

JURNAL TUGAS AKHIR
PENGARUH METODE PENGECORAN TERHADAP KAPASITAS
LENTUR BALOK BETON BERTULANG



DISUSUN OLEH :

INAYAH

D111 12 265

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2017

**PENGARUH METODE PENGECORAN TERHADAP KAPASITAS
LENTUR BALOK BETON BERTULANG**

*THE IMPACT OF CASTING METHOD AGAINST BEARING CAPACITY OF
REINFORCED CONCRETE BEAMS*

*Inayah, Rudy Djamaluddin, Rita Irmawaty
Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar*

Alamat Korespondensi

Inayah
Fakultas Teknik Jurusan Sipil
Universitas Hasanuddin Gowa, 92133
HP : 081242026134
Email : inayahibrhm@gmail.com

PENGARUH METODE PENGECORAN TERHADAP KAPASITAS LENTUR BALOK BETON BERTULANG

THE IMPACT OF CASTING METHOD AGAINST BEARING CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE BEAMS

Inayah¹, Rudy Djamaluddin², Rita Irmawaty²

ABSTRAK

ABSTRAK : Perkembangan ilmu pengetahuan dalam bidang konstruksi mendorong banyak penelitian baru mengenai balok. Balok mempunyai karakteristik utama yaitu lentur. Dengan sifat tersebut balok merupakan elemen bangunan yang dapat menangani gaya geser dan momen lentur. Pendirian konstruksi balok pada bangunan umumnya mengadopsi konstruksi balok beton bertulang. Balok beton bertulang merupakan komponen yang paling banyak mengalami kerusakan atau penurunan layanan selama proses pembebanan pada struktur. Peningkatan beban yang semakin besar secara terus menerus menyebabkan kerusakan elemen struktural ketika kapasitas beton sudah tidak dapat memikul beban yang bekerja. Meskipun balok beton bertulang memiliki banyak kelebihan namun juga memiliki beberapa kekurangan. Salah satu kekurangan beton yaitu memiliki sifat yang sangat variatif, tergantung proporsi campuran dan pengadukannya. Kualitas beton yang buruk seringkali diakibatkan oleh metode pengecoran yang kurang tepat. Metode pengerjaan beton dilapangan, yang berbeda dengan pedoman SNI, dapat menjadi penyebab berkurangnya kapasitas dukungan pada beton. Pengerjaan beton dilapangan umumnya dilaksanakan dengan beberapa metode pemadatan. Bila meninjau gedung-gedung tinggi (engineered building) biasanya menggunakan vibrator concrete pada proses pematatannya. Namun, pada bangunan biasa (nonengineered building), biasanya menggunakan cerucuk bambu sebagai alat yang digunakan sebagai pemadat. Pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan 3 variasi benda uji berdasarkan pematatannya. Pemadatan dilakukan dengan cara digetarkan menggunakan vibrator stick, maupun ditusuk dengan menggunakan rod tamping. Pengujian benda uji berupa pengujian lentur balok. Beban ultimit yang dihasilkan dari pengujian balok sebesar 26.71 kN untuk benda uji 1, 25.30 kN untuk benda uji 2, serta 24.97 kN untuk benda uji 3.

Kata Kunci : Balok Beton Bertulang, Metode Pengecoran, Kapasitas Lentur Balok.

ABSTRACT

ABSTRACT : The development of science in the field of construction prompted many new research about the beams. The main characteristics of beams is flexure. The property of the beams is a building element that can handles shear forces and bending moments. Establishment beams construction in buildings generally adopts the construction of reinforced concrete beams. Reinforced concrete beams are components of the most experienced damage or degradation of service during the process of loading on the structure. Increased load continuously causing damage to concrete structural elements when capacity is not able to bear the burden. Although reinforced concrete beams have many advantages but also has some disadvantages. One of disadvantages of the concrete which has properties very varied, depending on the proportion of the mixture and stirring. Poor concrete quality is often caused by lack of proper casting method. Concrete working methods, which is different from SNI guidelines, can be the cause of decreased support capacity of the concrete. Casting of concrete is generally carried out by several compaction methods. When reviewing the high buildings (engineered building) typically use concrete vibrators in compacting process. However, in ordinary buildings (nonengineered building), usually using a rod bamboo as a tool used as a compactor. Manufacture of test specimens was performed using three variations of the test object by way of compacting. Vibrated compaction using a vibrator stick, and stabbed by using a tamping rod. The test specimen of testing flexure. Ultimate load test generates a beam of 26.71 kN for specimen 1, 25.30 kN for the test specimen 2, and 24.97 kN for the test specimen 3.

Key words : Reinforced Concrete Beams, Casting Method, Bearing Capacity of Beams

¹ Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

² Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin maju mendorong semakin banyaknya penelitian baru dalam dunia ketekniksipilan. Utamanya pada penelitian mengenai beton. Beton merupakan material utama yang memiliki peranan penting dalam pelaksanaan konstruksi bangunan. Beton yang dulunya hanya campuran agregat, semen, dan air, kini semakin maju dengan adanya beton bertulang dan kemudian beton prategang. Dalam pelaksanaan konstruksi utamanya digunakan material beton bertulang, yaitu material beton yang dipadukan dengan material besi/baja sebagai tulangan, yang bekerja dalam memikul gaya-gaya eksternal pada beton. Dimana gaya tekan dipikul oleh beton, dan gaya tarik akan dipikul oleh baja.

Balok merupakan salah satu bagian yang penting dalam konstruksi bangunan. Balok mempunyai karakteristik utama yaitu lentur. Dengan sifat tersebut balok merupakan elemen bangunan yang dapat menangani gaya geser dan momen lentur. Pendirian konstruksi balok pada bangunan umumnya mengadopsi konstruksi balok beton bertulang. Balok merupakan bagian dari struktur yang berfungsi menahan lentur dan deformasi. Distribusi tegangan terhadap balok akibat beban lentur mengakibatkan serat atas pada balok tertekan dan serat bawah pada balok tertarik. Balok beton bertulang merupakan komponen yang paling banyak mengalami kerusakan atau penurunan layanan selama proses pembebanan pada struktur. Peningkatan beban yang semakin besar secara terus menerus menyebabkan kerusakan elemen struktural ketika kapasitas beton sudah tidak dapat memikul beban.

Meskipun balok beton bertulang memiliki banyak kelebihan namun juga memiliki beberapa kekurangan. Salah satu kekurangan beton yaitu memiliki sifat yang sangat variatif, tergantung proporsi campuran dan pengadukannya. Kualitas beton yang buruk seringkali diakibatkan oleh metode kerja yang kurang tepat. Metode pengerjaan beton dilapangan, yang berbeda dengan pedoman SNI, dapat menjadi penyebab berkurangnya kapasitas dukungan pada beton. Oleh karena itu, metode pengerjaan beton harus

dilaksanakan sesuai dengan metode yang ditetapkan dalam SNI agar mutu yang dihasilkan seragam dan sesuai dengan mutu beton yang direncanakan.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton

Menurut SNI 2847 – 2013 beton merupakan campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Dalam dunia konstruksi gedung, beton digunakan untuk bangunan pondasi, kolom, balok, pelat atau pelat cangkang. Dalam konstruksi jalan, beton digunakan sebagai lapisan perkerasan kaku (*rigid pavement*).

Kekuatan, keawetan, dan sifat-sifat lain dari beton tergantung dari kualitas bahan dasar, perbandingan volume campuran, cara pelaksanaan, cara pemadatan, pemeliharaannya, serta adanya bahan tambahan (*admixture*).

Metode Pemadatan Beton

Merujuk pada SNI 4810:2013 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Specimen Benda Uji di Lapangan dan SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Beton di Laboratorium, metode pemadatan yang dapat dilakukan terbagi menjadi dua, yaitu dengan cara penusukan dan penggetaran.

Penusukan

Untuk metode penusukan digunakan tongkat yang terbuat dari besi berdiameter 16 mm dengan ujung berbentuk bulat setengah bola. Beton ditempatkan ke dalam cetakan dalam jumlah lapisan yang diinginkan. Tumbuk setiap lapisan dengan menggunakan tongkat penumbuk, penusukan harus tersebar secara merata. Setiap lapisan beton yang akan ditumbuk memiliki tebal sebesar 100 mm. setelah setiap lapisan ditumbuk, ketuk bagian samping cetakan dengan menggunakan palu karet sebanyak 10 sampai dengan 15 kali untuk merapatkan setiap lubang yang tersisah oleh proses penusukan.

Penggetaran

Untuk metode pemadatan dengan penggetar terbagi ke dalam dua jenis yaitu

penggetar internal dan penggetar eksternal. Lama getaran yang dibutuhkan akan tergantung pada tingkat kemudahan pengerjaan beton dan keefektifan penggetar. Biasanya penggetaran dilakukan hingga permukaan beton relatif licin. Lanjutkan penggetaran hanya secukupnya hingga beton mencapai kepadatan yang diperlukan. Kelebihan penggetaran dapat menimbulkan pemisahan pada campuran. Letakkan semua beton untuk masing-masing lapisan kedalam cetakan sebelum memjulai penggetaran pada lapisan tersebut. Bila pekerjaan akhir dilakukan setelah penggetaran, tambahkan beton secukupnya dengan sendok beton untuk melebihi cetakan kurang lebih 3 mm ke atas permukaan beton kemudian ratakan.

Faktor Reduksi Kekuatan Beton

Pengaruh metode pemadatan beton akan menghasilkan perbedaan kuat tekan pada beton. Beton yang dipadatkan dengan cara penggetaran akan menghasilkan kuat tekan yang seragam dan baik, sedangkan beton yang dipadatkan dengan cara penusukan akan menghasilkan beton dengan kuat tekan bervariasi dan cenderung lebih kecil dibandingkan dengan pemadatan dengan cara penggetaran. Ketidakpastian kekuatan bahan terhadap pembebanan pada komponen struktur dianggap sebagai faktor reduksi kekuatan beton.

Beton Bertulang

Beton adalah campuran antara agregat halus (pasir), agregat kasar(kerikil), air dan semen yang bercampur menjadi satu kesatuan yang mirip dengan batuan. Beton biasanya juga ditambahkan dengan zat aditif untuk menghasilkan suatu karakteristik tertentu, untuk meningkatkan kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan.

Pada umumnya beton memiliki kuat tekan yang sangat baik, namun lain halnya dengan kuat tarik. Kuat tarik yang mampu dipikul beton sekitar 8% - 15%. Beton bertulang adalah suatu kombinasi antara beton dan baja dimana tulangan baja berfungsi menyediakan kuat tarik yang tidak dimiliki beton.

Momen Inersia Penampang Retak

Seperti yang telah diuraikan sebelumnya bahwa kondisi beton bertulang sebelum beton retak (praretak) maka tulangan dan beton bekerja bersama-sama pada daerah tarik. Dengan demikian maka untuk menentukan nilai lendutan yang terjadi tentunya juga menggunakan nilai momen inersia penampang utuh dengan asumsi bahwa beton belum mengalami keretakan sehingga momen inersia penampang masih utuh sepenuhnya. Rumus perhitungan momen inersia penampang utuh dapat dilihat pada persamaan(1).

$$I_g = \frac{1}{12}bh^3 \quad (1)$$

Setelah beton mengalami retak maka beton akan memasuki daerah pascaretak di mana kondisi ini dimulai dengan munculnya retak pertama. Apabila telah terjadi retak lentur maka kontribusi kekuatan tarik beton dapat dikatakan sudah tidak ada lagi. Hal ini berarti pula bahwa kekakuan lentur penampangnya telah berkurang sehingga kurva hubungan beban-defleksi akan semakin landai dibandingkan dengan taraf praretak. Pada tahap ini digunakan nilai momen inersia penampang retak I_{cr} . Nilai I_{cr} ini dapat dihitung menggunakan persamaan (2).

$$I_{cr} = \frac{1}{3}bc^3 + \frac{E_s}{E_c}A_s(d - c)^2 \quad (2)$$

$$I_{cr} = \frac{1}{3}bc^3 + \frac{E_s}{E_c}A_s(d - c)^2 + \frac{E_f}{E_c}A_f(h - c)^2 \quad (3)$$

Pada dasarnya ada tiga jenis keretakan pada balok, (Gilbert, 1990):

1. Retak lentur (*flexural crack*), terjadi di daerah yang mempunyai harga momen lentur lebih besar dan gaya geser kecil. Arah retak terjadi hampir tegak lurus pada sumbu balok.
2. Retak geser pada bagian balok (*web shear crack*), yaitu keretakan miring yang terjadi pada daerah garis netral penampang dimana gaya geser maksimum dan tegangan aksial sangat kecil.
3. Retak geser-lentur (*flexural shear crack*), terjadi pada bagian balok yang sebelumnya telah terjadi keretakan lentur. Retak geser lentur merupakan perambatan

retak miring dari retak lentur yang sudah terjadi sebelumnya.

METODE PENELITIAN

Kerangka Prosedur Penelitian

Pada suatu penelitian diperlukan adanya kerangka prosedur dalam melaksanakan penelitian atau disebut sebagai kerangka prosedural penelitian ini dimaksudkan sebagai petunjuk atau gambaran singkat mengenai alur kegiatan apa saja yang dilaksanakn dalam penelitian ini.

Penelitian ini dilakukan sesuai dengan tahapan-tahapan penelitian yang dibentuk dalam suatu kerangka prosedural penelitian. Kerangka prosedural penelitian dimulai dengan pengumpulan teori-teori maupun jurnal pendukung yang berkaitan dengan tema penelitian yang dilakukan. Setelah itu dilakukan desain awal atau analisis pendahuluan benda uji yang selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji berdasarkan beberapa metode pemadatan balok. Setelah balok jadi maka dilakukan perawatan dengan perendaman hingga balok mencapai umur 28 hari. Kemudian dilakukan pengujian balok, dari hasil pengujian data akan diolah dan dianalisis untuk mencapai kesimpulan penelitian.

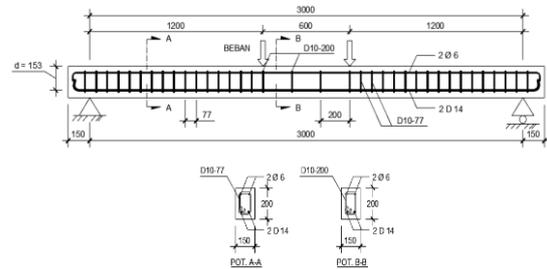
Bahan Uji

Dalam penelitian ini yang meupakan variabel bebas adalah metode kerja beton, yaitu pemadatan beton 3 lapis menggunakan *stick vibrator*, 3 lapis menggunakan *rod tamping*, dan satu lapis menggunakan *rod tamping*. Sedangkan variabel terikatnya adalah kapasitas lentur balok.

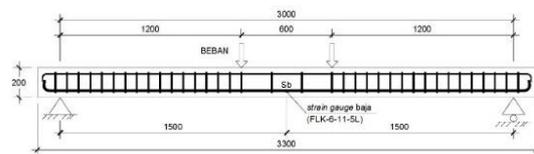
Pengumpulan data pengujian kapasitas balok dilakukan dengan pembebanan statik sampai balok runtuh. Data yang terkumpul digunakan untuk menganalisis karakteristik balok bertulang terhadap pengaruh metode pemadatan.

Gambar 1 menampilkan desain benda uji. Balok beton bertulang dengan dimensi 150 x 200 mm dengan panjang 3300 mm. baja tulangan dengan dimensi tulangan utama bagian tekan Ø6, dan dimensi tulangan utama bagian tarik D14, serta dimensi tulangan susut D10.

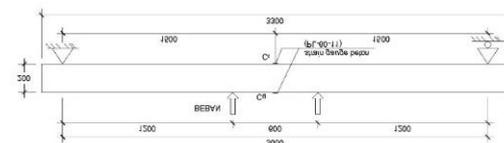
Gambar 2 menampilkan penempatan *strain gauge* pada benda uji. Jenis *strain gauge* yang digunakan dibedakan atas dua yaitu *strain gauge* tipe PL-60-11 (*gauge factor* $2.13 \pm 1\%$) untuk beton dan *strain gauge* tipe FLK-6-11-5L (*gauge factor* $2.12 \pm 1\%$) untuk baja.



Gambar 1. Desain Benda Uji Balok



Strain gauge baja pada balok



Strain gauge beton pada balok

Gambar 2. Posisi pemasangan strain gauge baja dan beton pada benda uji balok

Metode Pengujian

Dalam penelitian ini digunakan 3 metode pemadatan beton yang dilakukan berdasarkan SNI dan pengerjaan beton di lapangan. Hasil dari ketiga metode ini akan dibandingkan dan didapatkan metode yang baik digunakan dalam pengerjaan beton.

1. Metode pertama yaitu beton berlapis dengan penggetaran. Pada metode ini beton akan dibagi ke dalam tiga lapis. Setiap lapisnya mempunyai ketebalan sekitar 67 mm. Setiap lapisan beton akan dipadatkan dengan *stick vibrator*. Setelah dilakukan proses pemadatan maka pada lapisan terakhir akan diratakan menggunakan pisau perata. Metode ini dibuat berdasarkan SNI
2. Metode kedua yaitu beton berlapis dengan penusukan. Pada metode ini beton akan ternbagi menjadi 3 lapis, setiap lapisnya

akan mempunyai ketebalan 66-67 mm. Setiap lapisan yang akan dipadatkan terlebih dahulu dimasukkan kedalam cetakan lalu dilakukan pemadatan dengan cara penusukan. Metode ini dibuat berdasar gabungan SNI dan diadopsi berdasarkan pengerjaan di lapangan. Jumlah tusukan sebanyak 1062 tusukan, yaitu 354 tusukan setiap lapis.

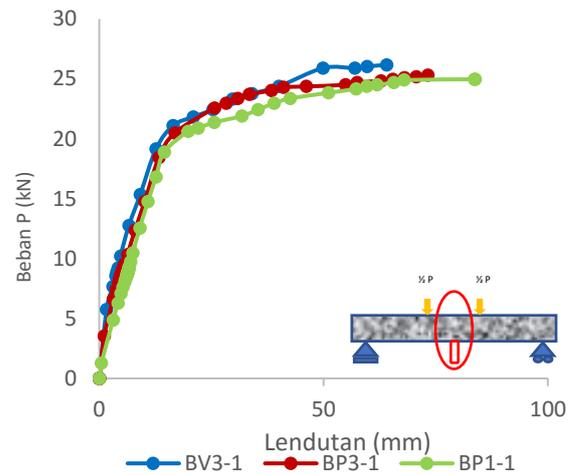
3. Metode ketiga yaitu satu lapis dengan penusukan. Pada metode ini beton yang akan dipadatkan langsung dimasukkan ke dalam cetakan sampai terisi penuh, lalu dilakukan penusukan. Setelah dilakukan penusukan, maka pengerjaan akhir yang dilakukan adalah dengan menambahkan beton pada cetakan dan langsung di ratakan tanpa melakukan penusukan. Metode ini dibuat berdasar adopsi dari pengerjaan beton lapangan. Jumlah tusukan sebanyak 354 tusukan.

Pengujian Lentur Balok Beton

Pengujian lentur pada balok dilaksanakan pada saat sampel balok berumur 28 hari yang terbagi ke dalam beberapa metode kerja. Pada saat pengujian lentur juga diadakan pengukuran lendutan dengan memasang LVDT pada bagian bawah balok serta pemeriksaan pola retakan yang terjadi dengan menggunakan phi gauge.

Pengujian balok dilakukan dengan *two poin load* pada BN dan BF, digunakan pembebanan yang bersifat statik, dengan kecepatan ramp *actuator* konstan sebesar 0,05 mm/dt sampai balok runtuh. Pembacaan data pada *data logger*, sedangkan untuk kondisi-kondisi tertentu, seperti pada *first cracking*, *yield*, dan *ultimate load* data diambil lebih rapat. Sementara itu pengamatan terhadap balok uji terus dipantau secara visual, terutama terhadap perkembangan retak yang terjadi akibat bertambahnya beban, juga terhadap perilaku keruntuhan yang terjadi. Pembebanan dilakukan hingga daerah tekan pada balok hancur dan telah mencapai beban ultimit.

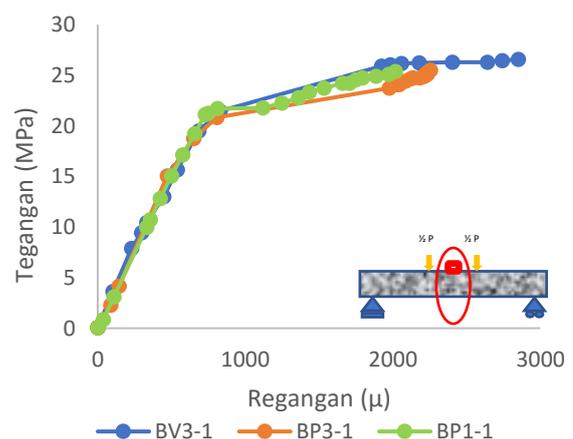
Hubungan Beban dan Lendutan



Gambar 3. Hubungan beban – lendutan benda uji

Pada Gambar 3 menunjukkan hubungan beban – lendutan yang terjadi untuk balok dengan kondisi pemadatan berlapis dengan penggetaran, pemadatan berlapis dengan ditusuk, dan pemadatan satu lapis dengan ditusuk. Pada balok BV3-1 lendutan maksimum yang terjadi sebesar 64 mm saat beban sebesar 26.2 kN. Pada balok BP3-1 lendutan maksimum yang terjadi sebesar 73 mm saat beban sebesar 25.3 kN. Pada balok BP1-1 lendutan maksimum yang terjadi sebesar 70 mm saat beban sebesar 25.1 kN.

Hubungan Tegangan dan Regangan Beton

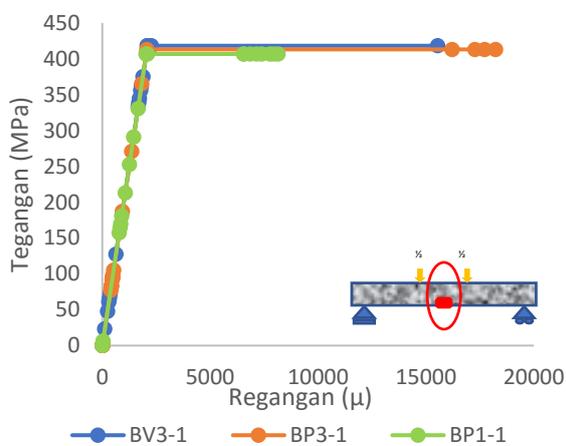


Gambar 5. Hubungan tegangan – regangan pada beton

Pada Gambar 5 menunjukkan hubungan tegangan-regangan pada benda uji balok dengan yang dipadatkan dengan cara penggetaran dan ditusuk. Pada balok dengan

menggunakan penggetaran 3 lapis BV3-1 kondisi ultimit berada pada regangan 26.571 MPa dengan regangan sebesar 2848 μ . Pada balok dengan penusukan 3 lapis BP3-1 kondisi ultimit berada pada regangan 25.492 MPa dengan regangan sebesar 2254 μ . Pada balok dengan menggunakan penusukan 1 lapis BP1-1 kondisi ultimit berada pada regangan 25.357 MPa dengan regangan sebesar 2017 μ . Pada kondisi plastis, tegangan yang menggunakan rumus kondisi elastis, namun tegangan telah memasuki kondisi plastis.

Hubungan Tegangan dan Regangan Baja



Gambar 6. Hubungan tegangan – regangan pada baja

Pada Gambar 6 menunjukkan hubungan tegangan-regangan baja pada benda uji balok dengan metode pematatan dengan cara penggetaran dan ditusuk. Pada balok BV₃₋₁ mengalami kegagalan pada tegangan 418.1 MPa dengan regangan sebesar 15547 μ . Pada balok BP3-1 mengalami kegagalan pada tegangan 413 MPa dengan regangan sebesar 18224 μ . Pada balok BP1-1 mengalami kegagalan pada tegangan 406.6 MPa dengan regangan sebesar 8148 μ .

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Secara visual tampilan permukaan balok dipengaruhi oleh proses pematatannya. Pada balok BV3-1 yang dipadatkan dengan

cara penggetaran menampilkan permukaan yang relatif mulus (*good performance*). Pada balok BP3-1 yang dipadatkan dengan cara ditusuk 3 lapis menampilkan permukaan yang relatif mulus. Sedangkan pada balok BP1-1 yang dipadatkan dengan cara ditusuk tanpa lapisan menampilkan permukaan yang keropos (*bad performance*).

2. Pada balok yang menampilkan permukaan yang mulus BV3-1 dapat memikul beban maksimum sebesar 26.170 kN dengan lendutan sebesar 64.085 mm. sedangkan balok BP3-1 dan BP1-1 berturut-turut memikul beban sebesar 96.693 % dan 95.406 % dari balok BV3-1. dengan lendutan yang terjadi sebesar 73.270 mm dan 83.770 mm.
3. Faktor pematatan beton berpengaruh terhadap kuat tekan dan kapasitas lentur beton. Pematatan beton yang tidak sesuai dengan pedoman SNI akan mengurangi kemampuan beton dalam memikul beban yang bekerja.

Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan sebagai pertimbangan dalam penelitian ini maupun dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam melakukan penelitian lain. Saran-saran yang dapat diberikan antara lain sebagai berikut:

1. Perlu dipertimbangkan untuk melakukan penelitian dengan jumlah benda uji yang lebih banyak.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengambil variasi metode yang lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Antoni dan Paul Nugraha. 2007. *Teknologi Beton*. Penerbit CV. Andi Offset. Yogyakarta.
- Gilbert, R. I. dan Mickleborough, N. C. 1990. *Design of Prestressed Concrete*. Sydney. Unwin Hyman Ltd.
- Standar Nasional Indonesia. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. SNI 03-2847-2002. Badan Standardisasi Nasional. Bandung.

Standar Nasional Indonesia. 2011. *Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium*. SNI 2493 : 2011. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

Standar Nasional Indonesia. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. SNI 2847:2013. ICS 91.080.40. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

Standar Nasional Indonesia. 2013. *Tata cara pembuatan dan perawatan specimen benda uji di lapangan*. SNI 4810 : 2013. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.