PEMANFAATAN MATERIAL LOKAL (PASIR LANGKAP) SEBAGAI CAMPURAN AGREGAT HALUS BALOK KOMPOSIT DITINJAU DARI LENDUTAN

Avilatus Sa'adha

Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya,
Pesek_ila@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan pasir dari desa Langkap kecamatan Bangkalan kabupaten Bangkalan sebagai campuran agregat halus pada balok beton komposit. Perencanaan struktur menggunakan beton antara lain beton kuat terhadap bahaya kebakaran, kuat terhadap beban tekan, lebih tahan lama terhadap cuaca, mudah dicetak, dan lebih murah. Struktur bangunan yang menggunakan dua bahan tersebut maka akan saling mendukung satu sama lain. Pembuatan beton yang berkualitas perlu diperhatikan terutama bahan campuran beton yaitu agregat halus. Penduduk yang bertempat tinggal di daerah pantai dan kepulauan kecil contohnya di daerah Madura untuk mendatangkan pasir sungai sebagai bahan penyusun beton berlap is merupakan suatu kendala yang cukup berarti.

Proses perbandingan bahan beton direncanakan sesuai SKSNI T-5-1990-03 dengan kuat tekan rencana 20 MPa. Komposisi beton terdiri dari 3 macam, yaitu komposisi A (1 semen : 1,9 pasir hitam : 2,83 kerikil), B (1 semen : 1,9 pasir langkap : 2,83 kerikil). Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sejumlah 9 buah, serta 4 buah balok beton berdimensi 16 x 10 x 130 cm³. Silinder beton berkomposisi A dan B masing-masing 3 buah, serta 3 buah silinder tersusun dengan komposisi B disisi atas setebal 15 cm dan 15 cm disisi bawah berkomposisi A. Sebuah balok berkomposisi A, sebuah balok berkomposisi B, dan 2 buah balok komposit (komposisi B disisi atas atau serat tekan dan berkomposisi A disisi bawah atau serat tarik). Pengujian tekan dilakukan pada 9 silinder untuk mendapatkan mutu beton atau kuat tekan, dan pengujian lentur dilakukan pada 4 buah balok untuk mendapatkan nilai fungsi beban dan lendutan.

Hasil pengujian 3 silider beton berpasir hitam menunjukkan kuat tekan rata-rata 32,02 MPa, kuat tekan rata-rata silinder beton dengan pasir hitam 23,02 MPa, pasir langkap 15,73 MPa, dan silinder beton komposit sebesar 18,87 MPa. Kuat geser aktual (V_u) pada balok beton komposit meningkat sebesar 8,1% terhadap balok berpasir hitam, dan peningkatan kuat geser beton (V_c) pada balok beton komposit sebesar 19,81% terhadap balok berpasir hitam. Momen retak awal (M_{cr}) pada balok beton berpasir hitam M_{cr} aktual= 3,5 kNm, pada balok berpasir langkap 2,8 kNm, dan balok beton komposit M_{cr} aktual= 3,15 kNm. Pengujian lendutan setiap balok beton dengan beban terpusat 38 kN pada balok berpasir hitam menunjukkan lendutan sebesar 1,38 mm, balok berpasir langkap 2,698 mm, dan balok beton komposit sebesar 2,68 mm. Penurunan paling besar terjadi pada balok beton komposit sebesar 55,07%.

Kata kunci: Balok beton komposit – lendutan, pasir langkap.

UTILIZATION LOCAL MATERIAL (COMPLETE SAND) AS MIXTURE AGREGATE OF COMPOSITE BEAM VIEWED FROM DEFLECTION

Avilatus Sa'adha
Students of Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, State University of Surabaya

Abstract

This scientific work has an aim to utilize sands obtained from Langkap village, district of Bangkalan, regency of Bangkalan, as fine mixture aggregate in composite concrete beam. Structure plan using concrete among others are concrete is powerful to against fire danger, strong on press load, more endurance to climate, easy to mold, and cheaper. Structure of buildings that uses two material above will support each other. In making high quality concrete, we should consider especially mixture material of concrete that is the fine aggregate. People who live near coast area and little islands such as in Madura have a big problem to obtain river sands as mixture material to make concrete.

Comparison concrete material will subject to SKSNI T-5-1990-03 with planned pressure force 20 MPa. Composition of concrete consists of 3 types: composition A (1 cement : 1.9 black sand : 2.83 gravel), composition B (1 cement : 1.9 complete sand : 2.83 gravel). The test object used in this research is 9 cylindrical concrete with 15 cm in diameter and 30 cm in height and 4 concrete beam with dimension 16 x 10 x 130 cm^3. Amount of cylindrical concrete with composition A and B is 3 respectively, and 3 cylindrical concrete with 15 cm of composition B in top side and 15 cm of composition A in bottom side. 1 beam with composition A, 1 beam with composition B, and 2 beam with composite (composition B or press fiber in top side and composition A or pull fiber in bottom side).

Pressure test is done on all 9 cylinders to find out quality and pressure power of the concrete. And flexibility test is conducted to 4 beams to obtain score of load and deflection function.

Result of test on 3 black sand cylindrical concrete indicates that pressure power is 32.02 MPa in average, average pressure power of black sand concrete, complete sand, and composite is 23.02,15.73, and 18.87 MPa respectively. Actual sliding power (V_u) on composite beam concrete increase 8.1% to black sand beam concrete, and sliding power (V_u) on composite beam concrete increase 19.81% on black sand concrete. Initial crack moment (M_{cr}) on actual black sand beam concrete (M_{cr} actual) is 3.5 kNm, on complete sand beam is 2.8 kNm, and on composite beam concrete is 3.15 kNm. Deflection test on each beam concrete with centered load 38 kN on black sand beam indicates deflection 1.38 mm, complete sand beam 2.698 mm, and composite beam concrete 2.68 mm. the highest decrement happens on composite beam concrete 55.07%.

Keywords : composite-deflection beam concrete, complete sand.

.

PENDAHULUAN

Bangunan mempunyai peranan penting dalam kehidupan masyarakat dan seringkali mempengaruhi suasana hidup bagi setiap individu. Pengaruh yang mengakibatkan sektor bangunan memegang peranan penting dalam meningkatkan kesejahteraan dan perekonomian suatu negara. Penduduk yang bertempat tinggal di daerah pantai dan kepulauan kecil contohnya di daerah Madura untuk mendatangkan pasir sungai sebagai bahan penyusun beton berlapis merupakan suatu kendala yang cukup berarti. Pasir langkap sendiri dihasilkan dari penambangan di Desa Langkap Bangkalan Madura, yang masih perlu di uji tentang kelayakan pasir langkap dipakai sebagai bahan campuran beton pada balok komposit.Untuk menjawab permasalahan ini maka bahan campuran beton yaitu pasir langkap dan pasir hitam akan di gabungkan yang akan menjadi balok komposit.

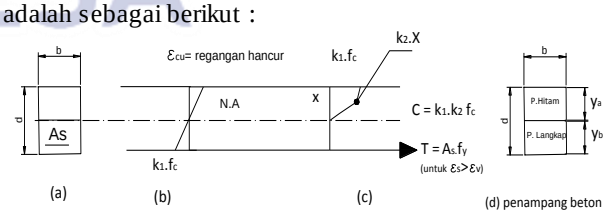
Faktor utama yang mendasari dalam keberhasilan pembangunan fisik adalah ketepatan dalam pembuatan beton. Sejalan dengan perkembangan kontruksi bangunan, muncul teknik dalam pembuatan beton yang sangat bervariasi seperti balok lapis komposit. Perbedaan waktu pengecoran yang terjadi maka, tiap lapis pada balok lapis ini harus mampu berprilaku sebagai balok komposit sehingga lapis kedua bisa dengan sempurna membantu kekuatan lentur dan defleksi balok secara keseluruhan. Kondisi ini bisa dipenuhi apabila, konstruksi balok lapis menggunakan *shear connector* sebagai penghubung antar lapis. Kekuatan balok tergantung pada besarnya momen maksimum dan tidak dipengaruhi oleh besarnya gaya geser (Wang dan Salmon, 1990: 129).

Pengamatan yang dapat dilakukan diantaranya yaitu menyediakan dua agregat halus yaitu pasitr lokal (pasir langkap dengan pasir hitam pada umumnya). Belum diketahui bagaimana hasil pengujian pasir langkap apabila digunakan sebagai beton balok komposit, oleh karena itu peneliti ingin mengetahui pengaruh struktur balok komposit sebagai bahan dasar beton pasir langkap dan beton pasir hitam ditinjau dari lendutan.

Bahan yang terbentuk ini mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, dan ketahanan terhadap tarik rendah, atau kira-kira kekuatan tariknya 0,1 kali kekuatan terhadap tekan. Maka penguatan tarik dan geser harus diberikan pada pada daerah tarik dari penampang untuk mengatasi kelemahan pada daerah tarik dari elemen beton bertulang (Nawy, 2010 : 3). Beton bertulang juga merupakan komposit dari beton murni dan baja tulangan. Struktur baru ini (tambahan tulangan baja) memiliki kelemahan beton akan gaya tarik dapat ditutupi dengan tulangan baja yang memiliki kekuatan tarik balik.

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak-retak. Beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberikannya perkuatan penulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang bakal timbul di dalam sistem. Keperluan penulangan tersebut digunakan bahan baja yang memiliki sifat teknis menguntungkan dan baja tulangan yang digunakan dapat berupa batang baja lonjoran atau kawat rangkai las (*wire mesh*) yang berupa batang kawat baja yang dirangkai (*dianyam*) dengan teknik pengelasan (Dipohusodo, 1999 : 12).

Beton bertulang menjadi struktur baru yang kuat terhadap tarik sekaligus tekan. Sewaktu beton runtuh (biasanya dengan tiba-tiba), dimana lendutan yang terjadi akibat beban geser sedang untuk beban lentur dan lendutan terjadi secara berangsur-angsur, regangan didalam tulangan tarik As kemungkinan lebih besar atau lebih kecil dari regangan baja εy = fy / Es pada saat leleh pertama. Bentuk umum dari tegangan tekan untuk suatu balok yang telah mencapai kekuatan teritis (nominalnya) adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Diagram tegangan regangan apabila kekuatan nominal terpenuhi

Regangan-regangan tersebut mengakibatkan timbulnya tegangan-tegangan yang harus ditahan oleh balok, tegangan tekan disebelah atas dan tegangan tarik berada disebelah bawah. Agar stabilitasnya terjadi minimal, batang balok sebagai bagian dari sistem yang

menahan lentur harus kuat untuk menahan tegangan tekan dan tarik tersebut (Dipohusodo , 1999 : 23). Memperhitungkan kemampuan dan kapasitas dukung komponen struktur beton terlentur (balok, plat, kolom, dan pondasi). Sifat utama bahwa beton kurang mampu menahan tegangan tarik akan menjadi dasar pertimbangan. Cara memperkuat dengan batang tulangan baja pada daerah dimana tegangan tarik bekerja akan didapat apa yang dinamakan struktur beton bertulang.

Menurut Jack C. McCormac (2004: 75), sebelum mempelajari penurunan persamaan-persamaan balok, kita harus memahami istilah-istilah tertentu yang berhubungan dengan jumlah tulangan tarik yang digunakan pada suatu balok. Istilah-istilah ini meliputi perbandingan tulangan seimbang (*balanced steel ratio*), balok *under reinforced*, dan balok *over reinforced*.

Sebuah balok yang memiliki perbandingan tulangan yang seimbang adalah balok yang tulangan tariknya secara teoritis akan mulai meleleh dan beton tekannya mencapai regangan ultimat pada tingkat beban yang persis sama. Jika balok mempunyai lebih sedikit tulangan daripada yang diperlukan untuk suatu perbandingan seimbang, balok itu disebut *under reinforced*, jika jumlah tulangannya lebih banyak maka balok disebut *over reinforced*.

Jika sebuah balok berada dalam keadaan *under reinforced* dan beban ultimat sudah hamper tercapai, baja akan mulai meleleh meskipun tegangan pada beton tekan masih belum mencapai tegangan ultimatnya. Jika beban terus diperbesar, baja akan terus memanjang sehingga mengakibatkan lendutan dan retak besar pada beton tertarik. Akibatnya, penggunaan struktur akan mengetahui bahwa beban harus dikurangi atau jika tidak, struktur akan rusak parah bahkan bisa runtuh. Jika beban ditingkatkan lebih jauh lagi, retak tarik akan menjadi lebih besar lagi dan pada akhirnya beton tekan akan mengalami kelebihan tegangan dan runtuh.

Jika balok dalam keadaan *over reinforced*, tulangan tidak akan meleleh sebelum keruntuhan terjadi. Ketika beban bertambah, tidak terjadi kelendutan meskipun beton tekan telah mengalami kelebihan tegangan, sehingga keruntuhan akan terjadi secara tiba-tiba tanpa peringatan bagi para pengguna struktur. Balok persegi akan runtuh pada daerah tekan ketika regangan yang terjadi sekitar 0,003 sampai 0,004 untuk beton mutu biasa. Sudah jelas, situasi *over reinforced* harus dihindari sebisa mungkin, dan peraturan ACI membatasi presentase tulangan tarik yang digunakan pada balok untuk menjamin agar suatu desain balok tetap *under reinforced*, sehingga jenis daktil dari keruntuhan akan memberikan "waktu menghindar" yang cukup.

Kondisi geser akibat lentur ditunjukkan dengan timbulnya tegangan-tegangantarik tambahan ditempat-tempat tertentu pada komponen struktur beton bertulang, apabila gaya geser yang bekerja sedemikian besar hingga diluar kemampuan beton untuk menahannya, perlu memasang baja tulangan tambahan untuk menahan geser tersebut (Dipohusodo : 1999 : 106).

Kompone-komponen struktur yang menahan geser dan lentur, memberikan kapasitas kemampuan beton (tanpa penulangan geser) untuk menahan gaya geser untuk beton (V_c) dinyatakan:

$$V_c = \frac{1}{6}\sqrt{f'c}\, b.d \quad \text{.....(1)}$$

Lendutan dan retakan merupakan suatu faktor penentu *serviceability* (kemampuan layan) suatu struktur. Evaluasi lendutan dan perilaku retak pada balok merupakan retak belakang yang mendasar dalam hal pengaruh retak terhadap batang dan refleksi sesaat serta jangka panjang. Momen inersia retak diperhitungkan pada atau dekat penampang retak. Berdasarkan hasil penelitian Branson dan peraturan SKSNI T-15-1991-03 digunakan momen inersia efektif (*Ie*) untuk mendapatkan hasil hitung lendutan yang lebih realistis dimana :

$$Icr < Ie < Ig \quad \text{.....(2)}$$

Dengan demikian Ig tergantung dari kedua pembatas yaitu Icr dan Ig.

$$Ig = \frac{1}{12} . b . h^3 \quad \text{.....(3)}$$

Sedang momen inersia retak dihitung dengan menggunakan metode transformasi luas penampang bahan baja diganti dengan suatu luasan beton fiktif setara Aeq yang dianggap mampu menahan gaya tarik.

$$y = \frac{\Sigma (A.y)}{\Sigma A} = \frac{b.y\ 0{,}5y + n.As.d}{b.y + n.As} \quad \text{.....(4)}$$

maka didapat persamaan

$$y = \frac{n.As}{b}\left(\sqrt{1 + \frac{2bd}{n.As}} - 1\right) \quad \text{.....(5)}$$

dimana :

$$n = \frac{Ec}{Es} = 4700\sqrt{fc} \quad \text{.....(6)}$$

sehingga momen inersia retak utuh balok bertulang tarik :

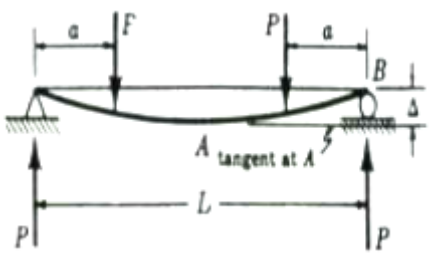
$$Icr = \frac{b.y^3}{3} + n.\ As.\ (d-y)^2 \quad \text{.....(7)}$$

dihitung dengan menggunakan nilai momen inersia efektif berdasarkan persamaan :

$$Ie = \left(\frac{Mcr}{Ma}\right)^3 .Ig + \left(1 - \left(\frac{Mcr}{Ma}\right)^3\right) .\ Icr \leq Ig \quad \text{.....(8)}$$

Lendutan komponen struktur merupakan fungsi dari panjang bentang, perlekatan dan kondisi ujung, jenis bahan dan kekuatan lentur, komponen El. Persamaan tersebut juga dapat dinyatakan dalam momen lentur sehingga lendutan setiap tempat pada balok dapat dihitung sebagai berikut:

$$\Delta = \frac{kM(ln)^2}{Ec.Ie} \quad \text{.....(9)}$$



Gambar 2 Lendutan balok dengan dua beban terpusat

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilakukan dengan cara membuat benda uji.

1. Benda uji

   Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sejumlah 9 buah, serta 4 buah balok beton berdimensi 16 x 10 x 130 cm³. Silinder beton berkomposisi A(1 semen : 1,9 pasir hitam : 2,83 kerikil) dan B (1 semen : 1,9 pasir langkap : 2,83 kerikil) masing-masing 3 buah, serta 3 buah silinder tersusun dengan komposisi B disisi atas setebal 15 cm dan 15 cm disisi bawah berkomposisi A, serta 4 buah balok beton berdimensi 16 x 10 x 130 cm³ dengan tebal selimut beton 1 cm. Menggunakan tulangan tarik 2 Ø12 dan sengkang berdiameter Ø6-120 dengan jarak antar sengkang 10 cm untuk mendapatkan tipe penulangan *under reinforcement* yaitu kondisi dimana regangan baja akan mencapai leleh lebih dahulu sebelum regangan leleh beton untuk mendapatkan keruntuhan beton secara perlahan yang daktail
2. Jumlah benda uji

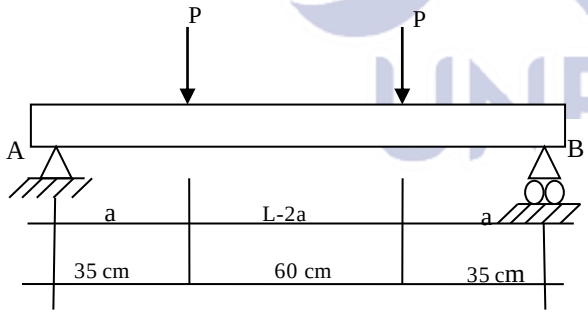
   Benda uji berjumlah 9 buah silinder beton yaitu:

   a) 3 benda uji berpasir hitam.
   b) 3 benda uji berpasir langkap.
   c) 3 benda uji tersusun dengan komposisi berpasir langkap disisi atas dan disisi bawah berpasir hitam.

   Benda uji berjumlah 4 buah balok beton yaitu:

   d) 1 benda uji berpasir hitam.
   e) 1 benda uji berpasir langkap.
   f) 2 benda uji tersusun dengan komposisi berpasir langkap disisi atas dan disisi bawah berpasir hitam.

Skema pembebanan menggunakan 2 beban terpusat dengan jarak masing-masing 30 cm dari tumpuan, untuk mendapatkan nilai a/d=2 (balok pendek).



Gambar 3. *Set up* pengujian geser

Metode analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode deskriptif, yaitu pengukuran hasil uji coba dalam bentuk grafik, tabel, dan gambar meliputi:

1. Kuat tekan silinder beton *(fc')*.
2. Kekuatan teoritik.
3. Momen Retak Awal (M_{cr})
4. Kuat Geser
5. Lendutan (Δ)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kuat Tekan Beton

Dari pengujian kuat tekan silinder beton 15x30 cm pada umur 28 hari didapatkan hasil seperti pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Kuat tekan beton (*fc'*)

No. Benda Uji	Identifikasi Benda Uji			Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Rata-rata(gr)	
100% Pasir Hitam	150	300	13013	23,02
100% Pasir Langkap	150	300	13046	15,73
Komposit	150	300	12490	18,87

Dari Tabel 1 didapatkan hasil dari pengujian mutu beton (*fc'*) uji silinder umur 28 hari mutu beton 100% Pasir Hitam menghasilkan rata-rata *fc'*= 23,02 MPa, untuk mutu beton 100 % Pasir Langkap menghasilkan rata-rata *fc'*= 15,73 MPa, dan untuk mutu beton komposit (50 % Pasir Hitam & 50% Pasir Langkap) menghasilkan rata-rata *fc'*= 18,87 MPa sehingga *mix desain* yang dibuat masih dapat digunakan, karena tidak merubah desain balok dengan rencana *under reinforced*.

B. Kekuatan Teoritik

Dari analisis yang dilakukan didapatkan kekuatan teoritik seperti pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Kekuatan teoritik benda uji

Benda uji	M_n (kNm)	M_{cr} (kNm)	V_c (kN)	V_s (kN)	Δ_t (mm)
100% Pasir Hitam	7,237	1,2	11,994	20,35	2,661
100% Pasir Langkap	7,03	0,99	9,915	20,35	2,698
Komposit	7,22	1,09	10,859	20,35	2,68

Hasil perhitungan diketahui bahwa kuat geser untuk mutu beton 100% pasir hitam sebesar 11,994 kN, *Mn* sebesar 7,237 kNm, lendutan 2,661 mm dan *Mcr* sebesar 1,2 kNm. Untuk balok mutu beton 100% pasir langkap menghasilkan kuat geser 9,915, Mn sebesar 7,03 kNm, lendutan 2,698 mm dan Mcr sebesar 0,99kNm. Sedangkan untuk balok komposit beton (50% pasir hitam & 50% pasir langkap) menghasilkan kuat geser sebesar 10,859 kN, *Mn* sebesar 7,22 kNm, lendutan 2,68 mm dan *Mcr* sebesar 1,09 kNm.

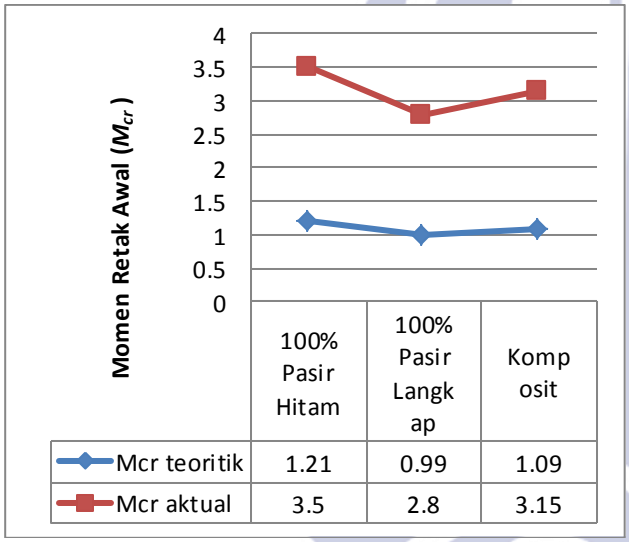
Hasil perhitungan kuat geser sengkang (V_s) semua benda uji mempunyai nilai yang sama yaitu 20,35 kN, karena semua benda uji menggunakan tulangan sengkang, dan dimensi balok yang sama, sedangkan untuk nilai kuat geser beton (V_c) mengalami perubahan.

C. Momen Retak Awal (M_{cr})

Sesuai dengan definisi dari retak awal adalah retak yang terjadi pada waktu pertama kali dan terjadi di daerah selimut beton. Dari pengujian geser yang telah dilakukan, didapat hasil momen retak awal M_{cr} didapat hasil seperti pada Tabel 3 dan Gambar 4 berikut ini:

Tabel 3. Kekuatan geser balok

Benda uji	$M_{cr\ teoritik}$	$M_{cr\ aktual}$	P_{cr}	% M_{crt} thdp M_{crak}	% M_{crak} thdp M_{crak} **BU1**
	kNm	kNm	kN	%	%
100% Pasir Hitam	1,21	3,5	20	189,25	0
100% Pasir Langkap	0,99	2,8	16	182,8	25
Komposit	1,09	3,15	18	188,9	11,11



Gambar 4. Retak awal teoritik (M_{crt})

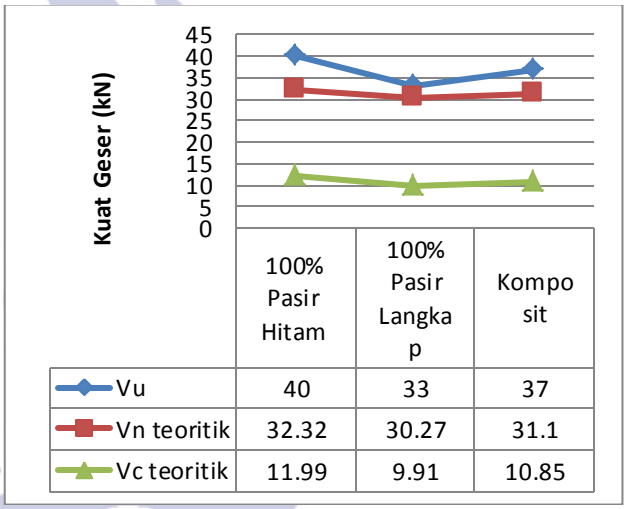
Hasil pengujian yang dilakukan dilaboratorium UNESA data diketahui bahwa retak awal yang terjadi dari masing-masing benda uji untuk 100% pasir hitam untuk fc 23,02 MPa 1,21 kNm untuk $M_{cr\ teoritik}$ sedangkan $M_{cr\ aktual}$ 3,5 kNm pada beban 20 kN, prosentase $M_{cr\ teoritik}$ terhadap $M_{cr\ aktual}$ sebesar 189,25%, prosentase $M_{cr\ aktual}$ terhadap $M_{cr\ aktual}$ benda uji 1 sebesar 0%;benda uji 100% pasir langkap untuk *fc* 15,73 MPa mempunyai $M_{cr\ teoritiks}$ sebesar 0,99kNm , sedangkan $M_{cr\ aktual}$ sebesar 2,8 kNm pada beban 16 kN, prosentase $M_{cr\ teoritik}$ terhadap $M_{cr\ aktual}$ sebesar 182,8%, prosentase $M_{cr\ aktual}$ terhadap $M_{cr\ aktual}$ benda uji 1 sebesar 25%; untuk benda uji komposit (50% pasir hitam & 50% pasir langkap) memiliki fc 18,87 MPa 1,09 kNm untuk $M_{cr\ teoritik}$ sedangkan $M_{cr\ aktual}$ 3,15 kNm pada beban 18 kN, prosentase $M_{cr\ teoritik}$ terhadap $M_{cr\ aktual}$ sebesar 188,9%, prosentase $M_{cr\ aktual}$ terhadap $M_{cr\ aktual}$ 100% balok pasir hitam sebesar 11,11%.

D. Kuat Geser

Pengujian kuat geser didapat hasil seperti pada Tabel 4 dan Gambar 5 berikut ini:

Tabel 4. Kuat Geser

Benda uji	$V_{s\ teoritik}$	$V_{s\ teoritik}$	$V_{n\ teoritik}$	V_u	Penurunan $\%V_{n\ teoritik}$ trhdp V_u	Penurunan $\%V_u$ trhdp $V_{u\ aktual}$ BU1
	kN	kN	kN	kN	%	%
100% Pasir Hitam	11,99	20,35	32,31	40	23,78	0
100% Pasir Hitam	9,92	20,35	30,26	33	9,03	21,21
Komposit	10,86	20,35	31,09	37	19,01	8,1



Gambar 5. Kuat geser (V_n)

Hasil pengujian diketahui kuat geser balok secara teoritis dan pengujian lapangan. Perhitungan kuat geser secara teoritik balok 100% pasir hitam, balok komposit, dan 100% pasir langkap mengalami penurunan sebesar 32,314 kN, 31,089 kN, dan 30,265 kN; dari pengujian laboratorium/ lapangan balok 100% pasir hitam, balok komposit, dan 100% pasir langkap berturut-turut mengalami penurunan sebesar 40 kN,37 kN,dan 33 kN. Penurunan $V_{n\ teoritik}$ terhadap V_u untuk 100% pasir hitam sebesar 23,78%, untuk balok komposit sebesar 19,01%, dan 100% pasir langkap sebesar 9,03%, sedangkan untuk penurunan V_u terhadap 100% pasir hitam (pasir langkap)sebesar 21,21%, balok komposit sebesar 8,1%, dan pasir hitam sebesar 0%.

E. Lendutan (Δ)

Akibat pembebanan yang dilakukan maka akan terjadi lendutan atau defleksi. Lendutan maksimum dapat diketahui pada waktu pembacaan beban pada manometer sudah tidak bergerak lagi dan pembacaan dial selalu sama, pada saat balok mengalami runtuh sampai tidak bisa menerima beban lagi. Pada pengujian geser yang dilakukan pada benda uji

didapatkan hasil momen maksimum (M_{maks}) pada Tabel 7 dan Gambar 6 berikut ini:

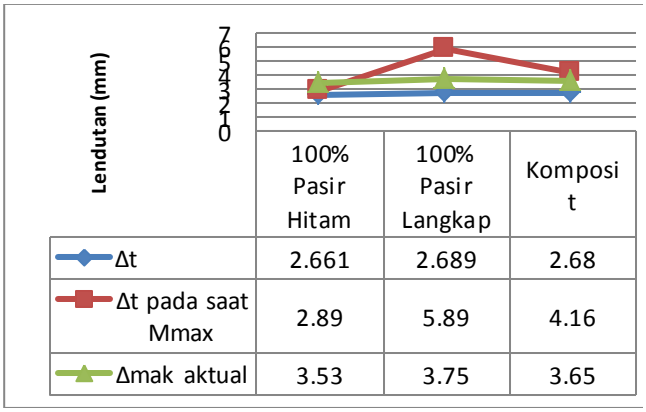
Tabel 5. Momen maksimum (M_{maks}) balok

Benda uji (sudut)	P	$M_{n\ teoritik}$	M_u	% $M_{n\ teoritik}$ thdp M_u
	kN	kNm	kNm	%
100% Pasir Hitam	37,55	7,237	20,23	179,5
100% Pasir Langkap	31,375	7,03	19,275	2174,1
Komposit	33,625	7,22	13,545	87,6

Hasil pengujian momen maksimum (M_{maks}) didapat hasil perhitungan momen maksimum pengujian balok masaing-masing benda uji, untuk 100% balok pasir hitam $M_{n\ teoritik}$ sebesar 7,237 kNm pada beban 37,55 kNm, M_u sebesar 20,23 kNm, untuk 100% balok pasir langkap $M_{n\ teoritik}$ sebesar 7,03 kNm pada beban 31,375kNm, M_u sebesar 19,275 kNm,dan untuk balok komposit $M_{n\ teoritik}$ sebesar 7,22 Nm pada beban 3,625 kNm, M_u sebesar 13,545 kNm. Sedangkan untuk prosentase $M_{n\ teoritik}$ terhadap M_u mengalami penurunan dari 100% balok pasir hitam, 100% balok pasir langkap dan balok komposit berturut-turut sebesar 179,5%,174,1%, dan 87,6%.

Tabel 6. Lendutan maksimum pada pengujian geser

Benda uji (sudut)	Standar SNI (L=110cm)	P	Δ_t pada saat M_{max}	$\Delta_{mak\ aktual}$	% Δ_t pada saat M_{max} thdp $\Delta_{mak\ aktual}$	% $\Delta_{mak\ aktual}$ thdp $\Delta_{mak\ aktual}$ BU1
	mm	kN	mm	mm	%	%
100% Pasir Hitam	3,61	37,55	2,89	3,53	29,75	0
100% Pasir Langkap	3,61	31,37	5,89	3,75	6,23	6,23
Komposit	3,61	33,62	4,61	3,65	2,73	2,73



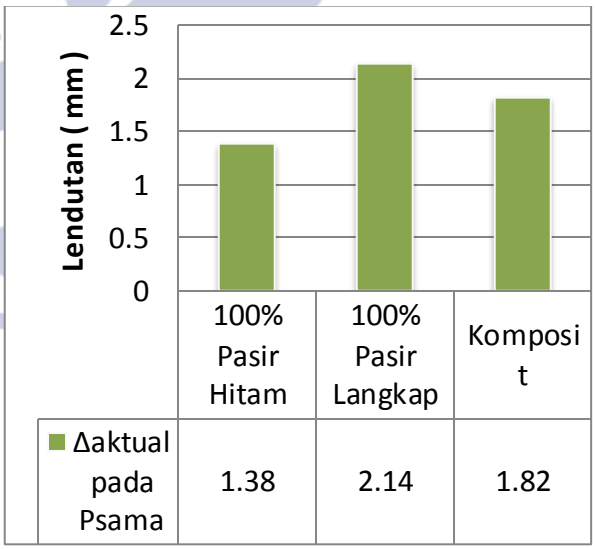
Gambar 6. Lendutan (Δ) pada balok

Hasil pengujian lendutan pada benda uji mengalami kenaikan. Pada 100% balok pasir hitam lendutan teoritik sebesar 2,661 mm, sedangkan $\Delta_{mak\ aktual}$ sebesar 3,75 mm pada beban 37,55 kN, Δ_t pada saat M_{max} 2,89 mm, untuk 100% pasir langkap lendutan teoritik sebesar 2,698 mm, sedangkan $\Delta_{mak\ aktual}$ sebesar 3,53 mm pada beban 31,375 kN, Δ_t pada saat M_{max} 5,89 mm, untuk balok komposit lendutan teoritik sebesar 2,68 mm, sedangkan $\Delta_{mak\ aktual}$ sebesar 3,65 mm pada beban 33,625 kN, Δ_t pada saat M_{max} 4,16mm. Dari hasil perhitungan prosentase Δ_t pada saat M_{max} thdp $\Delta_{mak\ aktual}$ mengalami penurunan dari 100% pasir hitam, 100% pasir langkap dan balok komposit berturut-turut sebesar 29,75 %, (6,23%), dan 2,75%) . sedangkan $\boldsymbol{\Delta_{mak\ aktual}}$ **thdp** $\boldsymbol{\Delta_{mak\ aktual}}$ 100% pasir hitam berturut-turut sebesar 0%, 6,23%, 2,73%.

Lendutan yang terjadi pada balok dengan pembebanan yang sama pada setiap benda uji dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 7 berikut ini:

Tabel 7. Lendutan di beban yang sama pada balok

Benda uji (sudut)	P_{sama}	Δ_{aktual} pada P_{sama}	% Δ_{aktual} thdp Δ_{aktual} BU90° pada P_{sama}
	kN	mm	%
100% Pasir Hitam	38	1,38	0
100% Pasir Langkap	38	2,14	55,07
Komposit	38	1,82	31,88



Gambar 7. Lendutan di beban yang sama pada balok

Pada Tabel 8 dan Gambar 7 didapatkan hasil bahwa lenduta pada pembebanan yang sama menunjukkan penurunan nilai lendutan balok yang menggunakan pasir langkap. Semakin besar kuat geser pada balok, maka semakin kecil lendutan yang dihasilkan. Penurunan lendutan pada beban yang

sama menunjukkan balok yang mempunyai lendutan yang lebih kecil berarti mempunyai kekakuan yang lebih besar terhadap lendutan yang terjadi. Penurunan paling besar terjadi pada balok komposit 100% pasir langkap yakni sebesar 55,07 %.

PENUTUP

Simpulan

Dari analisis yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari *mix desain* yang direncanakan untuk 100% balok pasir hitam menghasilkan kuat tekan karakteristik 23,02 MPa, 100% balok pasir langkap 15,73MPa, dan balok komposit 18,87 MPa. sehingga *mix desain* yang dibuat masih dapat digunakan, karena tidak merubah desain balok dengan rencana *under reinforced*.

2. Perhitungan teoritik kuat geser sengkang (V_s) semua benda uji mempunyai nilai yang sama yaitu 20,35 kN, karena semua benda uji menggunakan tulangan sengkang, dan dimensi balok yang sama. Sedangkan untuk nilai kuat geser beton (V_c) mengalami perubahan. Pada nilai kuat geser (V_n) nilai kekuatan yang paling baik untuk digunakan adalah balok pasir hitam kemudian balok komposit selanjutnya yang terkecil adalah 100% balok pasir langkap dengan nilai berturut-turut sebesar 32,314kN, 31,089 kN, 30,265 kN.

3. Keseluruhan benda uji yang diteliti, baik retak awal (M_{cr}), kuat geser balok beton (V_c) lebih kecil daripada beban geser aktual (Vu)sehingga patah yang terjadi adalah patah geser.

4. Kekuatan lendutan yang didapat dari perhitungan teoritis dan perhitungan lapangan sama-sama menunjukkan bahwa lendutan yang paling kecil adalah 100% balok pasir hitam, kemudian balok komposit selanjutnya 100% balok pasir langkap. Pasir langkap yang digunakan kurang baik untuk digunakan sebagai bahan beton perlu adanya penambahan campuran agregat halus untuk bisa digunakan.

Saran

Penelitian selanjutnya peneliti mengharapkan agar mencapai kesempurnaan yaitu:

1. Pada pengujian diharapkan ketelitian dalam pembacaan *dial gauge*.
2. Mengetahui bahwa baja dalam keadaan leleh perlu digunakan alat *straingage* yang berfungsi untuk mengetahui saat besi leleh karena dalam penelitian itu tidak digunakan.
3. Perlu diusahakan penambahkan sengkang agar tidak terjadi retak yang lebih banyak.
4. Pasir langkap dalam penggunaan sebagai balok komposit bisa digunakan sebagai bahan pengganti pasir hitam.
5. Perlu diteliti tentang balok komposit terhadap perilaku regangan yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*.

Dipohusodo, Istimawan. 1999. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta. PT Gramedian Pustaka. Utama.

Edward G. Nawy. 2010. *Beton Bertulang*. Surabaya: ITS Press.

Kusuma, G, dan W, C.Vis, 1997. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Edisi 04. Jakarta. Erlangga

McCormac, Jack. 2004. *Desain Beton Bertulang Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta: Erlangga

Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.

Mujid,A. 2001. *Pengaruh Mutu Beton Terhadap Kekuatan Lentur Pada Balok Komposit*. Skripsi JTS FT UNESA

Rohim, Syaiful 2002. *Study Tentang Pemakaian Pasir Langkap Kecamatan Burneh Kabupaten Bangkalan sebagai Salah Satu Bahan Campuran Paving Stone Ditinjau Dari Kuat Tekan*. Skripsi JTS FT UNESA

Tim Penyusun, 2000, *Pedoman Penulisan dan Ujian Skripsi Unesa*, Surabaya. Unipress UNESA.

Wang-Chu Kia, Charles.G.Salamon. 1989. *Desain Beton Bertulang*. Edisi 04. Jilid 1 Jakarta. Erlangga.

Wang-Chu Kia, Charles.G.Salamon. 1990. *Desain Beton Bertulang*. Edisi 04. Jilid 2 Jakarta. Erlangga.