

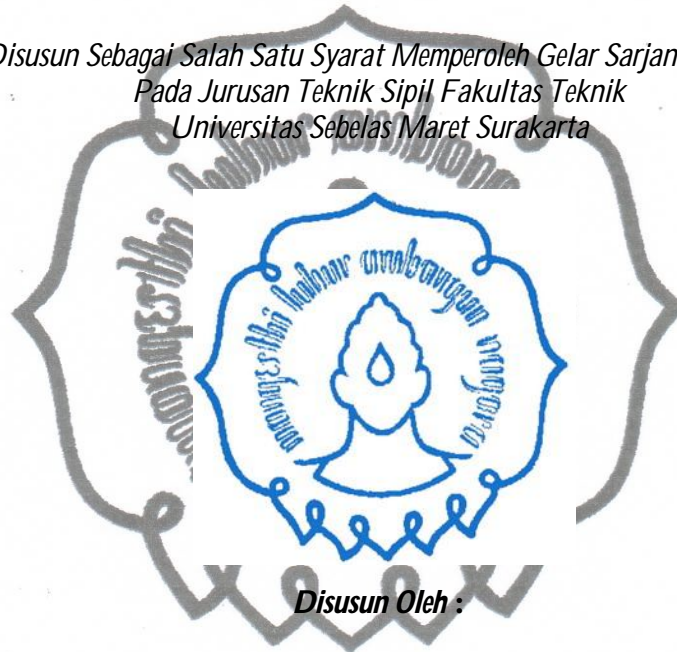
HALAMAN PERSETUJUAN SEMENTARA

**KOMPATIBILITAS LENTUR BALOK BETON BERTULANG
YANG DIPERBAIKI DENGAN
UPR-BASED PATCH REPAIR MORTAR**

(Flexural Compatibility of Reinforced Concrete Beams Repaired with UPR-Based Patch Repair Mortar)

SKRIPSI

*Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta*



Disusun Oleh :

SANDY RADITYA BIMANTARA
NIM I 0109092

Persetujuan :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

S A Kristiawan, ST, MSc, Ph.D
NIP. 19690501 199512 1 001

Ir. Agus Supriyadi, MT
NIP. 19600322 198803 1 001

MOTTO

“Selalu Berpikiran Positif dan Berani Bermimpi”

PERSEMBAHAN

- Mamah, Papah, Kakak, Nenek, Semua Keluarga Besar. Terimakasih atas dorongan, tarikan, tekanan, duit bulanan, dan cinta kasih yang tak terkira besarnya selama saya kuliah di UNS.
- Thiar Theria Amanda yang udah nemenin selama beberapa waktu ini, makasih dukungannya, cepet lulus cepet berguna buat nusa dan bangsa yaa!!! ^_^
- BAPAK PROF. IWAN dan BAPAK AGUS SUPRIYADI, terima kasih untuk kesabaran dalam membimbing dan ilmu yang telah diberikan, maaf sudah banyak merepotkan.
- Rekan-rekan skripsi tercinta : Hapsara, Nadia, Rizky, keluarga Rizky (maaf tante buat ember yang rusak, rumah yang jadi kotor, makanan yang berkurang klo saya brknjung, dsb), terima kasih untuk kebersamaan yang tak terkira, suatu kebanggaan bisa bersama kalian.
- Teman-teman Kontrakan Bujank Jorok : Bagas, Ndimin, Ucup, Dimas, Galang, Pak Guru, Mario, Samuel, Vava, Bokep, dan semua yang datang dan pergi, terima kasih untuk dukungan dan pelajaran hidup selama ini.
- Kontrakan 2009: Jisung, Tijon, Aam, Resi, Diki, Galih, Tore, Andy, Kongek, Juwan, Saduchan, Nanang, dan teman-teman yang lain yang tidak bisa saya sebutkan semua, Terimakasih atas semua cerita, dukungan, dan bantuannya selama ini.
- Kakak dan Adik Kelas satu almamater yang memberi warna baru, Mas Tatang, Mas Suryanto, Pricilia, Praba, Satya, Ina, Herna, Paula, Imam, Hanif, dll. Semangat terus, sukses selalu! :D
- Teman-teman Sipil 2009 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, rasa syukur yang besar saya panjatkan karena bisa berkenalan dengan kalian.
- Segala pihak yang telah mendoakan, mendukung, dan membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini. *user*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Kompatibilitas Lentur Balok Beton Bertulang yang Ditambal Dengan *UPR-Based Patch Repair Mortar*” guna memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak maka banyak kendala yang sulit untuk penyusun pecahkan hingga terselesaikannya penyusunan skripsi ini. Untuk itu, Penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Pimpinan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta,
2. Pimpinan Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta,
3. Prof. Stefanus Adi Kristiawan ST, MSc, PhD, selaku dosen pembimbing I,
4. Ir. Agus Supriyadi, MT, selaku dosen pembimbing II,
5. Prof. Dr. Ir. Sobriyah, MS, selaku pembimbing akademik,
6. Tim dosen penguji pendadaran,
7. Staf pengelola/laboran Laboratorium Bahan Bangunan dan Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret,
8. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil Angkatan 2009 dan semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat berguna bagi pihak-pihak yang membutuhkan, khususnya bagi penulis sendiri.

Wassalamu’alaikum Wr. Wb.

Surakarta,

commit to user

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Landasan Teori	7
2.2.1. Beton	7
2.2.2. Material Penyusun Beton.....	7
2.2.2.1. Semen Portland.....	7
2.2.2.2. Agregat Halus.....	9
2.2.2.3. Agregat Kasar	11
2.2.2.4. Air	12
2.2.2.5. Baja Tulangan.....	13
2.2.3. Mortar.....	13

2.2.4.	Kerusakan-Kerusakan yang Terjadi pada Beton.....	15
2.2.5.	Metode <i>Patch Repair</i>	16
2.2.6.	Polimer... ..	17
2.2.6.1.	<i>Unsaturated Polyester Resin</i>	17
2.2.6.2.	Efek Polimer terhadap Proses Hidrasi Semen	18
2.2.6.3.	Efek Polimer terhadap Sifat-sifat Adukan pada Material Perbaikan.....	19
2.2.6.4.	Durabilitas Polimer dalam Campuran Material Perbaikan.....	19
2.2.7.	Kuat Tekan Beton (F'_c).....	20
2.2.8.	Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang	21
2.2.9.	Hubungan Beban dan Lentutan.....	23
2.2.10.	Modulus Elastis	24
2.2.11.	Daktilitas.....	25
2.2.12.	Pola Retakk.....	26
BAB 3.	METODE PENELITIAN	28
3.1.	Uraian Umum	28
3.2.	Tahap Persiapan Penelitian.....	28
3.3.	Tahap dan Prosedur Penelitian.....	29
3.4.	Benda Uji	32
3.4.1	Spisifikasi Benda Uji Silinder beton	32
3.4.2	Bahan Penyusun Benda Uji UPR.....	33
3.4.3	Bahan Penyusun Benda Uji Balok.....	33
3.5.	Peralatan Penelitian	38
3.6.	Pengujian Bahan Dasar.....	41
3.6.1	Standar Pengujian Bahan Dasar Beton	42
3.6.2	Pengujian Bahan Pembentuk Beton.....	43
3.6.3	Pengujian Kuat Tarik Baja	48
3.7.	Perencanaan Rancang Campur Beton (Mix Design)	48
3.8.	Pembuatan Benda Uji.....	48
3.9.	Modifikasi Perbaikan Beton	50
3.10.	Perawatan Benda Uji.....	50

3.11.	Pengujian Kapasitas Lentur.....	50
BAB 4.	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	55
4.1.	Hasil Analisis Pengujian Bahan	55
4.2.	Hasil Pengujian Benda Uji Silinder	55
4.4.1.	Hasil Pengujian Berat Volume.....	55
4.4.2.	Hasil Pengujian Kuat Desak Beton	56
4.4.3.	Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton	57
4.2.4	Hasil Pengujian UPR.....	58
4.3.	Hasil Pngujian Kuat Tarik Baja Tulangan	59
4.4.	Hasil Pengujian Balok Beton Bertulang.....	60
4.4.1	Daktilitas	63
4.4.2	Pola Retak	64
4.4.3	Deformasi Lokal	71
4.4.4	Analisis Penyebaran Gaya.....	74
BAB 5.	KESIMPULAN DAN SARAN	78
5.1.	Kesimpulan	78
5.2.	Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Momen yang Terjadi Akibat Beban P	21
Gambar 2.2.	Analisis Tampang Balok Beton Bertulang.....	22
Gambar 2.3.	Lendutan Balok.....	23
Gambar 2.4.	Hubungan Beban dan Lendutan.....	23
Gambar 2.5.	Grafik Hubungan Beban dan Lendutan	24
Gambar 2.6.	Pola Retak Lentur.....	27
Gambar 2.7.	Pola Retak Gesar.....	27
Gambar 2.8.	Pola Retak Geser Lentur.....	27
Gambar 3.1.	Bagan Alir Tahap-tahap Penelitian.....	31
Gambar 3.2.	Sketsa Benda Uji Normal	34
Gambar 3.3.	Detail Penulangan Tampak Samping.....	35
Gambar 3.4.	Potongan Melintang Benda Uji.....	35
Gambar 3.5.	Sketsa Benda Uji dengan Perbaikan <i>Patch Repair</i> Mortar....	36
Gambar 3.6.	Detail Penulangan Tampak Samping	37
Gambar 3.7.	Potongan Melintang Benda Uji.....	37
Gambar 3.8.	Sketsa Benda Uji dengan Perbaikan <i>Patch Repair</i> Mortar....	37
Gambar 3.9.	Detail Penulangan Tampak Samping	38
Gambar 3.10.	Potongan Melintang Benda Uji.....	38
Gambar 4.1.	Grafik beban dan lendutan	60
Gambar 4.2.	Diagram Lentur Hasil Uji pada Balok Perbaikan.....	62
Gambar 4.3.	Pola Retak Beban Awal dan Runtuh Balok BN12 Sisi A dan B.....	67
Gambar 4.4.	Pola Retak Beban Awal dan Runtuh Balok BR12 Sisi A dan B.....	67
Gambar 4.5.	Pola Retak Beban Awal dan Runtuh Balok BS12 Sisi A dan B.....	68
Gambar 4.6.	Pola Retak Beban Awal dan Runtuh Balok BN22 Sisi A dan B.....	68
Gambar 4.7.	Pola Retak Beban Awal dan Runtuh Balok BR22 Sisi A dan B.....	69

commit to user

Gambar 4.8.	Pola Retak Beban Awal dan Runtuh Balok BS22 Sisi A dan B.....	69
Gambar 4.9.	Letak Demec Point pada Balok Beton Bertulang.....	71
Gambar 4.10.	Grafik Demec Point pada Balok BN12.....	71
Gambar 4.11.	Grafik Demec Point pada Balok BR12.....	72
Gambar 4.12.	Grafik Demec Point pada Balok BS12.....	72
Gambar 4.13.	Grafik Demec Point pada Balok BN22.....	72
Gambar 4.14.	Grafik Demec Point pada Balok BR12.....	73
Gambar 4.15.	Grafik Demec Point pada Balok BR12.....	73
Gambar 4.16.a	Persebaran Gaya pada Balok BN12.....	75
Gambar 4.16.b	Persebaran Gaya pada Balok BR12.....	75
Gambar 4.16.c	Persebaran Gaya pada Balok BS12.....	75
Gambar 4.17.a	Persebaran Gaya pada Balok BN22.....	75
Gambar 4.17.b	Persebaran Gaya pada Balok BR22.....	76
Gambar 4.17.c	Persebaran Gaya pada Balok BS22.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Susunan Unsur Semen Portland.....	8
Tabel 2.2.	Jenis-jenis Semen Portland.....	9
Tabel 2.3.	Batasan Susunan Butiran Agregat Halus.....	10
Tabel 2.4.	Persyaratan gradasi agregat kasar	12
Tabel 2.5.	<i>Generic Systems for Concrete Patch Repair</i>	14
Tabel 2.6.	Sifat mekanik <i>unsaturated polyester resin</i> Yukalac 157 [®] BQTN 157-EX	18
Tabel 3.1.	Benda Uji Silinder Kuat Tekan dan Modulus Elastis.....	32
Tabel 3.2.	Benda Uji Kuat Tekan UPR.....	33
Tabel 3.3.	Benda Uji Modulus Elastis UPR.....	33
Tabel 3.4.	Spesifikasi Balok Normal.....	34
Tabel 3.5.	Spesifikasi Balok dengan Perbaikan.....	35
Tabel 3.6.	Spesifikasi Balok dengan Perbaikan.....	36
Tabel 3.7.	Tabel Perubahan Warna	44
Tabel 3.8.	Syarat Prosentase Berat Lolos Saringan Standar ASTM.....	45
Tabel 3.9.	Syarat Prosentase Berat Lolos Saringan Standar ASTM.....	47
Tabel 4.1.	Hasil Pengujian Berat Volume.....	56
Tabel 4.2.	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton.....	57
Tabel 4.3.	Hasil Pengujian MOE Beton.....	58
Tabel 4.4.	Hasil Pengujian Kuat Tekan UPR Mortar 1 Hari.....	58
Tabel 4.5.	Hasil Pengujian MOE UPR Mortar 1 Hari.....	59
Tabel 4.6.	Hasil Uji Kuat Tarik Baja Tulangan.....	59
Tabel 4.7.	Hubungan Antara Beban Pada Retak Pertama dan Momen pada Balok Normal.....	62
Tabel 4.8.	Beban Maksimum Benda Uji Balok.....	63
Tabel 4.9.	Faktor Daktilitas Benda Uji Balok Beton Bertulang	64
Tabel 4.10.	Pola Retak Balok Beton Bertulang Φ 12 mm	65
Tabel 4.11.	Pola Retak Balok Beton Bertulang Φ 22 mm.....	66

commit to user

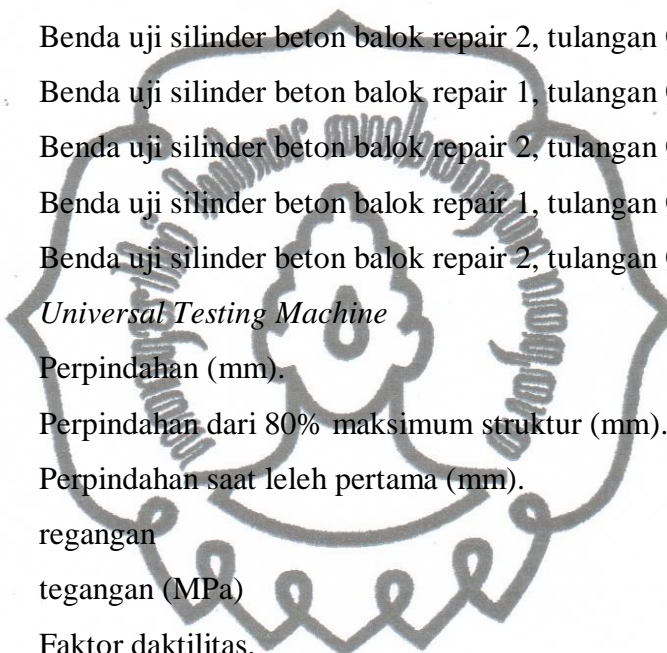


commit to user

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

a	=	berat pasir kering oven (gram)
A	=	Luas tampang (mm^2)
A_s	=	Luas baja tarik (mm^2).
ASTM	=	<i>American Society for Testing and Materials</i>
b	=	berat volumetrik flask berisi air (gr)
BN12	=	Benda uji balok beton normal \varnothing 12mm
BR12	=	Benda uji balok beton repair (40 cm) \varnothing 12mm
BS12	=	Benda uji balok beton repair (200cm) \varnothing 12mm
BN22	=	Benda uji balok beton normal \varnothing 22mm
BR22	=	Benda uji balok beton repair (40cm) \varnothing 22mm
BS22	=	Benda uji balok beton repair (200cm) \varnothing 22mm
c	=	berat volumetrik flask berisi air dan pasir (gr)
C_c	=	Gaya tekan pada beton
CTM	=	<i>Compression Testing Machine</i>
d	=	prosentase kumulatif berat pasir yang tertinggal selain dalam pan
D	=	diameter benda uji silinder (mm)
e	=	prosentase berat pasir tertinggal
E_{baja}	=	Modulus elastisitas baja (MPa)
E_{cnormal}	=	Modulus elastisitas beton normal (Mpa)
f'_c	=	Kuat tekan (N/mm^2)
f_y	=	Tegangan leleh (MPa)
G_0	=	berat awal pasir (100 gram)
G_1	=	berat pasir akhir (gram)
H	=	Tinggi benda uji silinder (mm)
K	=	Kekakuan (kN/mm).
K1	=	Benda uji kubus UPR mortar 1
K2	=	Benda uji kubus UPR mortar 2
L	=	Panjang benda balok (mm)
NC1	=	Benda uji silinder UPR mortar 1

commit to user



P	=	Kuat Tekan (N/mm^2)
S-N1A	=	Benda uji silinder beton normal 1 tulangan \varnothing 12mm
S-N1B	=	Benda uji silinder beton balok normal 2, tulangan \varnothing 12mm
S-R1A	=	Benda uji silinder beton balok repair 1, tulangan \varnothing 12mm
S-R1B	=	Benda uji silinder beton balok repair 2, tulangan \varnothing 12mm
S-N2A	=	Benda uji silinder beton balok normal 1, tulangan \varnothing 22mm
S-N2B	=	Benda uji silinder beton balok normal 2, tulangan \varnothing 22mm
S-R2A	=	Benda uji silinder beton balok repair 1, tulangan \varnothing 22mm
S-R2B	=	Benda uji silinder beton balok repair 2, tulangan \varnothing 22mm
S-S1A	=	Benda uji silinder beton balok repair 1, tulangan \varnothing 12mm
S-S1B	=	Benda uji silinder beton balok repair 2, tulangan \varnothing 12mm
S-S2A	=	Benda uji silinder beton balok repair 1, tulangan \varnothing 22mm
S-S2B	=	Benda uji silinder beton balok repair 2, tulangan \varnothing 22mm
UTM	=	<i>Universal Testing Machine</i>
Δ	=	Perpindahan (mm).
Δ_u	=	Perpindahan dari 80% maksimum struktur (mm).
Δ_y	=	Perpindahan saat leleh pertama (mm).
E	=	regangan
τ	=	tegangan (MPa)
μ	=	Faktor daktilitas.
\varnothing	=	Diameter (mm)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Data Hasil Pengujian Bahan

Lampiran B. Perhitungan Kuat Rencana Balok Beton Bertulang

Lampiran C. Hasil Pengujian MOE Beton

Lampiran D. Data Hasil Pengujian Benda Uji

Lampiran E. Rencana Campuran Beton Induk

Lampiran F Dokumentasi Penelitian



commit to user

ABSTRAK

“KOMPATIBILITAS LENTUR BALOK BETON BERTULANG YANG DITAMBAL DENGAN UPR-BASED PATCH REPAIR MORTAR”. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Balok beton bertulang merupakan salah satu bagian struktur yang sangat penting pada suatu bangunan gedung. Balok berfungsi menahan gaya lentur akibat beban yang bekerja di atas lantai dan mendistribusikan beban tersebut ke kolom-kolom penopangnya. Setelah gedung dibangun dan digunakan, balok beton dapat mengalami kerusakan. Apabila dibiarkan dan tidak segera ditangani dapat menyebabkan keruntuhan gedung secara keseluruhan nantinya. *Patch repair* merupakan salah satu metode perbaikan yang umum dilakukan dengan cara penambalan menggunakan material perbaikan tertentu. Pada penelitian ini digunakan *resinous mortar* sebagai material perbaikan. Penggunaan *Unsaturated Polyester Resin* (UPR) sebagai bahan mortar untuk *patch repair* diharapkan dapat meningkatkan durabilitas dan kinerja material karena memiliki daya lekat yang cukup baik.

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan benda uji berupa balok beton berulang berukuran 150 mm x 250 mm dengan panjang 2000 mm diuji pada umur 90 hari. Total benda uji sebanyak 6 buah dimana 2 buah berupa balok beton normal dan 4 buah berupa balok beton yang mengalami modifikasi kerusakan.

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan UPR sebagai bahan perbaikan meningkatkan daktilitas balok sebesar 30,6% untuk BR12 dan 80,3% untuk BS12 dibandingkan balok beton normal. Pada balok BR22 peningkatan daktilitas yang terjadi sebesar 4,59% dan berkurang 13,75% pada BS22 dibandingkan balok beton normal. Pemilihan tulangan turut mempengaruhi kerja UPR sebagai bahan perbaikan, dimana balok dengan tulangan kecil lebih mengoptimalkan kerja UPR sebagai bahan perbaikan. Penggunaan UPR juga mengubah pola retak yang terjadi di daerah lentur.

Kata kunci : Balok beton dengan perbaikan, UPR mortar, umur beton 90 hari, kompatibilitas lentur balok beton bertulang

ABSTRACT

"FLEXURAL COMPATIBILITY OF REINFORCED CONCRETE BEAMS PATCHED WITH UPR-BASED PATCH REPAIR MORTAR". Thesis Department of Civil Engineering Faculty of Engineering Faculty of Surakarta Sebelas Maret University.

Reinforced concrete beams is one of the important part in the building structure. It's functioning to hold the flexural force due to the load that work on the floor and distribute the load to the supported columns. Once the building is built and used, concrete beam can be damaged. If that is allowed and not treated well, it cans lead to the collapse of the building later. Patch repair is one of common repairing method that work by patched using specific repair material. In this study, the resinous mortar is using to be repair material. The making use of Unsaturated Polyester Resin (UPR) as a material for patch repair mortar is expected to improve the durability and performance of the material as it has a fairly good adhesion.

The method used in this study is experimental with a reinforced concrete beams specimen repeatedly measuring 150 mm x 250 mm with a length of 2000 mm test at age 90 days. Total specimen are 6 where 2 pieces are normal concrete beams and 4 pieces concrete beams that have modified damage.

Based on the test results indicate that the use of the UPR as a repair material increase ductility of the beams by 30.6% and 80.3% for BR12 BS12 compared to normal concrete beams. At BR22 beam ductility improvement occurred by 4.59% and 13.75% in BS22 compared to normal concrete beams. Selection of reinforcement influences the UPR working as a repair material, wherein the beam with a small reinforcement further optimize the UPR working as a repair material. The making use of UPR also change the pattern of cracks that occur in the bending area.

Keywords: concrete beams with improvement, UPR mortar, concrete age of 90 days, flexural compatibility of reinforced concrete beam