

PENGGUNAAN BATU KARANG, TANAH SEBAGAI PENGANTI AGREGAT DALAM PEMBUATAN BETON K-175 UNTUK BANGUNAN SEDERHANA

Mekar Ria Pangaribuan¹

Narlis²

Program Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Ratu Samban¹

Jalan Jenderal Sudirman No 76 Arga Makmur, Bengkulu Utara

Program Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Profesor Hazairin²

email: mekarria11@yahoo.com¹

ABSTRAK

Pulau Enggano adalah salah satu kecamatan di Kabupaten Bengkulu Utara yang merupakan pulau terluar dan untuk menuju kesana diperlukan waktu 12 jam dari Pelabuhan Pulaubaai di Bengkulu dengan menggunakan kapal laut menyebrangi Samudera Indonesia yang luas. Selama ini material untuk membuat bangunan selalu dibawa dari Bengkulu, sehingga biaya untuk membangun sebuah rumah sangat tinggi. Pulau Enggano memiliki potensi alam yang berupa material batu karang sepanjang pantai, tanahnya yang berwarna kekuningan bercampur pasir, dan air payau, serta gunung kapur. Hal inilah yang menjadikan peneliti untuk membuat mix desain mendapatkan beton K.175 berdasarkan hasil pemeriksaan bahan dan pengujian untuk membuat beton dengan memanfaatkan material lokal sebagai pengganti agregat kasar dan agregat halus. Metode penelitian meliputi: uji air, pemeriksaan analisa gradasi (Sieve Analysis) agregat halus (Pasir Enggano), pemeriksaan kadar air, kadar lumpur, berat isi agregat, dan berat jenis, penyerapan agregat, dan perencanaan campuran beton (Mix Desain), melakukan pengujian kuat tekan kubus beton yang dihasilkannya. Penelitian dilakukan di dua tempat yaitu di Pulau Enggano untuk pengambilan sampel kemudian sampel di uji di BKB3 Provinsi Bengkulu dari bulan April sampai dengan Agustus 2015. Setelah dilakukan pemeriksaan di Balai Konstruksi Beton dan Bahan Bangunan Provinsi Bengkulu terhadap tanah Enggano dan split karang 2/3 ini memiliki karakteristik sebagai berikut: a) hasil pemeriksaan gradasi, pasir/agregat halus tersebut masuk ke dalam zone 3, dengan modulus kehalusan pasir 2,876, layak untuk dijadikan agregat halus pada pembuatan beton. Sedangkan split karang 2/3 sebagai agregat kasar tersebut masuk ke dalam zone kasar butiran 38.1 – 4.76 karena sebagian besar nilai gradasi yang diperoleh masuk ke dalam batasan zone ini, dengan modulus kehalusan split karang 2/3 adalah 3,39, artinya supaya split karang 2/3 dapat dijadikan pengganti koral, hasil desain pencampuran material pembentuknya ditingkatkan menjadi 45%, b) hasil uji kadar air agregat kasar (3,05 %) lebih besar nilainya daripada kadar air agregat halus (2,65 %) artinya bahwa agregat kasar yang berukuran lebih besar dan memiliki rongga-rongga pada permukaan yang lebih banyak, memiliki kemampuan untuk menyerap air lebih banyak dibandingkan agregat halus, c) hasil uji kadar lumpur pada tanah/pasir Enggano adalah 2,95 %. Artinya, kadar lumpur pada agregat halus yang digunakan memenuhi syarat karena kurang dari 5%, sehingga lumpur bisa menyatu dengan semen. Untuk kandungan lumpur batu karang split 2/3 didapatkan sebesar 0,2%, sedangkan syarat untuk campuran beton, kerikil memiliki kandungan lumpur maksimum 1%. Jadi, karang split 2/3 tersebut memenuhi syarat, untuk diperhatikan sebelum digunakan karang split 2/3 dicuci untuk mengurangi kadar lumpurnya dan dikeringkan dipanas matahari selama 2-3 hari, d) hasil pengujian berat isi agregat halus relatif lebih besar (1.346 kg/m³) untuk kondisi padat daripada berat volume agregat kasar (840,6 kg/m³). Hal ini terjadi karena sifat material agregat, yaitu bahwa untuk suatu volume yang sama, agregat halus memiliki berat yang lebih besar daripada agregat kasar, e) berat jenis kerikil SSD (Saturated Surface Dry) agregat kasar yang diperoleh adalah 1,806. Berat jenis Agregat

ini mendekati berat jenis agregat ringan yang memiliki batasan kurang dari 2,5 gr/cm³, sedangkan berat jenis pasir SSD (Saturated Surface Dry) yang diperoleh adalah 2,647 gr/cm³ dengan penyerapan air sebesar 0,0273 %. Adapun proporsi/komposisi bahan untuk 1m³ beton didapatkan kebutuhan: semen: 303,57 kg, air: 170 liter, agregat halus/ tanah Enggano: 707,14 kg, agregat kasar/ split karang 2/3: 2,85 kg. Hasil pengujian kuat tekan beton terhadap kubus, tercapai kuat tekan yang diinginkan yaitu K.175 dengan sampel umur 28 hari (Benda Uji 1: 290,073 kg/cm², Benda Uji 2: 203,17 kg/cm², Benda Uji 3: 177,773 kg/cm²). Sedangkan hasil analisa teknis biaya pembuatan 1m³ beton mutu K.175 Slump (12 ± 2) Cm ada selisih 9.207.930,60 per m³ apabila menggunakan material setempat (semen tetap didatangkan dari Bengkulu).

Kata kunci: batu karang, agregat kasar, agregat halus, beton, kuat tekan

PENDAHULUAN

Beton adalah bahan konstruksi yang berbasis perekat semen, dan agregatnya berupa pasir dan batu (kerikil). Beton juga dapat didefinisikan sebagai pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, kerikil, batu atau bahan semacamnya dengan menambahkan bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu proses pembekuan atau proses kimia selama proses pengerasan berlangsung (Istimawan Dipohusudo, 1996 : 1), beton umumnya digunakan untuk konstruksi rumah, gedung, jembatan dan lain-lain. Beton Normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 Kg/cm³, menggunakan agregat alam yang di pecah atau tanpa di pecah yang tidak menggunakan bahan tambahan (Drs. HR. Sinaga, MT, 2003 :02).

Menurut SNI 03-1974-1990, kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh kuat tekan beton. Secara umum komposisi beton terdiri atas : a) Agregat Kasar + agregat halus (60%-80%), b) Semen (7%-15%), c) Air (14 %- 21 %), dan d) Udara (1%-8%).

Bagaimana dengan Pulau Enggano yang terletak di tengah Samudera Indonesia, untuk dapat kesana ditempuh selama 12 jam

perjalanan kapal laut, yang jika material dibawa dari Bengkulu tentunya membutuhkan biaya yang sangat besar. Akan tetapi potensi Pulau Enggano memiliki karang yang banyak, tersebar dipinggir pantainya, terbawa arus laut, dan tanah yang apakah bisa dijadikan pengganti pasir, airnya yang payau, apakah ketiga bahan tadi bisa berperan sebagai pengganti agregat kasar, agregat halus dan bahan pelarut, atau dengan kata lain mendapatkna proses perekayasaan material beton, dengan menggunakan bahan material lain yang ada di daerah tersebut. Hal inilah yang menjadi ide dari penelitian ini, dengan pemanfaatan potensi daerah yang dimiliki oleh salah satu daerah di Bengkulu Utara yaitu Pulau Enggano untuk mendapatkan beton berkualitas K.175 sehingga biaya pembangunan dapat menjadi efisiensi.

Adapun tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan kelayakan bahan beton dengan menggunakan batu karang sebagai pengganti agregat kasar dan tanah sebagai agregat halus, dan membuat job mix design dengan menggunakan bahan batu karang sebagai agregat kasar, tanah sebagai bahan agregat halus dan air di Enggano untuk mendapatkan mutu beton K-175.

Pemanfaatan potensi alam telah dilakukan pada jalan, dimana pembangunan jalan penetrasi di Pulau Enggano Malakohi-Kayo sepanjang 2 Km menggunakan bahan sebagai Base

C adalah campuran tanah yang mengandung karang dan *portland cement* yang bisa di sebut sebagai *soil cement*, kemudian baru dilaksanakan pekerjaan penetrasi.

Mekar Ria Pangaribuan, dalam artikel berjudul pengaruh batu cadas (batu trass) sebagai bahan pembentuk beton terhadap kuat tekan beton pada Jurnal Inersia ISSN 2086-9045, yang dikelola Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Bengkulu. Menyatakan bahwa nilai kuat tekan beton maksimum yang dapat dicapai dengan menggunakan kadar 25% batu cadas (*batu trass*) adalah 164,73 kg/cm². Sedangkan yang menggunakan kadar 50% batu cadas (*batu trass*) mencapai kuat tekan beton maksimum sebesar 106,93 kg/cm² beton campuran batu cadas (*Batu Trass*) dengan kadar 25% dan 50% dengan nilai kuat tekan maksimum 163,73 kg/cm² dan 106,93 kg/cm² dapat digunakan sebagai alternatif dari agregat kasar untuk beton ringan seperti rabat beton, lantai dan sebagainya.

I Nyoman Widana Negara1 Dan Tjokorde Gede Suwarsa Putra1, dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Udayana dengan judul artikelnya Berjudul Potensi Batu Kapur Nusa Penida Sebagai Agregat Perkerasan Jalan mengatakan bahwa pulau nusa penida kabupaten klungkung selain memiliki panorama indah sebagai kawasan distnasi pariwisata bali juga menyimpan potensi memiliki bahan konstruksi bangunan dari hamparan batu karang yang menutupi pulaunya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah sifat fisik dan mutu batu kapur memenuhi standar mutu bina marga sebagai bahan perkerasan jalan, sampel batu karang diolah menjadi agregat kasar berbutir sedang dan halus pada pemecah batu PT. Sumber Alam

Karisma Jaya, Tabanan. Metode yang digunakan adalah analisis perbandingan diskriptive. hasil analisis memperlihatkan bahwa gradasi agregat kasar dan halus memenuhi standar baku mutu bina marga, walaupun agregat sedang cenderung agak kasar. sifat fisik agregat batu kapur yaitu berat jenis bulk (semu) berkisar antara 2,4 – 2,5 gr/cm³ dan berat jenis apparent (nyata/effective) berkisar 2,54 – 2,60 gr/cm³ masih dalam batas baku mutu 2,5 kg/cm³ cukup memenuhi standar mutu. Sedangkan dari aspek penyerapan berkisar 1.77 – 2.7 % mendekati standar mutu 3% dan dari aspek kekerasan sangat baik dengan nilai abrasi 27 % lebih kecil dari 40% standar bina marga. gambaran tersebut jelas memperlihatkan bahwa batu kapur Nusa Penida, dapat digunakan untuk bahan konstruksi dan perkerasan jalan.

Siti Nur Rahmah Anwaf dengan judul artikel Jurnalnya pengaruh penggunaan pasir laut sebagai agregat halus beton terhadap kekuatan beton paska bakar mengatakan bahwa pasir laut di Pantai Tanjung Karang (NTB) mengandung unsur silika cukup tingsi sebesar 54'1 % . tragedi kebakaran yang sering terjadi pada konstruksi beton ,bertulang menyebabkan kerusakan elemen struktur baik secara parsial maupun global. Untuk itu, perlu diteliti karakteristik beton dengan bahan dasar berupa jkombinasi pasir sungai dan pasir laut pasca pasar. Hasil uji kuat tekan beton menunjukkan bahwa pada suhu 200⁰c kuat tekan meningkat 11, 152% pada suhu 500⁰C dan 800⁰C menurun tajam masing-masing 36,168% dan 65,356%. berat volume (kepadatan) mengalami penurunan berturut-turut 1,295%, 10,597% dan 15,006%. sedangkan modulus elastisitas meningkat pada beton pasca

bakar 200°C sebesar 4,597% dan menurun pada suhu 500°C dan 800°C masing-masing 21,33% dan 41,87%.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di dua tempat yaitu di Pulau Enggano untuk mengambil sampel dan kemudian membawanya ke Provinsi Bengkulu untuk diuji, dari bulan April sampai dengan Juli 2015. Sampel setelah dibawa dari Desa Meok, dibawa dengan ojek ke pelabuhan Kaayapuh di Pulau Enggano, dengan kapal laut, tiba di Bengkulu dibawa ke tempat penampungan terlebih dahulu untuk disiapkan menjadi sampel. Untuk karang, di pecahkan menjadi split karang 2/3, kemudian dibersihkan dan dijemur sampai kering, begitu juga pasir Enggano yang dicuci dan dijemur sampai kering. Kemudian sampel dibawa ke Balai uji laboratorium Konstruksi Kimpraswil Propinsi Bengkulu yaitu Balai Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan Propinsi Bengkulu.

Metode penelitian dilanjutkan dengan pengujian di laboratorium ini untuk pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus: 1) Pengujian laboratorium agregat kasar dan halus meliputi: a) Pemeriksaan analisa gradasi (*Sieve Analysis*) Agregat halus (Pasir Enggano), b) Pemeriksaan kadar air, c) Pemeriksaan kadar lumpur, d) Pemeriksaan berat isi agregat, e) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat. Setelah didapatkan data dari pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus, dilakukan analisa hasil kelayakan material sebagai pengganti agregat. Setelah itu dilakukan job mixd desain atau menghitung proporsi untuk pembuatan beton dalam bentuk benda uji kubus. Setelah itu benda uji kubus beton akan disimpan di laboratorium

untuk di uji bagaimanakah kuat tekan beton yang didapatkan pada umur 7, 14, dan 28 hari.

Metode Analisis Data yang dipergunakan pada penelitian ini adalah: metode Literatur, metode Eksperimental, dan metode analisis data dengan:

- Menghitung Kuat tekan Beton

$$\sigma = \frac{P \max}{A} \quad (1)$$

Dimana:

σ = kuat tekan beton (kg/cm²)

$P \max$ = beban tekan maksimum (kg)

A = luas penampang (m²)

- Kekuatan tekan yang diharapkan (target)

$$f'c = f'c_r + k \cdot sr \quad (2)$$

Dimana :

$f'c_r$ = kuat tekan rata-rata hasil pengujian (kg/cm²)

$f'c$ = kuat tekan karakteristik (kg/cm²)

$k = 1.64$ (konstanta kegagalan 5%)

sr = standar rencana (kg/cm²)

- Menghitung kuat tekan beton karakteristik

$$f'c = f'c_r - k \cdot sd \quad (3)$$

Dimana :

$f'c_r$ = kuat tekan rata-rata hasil pengujian (kg/cm²)

$f'c$ = kuat tekan karakteristik (kg/cm²)

$k = 1.64$ (konstanta kegagalan 5%)

- Menghitung standar deviasi

$$sd = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (f'c - f'c_r)^2}}{n-1} \quad (4)$$

Dimana:

sd = standar deviasi (kg/cm²)

$f'c_k$ = kuat tekan dari sepasang benda uji (kg/cm²)

f'_{cr} = kuat tekan rata-rata hasil pengujian (kg/cm^2)

n = jumlah benda uji

Kemudian dari data proporsi beton dihitung analisa teknis biaya pembuatan 1m^3 beton mutu K.175 Slump (12 ± 2) Cm dengan membandingkan perhitungan menggunakan material semua berasal dari Bengkulu dan bagaimana harga menggunakan material setempat.

PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Air Bersih

Pengerasan beton berdasarkan reaksi antara semen dan air, sehingga diperlukan pemeriksaan apakah air

tersebut memenuhi syarat-syarat tertentu dan memastikan bahwa air tersebut tidak mengandung bahan-bahan yang merusak beton.

Setelah melalui pemeriksaan fisik secara visual, air di Enggano memiliki kejernihan yang baik. Melalui pemeriksaan di Laboratorium Dinas Kesehatan Provinsi Bengkulu secara kimiawi, air Enggano memiliki kadar fluorida, Nitrit dan Nitrat dibawah batas ambang maksimum yang diijinkan. Parameter kimia memiliki hasil kandungan besi, kesadahan, mangan, sulfat, khlorida yang masih dibawah ambang batas maksimum yang diijinkan.

Tabel 1
Hasil Uji Pemeriksaan Air Bersih

No	Jenis Parameter Diperiksa	Satuan	Kadar Max yang diperbolehkan	Hasil Pemeriksaan	Metode Uji
1	Parameter yang langsung berhubungan langsung dengan kesehatan:				
	a. Parameter Mikrobiologi				
	1. E.Coli	mg/L	0	-	MPN
	2. Total Bakteri Coliform	mg/L	0	-	MPN
	b. Kimia an Organik				
	1. Fluorida (F)	mg/L	1,5	0,05	SNI-06-6989-23 2005
	2. Nitrit (sbg NO ₂)	mg/L	1,0	0,01	SNI-06-6989-23 2005
	3. Nitrat (sbg NO ₃)	mg/L	10	0,01	SNI-06-6989-23 2005
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan				
	a. Parameter Fisik				
	1. Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau	Organoleptik
	2. Warna	Pt Co	50	50	Spektrofotometri
	3. Rasa	-	Tidak berasa	Tidak berasa	Organoleptik
	4. Suhu	0C	Suhu udara $\pm 30\text{C}$	Suhu udara $\pm 30\text{C}$	Conductivity
	5. Zat padat terlarut (TDS)	mg/L	1500	1500	Conductivity
	6. Kekeruhan	NTU	25	25	Spektrofotometri
	b. Parameter Kimia				
	1. Besi (Fe)	mg/L	1,0	0,01	Spektrofotometri
	2. Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	500	210	Titrimetri
	3. Mangan (Mn)	mg/L	0,5	0,01	SNI 06-6989-2003 2015
	4. pH (Derajat keasaman)	-	6,5 – 9,0	5,5	SNI 06-6989-2003 2015
	5. Sulfat (SO ₄)				
	6. Khlorida (Cl)	mg/L	400	1,9	SNI 06-6989-2003 2015
	7. Amoniak (NH ₃)	mg/L	600	13,5	SNI 06-6989-2003 2015
	8. Tembaga (Cu)	-	-	0,01	SNI 06-6989-2003 2015
		-	-	0,06	SNI 06-6989-2003 2015

Sumber: Balai Labkesda Provinsi Bengkulu (2015)

Untuk tingkat keasaman air Enggano masih berada dibawah batas ambang maksimum yang diijinkan, sehingga dapat dikatakan bahwa air di Pulau Enggano layak untuk dijadikan air untuk pembuatan beton K-175.

Portland Composite Cement (PCC)

Semen Portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang sebagian besar terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan. (PUBI-1982). Fungsi semen sendiri adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Walaupun semen hanya kira-kira mengisi 10 % saja dari volume beton, namun karena merupakan bahan yang aktif maka perlu dikontrol dalam pemakaiannya. Dalam kegiatan pembuatan uji kubus beton digunakan semen Tiga Roda ukuran 40 Kg yang merupakan salah satu dari semen PCC sebanyak 3 Zak.

Agregat dan permasalahannya

Agregat mempunyai peranan yang sangat penting, baik terhadap harga beton maupun kualitasnya, dimana tidak kurang dari 65 – 75 % dari volume total beton adalah terdiri dari volume agregat. Oleh karenanya, dengan menggunakan komposisi agregat semaksimal mungkin, maka akan diperoleh harga beton yang lebih murah.

1. PENGUJIAN MATERIAL

Pengujian material ini dilakukan pada bahan adukan beban material yang dilakukan pengujiannya adalah:

- Agregat halus/pasir (sand): Pasir yang digunakan adalah



Gambar 1
Tanah Pulau Enggano yang berwarna kuning disebut juga pasir Enggano
Sumber: Mekar Ria (2015)



Gambar 2
Batu Karang Pulau Enggano yang sudah dipecahkan sebagai split 2/3 sebagai pengganti agregat kasar

tanah kekuningan yang disebut juga pasir Enggano

- Agregat kasar: Agregat kasar yang digunakan berupa karang yang dipecah (split karang). Split karang digunakan split karang 2/3 dari Pulau Enggano
- Air: Air yang digunakan adalah air dari sumur gali Pulau Enggano

Setelah melalui pemeriksaan di Balai Konstruksi Beton dan Bahan Bangunan Provinsi Bengkulu, pasir Enggano dan split karang 2/3 ini memiliki karakteristik sebagai berikut:

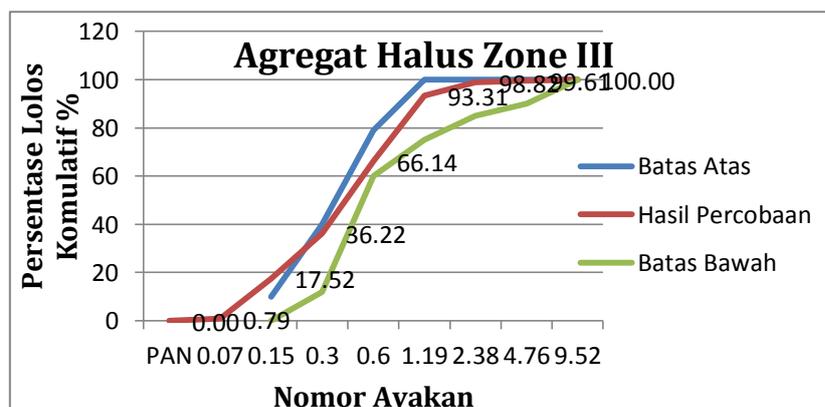
- Dari hasil pemeriksaan gradasi, pasir Enggano/agregat halus tersebut **masuk** ke dalam zone 3 karena sebagian besar nilai gradasi yang diperoleh masuk ke dalam batasan zone 3, dengan modulus kehalusan pasir 2,876, layak untuk

dijadikan agregat halus pada pembuatan beton. Sedangkan hasil pemeriksaan gradasi, split karang 2/3 agregat kasar tersebut masuk ke dalam zone kasar butiran 38.1 – 4.76 karena sebagian besar nilai gradasi yang diperoleh masuk ke dalam batasan zone ini, dengan modulus kehalusan split karang 2/3 adalah 3,39, yang berarti split karang 2/3 dapat dikatakan tidak memenuhi modulus kehalusan butir untuk agregat kasar. Agar split karang 2/3 dapat dijadikan pengganti koral, maka perlu didesain sedemikian rupa dimana persentase pencampuran material pembentuknya ditingkatkan menjadi 45% sesuai dengan mix desain penelitian, agar didapatkan mutu beton yang diinginkan.

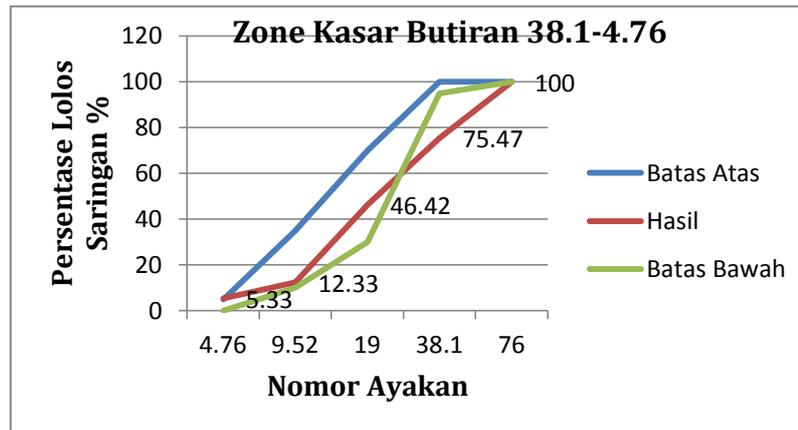
- Pada pengujian kadar air didapatkan hasil bahwa kadar air agregat kasar (3,05 %) lebih besar nilainya daripada kadar air agregat halus (2,65 %). Hal ini menunjukkan bahwa agregat kasar yang berukuran lebih besar dan memiliki rongga-rongga pada permukaan yang lebih banyak. Hal ini

membuat agregat kasar memiliki kemampuan untuk menyerap air lebih banyak dibandingkan agregat halus.

- Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia (PBI) 1971 (NI-2) pasal 33 dan Surat Keputusan SNI S-04-1989-F, kadar lumpur agregat normal yang diizinkan adalah maksimal 5% untuk agregat halus, sedangkan untuk agregat kasar maksimal 1%. Dari hasil uji didapatkan kadar lumpur pada pasir Enggano adalah 2,95 %. Artinya, kadar lumpur pada agregat halus yang digunakan memenuhi syarat karena kurang dari 5%, yang berarti melebihi ketentuannya, sehingga lumpur bisa menyatu dengan semen. Apabila kadar lumpur lebih dari ketentuan, dapat menghalangi penggabungan antara semen dan agregat sehingga dapat mengurangi kekuatan beton. Selain itu, lumpur yang berlebihan pada agregat halus untuk campuran beton dapat menghambat hidrasi semen. Untuk itu, agregat halus yang kadar lumpurnya lebih dari 5% harus dicuci terlebih dahulu



(a)



(b)

Gambar 3(a) dan (b). Grafik Persentase Lolos Kumulatif Gradasi Agregat Kasar & Halus

- atau dengan penambahan senyawa belerang pada pasir untuk membantu terjadinya korosi. Namun, kadar senyawa belerang tersebut tidak boleh lebih dari 1% berat, dihitung sebagai SO₃. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kandungan lumpur sebesar 2,95 % , dimana memenuhi syarat pasir untuk campuran beton yaitu memiliki kandungan lumpur maksimum sebesar 5 %. Jadi, pasir Enggano tersebut memenuhi syarat sebagai rancangan campuran beton. Untuk kandungan lumpur batu karang split 2/3 didapatkan sebesar 0,2 % , sedangkan syarat untuk campuran beton, kerikil memiliki kandungan lumpur maksimum 1 % . Jadi, karang split 2/3 tersebut memenuhi syarat, untuk diperhatikan sebelum digunakan karang split 2/3 dicuci untuk mengurangi kadar lumpurnya dan dikeringkan dipanas matahari selama 2-3 hari.
- Dari hasil pengujian berat isi agregat didapat berat volume agregat dalam kondisi padat lebih besar dibandingkan dengan berat volume agregat dalam kondisi normal, baik pada agregat kasar maupun pada agregat halus. Hal ini disebabkan oleh penggoyangan dan penumbukkan yang dilakukan pada pengujian berat volume agregat padat. Penumbukkan yang dilakukan sebanyak 25 kali pada tiap volume agregat yang dimasukkan ke dalam wadah secara bertahap (yakni sepertiga isi wadah setiap pengisiannya). Dengan memadatkan agregat, pori-pori/rongga antar agregat di dalam wadah berkurang. Hal ini menyebabkan agregat yang dapat masuk ke dalam wadah lebih banyak sehingga pada suatu volume wadah yang sama, agregat dalam kondisi padat memiliki berat yang lebih besar. Dari hasil pengujian juga didapat berat volume agregat halus relatif lebih besar (1.346 kg/m³) untuk kondisi padat dan daripada berat volume agregat kasar (840,6 kg/m³). Hal ini terjadi karena sifat material agregat, yaitu bahwa untuk suatu

- volume yang sama, agregat halus memiliki berat yang lebih besar daripada agregat kasar.
- Berat jenis kerikil SSD (*Saturated Surface Dry*) agregat kasar yang diperoleh adalah 1,806. Berat jenis Agregat ini mendekati berat jenis agregat ringan yang memiliki batasan kurang dari 2,5 gr/cm³, sedangkan berat jenis pasir SSD (*Saturated Surface Dry*) yang diperoleh adalah 2,647 gr/cm³ dengan penyerapan air sebesar 0,0273 %.

Pembuatan Kubus Percobaan Benda Uji

- Maksud dan Tujuan
 - Untuk mengetahui hasil dari rencana campuran beton dengan melakukan pembuatan kubus beton ukuran (15 x 15 x 15) cm.
 - Rencana kubus sebanyak 9 buah dengan ukuran (15 x 15 x 15) cm.
- Alat dan Bahan
 - Timbangan dengan ketelitian 1 gram
 - Cetakan kubus beton (15 x 15 x 15) cm
 - Mesin penggetar, Bejana
 - Ember, Cangkul, Skop
 - Kerucut slump (slump test)
 - Pasir Enggano, Karang split 2/3, dan Air Enggano
- Kebutuhan Bahan untuk Pembuatan Kubus Beton
 - Rencana jumlah kubus beton = 9 buah
 - Ukuran kubus beton (15 x 15 x 15) cm
 - Volume kubus (0,15 x 0,15 x 0,15) q = 0,0304 m³
 - Semen = 0,0304 x 303,57 = 9,220 kg

- Air = 0,0304 x 170 = 5,168 liter
- Pasir = 0,0304 x 707,14 = 21,497 kg
- Karang = 0,0304 x 864,28 = 26,274 kg

Analisa Kubus Beton Yang Di Uji

Setelah dilakukan try and error dengan menggunakan material tanah, dan split karang 2/3, air yang semua berasal dari Pulau Enggano dan perekat semen tiga roda, maka didapatkanlah proporsi/komposisi bahan untuk 1m³ beton yaitu kebutuhan:

- Semen : 303,57 kg
- Air : 170 liter
- Agregat halus/ tanah Enggano: 707,14 kg
- Agregat kasar/ split karang 2/3: 2,85 kg

Sedangkan untuk pembuatan kubus beton didapatkan 9 buah kubus ukuran (15 x 15 x 15) cm, dengan kebutuhan material sebagai berikut:

- Volume kubus (0,15 x 0,15 x 0,15) q = 0,0304 m³
- Semen = 0,0304 x 303,57 = 9,220 kg
- Air = 0,0304 x 170 = 5,168 liter
- Pasir = 0,0304 x 707,14 = 21,497 kg
- Karang = 0,0304 x 864,28 = 26,274 kg

Setelah dilakukan pengujian kuat tekan beton terhadap kubus yang telah dibuat, dengan umur 7, 14 dan 28 hari didapatkanlah rekapitulasi kuat tekan yang dialami oleh beton uji sebagai berikut:

- Benda Uji 1 untuk T.28 hari : 290,073 kg/cm²
- Benda Uji 2 untuk T.28 hari : 203,17 kg/cm²
- Benda Uji 3 untuk T.28 hari : 177,773 kg/cm²

Tabel 2
Proporsi Bahan Untuk 1 M³ Beton

A. Perbandingan Berat

Banyaknya Bahan	Semen (kg)	Air (liter)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
Perbandingan Berat	303,57	170	707,14	864,28
	1	0,56	2,33	2,85

B. Perbandingan Volume

Banyaknya Bahan	Semen (m ³)	Air (m ³)	Agregat Halus (m ³)	Agregat Kasar (m ³)
Perbandingan Volume	$\frac{0,04}{50} \times 303,57$	$\frac{170}{1000}$	$\frac{707,14}{1.346}$	$\frac{864,284}{840,6}$
	0,2429	0,17	0,5254	1,0282
	1	0,699	2,163	4,233

Catatan:

1 zak semen ukuran 50 kg	40 dm ³ = 0,04 m ³
1000 liter air	1 m ³
1.346 kg agregat halus (berat isi)	1 m ³
840,6 kg agregat kasar (berat isi)	1 m ³



Gambar 4
Kegiatan Uji Kuat Tekan Beton

Analisa Teknis Biaya Pembuatan 1m³ beton mutu K.175 Slump (12 ± 2) Cm Menggunakan Bahan dari Bengkulu dan Bahan Setempat
Dari hasil analisa teknis diatas didapatkan:

- A. Pembuatan beton K.175 di Enggano Rp. 10.766.750,00 / m³ Menggunakan material dari Bengkulu
 - B. Pembuatan beton K.175 di Enggano Rp. 1.558.819,90/ m³ Menggunakan material setempat
- Selisih biaya pembuatan beton K.175 Rp.9.207.930,60/ m³**

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefesien		Harga Satuan		Jumlah (Rp)	
				Bahan dari Bengkulu	Bahan setempat	Bahan dari Bengkulu	Bahan setempat	Bahan dari Bengkulu	Bahan setempat
A Tenaga kerja									
	Pekerja	L.01	Oh	1,6500	1,6500	70.000,-	70.000,-	115.500,-	115.500,-
	Tukang batu	L.02	Oh	0,2750	0,2750	85.000,-	85.000,-	23.375,-	23.375,-
	Kepala tukang	L.03	Oh	0,0280	0,0280	90.000,-	90.000,-	2.520,-	2.520,-
	Mandor	1.04	Oh	0,0830	0,0830	95.000,-	95.000,-	7.885,-	7.885,-
Jumlah Harga Tenaga Kerja								149.280,-	149.280,-
B Bahan									
	Semen portland		Kg	326	303,57	1.500,-	1.500,-	489.000,-	455.355,-
	Pasir enggano		Kg	760	707,14	200,-	400,-	152.000,-	282.856,-
	Batu karang (maks 30 mm)		Kg	1029	864,28	3000,-	600,-	308.700,-	518.568,-
	Air		Liter	215	170,-	65,-	65,-	13.975,-	11.050,-
Jumlah Harga Bahan								963.675,-	1.267.829,-
C Ongkos Angkut Laut dan Darat									
	Semen portland		Kg	326	326	2.500,-	2.500,-	815.000,-	815.000,-

	Tanah/pasir Enggano		Kg	760	760	2.500,-	-	-	-	
	Pasir beton		Kg	760	760	2.500,-	-	1.900.000,-	-	
	Kerikil (maks 30 mm)		Kg	1029	-	2.500,-	-	2.572.500,-	-	
	Batu karang (maks 30 mm)		Kg	1029	1029	2.500,-	-	-	-	
	Air		Liter	215	215	2.500,-	-	537.500,-	-	
	Karang tempat pasir kerikil		Buah	38	38	75.000,-	-	2.850.000,-	-	
	Jumlah Harga Peralatan								8.675.000,-	815.000,-
D	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A+B+C)								9.787.955,-	1.417.109,-
E	Overhead + Profil Contoh 10%						10% X D		978.795,-	141.710,-
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)								10.766.750	1.558.819,-
G	Selisih								9.207.930,60,-	

Keterangan: Hasil Penelitian (2015)

Sehingga dari tabel diatas dapat kita ketahui betapa efesiennya (selisih biaya pembangunan 9.207.930,60 per m³ pembuatan beron K.175 apabila menggunakan material setempat). Jika pembangunan yang ada di Pulau Enggano menggunakan potensi daerah setempat, karang yang digunakan adalah karang yang telah mati dan terbawa ke pesisir pantai di Pulau Enggano, kalau untuk komoditi daerah Pulau Enggano cukup tersedia, dan mutu bangunan yang terbangun juga dapat memenuhi standar K.175, dengan asumsi bahwa koefesin untuk per m³ menggunakan mix desain hasil penelitian.

Percepatan pembangunan suatu daerah dapat terpecahkan dengan memanfaatkan karakteristik potensial daerah yang ada, tak perlu mensuplai dari luar daerah karena biaya pembangunan dapat menjadi lebih tinggi, yang perlu dikonsentrasikan bahwa pengambilan dari material untuk pembangunan baik di daerah setempat maupun daerah lainnya tetap memenuhi aturan dari pelestarian lingkungan hidup yang diatur oleh Negara Republik Indonesia, sehingga dapat terjaga dan dimanfaatkan secara optimal dan kedepannya perlu untuk dilakukan kembali penelitian material lain yang ada di Pulau Enggano, misalnya keberadaan bukit kapur sebagai pengganti semen. Hal ini apabila berhasil, sehingga Pulau Enggano dapat lebih memaksimalkan

pembuatan beton K.175 dengan menggunakan batu kapur, batu karang, pasir dan air dari Pulau Enggano, dengan tenaga kerja setempat.

Semoga hasil penelitian hibah bersaing tahun 2015 ini bermanfaat dan dapat diaplikasikan khususnya untuk pembangunan bangunan tingkat satu dengan kualitas beton K.175 di Pulau Enggano.

SIMPULAN

1. Beton adalah suatu jenis bahan bangunan yang terbuat dari campuran beberapa jenis bahan bangunan seperti pasir, kerikil, semen dan air, serta dengan atau tanpa bahan penambah (*admixture*). Tetapi dalam penelitian ini dengan melalui suatu uji pemeriksaan di Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan di Provinsi Bengkulu, dapat digunakan bahan pengganti yang layak berasal dari material Pulau Enggano, seperti kerikil sebagai agregat kasar digantikan batu karang split 2/3, pasir sebagai agregat halus digantikan dengan tanah di sekitar Pulau Enggano dengan pencampur air di Enggano, dan hanya semen yang dibawa dari Provinsi Bengkulu.
2. Setelah melalui pemeriksaan di Balai Konstruksi Beton dan Bahan Bangunan Provinsi

Bengkulu, Tanah Enggano dan split karang 2/3 ini memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Dari hasil pemeriksaan gradasi, pasir/agregat halus tersebut masuk ke dalam zone 3 karena sebagian besar nilai gradasi yang diperoleh masuk ke dalam batasan zone 3, dengan modulus kehalusan pasir 2,876, layak untuk dijadikan agregat halus pada pembuatan beton. Sedangkan hasil pemeriksaan gradasi, split karang 2/3 agregat kasar tersebut masuk ke dalam zone kasar butiran 38.1 – 4.76 karena sebagian besar nilai gradasi yang diperoleh masuk ke dalam batasan zone ini, dengan modulus kehalusan split karang 2/3 adalah 3,39, yang berarti split karang 2/3 dapat dikatakan tidak memenuhi modulus kehalusan butir untuk agregat kasar. Agar split karang 2/3 dapat dijadikan pengganti koral, maka perlu didesain sedemikian rupa dimana persentase pencampuran material pembentuknya ditingkatkan menjadi 45% sesuai dengan mix desain penelitian, agar didapatkan mutu beton yang diinginkan.
- b. Pada pengujian kadar air didapatkan hasil bahwa kadar air agregat kasar (3,05 %) lebih besar nilainya daripada kadar air agregat halus (2,65 %). Hal ini menunjukkan bahwa agregat kasar yang

berukuran lebih besar dan memiliki rongga-rongga pada permukaan yang lebih banyak. Hal ini membuat agregat kasar memiliki kemampuan untuk menyerap air lebih banyak dibandingkan agregat halus.

- c. Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia (PBI) 1971 (NI-2) pasal 33 dan Surat Keputusan SNI S-04-1989-F, kadar lumpur agregat normal yang diizinkan adalah maksimal 5% untuk agregat halus, sedangkan untuk agregat kasar maksimal 1%. Dari hasil uji didapatkan kadar lumpur pada tanah/pasir Enggano adalah 2,95 %. Artinya, kadar lumpur pada agregat halus yang digunakan memenuhi syarat karena kurang dari 5%, yang berarti melebihi ketentuannya, sehingga lumpur bisa menyatu dengan semen. Apabila kadar lumpur lebih dari ketentuan, dapat menghalangi penggabungan antara semen dan agregat sehingga dapat mengurangi kekuatan beton. Selain itu, lumpur yang berlebihan pada agregat halus untuk campuran beton dapat menghambat hidrasi semen. Untuk itu, agregat halus yang kadar lumpurnya lebih dari 5% harus dicuci terlebih dahulu atau dengan penambahan senyawa belerang pada pasir untuk membantu terjadinya korosi. Namun, kadar senyawa belerang tersebut

- tidak boleh lebih dari 1% berat, dihitung sebagai SO₃. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kandungan lumpur sebesar 2,95 %, dimana memenuhi syarat pasir untuk campuran beton yaitu memiliki kandungan lumpur maksimum sebesar 5 %. Jadi, pasir Enggano tersebut memenuhi syarat sebagai rancangan campuran beton. Untuk kandungan lumpur batu karang split 2/3 didapatkan sebesar 0,2 %, sedangkan syarat untuk campuran beton, kerikil memiliki kandungan lumpur maksimum 1 %. Jadi, karang split 2/3 tersebut memenuhi syarat, untuk diperhatikan sebelum digunakan karang split 2/3 dicuci untuk mengurangi kadar lumpurnya dan dikeringkan dipanas matahari selama 2-3 hari.
- d. Dari hasil pengujian berat isi agregat didapat berat volume agregat dalam kondisi padat lebih besar dibandingkan dengan berat volume agregat dalam kondisi normal, baik pada agregat kasar maupun pada agregat halus. Hal ini disebabkan oleh penggoyangan dan penumbukkan yang dilakukan pada pengujian berat volume agregat padat. Penumbukkan yang dilakukan sebanyak 25 kali pada tiap volume agregat yang dimasukkan ke dalam wadah secara bertahap (yakni sepertiga isi wadah setiap pengisiannya). Dengan memadatkan agregat, pori-pori/rongga antar agregat di dalam wadah berkurang. Hal ini menyebabkan agregat yang dapat masuk ke dalam wadah lebih banyak sehingga pada suatu volume wadah yang sama, agregat dalam kondisi padat memiliki berat yang lebih besar. Dari hasil pengujian juga didapat berat volume agregat halus relatif lebih besar (1.346 kg/m^3) untuk kondisi padat dan daripada berat volume agregat kasar ($840,6 \text{ kg/m}^3$). Hal ini terjadi karena sifat material agregat, yaitu bahwa untuk suatu volume yang sama, agregat halus memiliki berat yang lebih besar daripada agregat kasar.
- e. Berat jenis kerikil SSD (*Saturated Surface Dry*) agregat kasar yang diperoleh adalah 1,806. Berat jenis Agregat ini mendekati berat jenis agregat ringan yang memiliki batasan kurang dari $2,5 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan berat jenis pasir SSD (*Saturated Surface Dry*) yang diperoleh adalah $2,647 \text{ gr/cm}^3$ dengan penyerapan air sebesar 0,0273 %.
3. Setelah dilakukan try and error dengan menggunakan material tanah, dan split karang 2/3, air yang semua berasal dari Pulau Enggano dan perekat semen tiga roda, maka didapatkanlah proporsi/komposisi bahan untuk 1m^3 beton yaitu kebutuhan:

- a. Semen : 303,57 kg
 - b. Air : 170 liter
 - c. Agregat halus/ tanah Enggano : 707,14 kg
 - d. Agregat kasar/ split karang 2/3 : 2,85 kg
3. Setelah dilakukan pengujian kuat tekan beton terhadap kubus yang telah dibuat sesuai proporsi/komposisi diatas, dengan umur 7, 14 dan 28 hari didapatkanlah kekuatan beton (Benda Uji 1 untuk T.28 hari: 290,073 kg/cm², Benda Uji 2 untuk T.28 hari: 203,17 kg/cm², Benda Uji 3 untuk T.28 hari: 177,773 kg/cm²) yang diinginkan yaitu K.175.
4. Dari hasil Analisa Teknis Biaya Pembuatan 1m³ beton mutu K.175 Slump (12 ± 2) Cm Menggunakan Bahan dari Bengkulu dan Bahan Setempat Sehingga dari tabel diatas dapat kita ketahui betapa efesienya (selisih biaya pembangunan 9.207.930,60 per m³ pembuatan beton K.175 apabila menggunakan material setempat). Jika pembangunan yang ada di Pulau Enggano menggunakan potensi daerah setempat, karang yang digunakan adalah karang yang telah mati dan terbawa ke pesisir pantai di Pulau Enggano, kalau untuk komoditi daerah Pulau Enggano cukup tersedia, dan mutu bangunan yang terbangun juga dapat memenuhi standar K.175, dengan asumsi bahwa koefesin untuk per m³ menggunakan mix desain hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. *Syarat mutu agregat untuk beton.*
<http://www.umpalangkaraya.ac>

- .id/dosen/anwarmuda/wp-content/uploads/2015/05/Syarat-Mutu-agregat-untuk-beton.pdf*
- Dipohusodo, Istimawan. 1996. *Struktur Beton Bertulang.* PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- HR. Sinaga, 2002. *Teknologi Beton. Pusat Pengembangan Penataran Guru Teknologi Bandung, Bandung.*
- Heinz FrickCh. Koesmartadi. 1995. *Ilmu Bahan Bangunan Eksploitasi, Pembuatan, Penggunaan dan Pembuangan.* Cetakan ke 7. Penerbit Kansius (Anggota IKAPI), Yogyakarta
- I Nyoman Widana Negaral Dan Tjokorde Gede Suwarsa Putra1. 2010. *Potensi Batu Kapur Nusa Penida Sebagai Agregat Perkerasan Jalan.* Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 14, No. 1, Januari 2014. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
- J. Thambah Sembiring Gurki. 2010. *Beton Bertulang Edisi Revisi.* Cetakan ke 3. Penerbit Rekayasa Sains, Bandung
- Maryati. 2009. *Pengaruh Sampah Non-organik (kaleng) Terhadap Kuat Tekan Beton.* Skripsi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Ratu Samban (Tidak dipublikasikan)
- Mekar Ria, Herdiansyah. 2013. *Pengaruh Batu Cadas (Batu Trass) sebagai bahan pembentuk beton terhadap kuat tekan beton.* Jurnal Inersia ISSN 2086-9045 yang dikelola Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil Unib, Volume 5 No 2 bulan Oktober 2013
- Mekar Ria, Amri Jumanto. 2014. *Uji Kelayakan Sumber Air Dengan Memperhatikan Fasilitas*

- Pendukung Pada Usaha Kemasan Air Galon Sebagai Sumber Air Minum Di Rumah Tangga (Studi Kasus Di Kota Arga Makmur, Kabupaten Bengkulu Utara*. Jurnal Inersia ISSN 2086-9045 yang dikelola Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil Unib. Volume 6 No 1 Edisi April 2014
- Mekar Ria. 2010. *Kajian Penyediaan Infrastruktur Pedesaan Melalui Program PNPM dalam Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat*. Jurnal Wacana Teknologi (*Jurnal Bidang Ilmu Teknologi*) ISSN 2087-5401, Edisi Januari-Desember 2010, Volume 1 No 1 : 44 – 57
- Mekar Ria. 2014. *Uji Kelayakan Sumber Air Dengan Memperhatikan Fasilitas Pendukung Pada Usaha Kemasan Air Galon Sebagai Sumber Air Minum Di Rumah Tangga (Studi Kasus Di Kota Arga Makmur, Kabupaten Bengkulu Utara)*. . Jurnal Inersia ISSN 2086-9045 , Volume 6 No 1 Edisi April 2014. Jurnal Inersia dengan Penerbit Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Bengkulu. Bengkulu
- Murdock, LJ. 1999. *Bahan dan Praktek Beton*. Erlangga, Jakarta.
- Majid. 2001. *Kajian Kuat Desak beton dengan Menggunakan Trass Alam sebagai Bahan Substitusi Semen (Cemen Replacment)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammdyah Yogyakarta. (Tidak dipublikasikan)
- Nazir, Moh. 2002. *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia, Jakarta.
- R. Sagel, P.Kole, Gideon Kesuma. 1993. *Pedoman Pengerjaan Beton Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 Seri 2*. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Sis Wastari. 2002. *Evaluasi Mutu Beton*. Pusat Pengembangan Penataran guru Teknologi Bandung, Bandung
- Sis Wastari. 2002. *Pengujian Beton untuk Konstruksi Bangunan*. Pusat Pengembangan Penataran Guru Teknologi Bandung, Bandung.
- Zainal AZ. 2009. *Menghitung Anggaran Biaya Bangunan*. Cetakan ke-8. Penerbit Gramedia, Jakarta
- Zaidir, 2014. *Diktat Penuntun Praktikum Teknologi Bahan Konstruksilaboratorium Material Dan Struktur Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang*.