

PENGARUH PENGGUNAAN BAJA RINGAN PROFIL *HOLLOW* TERHADAP KUAT LENTUR BALOK BETON

Mas Kahono Pekik Hari Prasetyo^{1,*}, Mochamad Solikin¹⁾

¹⁾Magister Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta,
Jl. Ahmad Yani, Pabelan, Kartasura, Surakarta 57162, Jawa Tengah

^{*}Email : maskahonopekik@gmail.com

Abstract

When a load given to a concrete beam, the upper part of the beam will receiving compressive force, while the bottom holds tensile force. The maximum compressive force in the upper part of the beam gradually decreases to zero at the neutral line and then turns into tensile force that increases to maximum at the bottom fiber of the beam. The bottom part of the concrete below the neutral line does not receive any compressive forces, so it works as a conductor for tensile forces to the reinforcement. This study was intended to determine the effect of inserting hollow steel longitudinally to the tensile area of concrete beams in order to increase the load capacity and reduce the volume of concrete simultaneously. In this study, a one-point pressure test experiment was carried out using a Loading Frame with a sample of 28 days old concrete block with $f'c = 21.04$ MPa measuring 12cm x 18cm x 250cm. The reinforcement configuration is 4Ø10mm with $f_y = 450$ Mpa. The beams are casted in 3 variations consist of 2 samples each, which are normal beams, beams with 4x2 hollow steel profiles, and beams with 4x4 hollow steel profiles. The hollow profile steel was not removed during the test. From laboratory tests, it was found that although the reinforced hollow beam cracked early, the load capacity increased and 7.41% lighter than normal beam. Meanwhile, from the calculation simulation concluded, that to match the strength of hollow beams reinforced with hollow profile steel, solid beams need to be more ductile so that the dimensions need to be enlarged and become more expensive. This indicate that the voids in the tensile area of the beam are economically benefit while the stiffness of the concrete beam remain the same and even increasing flexural strength when a hollow profile steel inserted.

Kata kunci : flexural strength, hollow beam, hollow profile light steel, economical

PENDAHULUAN

Beton adalah campuran homogen antara pasir, batu pecah dengan air dan semen pada perbandingan tertentu. Pada saat pengadukan, rongga-rongga antara butiran besar batu pecah diisi oleh batuan kecil dan pasir, sementara pori-pori antara agregat halus diisi oleh semen dan air. Reaksi kimia antara semen dengan air akan

berfungsi sebagai pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat saling terekat dengan kuat dan terbentuk suatu kesatuan yang padat dan tahan lama. Beton segar yang baik adalah beton segar yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dapat dipadatkan, serta tidak ada kecenderungan pemisahan kerikil dari adukan maupun pemisahan

air dan semen dari adukan. Beton keras yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya kecil (Tjokrodinuljo, 1996).

Beton merupakan elemen utama dalam hampir semua jenis struktur bangunan sipil, baik gedung, jalan dan jembatan maupun bangunan air. Beton sampai dengan saat ini belum tergantikan karena sifatnya yang mudah didapatkan, mudah dikerjakan dan mudah diatur kualitasnya sesuai dengan kebutuhan. Ketahanan beton terhadap korosi yang diakibatkan cuaca, keasaman tanah dan air asin cukup dapat diandalkan, sehingga dapat diaplikasikan pada kondisi lingkungan apapun baik sebagai struktur utama maupun struktur pelindung. Bahkan bila dibuat dengan baik, beton memiliki kuat tekan yang dapat menyamai batuan alami (Tjokrodinuljo, 1996).

Balok adalah elemen struktur beton yang berfungsi sebagai penyalur momen pada struktur di bawahnya, karena fungsi utama bangunan bawah adalah memikul beban – beban pada bangunan atas dan beban sendiri untuk disalurkan ke pondasi. Selanjutnya beban-beban tersebut oleh pondasi disalurkan ke tanah. (DPU, 1988).

Balok mempunyai karakter yang lentur sehingga dapat dikatakan bahwa balok merupakan elemen struktur dalam konstruksi yang dapat diandalkan untuk menangani gaya geser dan momen lentur pada bangunan. Karena sifat khas beton konvensional adalah memiliki kuat tekan yang sangat tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya,

maka sebagai penyeimbang pada bagian di bawah garis netral balok yang berfungsi menahan tarik, ditahan oleh tulangan, sedangkan bagian di atas garis netral yang menahan tekan tetap ditahan oleh beton (Asroni, 2017).

Struktur beton harus menggunakan pondasi yang memadai karena memiliki berat yang signifikan sebagai konsekuensi dari kemampuan menahan gaya tekan yang tinggi. Semakin ke bawah, dimensi, volume dan berat beton semakin besar dan terakumulasi di pondasi, sehingga jika terjadi pengurangan berat pada elemen struktur beton akan secara akumulatif mengurangi jumlah kebutuhan material, biaya pengangkutan, dan biaya pengerjaan. Salah satu cara yang dapat ditempuh untuk mengurangi berat adalah dengan mengurangi volume balok beton pada daerah tarik, di mana beton tidak memiliki fungsi struktural, namun sedikit mengurangi kapasitas balok tersebut. (Alshimmeri, 2014).

Balok beton dapat dikurangi volumenya karena memiliki area tarik yang cukup luas. Dalam penelitian (Pratama dkk, 2016), didapatkan bahwa balok beton dengan lubang (*hollow core*) tanpa perkuatan memiliki berat dan volume yang lebih kecil dibandingkan dengan balok beton normal tanpa lubang, namun menghasilkan lendutan yang sedikit lebih besar. Balok beton normal tanpa lubang rata-rata dapat menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan rata-rata balok beton dengan lubang (*hollow core*). Hal yang sama terjadi

pada lendutan saat retakan pertama terjadi. Lendutan pada saat retakan pertama balok beton dengan lubang (*hollow core*) lebih besar daripada lendutan saat retakan pertama balok beton normal tanpa lubang menyebabkan adanya pengaruh terhadap kekakuannya. Kekakuan balok beton dengan lubang (*hollow core*) tanpa perkuatan lebih kecil dibandingkan kekakuan balok beton normal, namun perbedaannya tidak signifikan.

Penelitian ini akan mengkaji bagaimana perilaku lentur balok beton yang menggunakan profil baja ringan sebagai perkuatan pada lubang di daerah tarik, sebagai pengembangan dari penelitian Penggunaan Baja Ringan/*Cold-Formed Type Hollow* Sebagai Tulangan Pada Balok Beton Bertulang Dalam Memikul Beban Lentur oleh Budi Hastono (2013). Dimana pada penelitian tersebut didapatkan balok yang menggunakan profil *hollow* baja ringan sebagai pengganti tulangan baja memiliki kuat lentur lebih besar 20,3% dibandingkan menggunakan baja tulangan polos diameter 12 mm dan kuat lentur lebih besar 28,5% dibandingkan penggunaan tulangan baja ulir diameter 12 mm pada balok beton bertulang. Hal ini terjadi karena profil baja ringan 4x2 ternyata memiliki kuat tarik lebih besar daripada baja ulir diameter 12 mm.

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh variasi dimensi lubang dengan perkuatan baja ringan profil *hollow* terhadap kekuatan balok beton pada

umur 28 hari. Selain itu, dalam penelitian ini disimulasikan perhitungan biaya untuk mengetahui efisiensi yang diperoleh dengan penggunaan balok dengan baja ringan profil *hollow* dengan perkuatan baja ringan profil *hollow* dibandingkan balok beton pejal.

METODE PENELITIAN

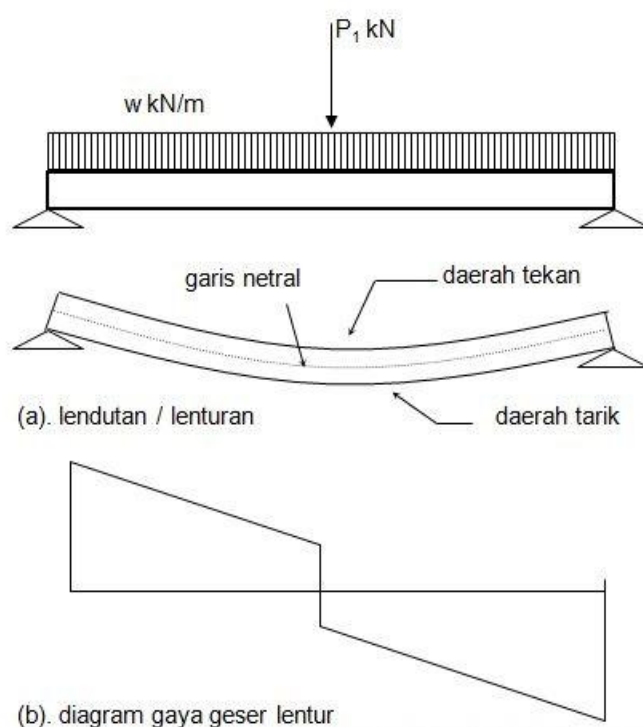
Apabila suatu gelagar balok bentang sederhana menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur, akan terjadi deformasi (regangan) lentur di dalam balok tersebut. Pada kejadian momen lentur positif, regangan tekan akan terjadi pada bagian atas dan regangan tarik di bagian bawah penampang. Regangan tersebut mengakibatkan timbulnya tegangan – tegangan yang harus ditahan oleh balok, tegangan tekan di atas dan tegangan tarik di bagian bawah seperti digambarkan dalam gambar 1.

Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimental di laboratorium, dimana objek yang akan diteliti berupa sampel yang akan diuji di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Surakarta secara langsung. Langkah penelitian dilakukan dengan membuat tiga buah sampel silinder beton berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm serta dilakukan pengujian tekan pada umur 7 hari dengan ketentuan kuat tekan beton harus sudah mencapai 70% dari kuat tekan rencana, yaitu 20 MPa. Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan, masing-masing sampel silinder beton ditimbang terlebih dahulu, sehingga

diketahui sampel beton tersebut termasuk beton normal, berat ataupun ringan.

Setelah itu menyiapkan sampel balok pejal, balok dengan baja ringan profil *hollow* 4x4 dan balok dengan baja ringan profil *hollow* 4x2 masing-masing 2 buah yang dirawat selama 28 hari (SNI 2002, 2013), kemudian dilakukan pengujian kuat lentur pada keseluruhan sampel, dengan menggunakan alat *loading frame* di

Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Pengujian lendutan dilakukan terhadap balok berdimensi $b=12$ cm dan $h=18$ cm dengan panjang 250 cm yang diberi tumpuan pada ujung tiap balok. Pengujian dilakukan pada 6 sampel, terdiri dari 2 sampel balok pejal, 2 sampel balok dengan baja ringan profil *hollow* 4x2, dan 2 sampel balok dengan baja ringan profil *hollow* 4x4.



Gambar 1. Diagram geser lentur balok (Budi, 2012)

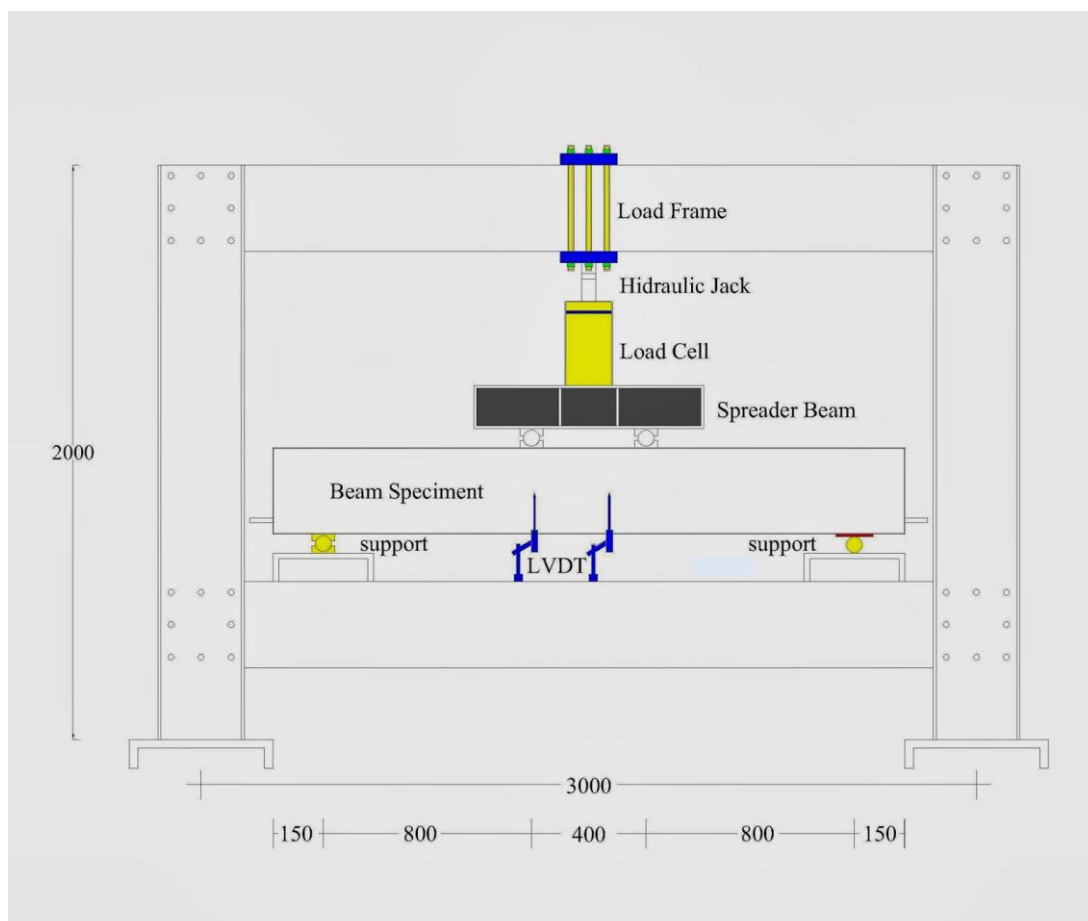
Baja ringan profil *hollow* dipasang secara sepanjang balok dan tidak dicabut selama pengujian berlangsung, sehingga terjadi pelubangan secara memanjang pada area tarik beton. Selain itu baja ringan profil *hollow* juga dimaksudkan sebagai perkuatan pada lubang untuk

menghindari kehancuran dini akibat pembebanan, karena berdasarkan penelitian Noorhidana dan Purwanto, 2011, kelemahan paling besar terjadi pada balok dengan lubang di daerah lentur maksimum.

Balok diuji dengan satu titik pembebanan menggunakan dongkrak

hidrolik. Tiga alat pengukur *dial* digunakan untuk mengukur defleksi balok, yang pertama terpasang di tengah bentang balok dan dua lainnya di bawah titik tumpuan, seperti digambarkan dalam gambar 2.

Lendutan balok bertulang diukur dengan *dial indicator*. Pembebanan awal pada pengujian ini sebesar 1 kN kemudian dinaikkan secara bertahap sebesar 0,5kN hingga tercapai kapasitas maksimum alat.



Gambar 2. Pengujian Balok Beton

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Kuat tekan dan jenis beton

Dari hasil penimbangan sampel beton, didapatkan berat satuan rata-rata 2337,658 kg/m³, jika diklasifikasikan menurut SNI (2002), maka sampel beton di atas termasuk beton normal. Setelah dilakukan penimbangan, dilakukan uji kuat tekan silinder beton dengan menggunakan alat *compression testing machine* di

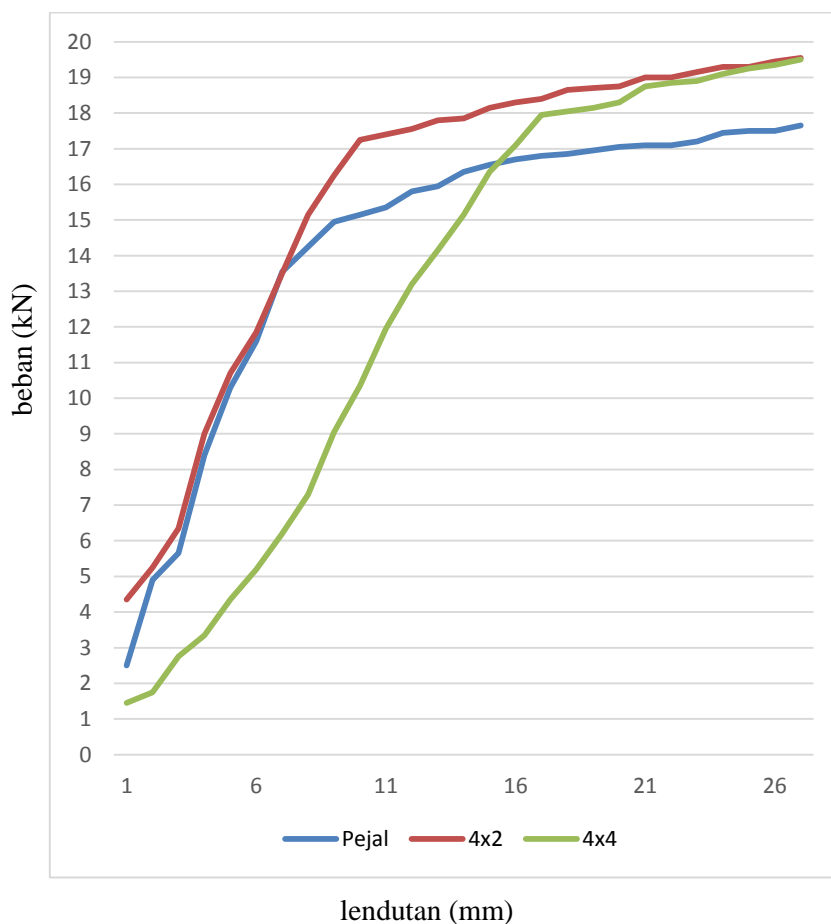
Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Dari pengujian yang dilakukan, didapat rata-rata kuat tekan sebesar 21,04 MPa. Dari uji tekan diketahui bahwa beton yang diuji termasuk beton mutu sedang dan layak digunakan sebagai beton struktur.

b. Hubungan beban dan lendutan

Untuk mengetahui beban *ultimate* yang dapat ditahan oleh balok,

dilakukan uji lendutan yang diukur dengan *dial indicator*. Pada balok diberikan pembebanan awal sebesar 1kN lalu beban dinaikkan secara bertahap hingga terjadi kegagalan.

Akan tetapi hingga akhir pengujian, lendutan maksimum pada balok belum tercapai karena kapasitas maksimum mesin sudah tercapai lebih dahulu.



Gambar 3. Grafik Perbandingan tiap balok

Pada gambar 3, kurva biru mewakili lendutan pada balok pejal, kurva merah mewakili balok dengan lubang dengan perkuatan baja ringan profil *hollow* 4x2, sedangkan kurva hijau mewakili balok dengan lubang dengan perkuatan baja ringan profil *hollow* 4x4. Masing-masing balok diberi beban yang bertambah secara bertahap. Pada nilai beban tertentu, perilaku balok mulai berubah yang ditandai dengan mulai melandainya

grafik yang menggambarkan lendutan bertambah secara signifikan walaupun penambahan gaya konstan. Pada balok pejal hal ini terjadi pada beban 15,15 kN, balok dengan lubang dengan perkuatan baja ringan profil *hollow* 4x2 terjadi pada beban 17,25 kN, sedangkan balok dengan lubang dengan perkuatan baja ringan profil *hollow* 4x4 terjadi pada beban 17,95 kN.

Perilaku ini terjadi akibat

tegangan leleh maksimum terlewati, sehingga tidak ada daya tahan terhadap penambahan beban. Jika dibandingkan, maka terlihat bahwa balok dengan lubang dengan perkuatan baja ringan profil *hollow* 4x4 memiliki nilai tegangan leleh paling tinggi, disusul dengan balok dengan lubang dengan perkuatan baja ringan profil *hollow* 4x2 dan yang terendah adalah balok pejal.

Hal ini juga dialami oleh Sariman dkk (2018), dimana dalam laporan penelitiannya dituliskan bahwa balok dengan rongga yang melewati area momen murni menunjukkan penurunan beban tulangan leleh yang cukup signifikan dibandingkan balok pejal, sedangkan spesimen balok uji dengan rongga yang terletak di dalam area momen murni kurang lebih sama dengan beban tulangan leleh pada balok pejal. Noorhidana dan Purwanto (2011) menyimpulkan hal serupa yakni perlu diberikan perkuatan pada lubang di tengah bentang untuk menghindari kehancuran dini pada lubang akibat pembebanan.

c. Retak Awal

Retak awal adalah retak pertama yang terlihat pada balok beton. Karena itu selain mengamati angka yang tertera pada *dial gauge*, juga dilakukan pengamatan visual pada balok uji untuk mengetahui retak awal pada masing-masing sampel. Dari pengamatan ini diketahui retak awal pada balok pejal terjadi pada beban 7,1 kN, sedangkan pada balok dengan *hollow* 4x2 pada beban sebesar 10,4 kN dan pada balok 4x4 mengalami retak awal pada kondisi beban 4 kN.

d. Pola Retak

Pada dasarnya retak merupakan sebuah peringatan akan adanya deformasi struktur atau kerusakan pada bangunan. Keretakan juga menunjukkan sebuah perilaku beban yang bekerja serta memberikan informasi apakah keretakan ini sifatnya struktural atau non-struktural. Retak diakibatkan penurunan yang tidak seragam, susut, beban bertukar arah, perbedaan unsur kimia dan perbedaan suhu. Pada kondisi di lapangan, variasi pola retak berbeda satu dengan lainnya. Hal tersebut dikarenakan perbedaan tegangan tarik yang ditimbulkan oleh beban, momen dan geser. Retak dimulai dari retak permukaan yang tidak dapat terlihat secara kasat mata. Apabila pembebanan diberikan secara terus menerus dapat mengakibatkan retak rambut yang merambat hingga pada akhirnya terjadi kegagalan atau keruntuhan pada struktur (Dini, 2008). Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan, dapat diamati bahwa pola retak yang terjadi pada balok pejal dimulai dari retakan pertama di tengah bentang pada saat beban sebesar 7,1 kN yang kemudian diikuti retakan-retakan berikutnya disamping kiri dan kanan retak pertama seperti pada gambar 4. Sedangkan pada balok dengan baja ringan profil *hollow* 4x2 retak pertama terjadi saat beban sebesar 10,4 kN, dimana seiring dengan pertambahan beban muncul retakan di kanan dan kiri dari retak pertama seperti pada gambar 5. Retak pertama pada balok berlubang dengan baja ringan profil *hollow* 4x4 terjadi

pada pembebanan 4 kN. Pola retak dan perkembangannya pada setiap tahapan pembebanan retak dimulai dari daerah tarik beton selanjutnya ke daerah tekan

dari penampang seperti pada gambar 6. Retak yang terjadi adalah retak lentur, karena yang terjadi hampir tegak lurus terhadap sumbu balok.



Gambar 4. Pengujian Balok pejal



Gambar 5. Pengujian Balok 4x2



Gambar 6. Pengujian Balok 4x4

e. Perbandingan Ekonomis

Dari perhitungan secara teoritis, untuk menyamai balok *hollow* 4x2 yang memiliki $P_d = 17,25$ kNm balok pejal

konvensional dapat diperbesar pembesannya menjadi $4\text{Ø}12$ hingga memiliki $P_d = 17,172$ kNm. Sedangkan untuk menyamai balok *hollow* 4x4

yang memiliki $P_d = 17,95$ kNm, balok pejal selain diperbesar dimensinya menjadi 15/20 cm tulangnya juga diperbesar menjadi 4Ø12 hingga memiliki $P_d = 20,656$ kNm .

Dengan perhitungan biaya berdasarkan pada standar harga bahan bangunan di Kota Madiun pada tahun 2019, untuk menyamai balok *hollow* 4x2 seharga Rp. 271.616,98 diperlukan balok pejal seharga Rp. 304.133,04 atau lebih mahal 11,66%. Sementara untuk menyamai balok *hollow* 4x4 seharga Rp. 267.115,88, diperlukan balok pejal seharga Rp. 373.260,84 yang memakan biaya tambahan 28,44%.

SIMPULAN

Dari pengujian di laboratorium yang telah dilaksanakan, dapat ditarik kesimpulan jika pelubangan pada daerah tarik tidak mempengaruhi kekuatan, bahkan jika diberi baja ringan profil *hollow*, maka kekuatannya akan bertambah masing-masing 13,86% dengan penambahan baja ringan profil *hollow* 4x2 dan 18,48% jika diberi baja ringan profil *hollow* 4x4. Dengan dimensi yang sama, balok beton normal tanpa lubang lebih berat hingga 8% dibandingkan dengan beton berlubang dengan perkuatan (*hollowcore*). Balok yang diperkuat baja ringan profil *hollow* 4x4 dapat menahan beban 9,66% lebih besar dibandingkan dengan balok beton dengan lubang yang diperkuat baja ringan profil *hollow* berdimensi 4x2. Untuk menyamai kekuatan balok dengan baja ringan profil *hollow* 4x2, balok pejal perlu diperbesar dimensinya hingga

menjadi lebih mahal 11,66%, sedangkan untuk menyamai balok dengan baja ringan profil *hollow* 4x4, memakan biaya tambahan 28,44%. Balok dengan baja ringan profil *hollow* 4x4 mengalami retak paling awal pada beban 4 kN, diikuti oleh balok pejal pada beban 7,1 kN, terakhir pada balok *hollow* 4x2 pada beban sebesar 10,4 kN. Retak pertama terjadi pada lendutan 7 mm pada balok dengan baja ringan profil *hollow* 4x4, 5 mm pada balok dengan baja ringan profil *hollow* 4x2, dan 3 mm pada balok pejal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alshimmeri, Ahmad Jabbar Hussain, 2014, Structural Behavior of Reinforced Concrete *Hollow* Beams under Partial Uniformly Distributed Load, *Journal of Engineering* 20(7): 130–45.
- Asroni, A., 2017, Teori Dan Desain Balok Plat Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013, Muhammadiyah University Press.
- Budi Hastono, K., 2013, Penggunaan Baja Ringan (Cold-Formed) Type *Hollow* Sebagai Tulangan Pada Balok Beton Bertulang Dalam Memikul Beban Lentur, *KERN Jurnal Teknik Sipil* 3(Mei): 21–38.
- Budi, K., 2012, Geser Lentur Balok, [https://www.ilmutekniksipil.com / struktur-beton/ geser-lentur-balok](https://www.ilmutekniksipil.com/struktur-beton/geser-lentur-balok) (May 24, 2021).
- Dini, R., 2008, Analisis Pengaruh Dimensi Balok Dan Kolom Portal Terhadap Lebar Retak Pada Bangunan, Universitas

- Brawijaya Malang.
DPU, 1988, Modul Pengantar Dan Prinsip-Prinsip Perencanaan Bangunan Bawah / Pondasi Jembatan.
- Noorhidana, VA; dan Purwanto, Edy, 2011, Pengaruh Pelubangan Pada Badan Balok Beton Bertulang Terhadap Kapasitas Beban Lentur, *Jurnal Rekayasa* 15(2) :151-162
- Pratama, R.F., Budio, S.P., dan Wijaya, M.N., 2016, Analisa Kekakuan Struktur Balok Beton Bertulang Dengan Lubang *Hollow Core* Pada Tengah Balok, *Journal Article Mahasiswa Teknik Sipil* 1(2): 1–11.
- Sariman, Syahrul; Parung, Herman; Djamaludin, Rudy; dan Irmawaty, Rita, 2018, Analisis Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Variasi Panjang Rongga Pada Penampang Tarik, In *Prosiding Konferensi Nasional Pascasarjana Teknik Sipil (KNPTS)*. Institut Teknologi Bandung, 2 Oktober 2018: 31-40
- SNI, 2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847 - 2002.
- SNI, 2013, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung SNI 2847 – 2013.
- Tjokrodinuljo, K., 1996, *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.