

STUDI ANALISIS LENTUR PADA BALOK TUMPUAN YANG MENGALAMI Pengeroposan BETON

Arief Eko Supriyadi
YARSI Divisi Pembangunan

N a d i a
Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta
Email : nd7988@yahoo.co.id

ABSTRAK : Penggunaan beton sebagai bahan bangunan semakin meningkat, karena sifatnya yang mudah dibentuk dan memiliki kuat tekan tinggi. Masalah yang sering terjadi dan berpengaruh pada beton adalah adanya keropos yang dapat menyebabkan turunnya kuat lentur balok beton. Keropos sangat dipengaruhi oleh Pelaksanaan pekerjaan Pengecoran. Supaya keropos beton pada balok bisa di minimalisir perlu di perhatikan metode pelaksanaan pekerjaan pengecoran. Keropos pada beton dapat ditanggulangi dengan pelaksanaan pekerjaan grouting. Dalam penelitian ini dianalisa kuat lentur beton yang dihasilkan perbaikan keropos menggunakan Sika Grout (215) New dan Sikaclim, dibandingkan dengan beton dalam kondisi normal dan dengan beton dalam kondisi keropos. Target mutu beton yang ingin di capai adalah Kuat Tekan K 225, dan target slump adalah 6 ± 2 cm. Dari hasil penelitian didapatkan Tergangan lentur rata-rata beton untuk benda uji balok dalam keadaan normal adalah sebesar 0,483 Mpa, Sedangkan untuk benda uji balok dalam keadaan keropos didapat Tegangan lentur rata-rata 0,400 Mpa dan untuk benda uji balok dalam keadaan perbaikan dengan Grouting Tegangan lentur yang didapat adalah 0,433 Mpa. Untuk perbandingan Tegangan lentur antara benda uji balok dalam akibat keropos terhadap benda uji dalam kondisi normal mengalami penurunan sebesar 17,24 %, sedangkan dengan kondisi perbaikan dengan grouting terhadap benda uji balok dalam kondisi normal mengalami penurunan sebesar 10,34 % dan untuk benda uji balok dengan perbaikan grouting terhadap benda uji balok mengalami peningkatan sebesar 6,9 %.

Kata kunci : Beton, Kuat lentur, keropos, Grouting, SNI 03-4431-1997

ABSTRACT: The use of concrete as a building material is increasing, because it is easily shaped and possess high compressive strength. The problem that often occurs and the effect on concrete is a porous can cause a drop in flexural strength of concrete beams. Brittle is strongly influenced by the implementation of jobs Foundry. So porous concrete beams can be minimized to note the method implementation foundry work. Porous concrete can be overcome by the implementation of the grouting work. In this study analyzed the resulting flexural strength of concrete repair using Sika Grout loss (215) New and Sikaclim, compared with concrete under normal conditions and under conditions of porous concrete. Target concrete quality that you want to achieve is Strong Press K 225, and the target slump was 6 ± 2 cm. From the results of research in getting the average bending stress to the concrete beam specimens are normally amounted to 0,483 Mpa, while for beam specimen under bending stress obtained porous state average of 0,400 Mpa and for specimen beam in a state of repair Grouting bending stress obtained was 0,433 Mpa. For comparison between the bending stress in the beam specimen to specimen due to loss under normal conditions has decreased by 17.24%, while the state of repair by grouting the beam specimen under normal conditions has decreased by 10.34% and for the beam specimen with improved grouting the beam specimen increased by 6.9 %.

Keywords: Concrete, Strong pliable, porous, Grouting, SNI 03-4431-1997

LATAR BELAKANG

Teknik yang diperlukan pada saat pengecoran beton bergantung pada elemen struktur beton yang akan digunakan, misalnya untuk kolom, balok, dinding, slab, pondasi, bendung beton atau sambungan suatu beton yang beda waktu pelaksanaan pengecorannya. Beton harus selalu dicor dengan lapisan-lapisan horizontal dan setiap lapisan dipadatkan dengan vibrator berfrekuensi tinggi.

Pada waktu pelaksanaan pekerjaan pengecoran biasa terjadi pemadatan yang kurang sempurna, sehingga campuran beton akan menjadi tidak homogen. Hal inilah yang mengakibatkan terjadinya rongga-rongga didalam beton yang menyebabkan beton menjadi keropos

Pada pengecoran struktur balok, keropos sering diakibatkan oleh:

1. Pemadatan pada waktu pengecoran yang tidak maksimal
2. Jarak waktu pencampuran dan pencetakan / pengecoran beton cukup lama.

Pada struktur balok, keropos ini dapat terjadi di beberapa tempat, salah satunya adalah di tumpuan. Untuk itu akan diteliti, bagaimana pengaruh keropos pada tumpuan balok beton ini terhadap kuat lenturnya. Dan apakah *grouting* dapat menyelesaikan masalahnya (dapat kembali kuat lenturnya seperti balok beton yang tidak keropos)

IDENTIFIKASI MASALAH DAN PERUMUSAN MASALAH

Pelaksanaan pengecoran beton pada struktur balok, merupakan pekerjaan yang mudah

tetapi perlu kecepatan, ketepatan, ketelitian dan kehati-hatian. Hal ini disebabkan oleh waktu setting atau kekerasan beton yang relative cepat. Waktu yang singkat inilah yang banyak menyebabkan kekeroposan beton akibat pengecoran. Keropos pada beton, merupakan perlemahan struktur yang dalam hal ini dapat mengurangi kekakuan / kekuatan beton itu sendiri, sehingga akan mempengaruhi kuat lenturnya. Cara-cara umum yang dilakukan untuk mengisi rongga-rongga pada beton yang keropos adalah dengan *grouting*. Namun apakah *grouting* ini dapat mengembalikan fungsi beton itu sendiri jika dibandingkan dengan beton tanpa keropos? Dengan demikian terdapat beberapa hal yang perlu diteliti, yaitu sebagai berikut:

Berapa besar kuat lenturnya, jika pada beton tidak terjadi keropos, beton keropos pada tumpuan, dan beton keropos setelah di *grouting*?

BATASAN MASALAH

1. Mutu beton K225 (Fc 19,3 Mpa).
2. Semen yang digunakan adalah semen portland biasa type I merk Semen Gresik.
3. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah (split) dengan diameter maksimum 20 mm ex Rumpin.
4. Agregat halus berupa pasir alam ex Bangka yang menembus ayakan 4,8 mm.
5. Air yang digunakan berasal dari PDAM..
6. Benda uji berbentuk balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm sebanyak 12 buah.
7. Semen *grouting* yang digunakan adalah merk Sika Grout 215.
8. Semen *grouting* digunakan merk Sika Cim.

9. Besaran keropos yang direncanakan 5% dari volume balok beton.
10. Umur pengujian uji kuat lentur beton adalah 28 hari.
11. Metode pengujian kuat lentur menggunakan SNI 03-4431-1997 dengan nama Metode Pengujian Kuat Lentur Dengan Dua Titik Pembebanan.
12. Grouting dilaksanakan setelah bekisting dibuka.

MAKSUD DAN TUJUAN

1. Untuk mengetahui pengaruh keropos diposisi tumpuan balok terhadap kuat lentur.
2. Untuk meng-evaluasi kuat lentur balok yang keropos maupun yang sudah digrouting.

HIPOTESIS

1. Kuat lentur balok yang mengalami keropos diperkirakan lebih rendah 5 % apabila dibandingkan dengan Kuat lentur pada balok yang tidak mengalami keropos (kondisi normal).
2. Kuat lentur balok yang di grouting diperkirakan lebih tinggi 2% apabila dibandingkan dengan Kuat lentur pada balok yang tidak mengalami keropos (kondisi normal).
3. Kuat lentur balok yang mengalami keropos diperkirakan lebih rendah 3 % apabila dibandingkan dengan Kuat Lentur pada balok yang sudah mengalami perbaikan grouting.

LANDASAN TEORI

Beton

Beton adalah campuran semen portland, agregat halus, agregat kasar dan air dengan

atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

Beton dibentuk oleh pengerasan campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar (batu pecah atau kerikil), udara dan kadang-kadang campuran tambahan lainnya. Campuran yang masih plastis ini dicor kedalam acuan dan dirawat untuk mempercepat reaksi hidrasi, yang menyebabkan pengerasan beton. Bahan yang terbentuk ini mempunyai kekuatan tekan yang tinggi dan ketahanan tarik yang rendah, atau kira-kira kekuatan tariknya 0,1 kali kekuatan terhadap tekan.

MATERIAL PENYUSUN BETON

Semen

Semen mengandung unsur silikat (*silicates*) dan kapur (*lime*). Semen ini bila dicampur dengan air (*hydration*) akan membentuk massa yang mengeras. Beton yang dibuat dengan semen portland umumnya membutuhkan waktu 14 hari untuk mencapai kekuatan yang cukup, agar acuan dapat dibongkar dan agar beban-beban mati dalam konstruksi dapat dipikul. Kekuatan dari beton yang optimum dicapai dalam waktu minimal 28 hari.

Bahan baku pembentuk semen adalah:

1. Kapur (CaO) – dari batu kapur.
2. Silika (SiO_4) – dari lempung.
3. Alumina (Al_2O_3) – dari lempung.

Agregat

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan kekuatan / kekerasan beton.. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60% sampai 80% volume agregat. Agregat ini bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat

berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat yang berukuran besar.

Dua jenis agregat adalah:

1. Agregat kasar (kerikil, batu pecah, atau pecahan-pecahan dari *blast furnace*), Agregat kasar adalah agregat dengan butiran-butiran tertinggal di atas ayakan dengan lubang berdiameter 4,8 mm, tetapi lolos ayakan dengan lubang berdiameter 40mm.
2. Agregat halus (pasir alami dan buatan).⁽⁸⁾ Agregat halus adalah agregat yang butirannya menembus ayakan dengan lubang berdiameter 4,8 mm.

Karena agregat biasanya menempati sekitar 75% dari total beton, maka sifat-sifat agregat ini mempunyai pengaruh yang besar terhadap perilaku dari beton yang sudah mengeras. Sifat agregat bukan hanya mempengaruhi sifat beton, akan tetapi juga mempengaruhi ketahanan (*durability*) dari beton.

Air

Air yang bersih dan tidak mengandung minyak, asam, alkali, garam, zat organik atau bahan lain yang dapat merusak beton atau tulangan. Dalam hal ini sebaiknya dipakai air bersih yang dapat diminum.

Sifat-Sifat Beton

Sifat-sifat beton perlu diketahui untuk mendapatkan mutu beton yang diharapkan sesuai tuntutan konstruksi dan umur bangunan yang bersangkutan. Pada saat segar atau sesaat setelah dicetak, beton bersifat plastis dan mudah dibentuk. Sedang pada saat keras, beton memiliki kekuatan

yang cukup untuk menerima beban. Sifat beton segar yang baik sangat mempengaruhi kemudahan pengerjaan sehingga menghasilkan beton dengan berkualitas baik.

Lentur Pada Balok Beton.

Beban beban yang bekerja pada struktur ,baik yang berupa grafitasi, maupun beban-beban lain ,seperti beban angin, beban karena susut dan beban karena perubahan temperatur ,menyebabkan adanya lentur dan deformasi pada elemen struktur. Lentur pada balok merupakan akibat dari adanya regangan yang timbul karena adanya beban luar. Apabila bebannya bertambah, maka pada balok terjadi deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan timbulnya atau bertambahnya retak lentur disepanjang bentang balok. Bila bebannya semakin bertambah, pada akhirnya dapat terjadi keruntuhan elemen struktur, yaitu pada saat beban luarnya mencapai kapasitas elemen. Taraf pembebanan demikian disebut *keadaan limit dari keruntuhan pada lentur*. Karena itulah perencana harus mendesain penampang balok sedemikian rupa sehingga tidak terjadi retak yang berlebihan pada saat beban bekerja, dan masih mempunyai keamanan yang cukup dan kekuatan cadangan untuk menahan beban dan tegangan tanpa mengalami keruntuhan.

Jika suatu balok terbuat dari material yang elastis linier, isotropis, dan homogen, maka tegangan lentur maksimumnya dapat diperoleh dengan rumus lentur balok, yaitu $f=Mc/I$. Pada keadaan beban batas, balok beton bertulang bukanlah material yang homogen, juga tidak elastis sehingga rumus

lentur balok tersebut tidak dapat digunakan untuk menghitung tegangannya. Untuk memperhitungkan kemampuan dan kapasitas dukung komponen struktur beton terlentur (balok plat, dinding dan sebagainya), sifat utama bahwa bahan beton kurang mampu menahan tegangan tarik akan menjadi dasar pertimbangan.

Pada saat beton struktur bekerja menahan beban – beban yang dipikulnya, salah satu tegangan yang terjadi adalah tegangan tarik akibat lenturan pada serat tepi bawah Pada balok dengan tumpuan sederhana. Hampir semua balok yang langsing mengalami tegangan akibat lentur. Kekuatan lentur merupakan kekuatan beton dalam menahan lentur yang umumnya terjadi pada balok struktur. Kuat lentur dapat diteliti dengan membebani balok pada tengah-tengah bentang atau pada tiap sepertiga bentang dengan beban titik. Beban ditingkatkan sampai kondisi balok mengalami keruntuhan lentur, dimana retak utama yang terjadi terletak pada sekitar tengah-tengah bentang. Besarnya momen akibat gaya pada saat runtuh ini merupakan kekuatan maksimal balok beton dalam menahan lentur. Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, sampai benda uji patah. Satuan dinyatakan dalam gaya per satuan luas (MPa)

Rumus-rumus perhitungan yang digunakan dalam metode pengujian kuat lentur beton adalah sebagai berikut:

1. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada di luar pusat (diluar daerah 1/3 jarak titik perletakan) di bagian tarik dari beton, maka kuat

lentur beton dihitung menurut persamaan :

$$\sigma = \frac{P.L}{b.h^2}$$

2. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada di luar pusat (diluar daerah 1/3 jarak titik perletakan) di bagian tarik beton, dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari panjang titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan :

$$\sigma = \frac{3.P.a}{b.h^2}$$

Dimana :

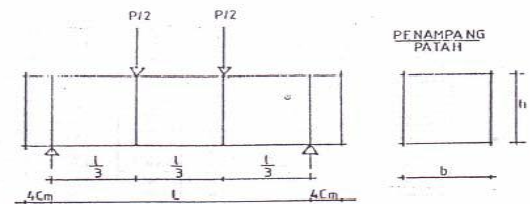
σ = Kuat Lentur benda uji (MPa)

P = Beban yang menyebabkan terbelahnya balok

L = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

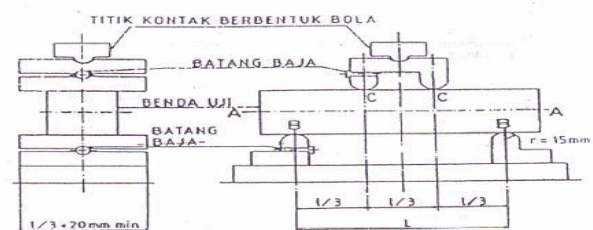
b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

d = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)



KETERANGAN :
 L = JARAK (BENTANG) ANTARA DUA GARIS PERLETAKAN
 b = LEBAR TAMPANG PATAH ARAH HORIZONTAL
 P = BEBAN TERTINGGI YANG DITUNJUKKAN OLEH MESIN UJI

- a = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sisi titik



KETERANGAN :
 A - A SUMBU PANJANG
 B - PERLETAKAN
 C - TITIK PEMBEBANAN

dari bentang (m).

Gambar 1. Uji Lentur dengan Dua Titik Pembebanan

Gambar 2 Garis-garis perletakan dan pembebanan

Grout

Grout adalah slurry semen yang diinjeksikan ke dalam retak-retak, pipa-pipa, dan lubang lubang lainnya. Atau disamping bangunan beton sebagai pelindung yang tidak tembus air. Dapat dipakai pasir bila volumenya besar. Admixture mineral, seperti abu terbang dan bentonite, sering dipakai untuk menambah kecairan. Admixture kimiawi ditambahkan untuk mengurangi kadar air, menambah daya lekat dan mengendalikan waktu pengikatan. Admixture juga bisa ditambahkan untuk melawan susut.

Penerapan grout yang penting misalnya pada metode prepacke agregat.

Bahan – Bahan Campuran

Yang termasuk bahan campuran yang lain adalah

- a. Bahan pengikat (*bonding admixture*).
- b. Bahan pengisi (*grouting admixture*).
- c. Bahan untuk mempercepat pengikatan (*quick setting admixture*).
- d. Bahan pembentuk gas (*gas forming agent*).

Bonding Admixture

Umumnya emulsi air dan material organik seperti karet, polyvinyl klorida, polyvinyl

acetat, acrylics, dan dan butadiene-styrene copolymer. Mereka ditambahkan kedalam campuran semen atau dikuaskan pada permukaan beton lama untuk menambah kekuatan lekatan antara beton lama dan baru. Umumnya ditambahkan dalam proporsi 5 -20 % berat semen, jumlah tergantung kondisi dilapangan dan jenis bahannya. Dapat menyebabkan beberapa pertambahan kandungan udara.

1. Jenis *non - reemulsifiable* adalah tahan terhadap air, lebih cocok untuk penerapan eksterior, dan dipakai di mana ada kelengasan. Hasil optimum hanya sebaik permukaan yang dilapisi. Permukaan harus bersih, kering, baik (*sound*), bebas dari kotoran, debu, cat dan oli.
2. Kegunaan dari bonding admixture adalah untuk meningkatkan daya lekat pasta semen, mortar dan beton.

Komposisi :

Polyvinyl acetate (PVA)

Styrene butadine (SDR) atau acrylic.

Grouting Admixture

Digunakan untuk mencegah terjadinya susut dan menunda set. Karenanya digunakan untuk menstabilkan fondasi, mengisi retak dan sambungan. Menyemen sumur minyak, mengisi lubang (*cores*) dan tembok bata, grout pada tendon dan baut-baut angker dan *preplaced-agregate*, menutup lubang-lubang angker pada fondasi, memperbaiki retak-retak dan keropos, mengisi tendon baja pada beton pratekan.

Grouting admixture tidak dapat susut dan mempunyai kekuatan yang tinggi. Bentuknya encer sehingga mudah di injeksikan kedalam beton. Tidak mengandung klorida sehingga

dapat dipakai pada beton bertulang, dan tidak menimbulkan korosi pada baja tulangan. Hanya saja harganya jauh lebih mahal dari pada semen portland biasa (10 kali lipat).

Komposisi :

- a. Material seperti *gel, clays, pregelatin starch, methyl cellulose* yang berfungsi untuk mencegah kecepatan hilangnya air dan grouting admixtures.
- b. *Betonite clays* : berfungsi untuk mengurangi slurry density.
- c. Material seperti barite dan iron filings yang berfungsi meningkatkan berat jenis.
- d. Natural gums ditambahkan untuk mencegah susut dari grouting tersebut.

Pekerjaan grouting yang sangat cocok untuk daerah perbaikan yang sulit. Jenis kerusakan ini timbul karena pengerjaan beton yang kurang baik, agregat terlalu kasar, kurangnya butiran halus yang termasuk semen, faktor air semen tidak tepat, pemadatan yang tidak sempurna karena rapatnya tulangan, pasta semen keluar dari cetakan yang tidak rapat dan lain-lainnya. Kerusakan semacam ini biasanya disebabkan oleh cetakan (*bekisting*) yang tidak rapi atau rapat. Hal ini menyebabkan pasta semen mengalir keluar, yang mengakibatkan *beton keropos*. Dengan menginjeksi bahan grouting yang relatif cair ke dalam cetakan, ikatan antara *tulangan* dan *beton* kembali seperti semula dan betonpun dianggap masif. Tekanan *injeksi beton untuk perbaikan retakan dan grouting untuk perbaikan dimensi beton*.

Pengujian Hipotesis

Hipotesis pada dasarnya merupakan suatu proporsi atau anggapan yang mungkin benar, dan sering digunakan sebagai dasar pembuatan keputusan/pemecahan persoalan ataupun untuk dasar penelitian lebih lanjut. Anggapan/asumsi sebagai suatu hipotesis juga merupakan data, akan tetapi karena kemungkinan bisa salah, apabila akan digunakan sebagai dasar pembuatan keputusan harus diuji terlebih dahulu dengan menggunakan data hasil observasi.⁽¹³⁾

Distribusi t

Distribusi *t* selain digunakan untuk menguji suatu hipotesis juga untuk membuat pendugaan (*interval estimate*). Biasanya, distribusi *t* digunakan untuk menguji hipotesis mengenai nilai parameter, paling banyak 2 populasi (lebih dari 2, harus digunakan *F*), dan dari sample yang kecil (*small sample size*), misalnya $n < 100$, bahkan seringkali $n \leq 30$. Untuk n yang cukup besar ($n \geq 100$, atau mungkin cukup $n > 30$) dapat digunakan distribusi normal, maksudnya tabel normal dapat digunakan sebagai pengganti tabel *t*.

HASIL PENELITIAN

Pengujian Berat Jenis SSD Agregat Kasar (Kerikil)

Dari hasil pemeriksaan berat isi agregat kasar yang dilakukan didapatkan nilai berat jenis agregat kasar. Nilai BJ agregat kasar tersebut adalah 2,635.

Pengujian Berat Jenis SSD Agregat Halus (Pasir)

Dari hasil pemeriksaan berat isi agregat halus yang dilakukan didapatkan nilai berat jenis

agregat halus. Nilai BJ agregat halus tersebut adalah 2,51

Hasil pengujian kuat tekan yang telah di konversi ke 28 hari dengan factor pembagi 0,65; Nilai rata - rata hasil kuat tekan adalah 25,295 N/mm²

Pengujian Benda Uji

Setelah umur 28 hari benda uji diangkat dari bak perendaman dan didiamkan selama 24 jam untuk selanjutnya dilaksanakan pengujian kuat lentur .

Hasil pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat Lentur yang akan dilaksanakan:

- a. Kuat Lentur untuk benda uji dalam kondisi Normal
- b. Kuat Lentur untuk benda uji dalam kondisi Keropos
- c. Kuat Lentur untuk benda uji dalam kondisi keropos sudah perbaikan dengan menggunakan sika grout.

Tabel 1. Hasil Tes Kuat lentur Benda Uji Kondisi Normal

| Benda uji | Tgl pembuatan | Tgl pengetesan | Hasil pengetesan |
|-----------|---------------|----------------|------------------|
| A1 | 20/11/2012 | 20/12/2012 | 7 |
| A2 | 20/11/2012 | 20/12/2012 | 7,5 |
| A3 | 20/11/2012 | 20/12/2012 | 7 |
| A4 | 20/11/2012 | 20/12/2012 | 7.5 |

$$\sigma_1 = \frac{3.5 \times 450}{150 \times 150^2} = 0,466 \text{ MPa (balok A1)}$$

Kuat lentur beton normal dihitung dengan persamaan :

$$\sigma = \frac{pxl}{bxh^2} \quad \sigma_1 = \frac{3 \times 450}{150 \times 150^2} = 0,400 \text{ MPa (balok B1)}$$

Tabel 2. Hasil Tes Kuat Lentur Benda Uji kondisi Keropos

| Benda uji | Tgl pembuatan | Tgl pengetesan | Hasil pengetesan |
|-----------|---------------|----------------|------------------|
| B1 | 29/11/2012 | 27/12/2012 | 6 |
| B2 | 29/11/2012 | 27/12/2012 | 6 |
| B3 | 29/11/2012 | 27/12/2012 | 6 |
| B4 | 29/11/2012 | 27/12/2012 | 6,5 |

Tabel 3. Hasil Tes Kuat Lentur Benda Uji kondisi perbaikan dengan grouting

| Benda Uji | Tgl pembuatan | Tgl Grouting | Tgl pengetesan | Hasil Test |
|-----------|---------------|--------------|----------------|------------|
| C1 | 23/11/2012 | 20/12/2012 | 27/12/2012 | 7 |
| C2 | 23/11/2012 | 20/12/2012 | 27/12/2012 | 6,5 |
| C3 | 23/11/2012 | 20/12/2012 | 27/12/2012 | 6,5 |
| C4 | 23/11/2012 | 20/12/2012 | 27/12/2012 | 6,5 |

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium Teknik Sipil UMJ

$$\sigma = \frac{pxl}{bxh^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3.5 \times 450}{150 \times 150^2} = 0,466 \text{ MPa (balok C1)}$$

ANALISIS DATA

Tabel 4. Hasil Kuat Lentur Balok Beton Kondisi Normal

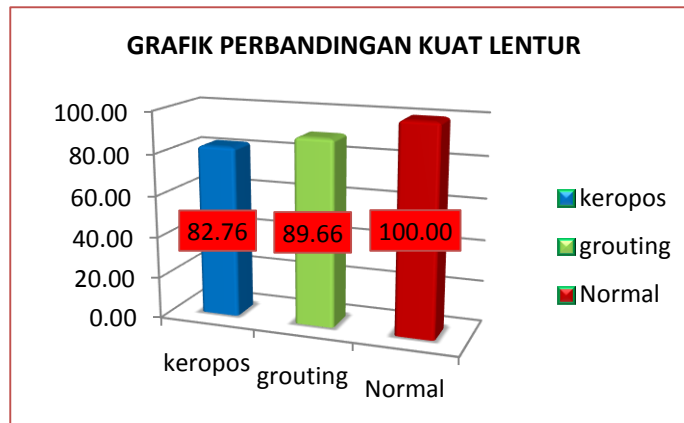
| NO | P (KN) | L (mm) | b (mm) | d (mm) | σ_P (KN/mm ²) | σ_P (MPa) |
|-----------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------|------------------|
| 1 | 3.5 | 450 | 150 | 150 | 0.00047 | 0.466667 |
| 2 | 3.75 | 450 | 150 | 150 | 0.00050 | 0.500000 |
| 3 | 3.5 | 450 | 150 | 150 | 0.00047 | 0.466667 |
| 4 | 3.75 | 450 | 150 | 150 | 0.00050 | 0.500000 |
| Rata-rata | | | | | | 0.483 |

Tabel 5. Hasil Kuat Lentur Balok Beton Kondisi Keropos

| NO | P (KN) | L (mm) | b (mm) | d (mm) | σ_P (KN/mm ²) | σ_P (MPa) |
|-----------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------|------------------|
| 1 | 3 | 450 | 150 | 150 | 0.00040 | 0.400 |
| 2 | 3 | 450 | 150 | 150 | 0.00040 | 0.400 |
| 3 | 3 | 450 | 150 | 150 | 0.00040 | 0.400 |
| Rata-rata | | | | | | 0.400 |

Tabel 6. Hasil Kuat Lentur Balok Beton Kondisi Perbaikan dengan Grouting

| NO | P (KN) | L (mm) | b (mm) | d (mm) | σ_P (KN/mm ²) | σ_P (MPa) |
|-----------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------|------------------|
| 2 | 3.25 | 450 | 150 | 150 | 0.00043 | 0.433 |
| 3 | 3.25 | 450 | 150 | 150 | 0.00043 | 0.433 |
| 4 | 3.25 | 450 | 150 | 150 | 0.00043 | 0.433 |
| Rata-rata | | | | | | 0.433 |



Gambar 3. Grafik perbandingan benda uji

$$\text{Kondisi keropos} = \frac{0,400}{0,483} \times 100 = 82,76\%$$

$$\text{Kondisi grouting} = \frac{0,433}{0,483} \times 100 = 89,66\%$$

$$\text{Kondisi normal} = \frac{0,483}{0,483} \times 100 = 100\%$$

KESIMPULAN

Dari Hasil Penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kondisi Tegangan Lentur akibat terjadi Keropos Beton pada tumpuan mengalami penurunan 17,24 % terhadap Tegangan Lentur akibat beton kondisi Normal.
2. Kondisi Tegangan Lentur akibat beton Kondisi perbaikan dengan grouting mengalami penurunan 10,34 % terhadap Tegangan Lentur akibat beton kondisi Normal.
3. Kondisi Tegangan Lentur akibat beton Kondisi perbaikan dengan grouting mengalami peningkatan 6,9 % terhadap tegangan Lentur akibat beton kondisi Keropos.

4. Kondisi yang mengalami keropos dan sudah mengalami perbaikan dengan grouting tetap hasil tegangan lenturnya lebih rendah terhadap beton kondisi normal.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) ASTM C 33-03, Standart specification for concrete agregat 2003.
- (2) BADAN STANDARISASI NASIONAL, SNI 03-4154-1996, Metode Pengujian Kuat Lentar Beton dengan Balok Uji Sederhana yang Dibebani Terpusat Langsung.
- (3) BADAN STANDARISASI NASIONAL, SNI 03 - 6821 - 2002, SPESIFIKASI AGREGAT RINGAN BATU CETAK BETON PASANGAN DINDING.
- (3) CHU-KIA WANG, CHARLES G. SALMON, BINSAR HARIANDJA, DISAIN BETON BERTULANG, Jilid 2, edisi keempat, Penerbit Erlangga, th 1989

- (4) CHU-KIA WANG, CHARLES G. SALMON, BINSAR HARIANDJA, DISAIN BETON BERTULANG, Penerbit Erlangga Jilid 1, edisi keempat, th 1993
- (5) DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM, SNI 03-2834-2002, Tata cara pembuatan rencana beton normal. YAYASAN LPMB BANDUNG
- (6) DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM, SK-SNI T - 15 -1991-03, TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG. YAYASAN LPMB BANDUNG
- (7) DR Edward G.Nawy,P.E, BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR. Penerbit PT ERESKO BANDUNG, th 1990
- (8) PBI 71, Peraturan Beton Bertulang Indonesia, Departemen Pekerjaan Umum 1971.
- (9) Prof.DR. Sudjana M.A., M. Sc, METODA STATISTIKA, Edisi ke 6, Penerbit TARSITO BANDUNG, th 1996.
- (10) J. SUPRANTO , M A. STATISTIK TEORI DAN APLIKASI, Edisi kelima, jilid 2, Penerbit ERLANGGA, th 1992 Sika Product Catalogue, 3rd Edition @ 2012.