

USAHA MENAMBAH KUAT LENTUR BALOK BETON DENGAN TALI RAMI

Iwan Wikana¹⁾, Try Haryanto²⁾

¹⁾ Jurusan teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta

²⁾ Jurusan teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta

Abstract

A series of experiment have been conducted to investigate the performance of jute cord as reinforcement elemen of concrete beams. Altogether six concrete beams with mix proportion by volume between 1 cement : 2 sand : 3 split and water content ratio 0,45 were cast to a final dimension of 10 × 15 × 110 cm.

Concrete Beam I was cast with no reinforcement while Beam II was reinforced in the traditional way, namely with steel rods of 6 mm diameter in the tension zone. Beam III and IV were reinforced with jute cords of 6 mm diameter in the tension zone. Resin coating was applied on the surface of the jute cords in Beam IV while the jute cords in Beam III were without coating. Beams V and VI were reinforced with jute cords which were pre-stressed. The jute cords in Beam VI have been preliminary treated with resin coating while those in Beam V were not coated. The beam were subjected to bending test 28 days after they were cast at UKRIM's material testing laboratory. Bending was applied by means of concentrated loading at two points on the beam.

The testing results show that generally the flexural strengths of jute reinforced beams were not significantly higher than the non-reinforced beam. The highest gain in flexural strength was observed in Beam VI (reinforced with resin coated pre-stressed jute cord), being 1.913 MPa or 2.1 times in the flexural strength of the non-reinforced beam. The lowest gain was observed in Beam III which was reinforced with non-coated jute, being 1.23 MPa, or equal to 1.35 times the flexural strength of non-reinforced beam. The gain in flexural strength of the jute-reinforced beams was significantly lower than that of the steel reinforced beam, having a maximum bending moment of 14.87 MPa.

Keywords : reinforcement, flexural strength

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu unsur yang paling utama dalam industri konstruksi adalah bahan bangunan. Peranan bahan bangunan semakin penting, seiring dengan meningkatnya volume pembangunan struktural teknik sipil dewasa ini. Dalam perencanaan struktur bangunan konstruksi, pemilihan bahan bangunan sebagai komponen struktural perlu diperhatikan antara lain: kemampuan struktur dalam memikul beban yang telah direncanakan, dimensi dan berat sendiri struktur yang sekecil-kecilnya, serta biaya yang diperlukan rendah, dengan tidak mengurangi

mutu dan kekuatan struktur, sesuai dengan peraturan-peraturan yang berlaku, demi keselamatan dan keamanan. Secara garis besar bahan bangunan dapat dikelompokkan kedalam 3 (tiga) bagian, yaitu: logam, kayu, dan beton.

Sedangkan beton sebagai bahan bangunan sangat baik dipakai untuk memikul beban desak, dan mudah dibentuk sesuai dengan keadaan, dapat dicetak dimana saja, tahan terhadap api, tidak bersifat korosif, dan kekuatannya tidak dipengaruhi oleh perubahan cuaca. Meskipun demikian beton juga memiliki kelemahan, karena sifatnya yang getas (*brittle*) maka kekuatan beton terhadap tegangan tarik sangat rendah. Untuk mengatasi kelemahan beton terhadap tegangan tarik, beton dipadukan dengan logam, kayu, bambu, serat tali (sintetis atau alami) atau bahan lain secara komposit.

Komposit merupakan penggabungan dari dua macam bahan atau lebih, dipadukan menjadi satu kesatuan yang utuh (*monolit*). Pada balok komposit yang mempergunakan tali rami berfungsi sebagai penguat balok beton, ikatan yang terjadi antara beton dan tali rami, pada umumnya tidak sempurna. Hal ini disebabkan, tali rami mempunyai sifat kembang susut yang sangat tinggi. Pada saat balok dicetak, tali rami akan menyerap air dari pasta semen, sehingga tali serat rami mengalami pengembangan (pembesaran fisik), dan setelah balok mengeras (kering), tali rami akan melepas kandungan airnya, yang menyebabkan terjadinya penyusutan pada tali. Dengan terjadinya penyusutan ini, menyebabkan adanya jarak antara tali rami dengan beton yang mengelilinginya. Jarak inilah yang menyebabkan kurang sempurnanya lekatan antara tali serat rami dengan beton. Apabila jarak ini terlalu besar, maka tulangan akan bergerak bebas di dalam beton, sehingga tidak ada lekatan antara tali dengan beton. Untuk menghindari hal ini terjadi, sangat perlu diusahakan suatu campuran dengan faktor air semen yang minimum tetapi menghasilkan kekuatan yang tinggi atau melapisi tali rami dengan resin untuk mengurangi sifat kembang susutnya. Berkaitan hal tersebut, maka pemakaian tali rami sebagai bahan penguat balok beton perlu diteliti untuk mendapatkan beton yang bermutu dengan biaya yang relatif lebih murah. Pemilihan tali rami sebagai penguat balok beton didasari atas pertimbangan kekuatan yang merata disepanjang bentangnya.

Kuat tarik beton yang kecil menyebabkan beton tidak mampu menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak. Bagian bawah garis netral dari suatu penampang adalah letak dimana gaya tarik bekerja yang disebabkan oleh tegangan lentur. Untuk menahan gaya tarik tersebut, balok memerlukan perkuatan dengan menambahkan tulangan pada penampang tariknya, maka untuk keperluan perkuatan tersebut digunakan tali rami sebagai penguat balok beton. Dengan demikian, apakah dengan tekstur yang kasar, kuat tarik yang baik, dan dengan memberikan tegangan awal pada tali rami akan dapat memperbaiki kuat lentur dari beton perlu dilakukan penelitian.

B. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kuat lentur antara balok beton tanpa tulangan, beton dengan tulangan baja, dan beton dengan penguat tali rami yang diberi tagangan awal dan pemberian resin sebagai lapisan. Manfaat yang diharapkan adalah adanya peningkatan kuat lentur beton dengan

pemberian tali rami sehingga beton dapat menahan momen lentur yang semakin besar.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Bahan Penyusun Beton

Dalam pengertian umum yang di maksud dengan semen adalah bahan yang mempunyai sifat *adhesive* dan *cohesive* yang digunakan sebagai bahan pengikat (bonding material), yang dipakai bersama-sama dengan agregat dan atau bahan tambah lainnya. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland.

Sesuai dengan pemakaiannya, semen portland di Indonesia dibagi menjadi 4 jenis (SK SNI-15-1990), yaitu :

- a. Type I : semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
- b. Type II : semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- c. Type III : semen Portland yang dalam penggunaan menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- d. Type IV : semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- e. Type V : semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap *sulfat*.

Semen portland adalah semen *hydraulic* yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hydraulic, bersama bahan tambahan yang digunakan biasanya *gypsum*. Komposisi kimia semen portland terdiri dari oksida kapur (CaO), oksida silika (Si_2O_3), oksida alumina (Al_2O_3), dan oksida besi (Fe_2O_3). Kandungan kombinasi keempat oksida $\pm 90\%$ dari berat semen yang biasanya disebut mayor oxides dan sebanyak 10% sisanya terdiri dari oksida magnesium (MgO). Semen portland kandungan kapurnya sangat tinggi yaitu lebih dari 60%. Pengaruh dari kandungan kapur ini yaitu proses pengerasan ada 4 oksida utama dalam semen portland yang akan membentuk senyawa yang sering disebut:

- a. *Trikalsium silikat* (C_2S atau $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$)
Bila semen terkena air, C_2S segera mulai berhidrasi dan menghasilkan panas. Selain itu juga berpengaruh besar terhadap pengerasan semen terutama sebelum mencapai umur 14 hari.
- b. *Dikalsium silikat* (C_2S atau $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$)
Unsur ini bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari dan membuat semen tahan terhadap serangan kimia serta memberikan kekuatan terakhir.
- c. *Trikalsium alumunat* (C_3A atau $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$)
Unsur ini berhidrasi secara eksotermik dan bereaksi sangat cepat serta memberikan kekuatan setelah 24 jam. Selain itu juga sangat berpengaruh pada panas hidrasi tertinggi, baik selama pengerasan awal maupun pengerasan berikutnya yang panjang.

- d. *Tetrakalsium aluminoforit* (C_4AF atau $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$)
 Unsur ini kurang berpengaruh besar terhadap kekerasan semen atau beton. Diantara keempat unsur tersebut, unsur trikalsium silikat dan dikalsium silikat merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen dengan kandungan sebesar 70 % sampai 80 %.

B. Hidrasi semen

Peristiwa *setting* dan *hardening* yang diterangkan diatas sebenarnya adalah proses hidrasi dari senyawa yang terkandung dalam semen. Secara umum mekanisme reaksi terjadi pada hidrasi larutan dan mekanisme reaksi pada keadaan padat. Mekanisme hidrasi pada larutan lebih dominan pada tingkat permulaan, sedangkan mekanisme reaksi pada keadaan padat lebih dominan pada hidrasi semen tingkat akhir. Senyawa-senyawa yang mengalami hidrasi, yaitu:

- a. Hidrasi Kalsium Silikat (C_2S dan C_3S)

Dalam air, Kalsium Silikat akan terhidrasi menjadi Kalsium Hidroksida dan Kalsium Silikat Hidrat.



Dengan terbentuknya Kalsium Hidroksida membuat pasta semen bersifat basa (pH =12,5). Hal ini menyebabkan pasta semen sensitive terhadap asam.

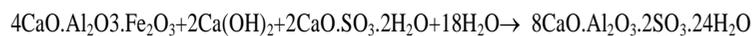
- b. Hidrasi C_3A

Hidrasi C_3A akan menghasilkan Kalsium Aluminat Hidrat. Dengan adanya gybsum maka hasil hidrasi C_3A dengan gybsum menghasilkan Kalsium Sulpho Alu-minat, yang bisa disebut ettringite. Setelah semua gybsum bereaksi baru terbentuk kalsium aluminat Hidrat.



- c. Hidrasi C_4AF

Pada tahap awal hidrasi C_4AF bereaksi dengan gypsum, kalsium dan Kalsium Hidroksida membentuk Kalsium Sulpho Aluminat dan Kalsium Sulpho Aluminat Ferrite Hidrat.



C. Agregat

Agregat adalah bahan pembentuk beton yang tidak bereaksi. Agregat menempati porsi antara 60 sampai 80 persen dari beton keseluruhan. Sifat agregat ini sangat berpengaruh terhadap beton keseluruhan. Agregat halus atau pasir merupakan bahan bahan batuan halus pembentuk beton dengan ukuran butir 0,14 sampai 5 mm. Pasir ini terbentuk ketika batu-batuan terbawa arus dan mengalami pelapukan atau erosi. Pasir dapat dibuat dengan cara pemecahan batu-batuan atau sering disebut pasir buatan.

Bentuk dan tekstur permukaan pasir sangat nyata mempengaruhi kelecekan (mudah dikerjakan) dari beton segarnya, maupun daya lekat antara

agregat dan pastinya. Suatu agregat dengan dengan permukaan yang berpori dan kasar lebih disukai daripada agregat dengan permukaan halus, karena agregat dengan tekstur kasar dapat meningkatkan rekatan agregat dengan semen sampai 1,75 kali, sedangkan kuat tekan betonnya dapat meningkatkan sekitar 20% (Tjokrodimulyo, K, 1992).

Butir pasir harus bersifat kekal artinya pasir tidak hancur akibat pengaruh perubahan cuaca, yaitu terik matahari dan hujan. Jika butirannya tidak kekal, tentu beton dari jenis pasir ini akan mudah rusak pula oleh perubahan cuaca. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering). Lumpur diartikan bagian-bagian yang dapat melalui ayakan yang berdiameter 0,063mm, apabila kadar kandungan lumpurnya melebihi 5% maka pasir harus dicuci. Lumpur pada pasir dapat menghalangi ikatannya dengan pasta semen. Kemungkinan besar lumpur merekat erat pada butiran-butiran pasir dan tidak terlepas dari pasirnya. Sewaktu pengadukan beton bagian-bagian yang halus dapat merupakan suspensi dalam dalam air campuran dan dapat terbawa kepermukaan. Bila konsentrasinya besar dapat menghasilkan beton yang berkualitas rendah, apabila bagian-bagian halus ini merata pada seluruh campuran, dapat mengurangi blending beton.

Untuk menghasilkan beton yang bagus, diperlukan ukuran butir-butir yang bervariasi karena akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena volume pori yang kecil akan mengisi pori diantara butir yang lebih besar sehingga pori-porinya menjadi sedikit dengan kemampatannya tinggi (Tjokrodimulyo, K, 1992). British Standart mensyaratkan gradasi pasir sebagai berikut :

Tabel 1. Gradasi Pasir Berdasar British Standar

Ayakan	Ukuran (mm)	% lewat
3/8"	9,52	100
No.4	4,760	95-100
No.8	2,380	80-100
No.16	1,190	50-95
No.30	0,59	25-80
No.50	0,927	10-30
No.100	0,49	2-10

Agregat kasar sebagai bahan campuran beton dapat berupa batuan alami atau hasil buatan dari pemecahan batu. Ukuran agregat kasar yang digunakan untuk beton antara 5mm sampai 30 mm. Syarat-syarat agregat kasar harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a. Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori, serta mempunyai sifat kekal.
- b. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan dari berat kering)
- c. Tidak boleh mengandung zat-zat yang merusak beton, misal zat reaktif alkali.
- d. Harus terdiri dari butiran beraneka ragam.

D. Kekuatan Beton

Faktor air semen adalah nilai banding berat air dan semen. Agar terjadi proses hidrasi yang sempurna dalam adukan beton, pada umumnya dipakai nilai f.a.s 0,4-0,6 tergantung mutu beton yang hendak dicapai. Semakin tinggi mutu beton yang ingin dicapai umumnya menggunakan nilai faktor air semen yang rendah sedangkan dipihak lain, untuk menambah sifat workability (sifat mudah dikerjakan) menuntut nilai f.a.s yang tinggi (Dipohusodo,I,1994).

Faktor air semen yang rendah (kadar airnya sedikit) menyebabkan air diantara bagian-bagian semen sedikit, sehingga jarak antara butiran-butiran pendek. Akibatnya massa semen menunjukkan lebih berkaitan, karenanya kekuatan awal lebih dipengaruhi dan akhirnya batuan-semen mencapai kepadatan tinggi (Sagel,1993 dalam Ponco, 2002).

Bahan yang mendominasi pembuatan beton adalah agregat. Oleh karenanya kekuatan agregat dan kualitasnya akan berpengaruh terhadap kekuatan dan kualitas beton itu sendiri. Semakin tinggi kuat tekan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat tekan yang tinggi pula. Distribusi agregat yang merata akan menghasilkan beton yang pampat karena butir-butirnya dapat mengisi rongga yang terjadi. Permukaan agregat yang kasar mempengaruhi kekuatan lekat pasta semennya. Bentuk agregat yang bersudut akan membentuk susunan yang saling mengunci, bentuk yang bulat atau lonjong menyebabkan akan tergelincirnya agregat satu dengan yang lainnya. Disamping itu agregat harus bersifat kekal,tidak bersifat feaktif terhadap alkali dan tidak mengandung bagian-bagian kecil (< 70 mikron) atau lumpur (Dipohusodo, I, 1994 dalam Heri Nugroho 1998).

E. Perbandingan bahan susun

Sesuai dengan tingkat mutu beton yang hendak dicapai, perbandingan bahan susun harus ditentukan agar beton yang dihasilkan memberikan :

- a. Kelecekan dan konsistensi yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, perataan, pemadatan) dengan mudah kedalam acuan dan sekitar tulangan baja tanpa menimbulkan kemungkinan terjadinya segregasi atau pemisahan agregat.
- b. Ketahanan terhadap kondisi lingkungan khusus (korosif dan kedap air)
- c. Memenuhi uji desak yang hendak dicapai.

F. Cara pengerjaan

Cara pengerjaan beton dan perawatan spesi beton sangat berpengaruh besar terhadap kualitas beton. Cara pengerjaan meliputi pemilihan komposisi campuran, pencampuran bahan dasar, pemadatan dan perawatan. Pencampuran bahan dasar dalam perbandingan yang baik disebut proses pengadukan beton. Pengadukan dilakukan sampai warna merata, kelecekan cukup (tidak terlalu cair atau padat) dan campurannya homogen, pengadukan dapat dilakukan dengan mesin atau secara manual.

Pemadatan dilakukan setelah spesi beton dituang dalam bekesting. Diantara dinding bekesting dan spesi beton yang baru dituang, juga didalam

spesi sendiri banyak terdapat ruang kosong. Ruang-ruang kosong tersebut akan merugikan kualitas beton. Oleh karenanya, spesi beton yang baru dituang harus dipadatkan. Pemadatan akan mengurangi ruang kosong tersebut (biasanya berupa gelembung udara yang tersekap disekitar tulangan dan diantara sudut-sudut bekesting).

Pemadatan akan menyebabkan spesi beton menempati seluruh sudut-sudut bekesting dan sekeliling tulangan secara optimal. Pemadatan sebaiknya dilakukan pada f.a.s rendah, apabila pemadatan tidak dilakukan, maka kuat tekan beton akan rendah, karena beton berongga dan keropos.

Perawatan beton ketika beton dalam proses mengeras perlu dilakukan karena berfungsi untuk menghindarkan :

- a. kehilangan air yang banyak ketika pengerasan beton pada jam-jam awal,
- b. penguapan air yang berlebihan, dan
- c. mengurangi perbedaan temperatur dalam beton yang mengakibatkan rengat-rengat atau retakkan pada beton (Sagel, 1993 dalam Heri Nugroho,1998).

Untuk menanggulangi kehilangan air setelah penuangan, dilakukan dengan menutupi beton dengan sak semen , goni basah atau menuangi dengan air (pada bagian struktur yang datar), menyemprot atau memerciki dengan air terus menerus pada permukaan beton. Perawatan ini dilakukan untuk menjaga kelembaban permukaan beton agar proses hidrasi semen berlangsung sempurna. Pengujian beton dilakukan pada umur beton 28 hari, jika tidak dilakukan pada umur 28 hari hasilnya dapat dikonfersikan kedalam beton umur 28 hari, dengan mengalikan konstanta yang disyaratkan PBI 1971.

Tabel 2. Perbandingan Kuat Tekan Beton pada Berbagai Umur (PBI 1971).

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365	3
PC biasa	0.4	0.65	0.88	0.95	1	1.2	1.35	0.4
PC dengan kekuatan tinggi	0.55	0.75	0.9	0.95	1	1.15	1.20	0.55

G. Pengerasan Beton

Kekuatan beton pada tahap awal cenderung meningkat secara drastis sampai umur 28 hari setelah pengecoran, setelah umur beton mencapai 28 hari terjadi peningkatan yang relatif sedikit yang pada akhirnya cenderung konstan. Umumnya pada umur 7 hari kuat tekan beton mencapai 70% dan pada umur 14 hari mencapai 85 % - 90% dari kuat tekan pada umur 28 hari.

H. Tali Serat Rami

Serat rami berasal dari bagian kulit batang yang dipisahkan dengan alat dekortikator. Serat kasar (China grass) kemudian diproses (“*degumming*”) untuk menghilangkan *pectin* dan getahnya dan dikirim ke pabrik pengolah selanjutnya untuk proses fiber opening menjadi serat rami siap pintal atau rami top. Serat rami top atau *staple fiber* adalah bahan baku industri benang dan tekstil.

I. Resin

Jenis resin yang digunakan dalam penelitian adalah jenis resin 157 QTN. Dalam penggunaannya, resin diukur menggunakan mangkok kecil (cawan kecil) yang terbuat dari logam aluminium. Dengan menggunakan sendok plastik diambil juga katalis untuk setiap 1 mangkok resin dan seterusnya. Lalu kedua bahan tersebut yaitu resin dan katalis diaduk hingga rata secara terus-menerus tanpa berhenti dengan menggunakan sebilah bambu, untuk selanjutnya siap digunakan.

J. Kontruksi Komposit

Komposit merupakan bahan yang tersusun dari dua macam komponen atau lebih yang berbeda dan digabungkan menjadi satu kesatuan termasuk didalamnya bahan yang diberi lapisan atau bahan yang diperkuat oleh beton bertulang dan sebagainya. Berdasarkan pernyataan di atas dapat disimpulkan bahwa kontruksi komposit adalah suatu kontruksi yang kekuatannya ditentukan oleh kerjasama mekanis antara dua atau lebih bahan yang berlainan. Prinsip hitungannya adalah dengan menganggap suatu penampang komposit tersebut sebagai penampang homogen.

III. METODE PENELITIAN

A. Bahan dan Peralatan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerikil (split) yang telah melalui proses penggilingan yang dipakai berukuran < 4 cm, pasir yang digunakan berasal dari kali Progo, Semen portland tipe I merk Gresik. Selain itu yang dipakai adalah air layak minum yang berasal dari Laboratorium Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta, Tali rami berukuran diameter 6mm warna putih kecoklatan, baja tulangan polos dengan ukuran diameter 6 mm. Alat-alat yang digunakan adalah timbangan, *sieve shaker*, gelas ukur, oven, dan alat-alat lain untuk pencetakan benda uji. Pengujian dilakukan dengan alat uji desak *Universal Testing Sistem* kapasitas 1000 KN, alat uji tarik *Universal Wood Testing Machine*, tipe AW-10 P kapasitas 10 ton.f, dan alat uji lentur.

B. Sampel Benda Uji

Tabel 3. Spesifikasi benda uji untuk pengujian lentur

No	Balok beton	Perlakuan pada Tulangan	Lb (cm)	T (cm)	Pj (cm)	Jml
A	Tanpa tulangan	-	10	15	110	4
B	Bertulang baja	-	10	15	110	4
C	Berpenguat tali	Polos	10	15	110	4
D	Berpenguat tali	Berlapis Resin	10	15	110	4
E	Berpenguat tali	Polos dengan prategang	10	15	110	4
F	Berpenguat tali	Berlapis resin dengan prategang	10	15	110	4

Benda uji berupa kubus beton berukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm sebanyak 5 buah untuk menguji mutu beton dan tali rami yang digunakan pada balok dalam pengujian lentur berdiameter 6 mm. Benda uji berupa balok beton tanpa tulangan, balok beton bertulang baja, dan balok beton berpenguat tali rami dengan berbagai macam perlakuan khusus seperti dijelaskan pada Tabel 3.

C. Pemeriksaan Bahan dan Pengujian

Sebelum dipakai dalam campuran dilakukan pemeriksaan terhadap agregat seperti modulus halus butir, kadar air keadaan SSD, kandungan lumpur, dan berat jenis. Sebelum dilakukan pengujian, terlebih dahulu benda uji ditimbang untuk mengetahui beratnya. Kemudian benda uji dipasang pada alat uji desak hidrolik. Setelah benda uji terpasang, beban secara konstan dinaikan sampai kubus mengalami keretakan dan hancur. Beban maksimal dicatat pada saat kubus hancur, dan jarum manometer tidak dapat menunjukkan peningkatan lagi. Nilai kuat tekan dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma_{ds} = \frac{P}{A} \text{ (kg / cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (1)$$

dengan σ_{ds} = tegangan desak (kg/cm²), P = beban elastis (kg), dan A = luas penampang (cm²)

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan dan elastisitas tali rami. Pertama-tama tali dipasang pada dua tumpuan jepit, lalu ditarik hingga tali menjadi tegang tetapi beban masih menunjukkan angka 0. Setelah itu *dial gauge* pada mesin diset hingga menunjukkan angka 0. Secara bertahap beban dinaikan dan pemanjangan dicatat setiap kelipatan beban tertentu. Besarnya beban dapat dicatat pada alat ukur digital pada mesin sedangkan pemanjangan dapat dilihat pada *dial gauge*. Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur lebih dari 28 hari. Pengujian ini dilakukan di laboratorium fakultas teknik UKRIM. Pengujian dilakukan berdasarkan pembebanan 2 titik.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Agregat

1. Hasil pemeriksaan agregat halus

Jenis Pemeriksaan	Agregat halus			Rerata	Agregat kasar			Rerata
	1	2	3		1	2	3	
Modulus halus butir	2,77			2,77				
Kadar air (%)	1,34	1,68	1,9	1,5	1,8	1,5	1,44	1,58
Kadar lumpur (%)	1,87	2,9	2,36	2,38	0,39	0,41	1,48	0,43
Berat jenis (T/m ³)	2,775	2,867	2,377	2,73	2,44	2,58	2,54	2,52

B. Hasil Pengujian Tarik Tali Rami

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kuat tarik dan modulus elastisitas tali rami. Dari 3 buah sampel yang diuji didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian tarik tali rami

Kode Sampel	Lo (cm)	A (cm ²)	P elastis (Kg)	δ_L (cm)	σ_{tr} (Kg/cm ²)	ε_{tr} (%)	E (Kg/cm ²)
T1	11,2	0,240	54,3	3,54	226,2	31,6	715,8
T2	13,5	0,240	58,7	4,59	244,6	34	719,4
T3	15,6	0,240	49,8	5,28	207,5	33,8	613,9
Rata-rata					226,1	33,1	683

C. Hasil Pengujian Desak

Pengujian desak dimaksudkan untuk mengetahui nilai tegangan luluh beton dan nilai modulus elastisitas beton. Hasil perhitungan kuat desak dapat dilihat pada Tabel 6. dan contoh perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran H.

Tabel 6. Hasil pengujian desak kubus beton

Kode Sampel	Berat (Kg)	A (cm ²)	P elastis (Kg)	δ_L (cm)	σ_{ds} (Kg/cm ²)	ε (%)	E (Kg/cm ²)
K1	7,8	225	42000	0,156	186,7	1,04	17952
K2	7,8	225	37000	0,184	164,4	1,23	13366
K3	7,8	225	37670	0,171	167,4	1,14	14684
K4	7,8	225	30000	0,124	133,3	0,83	16060
K5	7,8	225	35330	0,145	157	0,97	16186
Rata-rata					161,8	1,042	15650

D. Hasil Pengujian Lentur

Benda uji yang yang digunakan untuk pengujian lentur berupa balok beton berukuran 10 cm × 15 cm × 110 cm. Pengujian lentur berdasarkan pembebanan dua titik. Data yang diambil berupa besarnya beban dan lendutan. Data-data pengujian lentur dan contoh perhitungan lentur dapat dilihat pada Lampiran I. Hasil perhitungan tegangan lentur dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian lentur

Spesifikasi Penguat	Kode Sampel	P (Kg)	δ (mm)	M lt (Kgcm)	Y (cm)	I (cm ⁴)	σ lt (MPa)
Tanpa penguat	I A	168,35	0,76	3367	7,5	2812,5	0,898
	I B	134,67	0,61	2693,4	7,5	2812,5	0,718
	I C	185,18	0,71	3703,6	7,5	2812,5	0,988
Rata-rata							0,903
Baja Polos	II A	1557	2,4	31140	3,83	824,7	14,462
	II B	1730	2,23	34600	3,83	824,7	16,069
	II C	1384	2,5	27680	3,83	824,7	12,855
Rata-rata							14,864
Tali Polos	III A	255,89	0,88	5117,8	7,5	2812,5	1,365
	III B	235,69	0,67	4713,8	7,5	2812,5	1,257
	III C	222,22	0,82	4444,4	7,5	2812,5	1,185
Rata-rata							1,23
Tali Berlapis resin	IV A	202,02	0,88	4040,4	7,5	2812,5	1,077
	IV B	289,56	0,87	5791,2	7,5	2812,5	1,544
	IV C	222,22	0,68	4444,4	7,5	2812,5	1,185
Rata-rata							1,293
Tali Polos + Prategang	V A	356,9	0,91	7138	7,5	2812,5	1,903
	V B	343,43	0,93	6868,6	7,5	2812,5	1,832
	V C	370,37	0,71	7407,4	7,5	2812,5	1,975
Rata-rata							1,858
Tali Ber Lapis resin + Prategang	VI A	404,04	0,98	8080,8	7,5	2812,5	2,155
	VI B	336,7	0,76	6734	7,5	2812,5	1,796
	VI C	370,37	0,88	7407,4	7,5	2812,5	1,975
Rata-rata							1,913

Keterangan I = Balok beton tanpa tulangan, II = Balok beton bertulang baja,

III = Balok beton berpenguat tali polos, dan IV = Balok beton berpenguat tali dengan lapisan resin.

E. Pembahasan

Dari keenam balok tersebut yaitu balok I,II,III,IV,V,dan VI kuat lentur rata-rata yang paling tinggi dimiliki oleh balok bertulang baja (balok II) yaitu sebesar 14,86 MPa dan tegangan lentur paling rendah dimiliki oleh balok beton tanpa tulangan (balok I) yaitu sebesar 0,9 MPa. Sedangkan pada balok berpenguat tali rami dengan empat macam perlakuan khusus pada tulangan (balok III,IV,VdanVI) tegangan lentur rata-rata paling tinggi pada balok dengan pemberian resin dan prategang (VI) yaitu sebesar 1,913 Mpa. Melihat hasil yang didapat, kenaikan tegangan lentur rata-rata dari balok tanpa tulangan ke balok dengan dengan penguat tali kenaikannya relatif kecil. Ini disebabkan oleh adanya

tali sebagai penguat tarik membuat beton sedikit daktail sehingga beton tidak cepat mengalami patah.

Semua kerusakan benda uji terjadi diantara dua titik beban terpusat yang berada ditengah-tengah bentang. Kerusakan pada benda uji berupa garis retak yang diawali pada serat tepi penampang tarik menuju ke serat tepi penampang desak di atas garis netral. Balok I,III,IV,V dan VI memiliki pola kerusakan yang hampir sama, yaitu hanya terdapat satu pola retak yang terjadi pada saat beban yang bekerja telah mencapai batas maksimal. Sedangkan pada balok II terdapat empat garis retak, retak awal terjadi pada saat beban kerja mencapai ± 1030 kg dan terus terjadi sampai garis retak menyentuh serat tepi penampang desak. Dari pengamatan yang dilakukan, hanya pada balok II yang mempunyai titik balik. Titik balik ini menunjukkan bahwa balok II masih mampu menahan beban meskipun seluruh penampang balok telah retak. Pada saat beban telah mencapai batas ultimit, beban akan turun sebesar ± 216 kg dan lendutan akan bertambah $\pm 0,2$ mm. Sedangkan pada balok I,III,IV,V dan VI tidak mempunyai titik balik. Hal ini menunjukkan bahwa beton dengan penguat tali tidak begitu bermanfaat karena elastisitas tali lebih kecil dari pada elastisitas beton, sehingga pada saat tegangan tarik beton sudah terlampaui tegangan tarik tali belum berfungsi maksimal, maka ketika beban mencapai batas maksimal beton akan langsung patah.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian lentur pada enam jenis balok yaitu I,II,III,IV,V, dan VI yang masing-masing diwakili oleh empat buah sampel, dapat diambil beberapa kesimpulan. Adapun kesimpulan tersebut sebagai berikut:

1. Kuat lentur rata-rata balok beton tanpa tulangan (balok I) sebesar 0,903 MPa. Penambahan tulangan baja polos (balok II) menghasilkan kuat lentur sebesar 14,864 Mpa sedangkan penambahan penguat tali rami (balok III) menghasilkan kuat lentur sebesar 1,23 MPa.
2. Pemberian gaya prategang tanpa lapisan resin (balok V) menghasilkan kuat lentur sebesar 1,858 MPa, dan pemberian gaya prategang disertai pemberian lapisan resin (balok VI) menghasilkan kuat lentur sebesar 1,913 MPa, maka dengan pemberian gaya prategang menghasilkan kuat lentur balok naik sebesar 2 kali balok I.
3. Pemberian lapisan resin dan prategang (balok VI) menghasilkan kuat lentur sebesar 1,913 MPa. Pemberian gaya prategang tanpa lapisan resin (balok V) menghasilkan kuat lentur sebesar 1,858 Mpa sehingga pemberian resin pada tulangan tidak banyak mempengaruhi kuat lentur. Hal ini berarti tali rami yang mempunyai tekstur kasar mampu melekat erat pada beton sehingga tidak terjadi penggelinciran antara tali dan beton.

2. Saran

- a. Dalam penelitian ini hanya digunakan satu macam pemberian tegangan awal yaitu 1/8 panjang awal. Maka untuk penelitian lebih lanjut dapat difokuskan pada variasi pemberian tegangan awal untuk mencari besarnya pemberian tegangan awal yang menghasilkan kuat lentur yang maksimal.
- b. Untuk pemberian resin pada tali tidak perlu dilakukan karena peningkatan kuat lentur yang dihasilkan relatif kecil, hanya sekitar 7% dari kuat lentur balok biasa dan 6% dari kuat lentur balok dengan pemberian prategang.
- c. Tali rami mempunyai kuat tarik yang lebih besar daripada beton tetapi nilai modulus elastisitasnya jauh lebih rendah. Hal ini menyebabkan penguat tidak mampu menahan retak yang terjadi saat regangan luluh beton terlampaui. Oleh karena itu selain kuat tarik juga perlu dipertimbangkan nilai modulus elastisitas dalam pemilihan bahan penguat, untuk mendapatkan bahan penguat alternatif yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1982, PUBLI-1982. *Puslitbang, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman*, Bandung.
- Anonim, 1990. *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal*, SKSNI T-15-1990-03 Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB, Bandung.
- Anonim, DPU, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, Jakarta.
- Anonim, DPU, *Peraturan Umum untuk Bahan Bangunan Indonesia*, Jakarta.
- Anonim, *Pengaruh Arah Serat Dan Komposisi (Serat Rami Dan Resin) Pada Bahan Komposit Terhadap Kekuatan Tarik*, Infopus @umm.ac.id
- Antono A., 1995. *Bahan Konstruksi Teknik Sipil, Diktat Kuliah*, Laboratorium BKT, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM.
- Dipohusodo, I, 1994. *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia, Jakarta.
- Gideon H. Kusuma, 1994. *Pedoman Pengerjaan Beton*, Seri 2, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Heri Nugroho, 1998. *Tinjauan Penyempurnaan Susunan Tulangan Bambu terhadap Peningkatan Kuat Lentur Pada Plat Beton Bertulang Bambu*, Skripsi UKRIM, Yogyakarta
- Ponco, Y, 2002. *Tinjauan Penggunaan Gabungan Pasangan Batu Kali Dan Beton Bertulang Sebagai Bahan Konstruksi Penahan Lentur*, Skripsi UKRIM, Yogyakarta.
- Puspantoro, B, 1999. *Bahan Bangunan*, Diktat Kuliah, Yogyakarta.
- Tjokrodimulyo, K, 1996. *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta.
- Tjokrodimulyo, K, 1987. *Hubungan Antara Umur dan Kuat Tekan Pada Beton Dengan Bahan Batuan Sungai Krasak*. Yogyakarta.
- Wahyudi, L dan Syahril, 1997. *Struktur Beton Bertulang Standart Baru SNI T-15-1991-03*, Gramedia, Jakarta.