng tanah liat penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah telah memenuhi standar SNI 03-6861.1-2002 dengan nilai maksimum terdapat pada variasi abu ampas tebu 5% dan limbah bata merah 2,5% yaitu 96,2 Kg dan nilai minimum terdapat pada variasi tanpa bahan tambah yaitu 72,3 Kg.
2. Pengujian ketahanan terhadap rembesan air (*impermeabilitas*) untuk keempat variasi penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah telah memenuhi standar SNI 03-6861.1-2002 yaitu tidak terjadi tetesan dibawah genteng selama 2 jam.
3. Pengujian terhadap penyerapan air (*porositas*) untuk variasi tanpa bahan tambah mempunyai nilai porositas 17,6% lebih besar dari pada nilai porositas untuk variasi bahan tambah abu ampas tebu 5% dan limbah batu bata merah 7,5% yaitu 15,68% tapi untuk keempat variasi telah memenuhi persyaratan SNI 03-6861.1-2002.
4. Tidak terdapat perbedaan antara sifat tampak genteng tanah liat tanpa bahan tambah dengan genteng tanah liat yang menggunakan bahan tambah., sifat tampaknya sama dan telah memenuhi persyaratan SNI 03-6861.1-2002.

5. Dari hasil pengujian ukuran keempat variasi genteng tanah liat masuk dalam genteng sedang dengan penyimpangan maksimal 6 mm. Berdasarkan pengujian ukuran juga bahan tambah dan tanpa bahan tambah tidak terlalu berpengaruh terhadap ukuran karena ukurannya bergantung pada cetakan genteng tanah liat yang digunakan.
6. Dari hasil pengujian secara keseluruhan yaitu pengujian beban lentur, rembesan (*impermeabilitas*), penyerapan air (*porositas*), tampak dan ukuran antara benda uji dengan penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah dengan benda uji tanpa bahan tambah menunjukkan bahwa hasil pengujian yang lebih baik adalah benda uji dengan bahan tambah.

B. Saran-saran

1. Untuk mengetahui nilai maksimum dari setiap pengujian maka sebaiknya dilakukan pengujian selanjutnya dengan variasi persentas penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah yang lebih tinggi supaya diketahui nilai maksimum atau peningkatan dari variasi persentase penambahan abu ampas tebu dan limbah bata merah sebelumnya. .
2. Menggunakan abu ampas tebu dari hasil pembakaran sisa pembakaran di pabrik gula supaya diketahui perbandingan hasil yang terbaik antara dibakar manual dan hasil pembakaran di pabrik gula.
3. Jumlah genteng yang diujikan dalam pengujian kapasitas beban lentur menurut SNI 03-6861.1-2002 disyaratkan minimal berjumlah 6 buah benda uji.

C. Keterbatasan Penelitian

Pengujian yang dilakukan masih terdapat banyak kekurangan, dengan keterbatasan masalah pada pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Jumlah benda uji untuk pengujian beban lentur hanya 5 benda uji dari 6 benda uji yang disratkan dalam ketentuan SNI 03-6861.1-2002.
2. Abu ampas tebu dibakar secara manual, tidak dibakar sesuai suhu yang biasa digunakan dalam pembakaran di pabrik gula sehingga butiran hasil pembakaran masih ada butiran yang besar.
3. Alat-alat pengujian benda uji masih kurang dari kesempurnaan sehingga mempengaruhi hasil pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulloh. 2004. *Evaluasi Uji Teknik Geser dan Uji Tekan dalam Kajian Pengaruh Kadar Air dan Penambahan Zat Limbun terhadap Karakteristik Plastisitas Lempung asal Dsn Pandisari Ds. Sawo Kec. Kutorejo Kab. Mojokerto*. Bandung: Departemen Kimia Fakultas MIPA ITB.
- Badan Standar Nasional. 1998, SK-SNI 03-6861.1. *Spesifikasi Bahan Bangunan*. Jakarta.
- Doni Sigit Kuncoro, dkk. 2013. *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Abu Terbang Batubara terhadap Kekuatan Tekan dan Porositas Genteng Tanah Liat Kabupaten Pringsewu*. Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Fakultas, Teknik. (2013). *Buku Pedoman Penyusunan Tugas Akhir Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Frick,H. 1988. *Arsitektur dan Lingkungan*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Gerry Philip Rompas, dkk. 2013. *Pengaruh Abu Ampas Tebu sebagai Substitusi Parsial Semen dalam Campuran Beton ditinjau terhadap Kuat Tarik Lentur dan Modulus Elastisitas*. Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.
- Grim, R.E. 1953. *Clay Mineralogy*. Mc Graw Hill Book Company Inc. New York, Toronto, London.
- Hardiyatmo, H.C. 1999. *Mekanika Tanah I*. PT. Gramedia Pustaka Umum. Jakarta.
- Hendro Suseno. 2010. *Bahan Bangunan Untuk Teknik Sipil*. Magelang: Bargie Media.
- Holtz, R.D and Kovacs, W.D. 1981. *An Introduction In Geotechnical Engineering*. Prentice Hall Civil Engineering and Engineering Mechanics Series.
- Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Wahana. 12, No. 2, Juli 2008
- Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.2, Januari 2013 (82-89)
- Kurniasari, H.D. 2008. *Solidifikasi Limbah Alumina dan Sand Blasting PT. Pertamina UP IV Cilacap sebagai Campuran Bahan Pembuatan Keramik*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Musabbikhah, Putro.S. 2007. *Variasi Komposisi Bahan Genteng Soka untuk Mendapatkan Daya Serap Air yang optimal*. Penelitian Akademik Teknik Warga, Solo.
- Muslimin Lubis. 2010. *Pemanfaatan Ampas Tebu dalam Pembuatan Batako Ringan yang Direncanakan sebagai Konstruksi Dinding Kedap Suara*. Tesis Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- N. Ari Budiman. 2013. *Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Tanah Lempung Ekspansif*. Fakultas Teknik Universitas Udayana. Denpasar.

- Putra Ariandi. 2012. *Pemanfaatan Kombinasi Limbah Abu Ampas Tebu dan Abu Kulit Kerang Sebagai Substitusi Semen Pada Campuran Beton Mutu K225*. Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Paulo B. Lourenco. Et. All. 2009. *Handmade Clay Brick : Chemical, Physical and Mechanical Properties*. Portugal: University of Minho.
- Rizky Dian Anggakusuma. 2014. *Kuat Tekan Batako dengan Penambahan Semen Merah dari Limbah Gerabah*. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Sinugroho, G., Hartono, J.M.V. 1979. *Teknologi Bahan Bangunan Bata dan Genteng*. Balai Penelitian Keramik.
- Saragih Deli Natalia. 2007. *Pembuatan dan Karakterisasi Genteng Beton yang Dibuat dari Pulp Serat Daun Nenas-Semen Portland Pozzolan*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara.
- SNI 03-6861.1-2002. *Genteng Keramik*.
- Supatmi. 2011. *Analisis Kualitas Genteng Beton dengan Bahan Tambah Serat Ijuk*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- Tucker, M.E. 1991. *Sedimentary Petrology-An Introduction to The Origin of Sedimentary Rock. 2nd edition*. Balckwell Scientific Publictions. Oxford.
- .

LAMPIRAN FOTO











