

**PEMANFAATAN COAL ASH DAN LATERIT SEBAGAI
PENGANTI AGREGAT HALUS
TERHADAP KEKUATAN BETON**

***THE UTILIZATION OF COAL ASH AND LATERITE AS A
SUBSTITUTE OF FINE AGGREGATE FOR CONCRETE STRENGTH***

Deni Rudianto

Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda
denyrudianto27@gmail.com

Tumingan

Staff Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda

Kukuh Prihatin

Staff Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda
kukuh_prihatin@yahoo.com

INTISARI

Beton merupakan bahan bangunan yang banyak digunakan dalam konstruksi pembangunan gedung dan perkerasan jalan. Salah satu material penyusun beton adalah agregat halus Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini yaitu coal ash dan laterit. Dengan memanfaatkan limbah dari pengolahan batubara (coal ash) dan laterit yang telah dihancurkan menggunakan stone crusher sebagai pengganti salah satu material penyusun beton (agregat halus) dengan tujuan penelitian untuk menentukan kuat tekan, kuat tarik belah optimum beton campuran coal ash dan laterit serta membandingkan hasil tersebut terhadap kondisi normal (tanpa penggunaan coal ash dan laterit), beton campuran coal ash dan laterit ini dibuat dengan delapan silinder tiap campuran dengan semen : 5.07 kg , coal ash : 2.37 kg , air : 3.02 kg , pasir laterit : 7.95 kg , batu palu ½ 10.65 kg, dengan perbandingan tersebut, beton campuran coal ash dan laterit mampu mencapai 25.80 MPa pada umur 28 hari dan mampu mencapai kuat tekan yang direncanakan f_c' 25 MPa, maka beton campuran coal ash dan laterit dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat halus dengan persentase agregat kasar batu palu ½ 50% , coal ash 12.5% , dan laterit 37.5% .

Kata kunci : Beton, Coal Ash , laterit, Agregat Halus

ABSTRACT

Concrete is a building material that is widely used in the construction of buildings and pavement. One of the material of concrete is fine aggregate. Fine aggregate used in this study is utilizing the wasted of coal (coal ash) and laterite which is shattered using a stone crusher. The aim of this study are determine the compressive strength and tensile strength from optimum mixture of coal ash concrete and laterite and compare with normal conditions (without the use of coal ash and laterite). a mixture of coal ash concrete and laterite is made with eight cylinders. Each mix have a composition are cement: 5:07 kg, coal ash: 2:37 kg, water: 3:02 kg, sand laterite: 7.95 kg, palu stone ½ 10.65 kg. Concrete mixture by coal ash and laterite can reach 25.80 MPa at 28 days with compressive strength f_c' is 25 MPa, a mixture of coal ash concrete and laterite can

be used as a substitute material with a fine aggregate the percentage of coarse aggregate palu stone ½ 50%, coal ash 12.5%, 37.5% and laterite.

Keywords : Concrete, Coal Ash, Laterite, Fine Aggregate.

PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan bangunan yang banyak digunakan dalam konstruksi pembangunan gedung dan perkerasan jalan. Salah satu material penyusun beton adalah agregat halus. Agregat halus merupakan bagian terpenting dalam campuran beton. Maka dari itu pemilihan agregat halus sebagai campuran dalam beton harus diuji sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia). Sifat yang dimiliki oleh agregat halus pada umumnya sangat mempengaruhi kualitas dan hasil dari campuran beton itu sendiri.

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Coal Ash* dan laterit . Dengan memanfaatkan limbah dari pengolahan batubara (*Coal Ash*) dan laterit yang telah dihancurkan menggunakan *Stone Crusher* sebagai pengganti salah satu material penyusun beton (agregat halus).

Indonesia merupakan Negara penghasil batubara terbesar ke-2 di dunia. Produksi batubara secara nasional pada Agustus 2011 mencapai 235 juta ton dan diperkirakan akan terus meningkat setiap tahunnya yaitu sebesar 100 juta ton untuk 3 tahun mendatang (APBI,2011). Laterit terdapat di daerah Kalimantan dengan jumlah mencapai 565 juta ton pada tahun 2010 (Direktorat Jenderal Mineral, Batubara dan Panas Bumi 2010). Laterit biasanya digunakan untuk lapis perkerasan jalan, disamping itu, pemanfaatannya hingga sekarang belum optimal.

Oleh karena itu, dicoba untuk melakukan penelitian dengan inovasi bahan pengganti agregat halus menggunakan *Coal Ash* dan laterit yang telah dihancurkan menggunakan *Stone Crusher* sebagai bahan pengganti agregat halus, serta pengaruhnya terhadap kekuatan beton (kuat tekan dan kuat tarik belah beton).

LANDASAN TEORI

Pengertian Umum

Beton adalah campuran dari agregat halus dan agregat kasar (pasir, batu pecah atau agregat lain) dengan semen, yang disatukan oleh air dalam perbandingan tertentu. Beton

juga dapat didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih (Samekto,2001).

Beton memiliki kelebihan dan kekurangan antara lain sebagai berikut (Tjokrodimulyo 1996).

Kelebihan Beton :

1. Beton mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
2. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan. Cetakan dapat pula dipakai berulang kali sehingga lebih ekonomis.
3. Beton segar dapat disemprotkan pada permukaan beton lama yang retak maupun dapat diisikan kedalam retakan beton dalam proses perbaikan.
4. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat – tempat yang posisinya sulit.
5. Beton tahan aus dan tahan bakar, sehingga perawatannya lebih mudah.

Kekurangan Beton:

1. Beton dianggap tidak mampu menahan gaya tarik, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan sebagai penahan gaya tarik.
2. Beton keras menyusut dan mengembang bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi (*expansion joint*) untuk mencegah terjadinya retakan – retakan akibat terjadinya perubahan suhu.
3. Untuk mendapatkan beton kedap air secara sempurna, harus dilakukan dengan pengerjaan yang teliti.
4. Beton bersifat getas (tidak daktil) sehingga harus dihitung dan teliti secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.

Menurut Departemen Pekerjaan Umum, beton terdiri dari mutu beton dan

penggunaannya, seperti pada Tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1. Mutu beton dan penggunaan

Jenis Beton	f_c' (MPa)	σ_{sk}' (Kg/Cm ²)	Uraian
Mutu Tinggi	35 - 65	K400 - K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, gelagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya.
Mutu Sedang	20 - <35	K250 - <K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu Rendah	15 - <20	K175 - <K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan pasangan batu.
	10 - <15	K125 - <K175	digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.

Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan yang bersifat getas. Nilai kuat tarik beton lebih kecil dibandingkan dengan kuat tekan beton, Sehingga untuk menambah kuat tarik beton dapat dilakukan dengan diberi tulangan yang mampu menahan gaya tarik. (Tjokrodimulyo 1996).

Coal Ash

Coal ash adalah limbah pembakaran PLTU. Hasil pembakaran batubara akan menghasilkan sisa pembakaran yang terdiri dari 80% berupa Fly Ash dan sisanya 20% berupa Bottom Ash. Gambar 1 merupakan contoh dari Coal Ash.



Gambar 1. Coal Ash

Fungsi Fly Ash adalah sebagai bahan aditif dalam beton bisa sebagai pengisi (Filler) yang akan menambah internal kohesi dan mengurangi porositas sebagai daerah transisi yang merupakan daerah terkecil dalam beton, sehingga beton menjadi kuat, pada umur sampai dengan 7 hari.

Bottom Ash mempunyai karakteristik fisik berwarna abu-abu gelap, berbentuk butiran, berporos, mempunyai ukuran butiran antara

pasir hingga kerikil. Ada beberapa keuntungan yang dapat kita peroleh sebagai pengguna apabila menggunakan Coal Ash antara lain:

1. Bagi pembeli / pengguna: Coal Ash lebih murah.
2. Bagi perusahaan / industri: penggunaan limbah batubara sebagai bahan yang bermanfaat akan mengurangi pencemaran lingkungan dan menekan biaya penggunaan lahan untuk menampung limbah tersebut.
3. Bagi masyarakat: penggunaan limbah batubara merupakan solusi yang tepat untuk mengurangi permasalahan lingkungan akibat pencemaran limbah sehingga lingkungan menjadi lebih nyaman.

Laterit

Laterit berasal dari tanah laterit yang merupakan salah satu jenis tanah yang subur, namun curah hujan yang tinggi membuat unsur hara dari tanah laterit larut sehingga kesuburannya hilang. Pada keadaan lembab, tanah laterit mudah untuk dipotong tapi ketika terkena udara, laterit akan mulai mengeras karena kelembaban diantara partikel-partikel lempungnya menguap dan garam-garam besi membentuk struktur yang kaku sehingga laterit sekarang banyak yang berbentuk bebatuan.

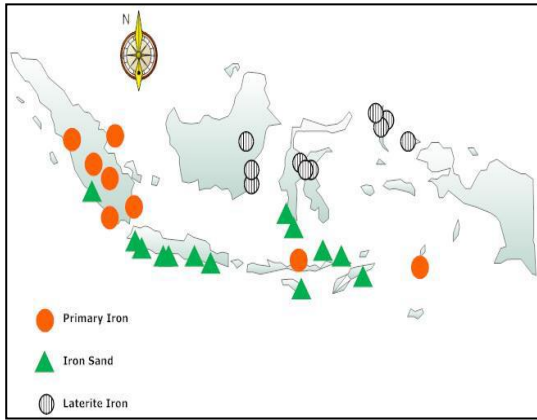
Jenis laterit banyak ditemukan di wilayah beriklim tropis yang panas dan lembab (Wikipedia). Gambar 2 menunjukkan contoh dari laterit.



Gambar 2. Laterit

Menurut Yves Tardy, peneliti dari French Institut National Polytechnique De Toulouse And The Centre National De La Recherche Scientifique, memperkirakan bahwa jenis laterit menutupi sekitar sepertiga dari seluruh daratan di dunia. Beberapa penemuan geografis menunjukkan bahwa deretan laterit

banyak digunakan sebagai pondasi kuil-kuil di Kamboja pada abad ke-9 dan ke-12. Gambar 3 menunjukkan peta penyebaran laterit di Indonesia.



Gambar 3. Peta Laterit di Indonesia (Direktorat Jenderal Mineral, Batubara Dan Panas Bumi 2010)

Lapisan tanah ini adalah sub lapisan dari hutan-hutan di khatulistiwa dan sabana-sabana di wilayah tropis yang lembab. Negara-negara yang kaya akan jenis laterit adalah Brazil, Australia, Guatemala, Kolombia, Eropa Tengah, Myanmar, Kuba, Indonesia dan Filipina. Indonesia adalah salah satu penghasil laterit terbesar di dunia, seperti terlihat hasil laterit di Indonesia pada Gambar 3 dan Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah laterit di Indonesia (Direktorat Jenderal Mineral, Batubara Dan Panas Bumi 2010)

Type	Location	Deposits, Tons	Fe, %
Laterite	South Kalimantan	565,233,000	38.00-59.00
	Center Sulawesi	375,200,000	
	Papua	123,410,000	
	Subtotal	1,063,843,000	

Di Indonesia laterit digunakan sebagai lapis perkerasan jalan yang bongkahannya diolah menggunakan *crusher*, dimana menghasilkan laterit dengan ukuran yang diinginkan.

Workability

Salah satu sifat beton sebelum mengeras (beton segar) adalah kemudahan pengerjaan (*workability*). *Workability* adalah tingkat

kemudahan pengerjaan beton dalam mencampur, mengaduk, menuang dalam cetakan dan pemadatan tanpa homogenitas beton berkurang dan beton tidak mengalami *bleeding* (pemisahan) yang berlebihan untuk mencapai kekuatan beton yang diinginkan. *Workability* akan lebih jelas pengertiannya dengan adanya sifat-sifat berikut:

1. *Mobility* adalah kemudahan adukan beton untuk mengalir dalam cetakan.
2. *Stability* adalah kemampuan adukan beton untuk selalu tetap homogen, selalu mengikat (koheren), dan tidak mengalami pemisahan butiran (*segregasi* dan *bleeding*).
3. *Compactibility* adalah kemudahan adukan beton untuk dipadatkan sehingga rongga-rongga udara dapat berkurang.
4. *Finishibility* adalah kemudahan adukan beton untuk mencapai tahap akhir yaitu mengeras dengan kondisi yang baik.

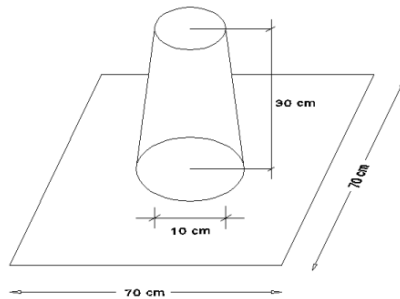
Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat *workability* antara lain:

1. Jumlah air yang digunakan dalam campuran adukan beton. Semakin banyak air yang digunakan, maka beton segar semakin mudah dikerjakan.
2. Penambahan semen ke dalam campuran juga akan memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai *fas* tetap.
3. Gradasi campuran pasir dan kerikil. Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, maka adukan beton akan mudah dikerjakan.
4. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton.
5. Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh terhadap tingkat kemudahan dikerjakan.
6. Cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat kelecakan yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit daripada jika dipadatkan dengan tangan (Tjokrodimuljo, 1996).

Slump Test

Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran

adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian *slump*. Semakin tinggi nilai *slump* berarti adukan beton makin mudah dikerjakan. Gambar 4 merupakan alat *Slump Test*:



Gambar 4. Alat Uji Slump

Kuat Tekan Beton

Sifat yang paling penting dari beton adalah kuat tekan beton. Kuat tekan beton berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik (Tjokrodimulyo,1995). Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm² atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 kg/cm² sampai 500 kg/cm².

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat desak beton yang dinyatakan dalam MPa atau kg/cm². Berikut merupakan rumus yang digunakan pada pengujian kuat tekan beton:

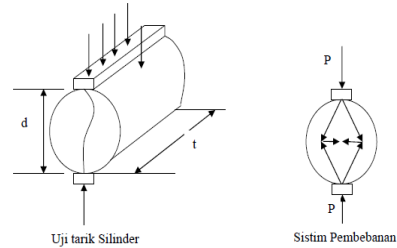
$$F_c' = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Keterangan:

- F_c' = Kuat tekan beton (MPa)
- P = Beban maksimum (N)
- A = Luas penampang benda uji (mm²)

Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah silinder (*tensile splitting cylinder test*), benda uji silinder diletakkan pada alat uji dalam posisi rebah. Gambar 5 adalah skema uji kuat tarik belah beton



Gambar 5. Uji Kuat Tarik Belah

Beban vertikal diberikan sepanjang selimut silinder yang berangsur-angsur dinaikkan pembebanannya dengan kecepatan 50 sampai 100 kN/menit hingga dicapai nilai maksimum dan terbelah oleh karena beban tarik horizontal. Kuat tarik dihitung berdasarkan formula SNI 03-2491-2002. Gaya terbesar *p* dicatat dan tegangan tarik silinder dihitung dengan rumus :

$$f_{ct} = \frac{2p}{LD} \tag{2}$$

Keterangan :

- f_{ct} = kekuatan tarik (MPa)
- p = gaya terbesar (N)
- L = tinggi silinder = 20 cm = 200 mm
- d = diameter silinder = 10 cm = 100 mm

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda.

Umum

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Pustaka.
2. Pengadaan Material.
3. Pengujian Material.
4. Rancangan Campuran Beton.
5. Pembuatan Benda Uji.
6. Perawatan Benda Uji.
7. Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton.
8. Analisis Data.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data-data yang dibutuhkan memerlukan beberapa tahap:

A. Data Primer

Data primer diperoleh dari hasil pengujian sampel benda uji di Laboratorium. Beberapa hal yang diuji dalam penelitian ini adalah:

1. Pengujian Material

Pengujian material yang dilaksanakan ditampilkan pada Tabel 3.

2. Kuat tekan

Kuat tekan dilaksanakan pada beton dengan campuran normal dibandingkan dengan beton dengan variasi *Coal Ash* dan Laterit. Pembacaan hasil kuat tekan beton dilaksanakan pada hari ke 28.

3. Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah beton dilaksanakan pada beton dengan campuran normal dibandingkan dengan beton dengan variasi *Coal Ash* dan Laterit. Pembacaan hasil kuat tekan beton dilaksanakan pada hari ke 28.

Tabel 3. Pengujian Material

No	Pengujian Material		
	Agregat Kasar	Agregat Halus	Semen
1	Analisis Saringan	Analisis Saringan	Konsistensi Normal
2	Kadar Air	Kadar Air	Setting Time
3	Berat Jenis dan Penyerapan	Berat Jenis dan Penyerapan	Berat Jenis
4	Bobot Isi	Bobot Isi	Bobot Isi
5	Kadar Lumpur	Kadar Lumpur	
6	Abrasi		

Tabel 4. Standar Pengujian Material

Pengujian	Standar Pengujian
Analisis Saringan	SNI 03-1968-1990
Kadar Air	SNI 03-1971-1990
Kadar Lumpur	SNI 03-4141-1996
Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	SNI 03-1970-1990
Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	SNI 03-1969-1990
Keausan	SNI 03-2417-1991
Bobot Isi	SNI 03-4804-1998

Standar Nasional Indonesia

Persentase *coal ash*, laterit dan batu palu didapat dari hasil analisis saringan agregat gabungan.

Tabel 5. Jumlah Benda Uji dengan Variasi *Coal Ash*, Laterit dan Batu Palu

Agregat Halus		Agregat Kasar		Pengujian									
<i>Coal Ash</i>	+	Laterit	Palu 1/2	Kuat Tekan				Kuat Tarik Belah					
				Umur									
				3	7	14	28	3	7	14	28		
0%	+	0%	50%	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5%	+	45%	50%	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7,5%	+	42,5%	50%	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10%	+	40%	50%	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
12,5%	+	37,5%	50%	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15%	+	35%	50%	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Total				48				48					
Total Benda Uji				96									

B. Metode Analisis

Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan grafik metode polinomial 2.

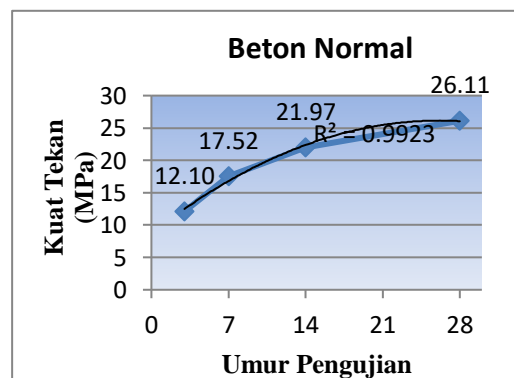
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kuat Tekan

Hasil kuat tekan pada hari ke 28 untuk beton normal dan beton dengan variasi *Coal Ash* dan Laterit ditampilkan dalam Tabel 7 hingga Tabel 12.

Tabel 7. Hasil Kuat Tekan Beton Variasi *Coal Ash* 0 % dan Laterit 0% (Beton Normal) estimasi 28 hari

Beton Normal	Hari Uji (Hari)	Kuat Tekan	Estimasi ke 28 Hari (Mpa)
	3	12.10	30.25
7	17.52	26.95	
14	21.97	24.97	
28	26.11	26.11	
Rata-Rata		27.07	

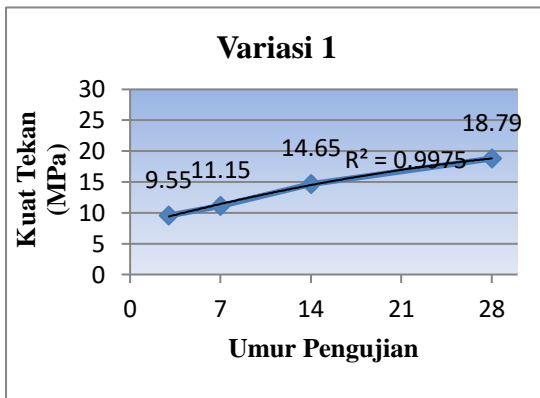


Gambar 7. Grafik hubungan antara kuat tekan beton normal terhadap umur pengujian

Berdasarkan Gambar 7, diketahui bahwa semakin lama umur beton maka semakin tinggi pula kuat tekan beton, terbukti pada umur beton 28 hari hasil kuat tekan mencapai 26.11 MPa. Namun umur beton 28 hari bukan waktu optimum untuk kuat tekan dengan kadar *coal ash* dan laterit 0%. Hasil kuat tekan beton variasi 1 akan ditampilkan dalam Tabel 8 dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 8.

Tabel 8. Hasil Kuat Tekan Beton Variasi *Coal Ash* 5 % dan Laterit 45% (Variasi 1) estimasi 28 hari

Variasi 1	Hari Uji (Hari)	Kuat Tekan	Konversi 28 Hari (Mpa)
	3	9.55	23.89
	7	11.15	17.15
	14	14.65	16.65
	28	18.79	18.79
Rata-Rata			19.12



Gambar 8. Grafik hubungan antara kuat tekan beton variasi 1 dengan umur pengujian

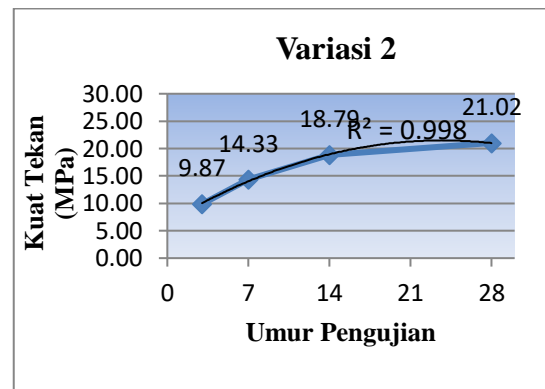
Berdasarkan Gambar 8, diketahui bahwa semakin lama umur beton maka semakin tinggi pula kuat tekan beton, terbukti pada umur beton 28 hari hasil kuat tekan mencapai 18.79 MPa. Namun umur beton 28 hari bukan waktu optimum untuk kuat tekan dengan kadar *coal ash* 5% dan laterit 45%. Hasil kuat tekan beton variasi 2 akan ditampilkan dalam Tabel 9 dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 9.

Berdasarkan Gambar 9, diketahui bahwa semakin lama umur beton maka semakin tinggi pula kuat tekan beton, terbukti pada umur beton 28 hari hasil kuat tekan mencapai 21.02 MPa. Namun umur beton 28 hari bukan

waktu optimum untuk kuat tekan dengan kadar *coal ash* 7.5% dan laterit 42.5%.

Tabel 9. Hasil Kuat Tekan Beton Variasi *Coal Ash* 7.5 % dan Laterit 42.5% (Variasi 2) estimasi 28 hari

Variasi 2	Hari Uji (Hari)	Kuat Tekan	Konversi 28 Hari (Mpa)
	3	9.87	24.68
	7	14.33	22.05
	14	18.79	21.35
	28	21.02	21.02
Rata-Rata			22.28



Gambar 9. Grafik hubungan antara kuat tekan beton variasi 2 terhadap umur pengujian

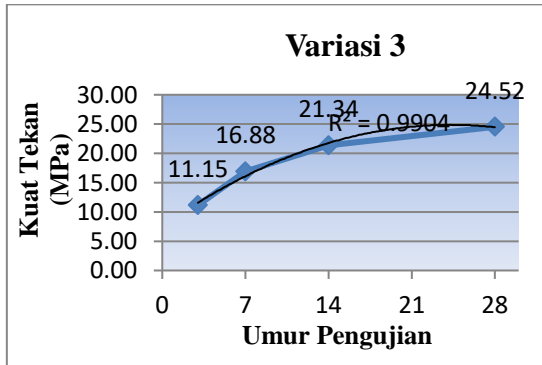
Hasil kuat tekan beton variasi 3 akan ditampilkan dalam Tabel 10 dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan Gambar 10.

Tabel 10. Hasil Kuat Tekan Beton Variasi *Coal Ash* 10 % dan Laterit 40% (Variasi 3) estimasi 28 hari

Variasi 3	Hari Uji (Hari)	Kuat Tekan	Konversi 28 Hari (Mpa)
	3	11.15	27.87
	7	16.88	25.97
	14	21.34	24.25
	28	24.52	24.52
Rata-Rata			25.65

Berdasarkan Gambar 10, diketahui bahwa semakin lama umur beton maka semakin tinggi pula kuat tekan beton, terbukti pada umur beton 28 hari hasil kuat tekan mencapai 24.52 MPa. Namun umur beton 28 hari bukan

waktu optimum untuk kuat tekan dengan kadar *coal ash* 10% dan laterit 40%.

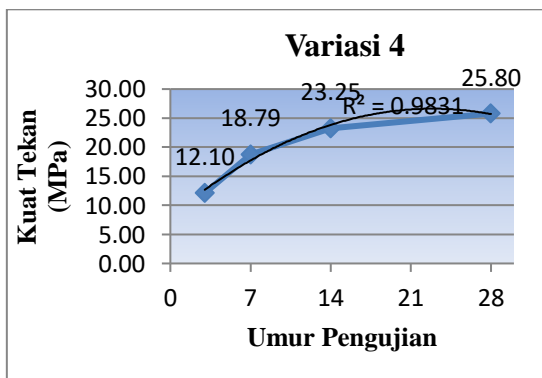


Gambar 10 Grafik hubungan antara kuat tekan beton variasi 3 terhadap umur pengujian

Hasil kuat tekan beton variasi 4 akan ditampilkan dalam Tabel 11 dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan Gambar 11.

Tabel 11. Hasil Kuat Tekan Beton Variasi *Coal Ash* 12.5 % dan Laterit 37.5% (Variasi 4) estimasi 28 hari

Variasi	Hari Uji (Hari)	Kuat Tekan	Konversi 28 Hari (Mpa)
4	3	12.10	30.25
	7	18.79	28.91
	14	23.25	26.42
	28	25.80	25.80
Rata-Rata			27.84



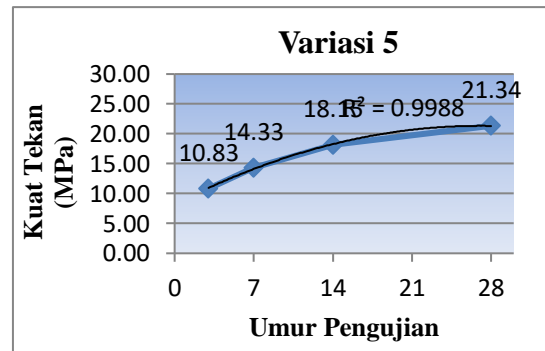
Gambar 11. Grafik hubungan antara kuat tekan beton variasi 4 terhadap umur pengujian

Berdasarkan Gambar 11, diketahui bahwa semakin lama umur beton maka semakin tinggi pula kuat tekan beton, terbukti pada

umur beton 28 hari hasil kuat tekan mencapai 25.80 MPa. Namun umur beton 28 hari bukan waktu optimum untuk kuat tekan dengan kadar *coal ash* 12.5% dan laterit 37.5%. Hasil kuat tekan beton variasi 5 akan ditampilkan dalam Tabel 12 dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan Gambar 12.

Tabel 12. Hasil Kuat Tekan Beton Variasi *Coal Ash* 15 % dan Laterit 35% (Variasi 5) estimasi 28 hari

Variasi	Hari Uji (Hari)	Kuat Tekan	Konversi 28 Hari (Mpa)
5	3	10.83	27.07
	7	14.33	22.05
	14	18.15	20.63
	28	21.34	21.34
Rata-Rata			22.77



Gambar 12. Grafik hubungan antara kuat tekan beton variasi 5 terhadap umur pengujian

Berdasarkan Gambar 12, diketahui bahwa semakin lama umur beton maka semakin tinggi pula kuat tekan beton, terbukti pada umur beton 28 hari hasil kuat tekan mencapai 21.34 MPa. Namun umur beton 28 hari bukan waktu optimum untuk kuat tekan dengan kadar *coal ash* 15% dan laterit 35%.

Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

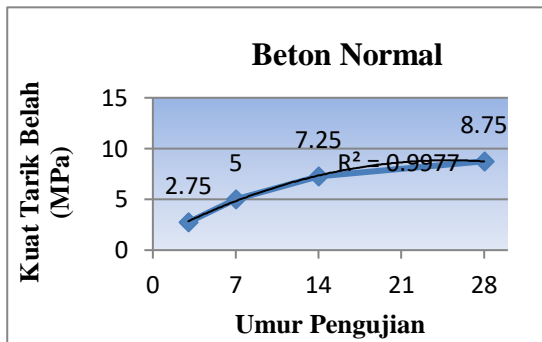
Hasil pengujian kuat tarik belah beton yang telah diperoleh kemudian dianalisis. Hasil kuat tekan pada hari ke 3, 7, 14 dan 28 untuk beton normal dan beton dengan variasi *Coal Ash* dan Laterit kemudian dirata-ratakan ditampilkan dalam Tabel 13 hingga Tabel 18.

Berdasarkan Gambar 13, diketahui bahwa semakin lama umur beton maka semakin tinggi pula kuat tarik belah beton, terbukti

pada umur beton 28 hari hasil kuat tarik belah 8.75 MPa. Namun umur beton 28 hari bukan waktu optimum untuk kuat tarik belah dengan kadar *coal ash* 0% dan laterit 0%.

Tabel 13. Hasil Kuat Tarik Belah Beton Variasi *Coal Ash* 0 % dan Laterit 0% (Beton Normal) rata-rata

Beton Normal	Hari Uji (Hari)	Kuat Tarik Belah
	3	2.75
	7	5
	14	7.25
	28	8.75
Rata-Rata		5.94



Gambar 13. Grafik hubungan antara kuat tarik belah beton normal terhadap umur pengujian.

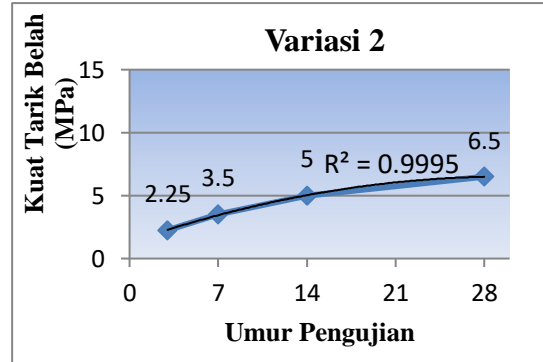
Hasil kuat tarik belah beton variasi 1 akan ditampilkan dalam Tabel 14 dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 14.

Tabel 14. Hasil Kuat Tarik Belah Beton Variasi *Coal Ash* 5 % dan Laterit 45% (Variasi 1) rata-rata

Variasi 1	Hari Uji (Hari)	Kuat Tarik Belah
	3	2
	7	3.25
	14	3.5
	28	5.75
Rata-Rata		3.63

Berdasarkan Gambar 14, diketahui bahwa semakin lama umur beton maka semakin tinggi pula kuat tarik belah beton, terbukti pada umur beton 28 hari hasil kuat tarik belah 5.75 MPa. Namun umur beton 28 hari bukan

waktu optimum untuk kuat tarik belah dengan kadar *coal ash* 5% dan laterit 45%.

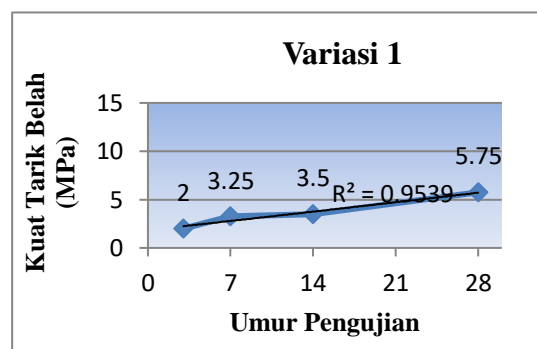


Gambar 14. Grafik hubungan kuat tarik belah beton variasi 1 terhadap umur pengujian.

Hasil kuat tarik belah beton variasi 2 akan ditampilkan dalam Tabel 15 dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 15.

Tabel 15. Hasil Kuat Tarik Belah Beton Variasi *Coal Ash* 7.5 % dan Laterit 42.5% (Variasi 2) rata-rata

Variasi 2	Hari Uji (Hari)	Kuat Tarik Belah
	3	2.25
	7	3.5
	14	5
	28	6.5
Rata-Rata		4.31



Gambar 15. Grafik hubungan antara kuat tarik belah beton variasi 2 terhadap umur pengujian

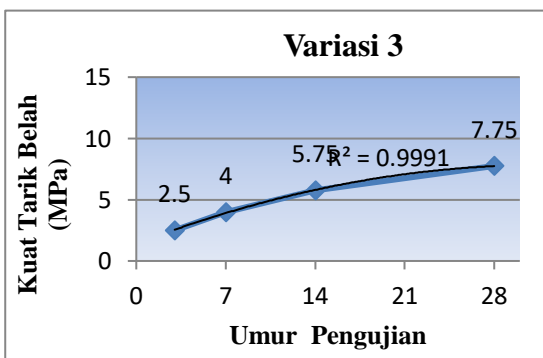
Berdasarkan Gambar 15, diketahui bahwa semakin lama umur beton maka semakin tinggi pula kuat tarik belah beton, terbukti pada umur beton 28 hari hasil kuat tarik belah 6.5 MPa. Namun umur beton 28 hari bukan waktu optimum untuk kuat tarik belah dengan

kadar *coal ash* 7.5% dan laterit 42.5%. Hasil kuat tarik belah beton variasi 3 akan ditampilkan dalam Tabel 16 dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 16.

Berdasarkan Gambar 16, diketahui bahwa semakin lama umur beton maka semakin tinggi pula kuat tarik belah beton, terbukti pada umur beton 28 hari hasil kuat tarik belah 7.75 MPa. Namun umur beton 28 hari bukan waktu optimum untuk kuat tarik belah dengan kadar *coal ash* 10% dan laterit 40%.

Tabel 16. Hasil Kuat Tarik Belah Beton Variasi *Coal Ash* 10 % dan Laterit 40% (Variasi 3) rata-rata

	Hari Uji (Hari)	Kuat Tarik Belah
Variasi 3	3	2.5
	7	4
	14	5.75
	28	7.75
Rata-Rata		5.00



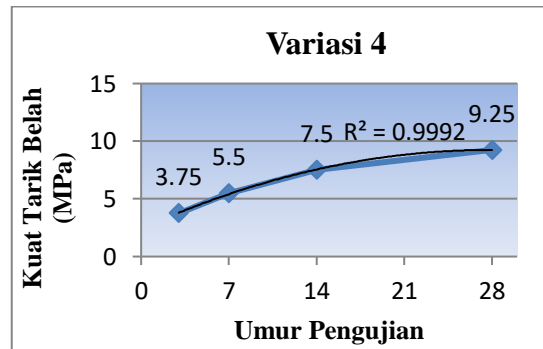
Gambar 16. Grafik hubungan antara kuat tarik belah beton variasi 3 terhadap umur pengujian.

Hasil kuat tarik belah beton variasi 4 akan ditampilkan dalam Tabel 17 dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 17.

Berdasarkan Gambar 17, diketahui bahwa semakin lama umur beton maka semakin tinggi pula kuat tarik belah beton, terbukti pada umur beton 28 hari hasil kuat tarik belah 9.25 MPa. Namun umur beton 28 hari bukan waktu optimum untuk kuat tarik belah dengan kadar *coal ash* 12.5% dan laterit 37.5%.

Tabel 17. Hasil Kuat Tarik Belah Beton Variasi *Coal Ash* 12.5 % dan Laterit 37.5% (Variasi 4) rata-rata

	Hari Uji (Hari)	Kuat Tarik Belah
Variasi 4	3	3.75
	7	5.5
	14	7.5
	28	9.25
Rata-Rata		6.50



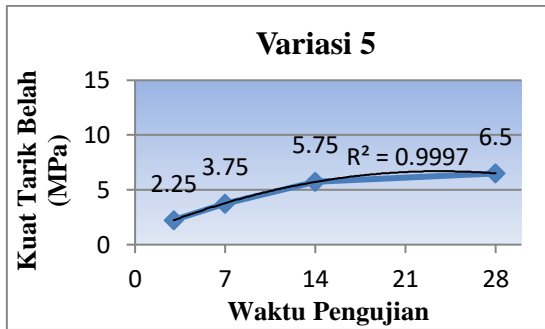
Gambar 17. Grafik hubungan antara kuat tarik belah beton variasi 4 terhadap umur pengujian.

Hasil kuat tarik belah beton variasi 5 akan ditampilkan dalam Tabel 18 dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 18.

Tabel 18. Hasil Kuat Tarik Belah Beton Variasi *Coal Ash* 15 % dan Laterit 35% (Variasi 5) rata-rata

	Hari Uji (Hari)	Kuat Tarik Belah
Variasi 5	3	2.25
	7	3.75
	14	5.75
	28	6.5
Rata-Rata		4.56

Berdasarkan Gambar 18, diketahui bahwa semakin lama umur beton maka semakin tinggi pula kuat tarik belah beton, terbukti pada umur beton 28 hari hasil kuat tarik belah 6.5 MPa. Namun umur beton 28 hari bukan waktu optimum untuk kuat tarik belah dengan kadar *coal ash* 15% dan laterit 35%.



Gambar 18. Grafik hubungan antara kuat tarik belah beton variasi 5 terhadap umur pengujian.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian pemanfaatan *Coal Ash* dan Laterit Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kekuatan Beton (Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton) yang dilakukan di laboratorium bahan Politeknik Negeri Samarinda, dapat disimpulkan dengan tabel 18 dibawah ini :

Tabel 19. Hasil Perhitungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton

Variasi	Coal Ash (%)	Laterit (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik (MPa)
Beton Normal	0	0	26.11	8.75
1	5	45	18.79	5.75
2	7.5	42.5	21.02	6.5
3	10	40	24.52	7.75
4	12.5	37.5	25.80	9.25
5	15	35	21.34	6.5

Berdasarkan Tabel 19 dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan beton normal yaitu sebesar 26.11 MPa dan nilai kuat tarik beton normal yaitu sebesar 8.75 MPa sedangkan nilai kuat tekan beton maksimum didapat pada penggunaan *coal ash* 12.5 % dan laterit 37.5 % yaitu sebesar 25.80 MPa dan nilai kuat tarik beton maksimum didapat pada penggunaan *coal ash* 12.5 % dan laterit 37.5 % yaitu sebesar 9.25 MPa.

Saran

Beberapa saran yang dapat disampaikan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Dapat dilakukan penelitian dengan variasi *coal ash* dan laterit yang sama tapi dengan

umur pengujian lebih dari 28 hari, karena pada penelitian ini pada umur 28 hari, kuat tekan dan kuat tarik masih mengalami peningkatan.

2. Sebaiknya penggunaan *coal ash* dan laterit tidak mencapai *coal ash* 15 % dan laterit 35 % karena pada persentase tersebut nilai kuat tekan dan kuat tarik mengalami penurunan.

DAFTAR PUSTAKA

Batoteng, N.P. 2014. “*Pengaruh Rendaman Air Laut Terhadap Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur Pada Beton Menggunakan Coal Ash*”. Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda.

Samarinda, SMKN 2. 2011. “*Lomba Kuat Tekan Beton Tepat Mutu*”. Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 2, Samarinda.

Samekto. 2001. “*Teknologi Beton*”. Universitas Negeri Malang, Malang.

Standar Nasional Indonesia 03-1968-1990. “*Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar*”.

Standar Nasional Indonesia 03-1969-1990. “*Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*”.

Standar Nasional Indonesia 03-1970-1990. “*Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*”.

Standar Nasional Indonesia 03-1971-1990. “*Metode Pengujian Kadar Air Agregat*”.

Standar Nasional Indonesia 03-1972-1990. “*Metode Pengujian Slump Beton*”.

Standar Nasional Indonesia 03-1974-1990. “*Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*”.

Standar Nasional Indonesia 03-2417-1991. “*Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*”.

Standar Nasional Indonesia 03-2491-2002. “*Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*”.

Standar Nasional Indonesia 03-2493-1991. “*Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*”.

Standar Nasional Indonesia 03-4141-1996. “*Metode Pengujian Gumpalan Lempung dan Butir-Butir Mudah Pecah dalam Agregat (Kadar Lumpur)*”.

Standar Nasional Indonesia 03-4804-1998. “*Metode Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat*”.

Tiga, Tim Pandawa. 2014. “ *Laterite Concrete Borneo*”. Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda.

Tjokrodimulyo. 1996. *Teknologi Beton*. Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gaja Mada, Yogyakarta.