

PENGARUH BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP SIFAT FISIK BETON DENGAN MENGGUNAKAN ABU AMPAS TEBU

Yoga Aris Saputra¹⁾, Zulfikar Djauhari²⁾, Andre Novan²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode 28293

Email : yoga.aris@student.unri.ac.id

ABSTRACT

This study examines the influence addition of sugar cane's ash as a cement substitution material in concrete mixtures to the compressive strength, porosity and concrete shrinkage. Sugarcane ash used in this study came from Lawang, Matur, Agam Regency, West Sumatra. The percentage of sugarcane ash used as substitute material was 0%, 2.5% and 5% from the weight of cement. For the specimen containing 2,5% of sugar cane's ash, the concrete compressive strength at 28 days was 29.61 Mpa, followed by sugar cane's ash 5% was 28,86 MPa. Lowest compressive strength occurs in normal concrete of 28,44 MPa. In porosity test of the concrete the lowest value occurred in 2.5% sugarcane ash with a value of 9.71% at the age of 28 days, followed by sugar cane's ash concrete porosity 5% was 11,73%. The largest porosity value occurs in normal concrete of 11,92%. The value of this porosity shows that the use of sugarcane ash at a percentage of 2.5% can increase the compressive strength of concrete. In concrete shrinkage testing, the results of the direct measurement test obtained the highest shrinkage value in normal concrete of 53 μm . The lowest shrinkage occurs in sugar cane's ash concrete 5% was 45 μm , and sugar cane's ash 2,5% of 50 μm .

Keywords: sugarcane ash, compressive strength, porosity, concrete shrinkage

1. PENDAHULUAN

Beton umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat kasar maupun halus dan air. Jika diperlukan bahan tambah (*admixture*) dapat ditambah untuk mengubah sifat – sifat tertentu dari beton agar berfungsi lebih baik dan ekonomis. Pemilihan abu ampas tebu sebagai bahan tambah merupakan salah satu alternatif yang cukup menarik, mengingat di Indonesia ampas tebu kurang dimanfaatkan. Oleh karena itu, alternatif lain pemanfaatannya yaitu abu ampas tebu digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran beton.

Hasil pengujian komposisi kimia abu ampas tebu menunjukkan silikat

(SiO_2) merupakan unsur yang dominan, sehingga bahan dasar abu ampas tebu dapat digunakan sebagai bahan dasar pengganti sebagian semen. Sesuai ASTM C 618 – 05 pozzolan memiliki mutu yang baik apabila jumlah kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}$ tinggi dan reaktivitasnya tinggi dengan kapur. Komposisi kimia abu ampas tebu tersebut sudah masuk kriteria pozzolan bila mengacu ke ASTM C 618 – 05 (Karimah, R.a, 2015).

Menurut Tjokrodimulyo, K (1997), semen Portland sebagai bahan dasar material pengikat beton tersusun dari senyawa kimia Kapur (CaO) 60 – 65%, Silika (SiO_2) 17 – 25%, Alumina (Al_2O_3) 3 – 8%, Besi (Fe_2O_3) 0,5 – 6%,

Magnesia (MgO) 0,5 – 4%, Sulfur (SO₃) 1 – 2% dan Potash (Na₂O + K₂O) 0,5 – 1%. Silika (SiO₂), Kapur (CaO), Alumina (Al₂O₃), ketiga senyawa tersebut terdapat juga dalam senyawa penyusun abu ampas tebu yang bila dicampur dengan semen langsung bereaksi membentuk ikatan aktif.

Selain itu, dengan adanya pemanfaatan limbah abu ampas tebu (*bagasse ash*) sebagai bahan pengganti sebagian semen diharapkan dapat mengurangi limbah ampas tebu yang tidak berguna menjadi lebih berguna sehingga mengurangi limbah yang mencemari lingkungan dan juga diharapkan dapat meningkatkan kekuatan beton. Komposisi kimia semen dan abu ampas tebu dapat dilihat pada

Tabel 1 dan Tabel 2. Tujuan dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan persen penambahan abu ampas tebu terhadap sifat fisik beton yaitu kuat tekan, porositas dan susut beton.

Tabel 1. Komposisi kimia Semen Portland

Oksida	Komposisi (%)
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
Potash (Na ₂ O + K ₂ O)	0,5 – 1

Sumber: Teknologi Beton, Tjokrodimulyo, K (1997)

Tabel 2. Komposisi Kimia Abu Ampas Tebu

Oksidasi	Persen (%)	Oksidasi	Persen (%)
MgO	5,569	ZnO	1,52
Al ₂ O ₃	3,838	As ₂ O ₃	0,001
SiO ₂	53,643	Rb ₂ O	0,058
P ₂ O ₅	6,377	SrO	0,038
SO ₃	7,961	Y ₂ O ₃	0,001
K ₂ O	10,241	ZrO ₂	0,006
CaO	7,951	Ag ₂ O	0,189
TiO ₂	0,19	BaO	0,048
V ₂ O ₅	0,004	Eu ₂ O ₃	0,018
Cr ₂ O ₃	0,007	Yb ₂ O ₃	0,003
MnO	0,121	PbO	0,006
Fe ₂ O ₃	1,66	Cl	0,528
NiO	0	Br	0,003
CuO	0,019		

Sumber: Labolatorium Kimia Instrumen Fakultas MIPA Universitas Negeri Padang

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah campuran antara semen *portland*, agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah), dan air dengan atau tanpa campuran bahan tambah lain. Campuran tersebut bila dituang dalam cetakan dan didiamkan akan mengeras seperti batuan yang akan mengeras setara dengan umurnya (Tjokrodimulyo, K, 1997).

Berdasarkan pengertian di atas dapat disimpulkan beton adalah

campuran antara semen *portland*, agregat kasar, agregat halus dan air dengan perbandingan tertentu yang akan mengeras setara dengan umurnya dan membentuk massa yang padat.

2.2 Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu adalah abu yang diperoleh dari ampas tebu yang telah diperas niranya dan telah melalui proses pembakaran pada ketel – ketel uap. Ampas tebu ini digunakan sebagai bahan bakar pada ketel uap. Ketel uap

merupakan sumber pembangkit tenaga untuk menggerakkan alat penggilingan tebu. Abu ampas tebu merupakan abu sisa pembakaran ampas tebu.

Abu ampas tebu yang dihasilkan harus dibakar kembali dengan suhu pembakaran konstan, sehingga abu ampas tebu mengalami perubahan warna dari yang semula berwarna hitam karena masih mengandung karbon berubah warna menjadi abu – abu. Saat dalam keadaan ini abu ampas tebu memiliki silika yang cukup tinggi. Pembakaran ampas tebu akan menghasilkan abu ampas tebu yang memiliki kandungan senyawa silika (SiO₂).

2.3 Sifat Fisik Beton

2.3.1 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. Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah mesin uji tekan (*Compression Test Machine*) (SNI 03-1974-1990). Kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus:

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

keterangan:

f'_c = kuat tekan beton (MPa)

P = beban tekan (N)

A = luas permukaan benda uji (mm²)

2.3.2 Porositas

Porositas adalah perbandingan antara volume pori dengan volume material total (volume air jenuh), besarnya porositas tergantung dari material bahan konstruksi. Nilai porositas menunjukkan tingkat kepadatan butiran pori pada suatu

beton. Berdasarkan ASTM C-642 porositas dapat dihitung dengan Persamaan 2 berikut:

$$\text{Porositas} = \frac{W_2 - W_1}{W_2 - W_3} \times 100\% \quad (2)$$

keterangan:

W_1 = Berat sampel setelah di oven (kg)

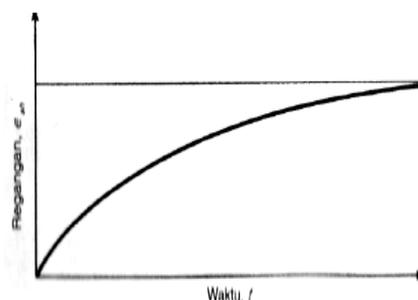
W_2 = Berat setelah direndam/ jenuh air ditimbang di udara (kg)

W_3 = Berat setelah direndam/jenuh air ditimbang di dalam air (kg)

2.3.3 Susut Beton

Susut atau *shrinkage* didefinisikan sebagai perubahan volume yang tidak berhubungan dengan beban. Susut akan semakin besar dengan meningkatnya faktor air semen dan kandungan semen. Demikian juga dengan semakin banyak agregat yang digunakan semakin sedikit susut yang akan terjadi.

Susut adalah proses yang tidak reversibel. Jika beton yang sudah benar-benar susut kemudian dijenuhkan dengan air, maka tidak akan tercapai volume asalnya. Gambar 1 menunjukkan pertambahan regangan susut (ϵ_{sh}) terhadap waktu. Laju perubahannya berkurang terhadap waktu karena beton yang semakin berumur akan semakin tahan tegangan dan semakin sedikit mengalami susut. Dengan demikian kurva ini asimtotis untuk t yang semakin besar.



Gambar 1. Kurva regangan-waktu
Sumber: Nawy, 1997

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pemeriksaan Karakteristik

Pengujian karakteristik material merupakan pengujian yang berguna untuk mengetahui sifat atau karakteristik material yang akan digunakan. Penelitian ini menggunakan agregat kasar berupa batu split 1 -2 yang berasal dari Rimbo Panjang, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau, yang terdiri dari pengujian kadar air, berat jenis, berat volume, analisa saringan, dan pengujian abrasi. Sedangkan agregat halus diperoleh dari Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Pengujian karakteristik agregat halus terdiri dari pengujian kadar air, berat jenis, berat volume, analisa saringan, pemeriksaan kadar lumpur dan pemeriksaan kadar organik.

3.2 Perencanaan Campuran Beton

Hasil pengujian karakteristik material yang akan digunakan untuk memperoleh data – data dalam perencanaan campuran beton (*mix design*) dengan nilai fas 0,5. Rincian rancangan campuran beton normal dan beton abu ampas tebu dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Komposisi Campuran Beton Untuk 1 m³

Campuran Beton	Berat (Kg)
Semen	363,82
Air	178,02
Agregat kasar	1058,95
Agregat Halus	790,55

Tabel 4. Komposisi Campuran Beton Abu Ampas Tebu Untuk 1 m³

Komposisi Akhir untuk 1 m ³ Beton Abu Ampas Tebu 2,5%			
1	Berat Semen	354,72	Kg
2	Berat Air	178,02	Kg
3	Berat Ag. Kasar	1058,95	Kg
4	Berat Ag. Halus	790,55	Kg

Komposisi Akhir untuk 1 m ³ Beton Abu Ampas Tebu 5%			
5	Berat Abu Ampas Tebu	9,10	Kg
1	Berat Semen	345,63	Kg
2	Berat Air	178,02	Kg
3	Berat Ag. Kasar	1058,95	Kg
4	Berat Ag. Halus	790,55	Kg
5	Berat Abu Ampas Tebu	18,19	Kg

3.3 Perencanaan Pembuatan Benda Uji

Dalam perencanaan pembuatan benda uji desain campuran (*mix design*) beton menggunakan metode ACI dengan nilai fas 0,5 pada umur 28 hari. Benda uji beton berbentuk silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, digunakan untuk pengujian kuat tekan dan susut beton. Benda uji beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 10 cm dengan tinggi 15 cm digunakan untuk pengujian porositas.

Pada pengujian ini benda uji yang digunakan adalah benda uji untuk pembuatan beton normal, beton abu ampas tebu 2,5% dan beton abu ampas tebu 5%. Jumlah benda uji, umur dan jenis pengujian yang akan dibuat dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rencana Benda Uji

Variasi Abu Ampas Tebu	Uji kuat tekan (Silinder)		Uji porositas (Silinder Paralon)		Uji susut beton (silinder)	
	Hari		Hari		Hari	
	7	14	28	7	14	28
0%	3	3	3	2	2	2
2,5%	3	3	3	2	2	2
5%	3	3	3	2	2	2
Total	9	9	9	6	6	6
51						

3.1 Pengolahan Abu Ampas Tebu

Tebu yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Lawang, Matur, Kabupaten Agam, Sumatera

Barat. Proses pengolahan ampas tebu menjadi abu dalam penelitian ini yakni ampas tebu yang telah dikeringkan di bawah sinar matahari tersebut dibakar dalam tungku yang terbuat dari tanah liat. Abu ampas tebu dibakar dengan suhu yang tidak terkontrol karena pembakaran dilakukan secara tradisional. Kemudian abu yang telah dibakar. Selanjutnya didinginkan lalu diayak pada ayakan no.200 untuk memperoleh Semakin kecil ukuran butiran partikel, semakin cepat hidrasi yang terjadi, karena hidrasi dimulai dari permukaan butir. Gambar 2 menunjukkan proses pengolahan ampas tebu hingga menjadi abu ampas tebu pada campuran beton.



Gambar 2. Proses Pengolahan Abu Ampas Tebu

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Material Beton

Hasil penelitian ini meliputi karakteristik material yang diperlukan untuk perencanaan campuran beton (*mix design*). Penelitian dilakukan di Labolatorium Teknologi Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Riau. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7 berikut ini.

Tabel 6. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Standar Spesifikasi
1	Kadar air (%)	0,35	< 5,00
2	Berat Jenis (g/cm ³)		
	a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,72	2,58 - 2,83
	b. <i>Bulk specific gravity</i> (kering)	2,58	2,58 - 2,83
	c. <i>Bulk specific gravity (ssd)</i>	2,63	2,58 - 2,83
	d. Absorption (%)	1,47	< 2,00
3	Berat volume(g/cm ³)		
	a. Kondisi gembur	1,38	1,40 - 1,90
	b. Kondisi padat	1,52	1,40 - 1,90
4	Ketahanan aus (%)	22,14	< 40
5	Modulus kehalusan	7,47	5,00 - 8,00

Tabel 7. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Standar Spesifikasi
1	Kadar air (%)	4,17	< 5,00
2	Berat Jenis(g/cm ³)		
	a. <i>Apparent specific Gravity</i>	2,79	2,58 - 2,83
	b. <i>Bulk specific gravity</i> (kering)	2,64	2,58 - 2,83
	c. <i>Bulk specific gravity (ssd)</i>	2,70	2,58 - 2,83
	d. Absorption (%)	2,04	2,00 - 7,00
3	Berat volume (g/cm ³)		
	a. Kondisi gembur	1,63	1,40 - 1,90
	b. Kondisi padat	1,75	1,40 - 1,90
4	Modulus kehalusan	314	1,50 - 3,80
5	Kadar Lumpur(%)	0,90	< 5
6	Kandungan organik	<i>Organic Plate</i>	

4.2 Hasil Pengujian Beton

4.2.1 Hasil Pengujian *Slump*

Pengujian *workability* beton ditentukan melalui uji *slump*. Nilai *slump* yang direncanakan pada pengujian ini adalah 10 ± 2 cm. Nilai *slump* ini dapat menunjukkan tingkat

kemudahan pengerjaan (*workability*) beton segar. Hasil pengujian *workability* dapat dilihat pada Tabel 8.

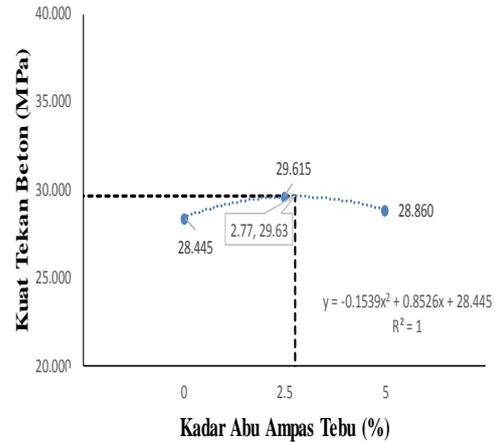
Tabel 8. Hasil Pengujian *Slump*

Variasi AAT (%)	<i>Slump</i> (cm)
0	8
2,5	8
5	8

Nilai *slump* adalah nilai yang diperoleh dari hasil uji *slump* dengan cara beton segar diisikan ke dalam suatu corong baja berupa kerucut terpacung, kemudian bejana ditarik ke atas sehingga beton seger meleleh ke bawah. Pada penelitian ini nilai, untuk beton normal, abu ampas tebu 2,5% dan abu ampas tebu 5% menggunakan nilai fas 0,5, sehingga *slump* yang dihasilkan sama, karena tidak adanya penambahan air pada saat pengerjaan. Hasil uji *slump* memiliki kekentalan yang sesuai dengan kebutuhan.

4.2.2 Pengujian Kuat Tekan

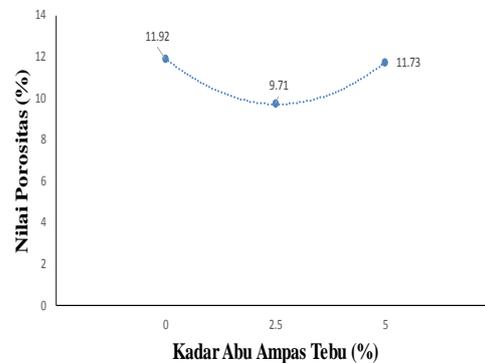
Hasil yang didapatkan pada pengujian kuat tekan beton rata – rata dengan nilai tertinggi pada umur 28 hari yaitu, pada beton abu ampas tebu 2,5% dengan nilai 29,61 MPa diikuti dengan beton abu ampas tebu 5% yaitu 28,86 MPa dan nilai kuat tekan beton rata – rata terendah terjadi pada beton normal dengan nilai 28,44 MPa. Nilai ini menunjukkan terjadinya penurunan kuat tekan beton normal dibandingkan dengan adanya campuran abu ampas tebu. Nilai kuat tekan beton rata – rata pada umur 28 hari dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

4.2.3 Pengujian Porositas

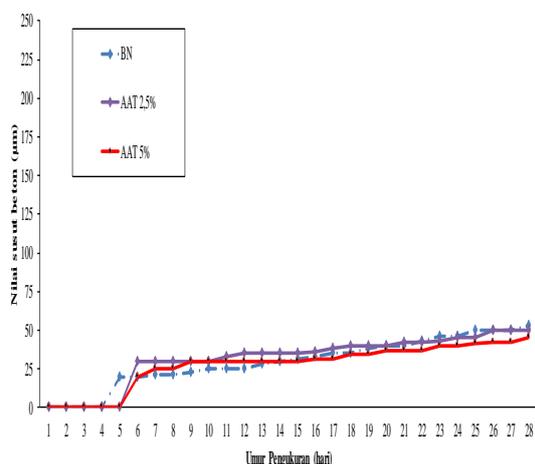
Pengujian porositas bertujuan untuk mengetahui besarnya persentase pori pada beton setelah perendaman. Semakin banyak porositas yang terdapat pada benda uji maka semakin rendah nilai kuat tekan pada beton, begitu sebaliknya. Hasil pengujian porositas diatas menunjukkan bahwa nilai porositas tertinggi terjadi pada beton normal yaitu 11,92% diikuti dengan beton abu ampas tebu 5% yaitu 11,73% dan beton abu ampas tebu 2,5% yaitu 9,71%. Nilai porositas terendah terjadi pada beton abu ampas tebu 2,5% sebesar 9,71%. Hasil pengujian porositas dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Porositas

4.2.4 Pengujian Susut Beton

Nilai susut beton dilakukan dengan pengukuran langsung (laboratorium). Pengukuran dilakukan dengan mengukur perubahan tinggi beton akibat susut dengan menggunakan alat *dial guage* yang memiliki ketelitian 0,01 mm. Pencatatan angka *dial guage* dilakukan setiap hari selama penelitian berlangsung. Hasil pengukuran susut langsung didapat total susut tertinggi terjadi pada beton normal yaitu sebesar 53 μm dan susut terendah terjadi pada beton abu ampas tebu 5% yaitu sebesar 45 μm . Hasil pengujian susut beton dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Susut Beton

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan pengganti sebagian semen pada campuran beton dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Dari hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari, diperoleh dengan kandungan tertinggi terjadi pada beton abu ampas tebu 2,5% yaitu 29,61 MPa, diikuti dengan beton abu ampas tebu 5% yaitu 28,86 Mpa. Kuat tekan terendah

terjadi pada beton normal yaitu 28,44 MPa.

- Dari hasil pengujian porositas, diperoleh porositas terbesar terjadi pada beton normal sebesar 11,92% diikuti dengan kandungan porositas beton abu ampas tebu 5% sebesar 11,73%. Nilai porositas yang paling rendah terjadi pada beton abu ampas tebu 2,5% sebesar 9,71%. Hal ini menunjukkan bahwa beton normal memiliki pori yang cukup besar. Akibat terjadi penguapan air dan pemuai material pengisi beton dibandingkan dengan porositas beton abu ampas tebu.
- Dari hasil pengujian susut beton dengan menggunakan pengukuran langsung (laboratorium), di dapat total susut tertinggi terjadi pada beton normal yaitu sebesar 53 μm dan susut terendah terjadi pada beton abu ampas tebu 5% yaitu sebesar 45 μm . Hal ini menunjukkan bahwa pada beton normal kehilangan kelembabannya karena penguapan dibandingkan dengan beton abu ampas tebu.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian maka penulis merekomendasikan berupa saran sebagai berikut:

- Dalam proses pembakaran ampas tebu sebaiknya dilakukan dengan suhu yang konstan, serta memilih kulit tebu yang seragam.
- Perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut mengenai penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan pengganti sebagian semen dikarenakan belum banyaknya atau referensi dalam penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- ACI 211.1-91. (2002). Standard Practice for Selecting Proportions for Normal , Heavyweight , and Mass Concrete, (Reapproved), 1–38.
- ASTM, C. 618 – 05. 2005. “Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use.”
- ASTM, C – 642 – 90. “Standard Test Method for Specific Gravity, Absorption, and Void in Hardenen Concrete”
- Karimah, R. a. (2015). Pemakaian Abu Ampas Tebu dengan Variasi Suhu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton. *Fakultas Teknik* .
- Nawy, G. E. (1998). Beton Bertulang. *Pendekatan dasar*.
- SNI 03 - 1974 - 1990. (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Bandung: Badan Standarisasi Indonesia.
- Tjokrodimulyo, K. (1997). *Teknologi Beton*. Yogyakarta:Universitas.