

ANALISIS PEMANFAATAN BAHAN LIMBAH B3 KARBIT dan FLY ASH PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH dan MODULUS ELASTISITAS

Dewi Anggraeni¹ dan Arianto Tarangga²

¹*Dewi Anggraeni, Universitas Sains dan Teknologi Jayapura, dewipapua2009@gmail.com*

²*Arianto Tarangga, Universitas Sains dan Teknologi Jayapura, arytarangga93@gmail.com*

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan limbah B3 karbit dan fly ash sebagai pengganti semen dalam pembuatan beton mutu normal. Limbah B3 karbit banyak di jumpai di beberapa bengkel las gas acetylene di Jayapura yang pada umumnya tidak dilakukan pengolahan karena dianggap tidak bernilai ekonomis, fly ash merupakan sisa pembakaran batubara yang dialirkan dari ruang pembakaran, berupa serbuk yang sangat ringan dan berwarna keabu-abuan. Fly ash yang digunakan berasal dari PLTU Holtekam.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai optimum penambahan limbah B3 karbit dan fly ash yang berfungsi sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton dengan fly ash 10% dan limbah karbit bervariasi dari 0%, 5%, 10%, dan 15% dari volume semen portland. Metode yang digunakan dalam perencanaan mix desain menggunakan metode DOE (*Department Of Environment*). Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm.

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari. sedangkan untuk pengujian kuat tarik belah dan modulus elastisitas dilakukan pada umur 28 hari. Dari hasil penelitian diperoleh beton normal tanpa bahan tambah mendapatkan hasil uji paling optimum yaitu kuat tekan sebesar 30.43 Mpa pada umur 28 hari, Kuat tarik belah sebesar 2.15 Mpa dan Modulus elastisitas sebesar 33294 Mpa. Beton dengan Fa 10% + Lk 5% kuat tekan mencapai 24.60 MPa, kuat tarik belah 1.87 MPa, dan modulus elastisitas 34666 MPa, beton dengan Fa 10% + Lk 10% kuat tekan mencapai 21.46 MPa, kuat tarik belah 1.80 MPa dan modulus elastisitas 30250 MPa, sedangkan beton dengan Fa 10% + Lk 15% kuat tekan beton mencapai 19.24 MPa, kuat tarik belah 1.73 MPa, dan modulus elastisitas 27476 MPa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi penggunaan presentase bahan tambah maka semakin menurun hasil nilai kuat tekan beton, kuat tarik belah beton dan modulus elastisitas beton.

Kata Kunci: *Limbah B3 Karbit, Fly Ash, Kuat Tekan Beton, Kuat Tarik Belah Beton, Modulus Elastisitas Beton*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penelitian yang akan dilakukan untuk meninjau pengaruh bahan tambah terhadap peningkatan mutu beton, bahan tambah yang akan digunakan dalam campuran adukan beton adalah limbah B3 karbit dan *fly ash*. Limbah karbit dapat diperoleh dari bengkel-bengkel las *acetyline* di Jayapura pada umumnya tidak dilakukan pengolahan terhadap limbah karbit karena tidak bernilai ekonomis, Limbah karbit dibiarkan menggenung begitu saja atau langsung dibuang menuju tempat pembuangan sampah (TPS). Pada PLTU Holtekam material batubara di ambil di daerah kalimatan. Pada Pembakaran batubara akan menghasilkan suatu limbah yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*), Produksi limbah tersebut akan meningkat ke tahun-tahun berikutnya, Oleh karena itu masalah limbah karbit dan limbah batubara (*fly ash*) harus segera di selesaikan agar tidak terjadi penumpukan dalam jumlah yang besar.

Limbah karbit adalah sisa dari reaksi karbit terhadap air yang menghasilkan gas *acetyline*. Sedangkan Abu terbang (*fly ash*) batubara adalah bahan yang berbutir halus yang bersifat pozzolanic yang merupakan bahan alami atau buatan yang di peroleh dari sisa pembakaran batubara. Limbah karbit dan *fly ash* tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen, tetapi penambahan limbah karbit merupakan upaya untuk meningkatkan unsur kalsium yang diperlukan dalam terjadinya reaksi pozzolanic bila tercampur dengan SiO₂ dalam *fly ash*. Reaksi

pozzolonic merupakan reaksi antara kalsium, silika atau aluminat dengan air sehingga membentuk suatu massa yang keras dan kaku yang hampir sama dengan proses hidrasi semen.

Tujuan Penelitian

Berdasarkan batasan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui hasil pemanfaatan limbah B3 karbit dan *fly ash* sebagai bahan campuran beton.
2. Mendapatkan hasil komposisi campuran beton dengan penambahan limbah karbit dan limbah batubara (*fly ash*).
3. Mendapatkan hasil nilai kuat tekan beton normal serta beton dengan penambahan limbah karbit dan *fly ash* yang akan dicapai pada umur 3, 7 dan 28 hari.
4. Mendapatkan hasil nilai kuat tarik belah beton normal serta beton dengan penambahan limbah karbit dan *fly ash* yang akan dicapai pada umur 28 hari.
5. Mendapatkan hasil nilai modulus elastisitas beton normal serta beton dengan penambahan limbah karbit dan *fly ash* yang akan dicapai pada umur 28 hari.

2. STUDI PUSTAKA

Definisi Beton

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat agregat lain yang dicampur jadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan kataristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan (*Mc.Cormac, 2004*).

Fly Ash

Fly ash (abu terbang) merupakan bahan penambah yang berguna untuk memperbaiki sifat-sifat beton. Abu terbang dapat dikelompokkan sebagai bahan pozzolan, nama pozzolan berasal dari nama kota di Italy (Pozzuoli) yang menghasilkan bahan perekat alami. *Fly ash* merupakan residu mineral dalam butir halus yang dihasilkan dari pembakaran batu bara yang dihaluskan pada suatu pusat pembangkit listrik. *Fly ash* terdiri dari bahan inorganik yang terdapat di dalam batu bara yang telah mengalami fusi selama pembakarannya. Bahan ini memadat selama berada di dalam gas-gas buangan dan dikumpulkan menggunakan presipitator elektrostatik. Karena partikel-partikel ini memadat selama tersuspensi di dalam gas-gas buangan, partikel-partikel *fly ash* umumnya berbentuk bulat. Partikel-partikel *fly ash* yang terkumpul pada presipitator elektrostatik biasanya berukuran silt (0.074 – 0.005 mm). Bahan ini terutama terdiri dari silikon dioksida (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3) dan besi oksida (Fe_2O_3).

Limbah Karbit

Limbah karbit merupakan sebuah produk dari produksi gas acetylene. Gas ini digunakan diseluruh dunia untuk penerangan, pengelasan, pemotongan besi, juga untuk mematangkan buah. Karbit dibuat dengan proses yang sangat sederhana. Dimana terjadi reaksi antara kalsium karbida (CaC_2) dengan air H_2O untuk menghasilkan gas acetylene (C_2H_2) dan calcium hydroxide $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Kalsium karbit yang merupakan hasil sampingan pembuatan gas acetelin adalah berupa padatan berwarna putih kehitaman atau keabu-abuan. Awal dihasilkannya limbah karbit berupa koloid (semi cair) karena gas ini mengandung gas dan air. Setelah 3-7 hari, gas yang terkandung menguap perlahan seiring dengan penguapan gas dan air kapur limbah karbit mulai mengering, berubah menjadi gumpalan- gumpalan yang rapuh dan mudah di hancurkan serta dapat menjadi serbuk.

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin kuat tekan. Kuat tekan

beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibandingkan dengan sifat – sifat yang lain. Oleh karena itu, metode statistik diperlukan untuk menentukan kekuatan tekan karakteristik beton f'_c , yang didefinisikan sebagai kekuatan tekan beton yang dilampaui oleh paling sedikit 95% dari benda uji. Kuat tekan (f'_c) ditentukan dengan rumus :

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

Dengan f'_c adalah Kuat tekan (MPa) ; A adalah luas penampang

Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah benda uji silinder beton adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan. Kemudian diberi beban tekan secara merata arah tagak lurus dari atas ke seluruh panjang silinder. Berdasarkan metode pengujian kuat tarik belah beton (SK SNI 03-2471-2002), maka untuk mendapatkan nilai kuat tarik masing – masing benda uji menggunakan rumus seperti di bawah ini.

$$f'_t = \frac{2P}{\pi LD} \quad (2)$$

Dengan f'_t adalah Kuat tarik belah beton (MPa); P adalah beban maksimum; L adalah tinggi silinder beton (mm) ; D adalah diameter silinder beton (mm)

Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas dapat didefinisikan sebagai perbandingan beban persatuan luas (tegangan) dengan perubahan elastis persatuan panjang (regangan). adapun perhitungan modulus elastisitas *chord* (E_c) dapat dilihat pada rumus sebagai berikut:

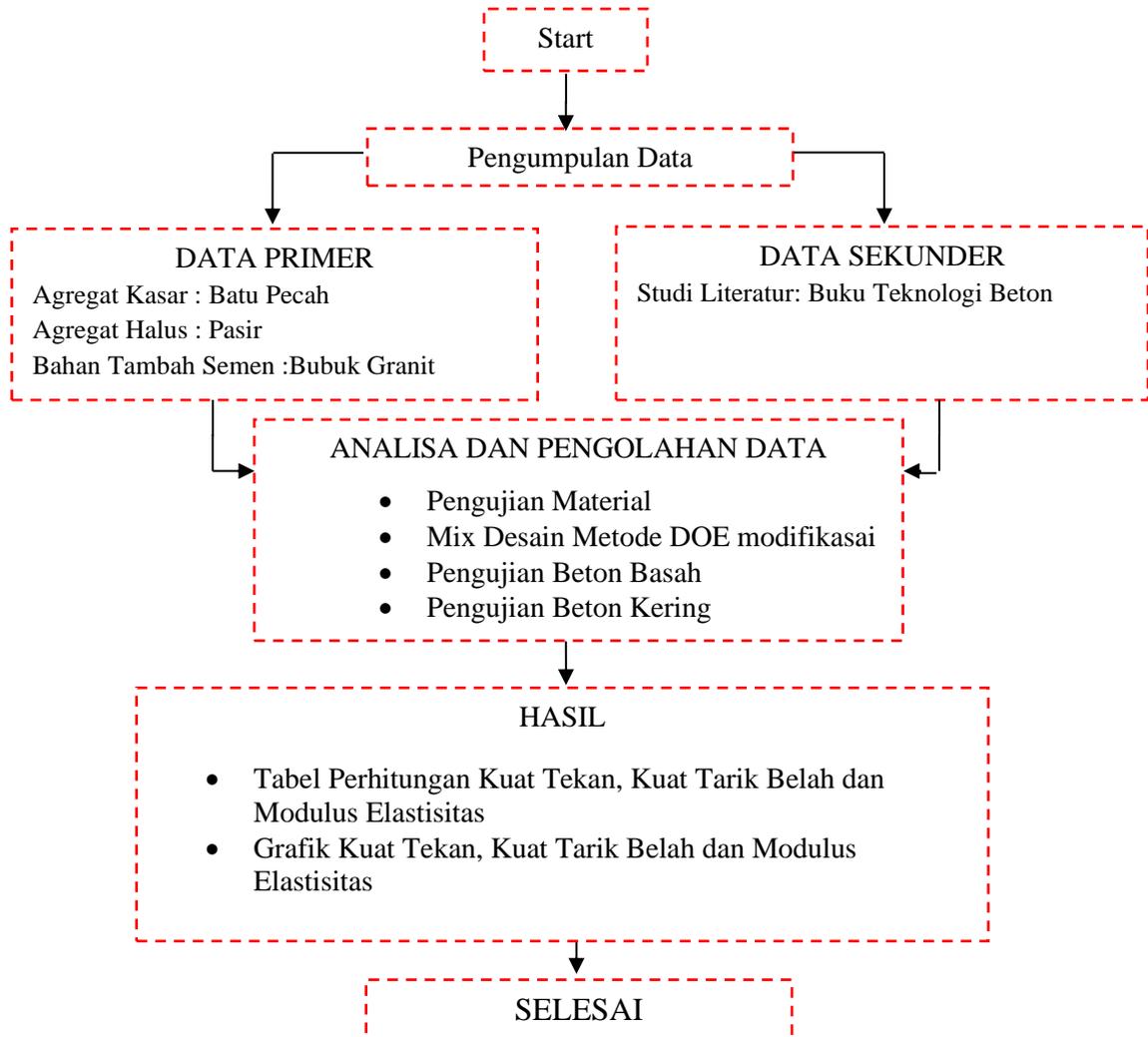
$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - 0,00005} \quad (3)$$

Dengan σ adalah tegangan; ϵ adalah regangan

3. METODE PENELITIAN

Bagan Alur Penelitian

Bagan alir pada penelitian ini seperti terlihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat halus dari dan agregat kasar dari quarry kertosari.

Tabel 1. Rekap Hasil Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Agregat Halus dan Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Agregat Halus	Agregat Kasar	Satuan	Keterangan
1	Analisa Saringan	3.75	8.53	%	Memenuhi
2	Berat Isi				
	- Kondisi Lepas	1.55	1.66	gr/cm ³	Memenuhi
	- Kondisi Padat	2.03	1.83	gr/cm ³	Memenuhi
3	Berat Jenis dan Penyerapan				
	- Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)	2.3	2.68	gr/cm ³	Memenuhi
	- Penyerapan (ABSORPTION)	0.0088	0.0146	%	Memenuhi
4	Kadar Lumpur	1.01	1.05	%	Memenuhi
5	Kadar Air	0.041	0.005	%	Memenuhi
6	Kadar Organik	Kuning	-		Memenuhi
7	Keausan Agregat	-	26,35	%	Memenuhi

Sumber: Hasil Uji Analisa Saringan Agregat Halus di Laboratorium Beton USTJ, 2020

Hasil Perhitungan Mix Desain Beton

Tabel 2. Jumlah Material yang Dibutuhkan Untuk 1 m³

Nama bahan	BETON			
	Beton Normal	Fa 10% + Lk 5%	Fa 10% + Lk 10%	Fa 10% + Lk 15%
Semen	23,57 kg	23,56 kg	23,18 kg	22,82 kg
Fly Ash	-	2,61 kg	2,57 kg	2,53 kg
L. Karbit	-	1,24 kg	2,57 kg	4,02 kg
Air	13,43 ltr	12,39 ltr	12,05 ltr	11,71 ltr
Pasir	46,71 kg	44,17 kg	43,02 kg	41,70 kg
Batu pecah	73,03 kg	75,18 kg	76,44 kg	77,40 kg

Sumber: Analisa Hasil Pengolahan Data, 2020

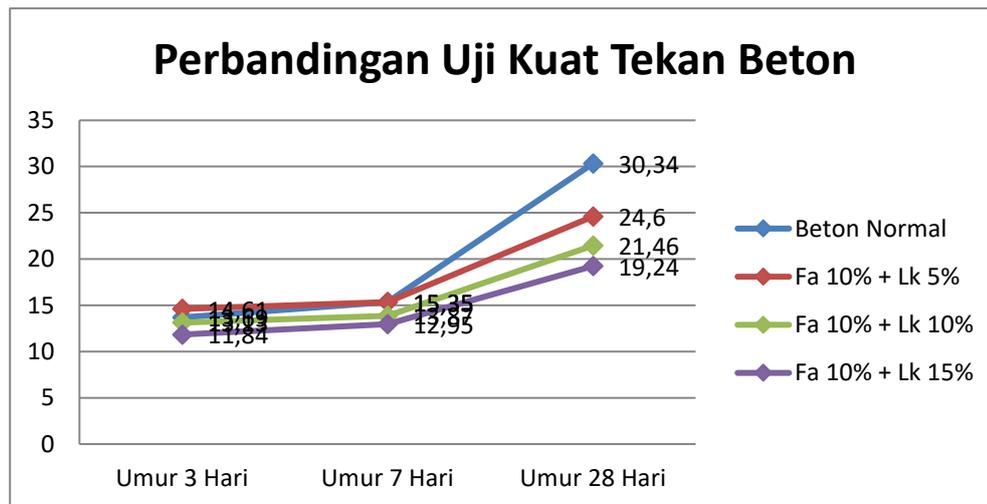
Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan beton dalam penelitian ini sebagai berikut :

Tabel 3. Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

No	Mix Desain	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (Hari)	$\Sigma \sigma$
					(N/mm ²)
1	BETON NORMAL	18 - 05 - 2020	21 - 05 - 2020	3	13.69
		18 - 05 - 2020	25 - 05 - 2020	7	15.35
		18 - 05 - 2020	15 - 06 - 2020	28	30.34
2	FA 10% + LK 5%	22 - 05 - 2020	25 - 05 - 2020	3	14.61
		22 - 05 - 2020	29 - 05 - 2020	7	15.35
		22 - 05 - 2020	19 - 06 - 2020	28	24.60
3	FA 10% + LK 10%	26 - 05 - 2020	29 - 05 - 2020	3	13.13
		26 - 05 - 2020	02 - 06 - 2020	7	13.87
		26 - 05 - 2020	23 - 06 - 2020	28	21.46
4	FA 10% + LK 15%	30 - 05 - 2020	02 - 06 - 2020	3	11.84
		30 - 05 - 2020	06 - 06 - 2020	7	12.95
		30 - 05 - 2020	27 - 06 - 2020	28	19.24

Sumber: Analisa Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton di Laboratorium Beton USTJ, 2020



Gambar 2. Grafik Uji Kuat Tekan Beton

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara kuat tekan beton normal mengalami kenaikan kuat tekan paling optimum pada umur 28 hari sebesar 30,34 Mpa. Sedangkan kuat tekan beton persentase (*Fly Ash* 10% + Limbah Karbit 5%) kuat tekan paling optimum pada umur 28 hari sebesar 24,60 Mpa, turun dari kuat tekan beton normal tanpa bahan tambah. Dan untuk beton dengan persentase (*Fly Ash* 10% + Limbah Karbit 10%) kuat tekan menjadi menurun yaitu 21,46 Mpa, untuk persentase (*Fly Ash* 10% + Limbah Karbit 15%) kuat tekan menjadi 19,24 Mpa. Hal ini terjadi karena pengikatan semen menjadi berkurang akibat terlalu banyak penambahan *fly ash* dan limbah karbit, bahan tambah memiliki ketentuan optimum untuk dapat meningkatkan kuat tekan beton, bukan berarti dengan semakin banyak bahan tambah akan meningkatkan kuat tekan beton, justru malah mengurangi kekuatan beton. Penambahan bahan tambah *fly ash* dan limbah karbit yang paling optimum yaitu pada presentase (*Fly Ash* 10% + Limbah Karbit 5%).

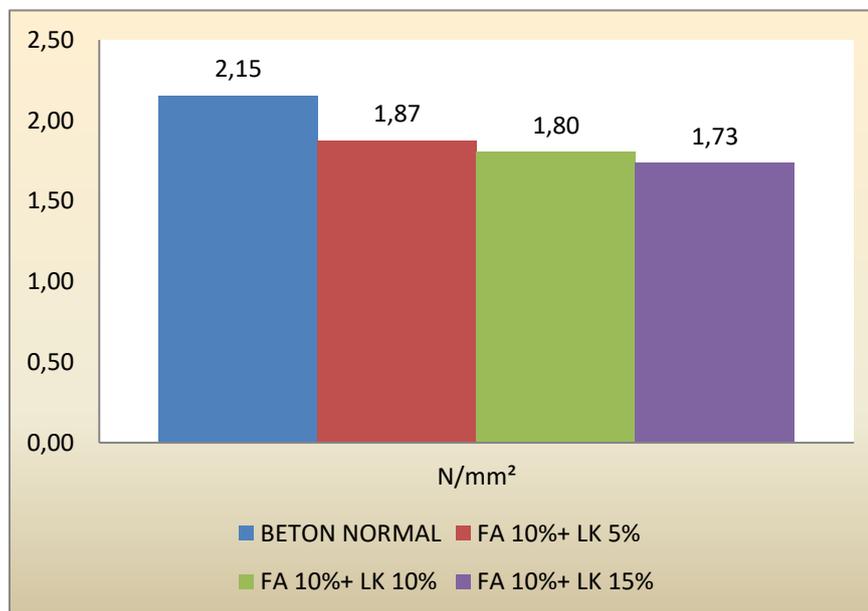
Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton

Hasil pengujian kuat tarik belah beton dalam penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 4. Tabel Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

No	Mix Desain	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (Hari)	Σf_t
					(N/mm ²)
1	BETON NORMAL	18 - 05 - 2020	15 - 06 - 2020	28	2.15
2	FA 10% + LK 5%	22 - 05 - 2020	19 - 06 - 2020	28	1.87
3	FA 10% + LK 10%	26 - 05 - 2020	23 - 06 - 2020	28	1.80
4	FA 10% + LK 15%	30 - 05 - 2020	27 - 06 - 2020	28	1.73

Sumber: Analisa Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton di Laboratorium Beton USTJ, 2020



Gambar 3. Grafik Analisa Uji Kuat Tarik Belah Beton

Dari Hasil Uji Kuat Tarik belah beton, Beton normal memiliki kuat tarik belah beton f_t 2.15 MPa, beton dengan penambahan *fly ash* 10% + limbah karbit 5% sebesar 1.87 MPa, beton dengan penambahan *fly ash* 10% + limbah karbit 10% sebesar 1.80 MPa, dan beton dengan penambahan *fly ash* 10% + limbah karbit 15% sebesar 1.73 MPa. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin

banyak persentase bahan tambah fly ash dan limbah karbit dalam komposisi beton menyebabkan kekuatan tarik belah beton tersebut menjadi menurun.

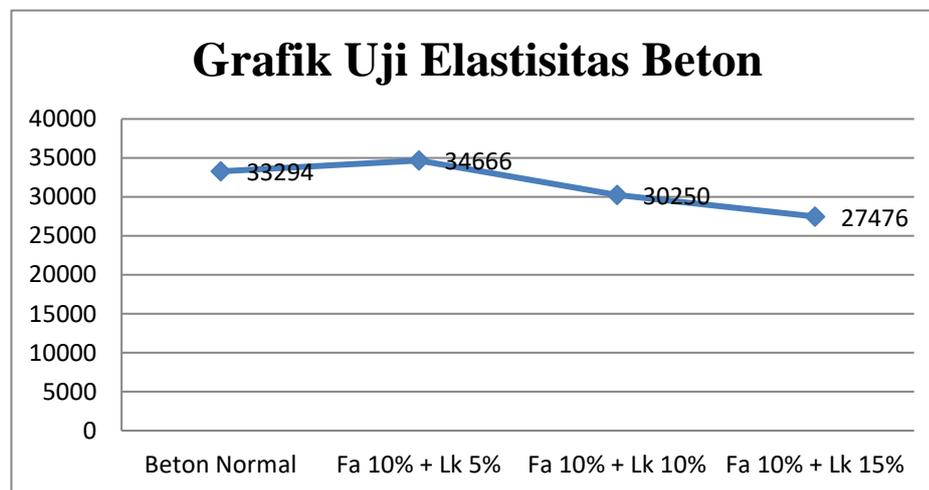
Hasil Uji Modulus Elastisitas Beton

Hasil pengujian modulus elastisitas beton dalam penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 5. Tabel Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

No	Mix Desain	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (Hari)	Modulus Elastisitas
					Aktual (N/mm ²)
1	BETON NORMAL	18 - 05 - 2020	15 - 06 - 2020	28	33294
2	FA 10% + LK 5%	22 - 05 - 2020	19 - 06 - 2020	28	34666
3	FA 10% + LK 10%	26 - 05 - 2020	23 - 06 - 2020	28	30250
4	FA 10% + LK 15%	30 - 05 - 2020	27 - 06 - 2020	28	27476

Sumber: Analisa Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton di Laboratorium Beton USTJ, 2020



Gambar 4. Grafik Uji Modulus Elastisitas Beton

Dari hasil pengujian modulus elastisitas beton yang didapat dari beton tanpa bahan tambah nilai Modulus elastisitas aktual sebesar $f'c$ 33294 MPa sedangkan modulus elastisitas teoritis sebesar $f'c$ 27344 MPa. beton dengan Fa 10% + Lk 5% nilai Modulus elastisitas aktual sebesar $f'c$ 34666 MPa sedangkan modulus elastisitas teoritis sebesar $f'c$ 24754 MPa dan beton dengan Fa 10% + Lk 10% Modulus elastisitas aktual sebesar $f'c$ 30250 MPa sedangkan modulus elastisitas teoritis

sebesar $f'c$ 23715 MPa. Sedangkan beton dengan Fa 10% + Lk 15% nilai Modulus elastisitas aktual sebesar $f'c$ 27476 MPa sedangkan modulus elastisitas teoritis sebesar $f'c$ 20913 MPa.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan sesuai dengan batasan masalah dan tujuan penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dalam pemanfaatan limbah B3 karbit dan *fly ash* sebagai bahan campuran beton, maka pada hasil kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan elastisitas beton menunjukkan bahwa limbah B3 karbit dan *fly ash* sangat bermanfaat sebagai bahan tambah pengganti semen, tetapi semakin banyak presentase bahan tambah yang digunakan maka kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan elastisitas beton akan menurun.
2. Berdasarkan hasil perhitungan *Mix Design*, maka didapat perbandingan komposisi campuran sebagai berikut :
 - a. Beton Normal, semen = 23.57 kg, air = 13.43 liter, FAS 0.57, pasir 46.71 kg, dan batu pecah 73.03 kg.
 - b. Beton FA 10% + LK 5%, semen = 23.56 kg, fly ash = 2.16 kg, limbah akrbit = 1.24 kg, air = 12.39 liter, FAS 0.45, pasir 44.17 kg, dan batu pecah 75.18 kg.
 - c. Beton FA 10% + LK 10%, semen = 23.18 kg, fly ash = 2.57 kg, limbah karbit = 2.57 kg, air = 12.05 liter, FAS 0.43, pasir 43.02 kg, dan batu pecah 76.44 kg.
 - d. Beton FA 10% + L K 15%, semen = 22.82 kg, fly ash = 2.53 kg, limbah karbit= 4.02 kg, air = 11.71 liter, FAS 0.40, pasir 41.70 kg, dan batu pecah 77.40 kg.
3. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton normal, maka didapatkan hasil pengujian pada umur 3,7, 28 hari sebagai berikut :
 - a. Hasil pengujian kuat tekan beton pada tahap I tanpa bahan tambah untuk umur 3 hari sebesar 13.69 MPa, umur 7 hari sebesar 15.35 Mpa,dan untuk umur 28 hari 30.34 MPa.
 - b. Hasil pengujian kuat tekan beton pada tahap II dengan Fa 10% + Lk 5% untuk 3 hari sebesar 14.61 MPa, umur 7 hari 15.35 MPa, dan untuk 28 hari sebesar 24.60 MPa.
 - c. Hasil pengujian kuat tekan beton pada tahap III dengan Fa 10% + Lk 10% untuk 3 hari 13.13 MPa, 7 hari sebesar 13.87 MPa dan untuk 28 hari sebesar 21.46 MPa.
 - d. Hasil pengujian kuat tekan beton pada tahap IV dengan Fa 10% + Lk 15% untuk 3 hari 11.84 MPa, 7 hari 12.95 MPa, dan untuk 28 hari sebesar 19.24 MPa.
4. Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik belah beton normal, maka didapatkan hasil pengujian sebagai berikut :
 - a. Hasil pengujian kuat tarik belah beton pada tahap I tanpa bahan tambah sebesar 2.15 MPa.
 - b. Hasil pengujian kuat tarik belah beton pada tahap II dengan Fa 10% + Lk 5% sebesar 1.87 MPa.
 - c. Hasil pengujian kuat tarik belah beton pada tahap III dengan Fa 10% + Lk 10% sebesar 1.80 MPa.
 - d. Hasil pengujian kuat tarik belah beton pada tahap IV dengan Fa 10% + Lk 15% sebesar 1.73 MPa.
5. Berdasarkan hasil pengujian modulus elastisitas beton normal, maka didapatkan hasil pengujian sebagai berikut :
 - a. Hasil pengujian modulus elastisitas beton tanpa bahan tambah yaitu sebesar 33294 Mpa untuk modulus elastisitas aktual sedangkan modulus elastisitas teoritis yaitu 27344 Mpa.
 - b. Hasil pengujian modulus elastisitas beton pada beton dengan persentase penambahan *fly ash* 10% + limbah karbit 5% yaitu sebesar 34666 Mpa untuk modulus elastisitas aktual sedangkan modulus elastisitas teoritis yaitu 24754 Mpa.

- c. Hasil pengujian modulus elastisitas beton pada beton dengan persentase penambahan *fly ash* 10% + limbah karbit 10% yaitu sebesar 30250 Mpa untuk modulus elastisitas aktual sedangkan modulus elastisitas teoritis yaitu 23715 Mpa.
- d. Hasil pengujian modulus elastisitas beton pada beton dengan persentase penambahan *fly ash* 10% + limbah karbit 15% yaitu sebesar 27476 Mpa untuk modulus elastisitas aktual sedangkan modulus elastisitas teoritis yaitu 20913 Mpa.

Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka adapun beberapa saran, agar penelitian yang akan dilakukan penulis selanjutnya bisa lebih baik.

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap campuran *fly ash* dan limbah karbit pada mutu beton tinggi. Hal ini dikarenakan penggunaan semen dalam pembuatan beton mutu tinggi tidaklah sedikit, sehingga masih besar peluang *fly ash* dan limbah karbit sebagai bahan tambah semen pada beton mutu tinggi.
2. Disarankan agar peneliti berikutnya bisa mengurangi presentase pemakaian bahan tambah dari *fly ash* dan limbah karbit agar bisa mencapai nilai kuat tekan beton, nilai tarik belah beton, dan modulus elastisitas beton yang lebih optimal.
3. Dalam pembuatan beton di mulai dari pengujian material sampai pengujian benda uji perlu di lakukan dengan ketelitian dan keseriusan. Sehingga kita dapat memperoleh hasil yang direncanakan. Fasilitas peralatan lab yang bersangkutan dengan penelitian perlu dijaga, dirawat, dan diperbaharui sehingga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.
4. Disarankan Kepada akademik atau ketua Jurusan Teknik Sipil agar alat-alat di laboratorium USTJ harus diperbarui karena kondisi alat - alat sudah banyak yang tidak layak untuk dipergunakan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Antoni, dan Paul Nugraha, 2007. *Teknologi Beton*, Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta.
- Asroni, Ali. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta. Graha ilmu.
- Beton Normal*.SK SNI T-15-1990-03. Cetakan Pertama, Bandung: DPU-Yayasan LPMB, 1991.
- Buku Pedoman Praktikum Beton, Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Sains dan Teknologi Jayapura.
- Departemen Pekerjaan Umum. LPMB. *Buku Petunjuk Pelaksanaan Beton*. 1973.
- Departemen P.U. SNI 03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.
- Departemen P.U. (1968). SK SNI-03-1968-1990. Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar.
- Mc Cormac, Jack C.2004. "*Desain Beton Bertulang.Edisi Kelima.Jilid 2*". Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Mulyono, T. 2003. "*Teknologi Beton*".Andi. Yogyakarta.
- SNI T-15-1990-03 : Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, Bandung : LPMB.
- Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit dan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (Studi Kasus : PT. Varia Usaha Beton).
- Tjokrodinuljo, K.,1996, "*Teknologi Beton*",Nafiri. Yogyakarta.
- Tugas Akhir (*Defin Panjaitan, ST*), Pemanfaatan Limbah Batubara (*fly ash*) PLTU HOLTEKAM Jayapura sebagai bahan tambah semen terhadap mutu Beton Normal.