

Diterima : 11 Desember 2022 | Selesai Direvisi : 07 Januari 2023 | Disetujui : 21 Januari 2023 | Dipublikasikan : Juli 2023

DOI : <http://dx.doi.org/10.24853/jk.14.2.9-18>

Copyright © 2023 Jurnal Konstruksia

This is an open access article under the CC BY-NC licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Pengaruh Penambahan Sika Grout pada Balok Beton Bertulang dengan Kondisi *Spalling*

Sugira Said¹, Rudy Djamaluddin¹, dan Rita Irmawaty¹

¹Prodi Magister Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Jl. Malino No. 8F, Gowa, 92171

Email korespondensi: sugirasaid17@gmail.com

ABSTRAK

Grouting merupakan metode perbaikan kerusakan struktur yang sering kali digunakan saat ini karena menerapkan standar *corps of engineering* CDR C-621 dan ASTM C-1107. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan sika grout pada balok beton yang telah mengalami kondisi *spalling*. Dalam penelitian ini digunakan SikaGrout 215 yang mempunyai karakteristik tidak menyusut, tidak korosif, dan dapat mengalir dengan baik sehingga dapat dengan mudah mengisi bagian-bagian kecil pada beton dimana digunakan benda uji berupa balok beton bertulang dengan dimensi 150 mm x 200 mm x 3300 mm, mutu beton yang digunakan 20 MPa. Benda uji yang dibuat dalam dua variasi yaitu balok beton bertulang tanpa *grouting* yang berfungsi sebagai balok kontrol diberi simbol BK sebanyak 3 buah. Variasi kedua balok beton bertulang dengan penambahan sika grout pada daerah tarik balok dan diberi simbol BGR sebanyak 3 buah balok. Hasil penelitian menunjukkan beban maksimum balok BGR menurun 47,62% dibandingkan balok BK, hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *grouting* pada balok yang mengalami kerusakan tidak mampu meningkatkan kapasitas kekuatan beton tetapi hanya berfungsi sebagai perbaikan untuk menutupi beton yang mengalami *spalling* agar bentuknya seperti semula. Hasil uji balok BK menunjukkan bahwa semua balok mengalami kegagalan lentur sedangkan untuk balok variasi mengalami kegagalan *debonding*.

Kata kunci: SikaGrout 215, Beton Bertulang, *Spalling*

ABSTRACT

Grouting is a structural damage repair method that is often used today because it meets the requirements of the Corps of Engineering CDR C-621 and ASTM C-1107 standards. The purpose of this study was to determine the effect of adding sika grout to concrete beams that had experienced spalling conditions. In this study, SikaGrout 215 was used, which has the characteristics of non-shrinkage, non-corrosiveness, and good flowability so that it can easily fill small parts of the concrete. The experimental object is a concrete reinforcement beam with a size of 150 mm x 200 mm x 3300 mm and a concrete quality of 20 MPa. The test objects were made in 2 variations, namely, reinforced concrete beams without grouting, which functioned as control beams, and were given the symbol BK in as many as 3 pieces. variation of the two reinforced concrete beams with the addition of sika grout in the beam tension area and given the BGR symbol for 3 blocks. According to the findings, the maximum load of BGR beams decreased by 47.62 % compared to BK beams. This indicates that the use of grout on damaged beams is not able to increase the strength capacity of the concrete but only serves as an improvement to cover the concrete that is experiencing spalling so that it returns to its original shape. The test results for BK beams show that all beams experience flexure failure, while the variation beams experience debonding failure.

Keywords: SikaGrout 215, Reinforced Concrete, *Spalling*

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi Indonesia mengalami tantangan yang signifikan. Dalam industri konstruksi, beton merupakan material berharga yang banyak digunakan. Hal ini dikarenakan keunggulan beton itu sendiri, seperti kemudahan penggunaannya di tempat kerja. Namun, ada banyak sekali desain bangunan yang menunjukkan penurunan kualitas selama tahap awal operasi. Terdapat retakan tambahan dan korosi pada tulangan beton akibat zat-zat yang dapat ditimbulkan oleh daya dukung struktur sehubungan dengan beban-beban yang sedang bekerja.

Penurunan kekuatan struktur yang terjadi pada suatu konstruksi beton selain karena umur layannya, juga diakibatkan oleh korosi pada tulangan. Korosi pada tulangan memicu beton mengalami retak dan pengelupasan (*spalling*).



Gambar 1. Korosi Beton [8]



Gambar 2. *Spalling* Beton [6]

Spalling yang terjadi diakibatkan oleh volume tulangan yang mengembang menekan beton sehingga menyebabkan retak muncul semakin banyak

dipermukaan. Korosi juga menyebabkan terjadinya pengurangan luasan tulangan yang mengakibatkan penurunan kapasitas elemen struktur. Sehingga dibutuhkan tulangan eksternal untuk mengganti tulangan yang mengalami kerusakan. Untuk mengatasi berbagai kerusakan yang terjadi maka diperlukan metode perbaikan dan perkuatan yang tepat. Umumnya perbaikan dilakukan untuk mengembalikan fungsi struktur ke performa semula, sedangkan perkuatan dilakukan sebagai upaya preventif sebelum struktur mengalami kerusakan, sedangkan perbaikan struktur dilakukan sebagai upaya untuk mengembalikan fungsi struktur semula ke keadaan aslinya setelah dilemahkan. Perbaikan struktur diperlukan ketika ada masalah yang menyebabkan degradasi struktur.

Grouting merupakan metode perbaikan kerusakan struktur yang sering kali digunakan karena sifatnya yang mirip dengan beton. Pemilihan material menjadi salah satu persyaratan untuk mendapatkan perbaikan yang tahan lama. *Grouting* adalah proses memberikan campuran air dan SikaGrout 215. SikaGrout 215 merupakan produk bahan bangunan yang biasa digunakan dalam proyek konstruksi. *Grouting* yang dikerjakan tentunya membutuhkan semen *grouting* yang siap pakai dan mempunyai karakter yang tidak susut, tidak korosif, dan dapat mengalir dengan baik sehingga dapat dengan gampang mengisi bagian-bagian kecil serta memenuhi persyaratan [9] standar *corps of engineering* CDR C-621 dan ASTM C-1107 yang keseluruhannya terdapat pada Sika Grout 215.

Tujuan dari riset ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan sika grout pada balok beton yang telah mengalami kondisi *spalling*.

2. LANDASAN TEORI

Tinjauan pustaka

Muh Guntur Drajat (2020) [7] melakukan penelitian tentang studi eksperimental perilaku lentur balok beton bertulang yang

berpengaruh terhadap ketebalan semen *grouting* pada daerah tarik. Tujuan dari penelitian ini adalah agar beton menjadi lebih baik dan berkembang, mengurangi kemungkinan kegagalan dan menaikkan nilai beton secara umum. Perbaikan dan perkuatan dilakukan dalam penelitian ini dengan mortar semen. *Grouting* semen biasanya digunakan untuk memperbaiki masalah skala besar seperti kekosongan pada eksisting beton. Produk *grouting* ini mengandung campuran semen, pengisi, dan aditif. Bahan yang digunakan dalam tahap ini adalah perkamen pasir silika memiliki sifat yang tepat.

Hariati dan Yayuk Setyaning Astutik (2020) [1] melakukan penelitian tentang studi perbandingan kerusakan beton pada struktur keropos kolom menggunakan metode *grouting*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berdasarkan penelitian sebelumnya faktor apa saja yang menyebabkan kerusakan struktur beton dan Analisis hasil perbandingan tekan beton dengan metode injeksi menggunakan pig mortar 215 dan campuran semen dan air. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan optimal untuk beton normal adalah 230,459 kg/cm², beton injeksi sika grout 215 adalah 318,532 kg/cm², dan semen beton injeksi udara adalah 316,707 kg/cm². Mortar sika grout 215 memiliki densitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel lainnya.

Andi Safirah Annisa Marwiji (2021) [2] melakukan penelitian tentang analisis pola kegagalan beton bertulang yang diperkuat dengan material *grouting* dan serat PVA. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji retakan pada balok beton lengkung yang telah diberi perlakuan PVA. Metode pada riset ini bersifat eksperimental dengan tulangan beton dengan metode injeksi dan serat PVA. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan serat PVA pada penyangga GR-F mampu memberikan efek *bridging* yang dapat mencegah lebar dan kecepatan perkembangan retak. Sementara itu, modus keruntuhan yang ditemui pada

ketiga benda uji adalah keruntuhan *under-reinforcement*, yang ditandai dengan melelehnya tulangan sebelum terjadi kerusakan beton dan kegagalan sambungan beton lepas.

Perkuatan dengan metode *grouting*

Injeksi *grouting* adalah proses dibawah tekanan ke dalam rongga, pori-pori, retakan dan retakan pada batuan, yang menyebabkan cairan menjadi padat secara fisik dan kimia dari waktu ke waktu. Metode ini merupakan metode perbaikan retak beton, bertujuan untuk mengisi ruang kosong sehingga menjadi satu kesatuan (homogen). Material yang umum digunakan adalah berbahan dasar semen. Berbagai merek *grouting* tersedia di pasar, termasuk Sika Grout.



Gambar 3. SikaGrout 215 [9]

Grouting merupakan metode perbaikan kerusakan struktur yang sering kali digunakan saat ini karena memenuhi [9] syarat standar *corps of engineering* CDR C-621 dan ASTM C-1107. *Grouting* adalah proses memberikan campuran air dan SikaGrout 215. SikaGrout 215 mempunyai karakteristik tidak menyusut, tidak korosif, dan cair sehingga dapat dengan mudah mengisi bagian-bagian kecil pada beton.

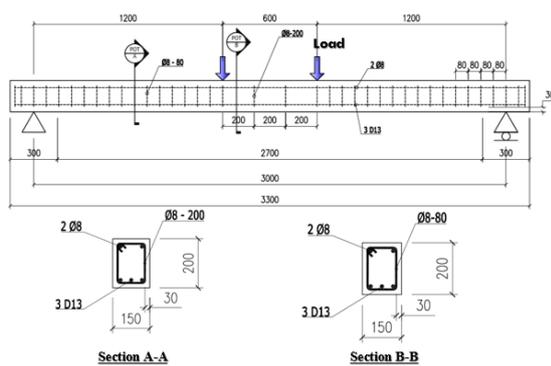
3. METODOLOGI PENELITIAN

Spesimen benda uji

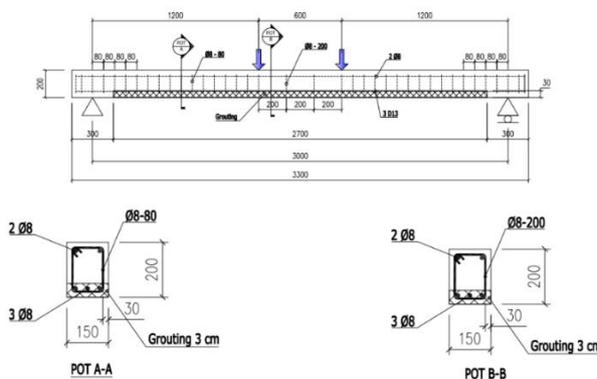
Pada penelitian ini diuji dua jenis balok dengan panjang sampel 150 x 200 x 3300 mm dan mutu beton f_c 20 MPa, hal ini dapat dilihat Gambar 4 dan Gambar 5. Setiap varian item uji terdiri dari 3 spesimen, 3 balok normal dan 3 balok dengan *grouting*. Balok normal sebagai balok penuntun ditunjukkan dengan simbol BK1, BK2 dan BK2. Balok dengan perbaikan *Grouting* diberi nama BGR1, BGR2, dan BGR3.

Tabel 1. Benda Uji

Kode	Tipe Balok	Jumlah (Buah)
BK	Balok Kontrol	3
BGR	Balok Grouting	3



Gambar 4. Profil Memanjang dan Melintang dari Spesimen BK



Gambar 5. Profil Memanjang dan Melintang dari Spesimen BGR

Bahan

[5] Beton *ready mix* dengan perencanaan kuat tekan desain 20 MPa. SikaGrout 215 yang memenuhi syarat [3] standar *corps of engineering* CDR C-621 dan ASTM C-1107. Sika Bond, untuk meningkatkan kelekatan pada area sambungan beton lama dan beton baru.

Fabrikasi dan pengujian spesimen benda uji

Riset ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Gowa. Jenis penelitian yang dilakukan merupakan studi eksperimental laboratorium berupa pengujian lentur balok dengan penambahan dengan mortar *grouting*.



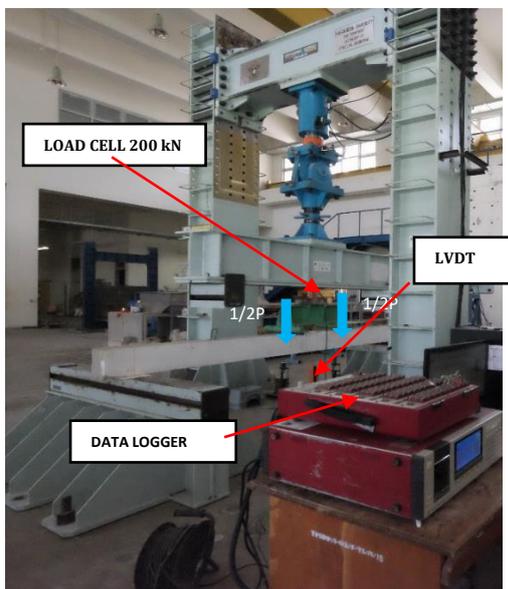
Gambar 6. Pembersihan dan Pengolesan *Bonding Agent*



Gambar 7. Pencampuran SikaGrout 215 dan Air

[3] Semua benda uji dibebani dengan beban monotonik pada dua titik menggunakan alat uji statik berkapasitas

1500 kN. Pembebanan menggunakan kontrol lendutan dengan kecepatan pembebanan 0.2 mm/detik. Untuk mengetahui kapasitas lendutan yang ada dipasang 3 buah LVDT pada sisi bawah balok. *Load cell* berkapasitas 200 kN berfungsi membaca pembebanan yang terjadi. Semua *instrument* tersebut terhubung pada data *logger* yang akan menyimpan semua data yang diambil selama pengujian berlangsung. *Set-up* pengujian balok lentur ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. *Set Up* Benda Uji

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas lentur maksimum balok

Tabel 2 menunjukkan hasil observasi uji kapasitas beban maksimum pada masing-masing benda uji. Beban maksimum balok kontrol dan balok perbaikan *grouting*.

Tabel 2. Beban Maksimum

<i>Tipe Balok</i>	<i>Beban Ultimate (kN)</i>	<i>Beban Maks Rata-Rata (kN)</i>
BK 1	28,12	
BK 2	30,45	29,74
BK 3	30,65	
BGR 1	14,73	14,39

<i>Tipe Balok</i>	<i>Beban Ultimate (kN)</i>	<i>Beban Maks Rata-Rata (kN)</i>
BGR 2	14,39	
BGR 3	14,06	

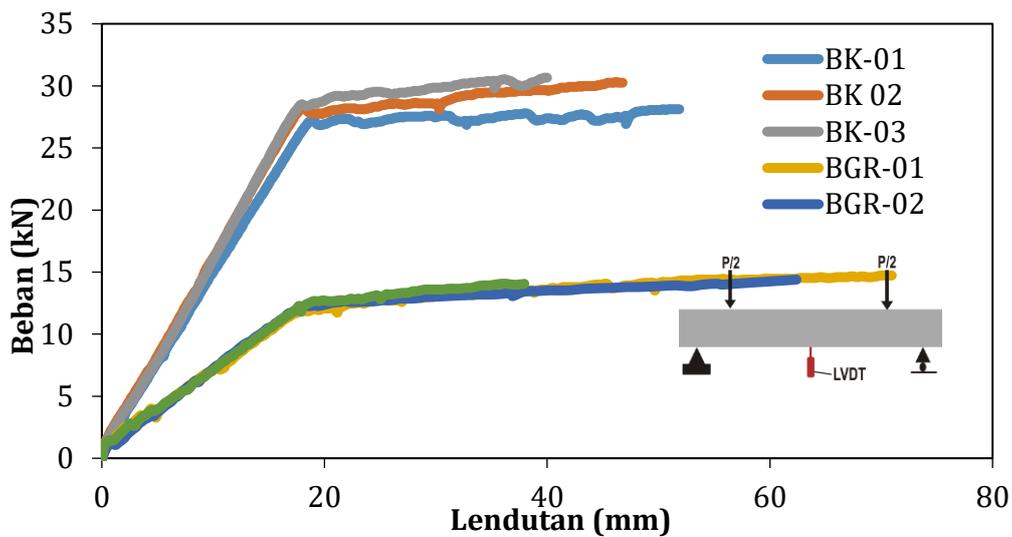
Pada balok BK hasil pengujian didapatkan rata-rata kapasitas lentur sebesar 29,74 kN dan pada balok BGR didapatkan rata-rata kapasitas lentur sebesar 14,39 kN. Beban maksimum balok BGR menurun 47,62% dibandingkan balok BK. Hal ini dikarenakan mortar *grouting* hanya berperan sebagai perbaikan beton agar bentuknya seperti semula sehingga tulangan tarik masih mengalami kerusakan dan tidak bekerja serta mempengaruhi kapasitas beton.

Hubungan beban lendutan

Tabel 3 menunjukkan hubungan beban-lendutan balok BK dan BGR. Lendutan yang ditunjukkan menunjukkan lendutan yang terjadi pada tengah bentang. Efek material perbaikan (mortar *grouting*) dapat diamati dengan membandingkan perilaku beban lendutan balok BK dan BGR.

Tabel 3. Hubungan Beban Lendutan

<i>Tipe Balok</i>	<i>Beban Ultimate (kN)</i>	<i>Lendutan (mm)</i>
BK 1	28,12	51,86
BK 2	30,45	54,38
BK 3	30,65	49,74
Rata-Rata	29,74	51,99
BGR 1	14,73	70,94
BGR 2	14,39	62,38
BGR 3	14,06	37,94
Rata-Rata	32,41	57,16



Gambar 9. Grafik Hubungan - Lentutan

Gambar 9 menunjukkan kekakuan dari ketiga balok memiliki perilaku yang sama pada saat retak awal. Namun setelah kondisi retak awal sampai tulangan leleh hingga beban maksimum, ketiga balok memiliki kekakuan yang berbeda. Injeksi grouting adalah proses di bawah tekanan ke dalam rongga, pori-pori, retakan dan retakan pada batuan, yang menyebabkan cairan menjadi padat secara fisik dan kimia dari waktu ke waktu.

Hubungan beban lentutan yang terjadi pada BK (Balok Kontrol) menunjukkan bahwa baja tulangan bersifat elastisitas penuh hingga balok telah retak di awal dengan nilai beban sebesar 3,47 kN dan lentutan sebesar 2,00 mm. Setelah retak awal, balok memperlihatkan sifat elastoplastis baja hingga tulangan mengalami leleh dimana nilai beban sebesar 26,19 kN dengan lentutan sebesar 16,12 mm. Setelah tulangan leleh, beban masih menunjukkan peningkatan namun sudah tidak proporsional. Dari kurva dilihat hubungan yang menjadi lebih datar dibanding tulangan leleh, hal ini terjadi sampai balok mengalami keruntuhan (*failure*) pada beban ultimit 28.12 dengan lentutan 51.86 mm.

Pada balok dengan perbaikan mortar *grouting* (BGR). Grafik tersebut

menunjukkan bahwa balok mengalami keretakan awal, dengan gaya sebesar 3,47 kN dan panjang 3,54 mm. Balok memperlihatkan sifat elastoplastis baja hingga tulangan mengalami leleh dimana nilai beban sebesar 11,99 kN dengan lentutan sebesar 17,90 mm setelah retak awal.

Setelah tulangan leleh, beban masih menunjukkan peningkatan namun sudah tidak proporsional. Terlihat dari kurva hubungan yang menjadi lebih datar dari sebelumnya. Hal ini terjadi pada saat balok mengalami keruntuhan (kegagalan) pada beban ultimit sebesar 14,73 kN dengan panjang 70,94 mm. Balok BGR memiliki daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan balok BK. Hal ini dapat dilihat dari lentutan pada beban maksimum balok BGR yang meningkat 37% dibandingkan balok BK.

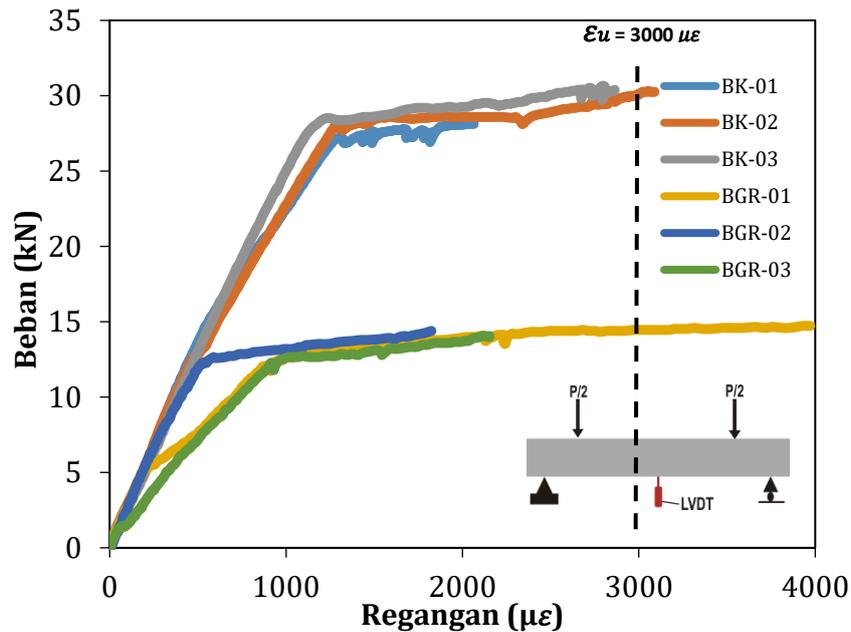
Hubungan beban regangan

Untuk mengevaluasi beban dan regangan pada beton dan baja, dibuat grafik beban dan regangan pada beton dan baja, seperti pada Gambar 10 dan Gambar 11 yang menunjukkan bahwa pada balok BK kondisinya berkisar antara beban sebesar 26,19 kN dengan regangan sebesar 1214

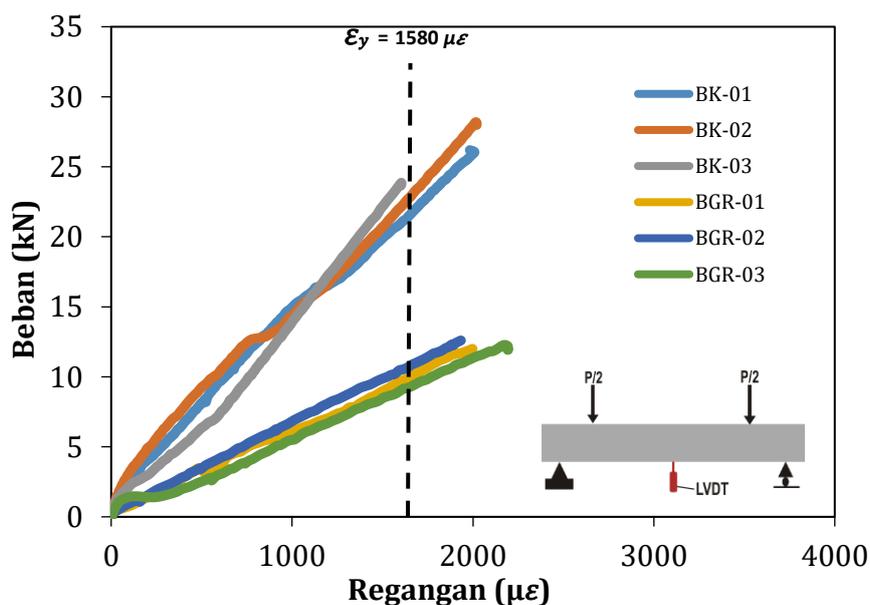
$\mu\epsilon$ menjadi beban sebesar 28,12 kN dengan regangan sebesar 2064 $\mu\epsilon$. Kondisi Balok BGR berkisar antara 11,99 kN dengan tingkat penyambungan kembali sebesar 864 $\mu\epsilon$ hingga 14,73 kN dengan tingkat penyambungan kembali sebesar 3971 $\mu\epsilon$.

Berdasarkan hasil grafik hubungan beban-regangan beton, benda uji balok yang

diberi perkuatan mortar *grouting* mampu mencapai regangan ultimit beton sebelum hancur yaitu ϵ_u sebesar 3000 $\mu\epsilon$. Sedangkan beton normal (BK) telah mengalami kehancuran terlebih dahulu sebelum mencapai regangan ultimit.



Gambar 10. Hubungan Beban – Regangan Beton



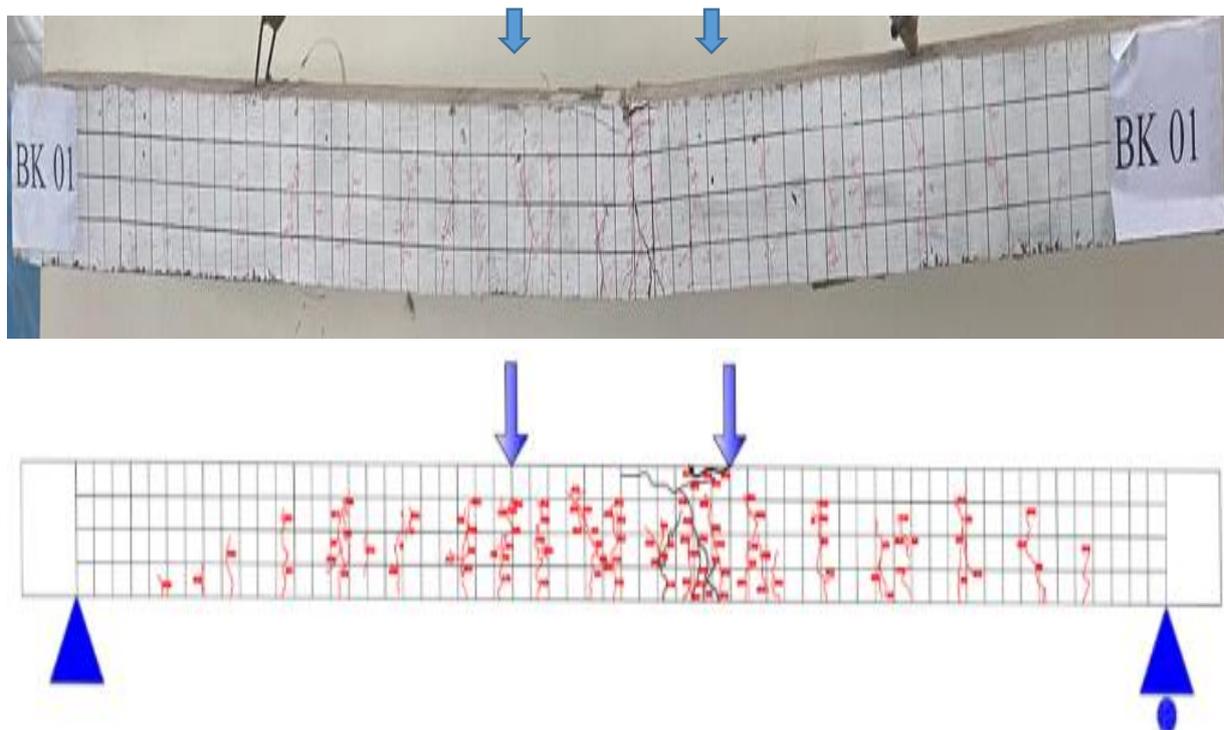
Gambar 11. Hubungan Beban – Regangan Baja

Pada saat beban maksimum, regangan baja pada balok BK dan BGR adalah $1932 \mu\epsilon$, dan $1997 \mu\epsilon$. Berdasarkan pengujian karakteristik mekanis tulangan baja, didapatkan regangan leleh ϵ_y sebesar $1580 \mu\epsilon$. Hal ini menunjukkan bahwa tulangan baja pada semua balok telah mencapai regangan lelehnya pada saat beban maksimum.

Pola retak

Berdasarkan hasil pemeriksaan, semua balok mengalami gagal kelenturan. Kegagalan lentur ini merupakan akibat dari ketidakmampuan balok untuk mendapatkan beban yang menghambat kekuatannya. Berdasarkan perkembangan

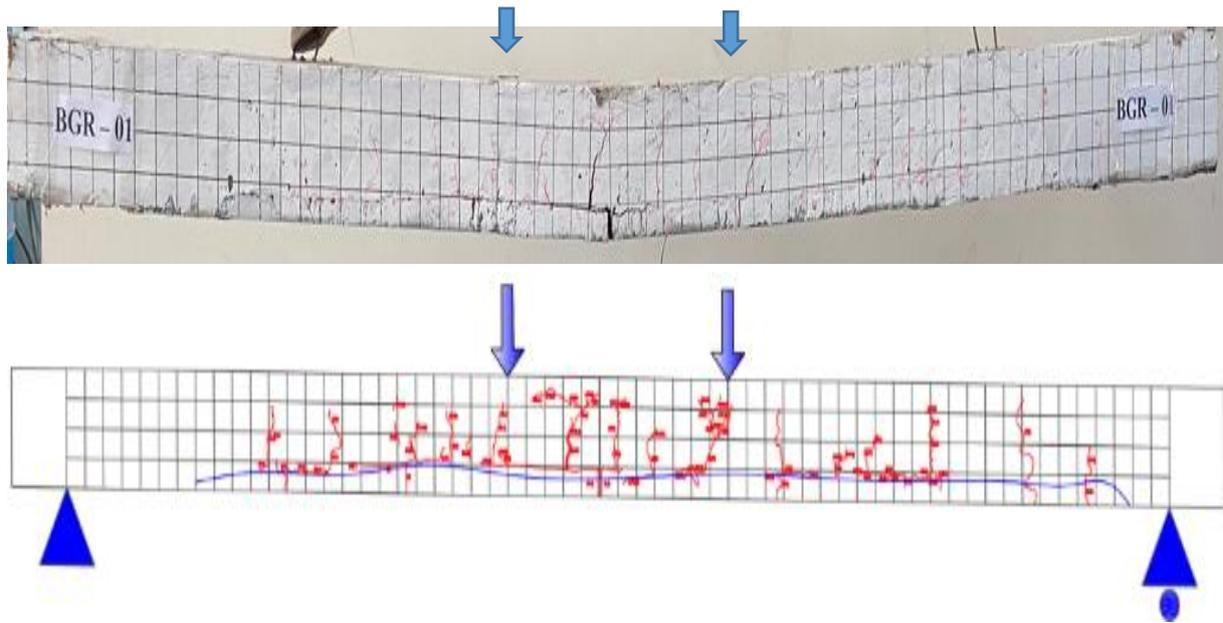
balok beton dapat disimpulkan bahwa jenis retak yang terjadi adalah retak lentur. Retak bergerak secara intens dari sisi tarik menuju ke sisi tekan benda uji dan jenis retak yang terjadi adalah jenis retak lentur. Proses ini berlangsung sampai tercapainya beban puncak, dimana beban tidak lagi bertambah tetapi lendutan terus bertambah terutama pada bagian retak yang cukup lebar dan secara tiba-tiba menurun drastis. Proses ini berlangsung sampai tercapainya beban puncak, dimana beban tidak lagi bertambah tetapi lendutan terus bertambah terutama pada bagian retak yang cukup lebar dan secara tiba-tiba menurun drastis.



Gambar 12. Pola Retak dan Mode Kegagalan Balok BK

Benda uji balok BK yang terlihat di Gambar 12 retak pertama pada saat beban sebesar $3,40 \text{ kN}$. Benda uji dalam kondisi leleh pada beban maksimum sebesar $28,12 \text{ kN}$ dengan panjang retakan yang merambat melebihi bagian $3/4$ bentang balok. Kegagalan balok BK merupakan kegagalan

lentur yang ditandai dengan tercapainya regangan leleh pada tulangan tarik dan terjadinya deformasi yang besar pada balok sebelum beton pada sisi tekan mengalami kehancuran.



Gambar 13. Pola Retak pada Balok *Grouting* (BGR)

Pada benda uji balok BGR, ditemukan *micro-crack* pada sambungan beton normal dan mortar *grouting* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13. Dari sisi perkembangan retak, hampir seluruh retak berawal dari *micro-crack* yang terjadi pada area sambungan. Pada saat beban maksimum, beton pada sisi tekan hancur dan terjadi kegagalan *debonding* yaitu hilangnya lekatan antara beton normal dan mortar *grouting* yang terlihat dari terputusnya retak-retak pada sambungan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Beban maksimum balok BGR menurun 47,62% dibandingkan balok BK, hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *grouting* pada balok yang mengalami kerusakan tidak mampu meningkatkan kapasitas kekuatan beton tetapi hanya berfungsi sebagai perbaikan untuk menutupi beton yang mengalami *spalling* agar bentuknya seperti semula. Sementara itu, balok BGR memiliki daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan balok BK. Hal ini dapat dilihat dari lendutan pada beban

maksimum balok BGR yang meningkat 37% dibandingkan balok BK.

2. Adanya perbaikan *grouting* berpengaruh terhadap mode kegagalan balok, dimana balok dengan perkuatan mortar *grouting* mengalami kegagalan *debonding*, sedangkan balok kontrol mengalami kegagalan lentur. Selain itu, kedua balok mengalami kondisi *under-reinforced* dimana tulangan pada kedua balok leleh terlebih dahulu sebelum beton hancur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] a. A. Y. S. Hariati, "Studi Komparatif Kerusakan Beton Pada Struktur Kolom Yang Keropos Dengan Metode Grouting," *Teknik Sipil Universitas Internasional Batam*, 2020
- [2] A. S. Annisa, "Failure Pattern Analysis Of Reinforced Concrete Beams Strengthened With Mortar Grouting And Pva Fiber," *Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin*, 2021.
- [3] B. S. N. S. 4431:2011, Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2011.
- [4] B. S. N. 03-6825-2002, 2002, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, Metode

Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil.

- [5] B. S. N. I. SNI-03-2847-2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2002.
- [6] C. Digital, "Civil Digital," 9 July 2014. [Online]. Available: <https://civildigital.com/spalling-concrete-causes-prevention-repair/>. [Accessed 5 12 2022].
- [7] M. G. Drajat, "Studi Eksperimental Pengaruh Ketebalan Semen Grouting Pada Daerah Tarik Terhadap Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang," *Diploma thesis, Universitas Andalas*, 2020.
- [8] P. H. L. Cemerlang., "Korosi Pada Beton Bertulang," 12 7 2016. [Online]. Available: <https://hesa.co.id/korosi-pada-beton-bertulang/>. [Accessed 1 3 2022].
- [9] Standar corps of engineering CDR C-621 dan ASTM C-1107.