

**PERILAKU LENTUR PELAT BETON BERTULANG DUA
ARAH YANG DITAMBAL DENGAN *UPR-BASED PATCH*
REPAIR MORTAR DENGAN VARIASI LETAK
PENAMBALAN**

*“Flexural Behavior of Reinforced Concrete Two Way Slab Patched by
UPR-Based Patch Repair Mortar with Patch Repair Location Variation”*

SKRIPSI

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



Disusun Oleh :

DEDE ZAKIYAH

I 0113031

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2017**

MOTTO

“Jika Seseorang Bepergian Dengan Tujuan Untuk Mencari Ilmu, Maka Allah Swt
Akan Menjadikan Perjalanannya Bagaikan Perjalanan Menuju Surga”

Nabi Muhammad Saw

“Maka Sesungguhnya Bersama Kesulitan Ada Kemudahan”

Al-Insyiroh:5

“Barang siapa keluar untuk mencari ilmu maka dia berada di jalan Allah”

HR.Turmudzi

Do Not Put Off Doing A Job Because Nobody Knows Whether We Can Meet
Tomorrow Or Not

Anonim

HALAMAN PERSEMBAHAN

Thanks to

Allah SWT

Semua tahap telah dilewati, hambatan yang dihadapi dan kemudahan yang diraih, semua atas izin-Mu.

Ayah dan Mama

Selalu mendoakan tanpa diminta, tidak henti-henti memberikan semangat dan dukungan untuk kesuksesan anakmu ini. Terima kasih atas segalanya Ma, Yah. Semoga bisa membalas semua itu dengan membahagiakan kalian.

Bapak Agus Supriyadi dan Bapak Iwan

Terima kasih banyak Pak untuk semua kepercayaan, kesempatan, bantuan, bimbingan dan ilmu-ilmu yang diberikan kepada saya.

Team skripsi ADEM (Aviv, Dede, Eng, Marcy)

Terima kasih untuk sahabat-sahabat skripsiku, terima kasih untuk hampir satu tahun kita yang sangat berharga dan penuh kenangan. Terima kasih atas semua semangat dan dukungannya. *Especially* buat Aviv yang selalu menyemangati dan sabar menjadi *partner* belajar bareng tiap malam hari. *Love you so much* lalee!

Team skripsi TEGAR (Tito, Eno, Galang, Andre, Rindang)

Terima kasih selalu sedia setiap saat memberikan bantuan terutama saat *mixing* beton. Terima kasih untuk semangatnya dalam menjalani skripsi ini.

Malika

Terima kasih telah bersedia menjadi teman, sahabat, kakak, dan ayah selama aku berjuang kuliah. Semoga kita bisa berjuang bersama lagi nanti.

.Melionta, Engingeng, Neura, Vinca, Belinda, Siti, dan Shofie

Bestfriends, four years and forever!

ABSTRAK

Dede Zakiyah, 2017, Perilaku Lentur Pelat Beton Bertulang Dua Arah Yang Ditambal Dengan *Upr-Based Patch Repair Mortar* Dengan Variasi Letak Penambalan, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.

Sistem pelat dua arah terjadi jika perbandingan dari bentang panjang (L_y) terhadap bentang pendek (L_x) kurang dari dua. Beban pada pelat ini disalurkan ke empat sisi pelat. Hal ini menyebabkan lendutan pelat mempunyai kelengkungan ganda^[1]. Beton bertulang memiliki usia layan yang panjang, tidak jarang sebelum mencapai usia layan, struktur beton bertulang mengalami kerusakan pada selimut beton. *Spalling* merupakan terlepasnya bagian beton dalam bentuk kepingan atau bongkahan kecil. Salah satu metode perbaikan pada kerusakan ini ialah *patch repair method*^[2]. Penelitian ini akan mengkaji mengenai perilaku lentur pelat beton bertulang dua arah yang diperbaiki dengan UPR-mortar dengan variasi letak penambalan.

Metode penelitian ini ialah eksperimental laboratorium dengan benda uji pelat beton bertulang berukuran panjang 1350 mm, lebar 950 mm, dan tinggi 80 mm, dengan tulangan memanjang (arah y) 5D10 dan tulangan melintang (arah x) 7D10. Pengujian dilakukan ketika umur beton 90 hari dengan memberikan beban sentris pada pelat. Total benda uji sebanyak 5 buah dengan spesifikasi berupa pelat beton bertulang normal (P_1), pelat dengan coakan tanpa repair (P_2), pelat dengan penambalan sentris (P_3), pelat dengan penambalan eksentris sumbu x dan y (P_4), dan pelat dengan penambalan eksentris sumbu x (P_5).

Hasil penelitian perbaikan menggunakan UPR-Mortar dengan variasi letak perbaikan mempengaruhi kemampuan benda dalam menahan beban. Pola retak terjadi pada daerah pelat beton tanpa perbaikan UPR-Mortar. Prosentase perubahan kapasitas lentur, daktilitas dan indeks kekakuan pelat dibandingkan dengan pelat normal P_1 . Pada fase retak awal pengembalian beban retak terhadap pelat normal sebesar 29,73% untuk P_2 , 97,29% untuk P_3 , 40,54% untuk P_4 dan 100% untuk P_5 . Pada fase runtuh pengembalian beban runtuh terhadap pelat normal sebesar 75,51% untuk P_2 , 79,59% untuk P_3 , 94,56 untuk P_5 dan 104,08% untuk P_4 . Pengembalian nilai daktilitas terhadap pelat normal sebesar 47,34% untuk P_2 , 98,42% untuk P_3 , 71,31% untuk P_4 dan 81,44% untuk P_5 . Pengembalian nilai indeks kekakuan terhadap pelat normal sebesar 112% untuk P_2 , 266% untuk P_3 , 64% untuk P_4 dan 126% untuk P_5 . Pada P_1 dan P_5 mengalami keruntuhan lentur, sedangkan pelat P_2 , P_3 , dan P_4 mengalami keruntuhan *punching shear*.

Kata kunci : Beton bertulang, pelat beton bertulang dua arah, UPR-Mortar, perilaku lentur, metode perbaikan, *spalling*.

ABSTRACT

Dede Zakiyah, 2017, Flexural Behavior of Reinforced Concrete Two Way Slab Patched by UPR-Based Patch Repair Mortar with Patch Repair Location Variation, Final Project of Civil Engineering Study Program of Faculty of Engineering, Sebelas Maret University.

A two-way slab system occurs when the ratio of long span (L_y) to short span (L_x) is less than two. The load on this slab is channeled to the four sides of the slab. This causes the slab deflection to have double curvature ^[1]. Reinforced concrete has a long service life, not infrequently before reaching service age, reinforced concrete structures are damaged in concrete blankets. Spalling is the release of concrete parts in the form of pieces or small chunks. One method of repair on this damage is patch repair method^[2]. This study will examine the flexural behavior of reinforced concrete two-way slab with UPR-mortar with patch repair location variation.

The method research is laboratory experimental with reinforced concrete slab test object 1350 mm long, 950 mm wide, and height 80 mm, with longitudinal reinforcement (direction y) 5D10 and crossover (x direction) 7D10. The test is performed when the concrete age is 90 days by giving concentrated load on the slab. Total test specimens were 5 pieces with specifications of normal reinforced concrete slabs (P_1), slab without repair (P_2), slab with centric patching (P_3), slabs with eccentric patching of x and y axes (P_4), and slab with eccentric patching of axis x (P_5).

The result of research that patching repair using UPR-Mortar with patch repair location variation affect the ability of the object in holding the load. Crack patterns occur in concrete slab areas without UPR-Mortar repair. Percentage change in bending capacity, ductility and slab stiffness index compared with normal slab P_1 . In the initial crack phase the crack load returns to normal slab are 29,73% for P_2 , 97,29% for P_3 , 40,54% for P_4 and 100% for P_5 . In the collapsed phase the load return collapsed against normal slab by 75,51% for P_2 , 79,59% for P_3 , 104,08% for P_4 and 94,56 for P_5 . The return of ductility to normal slab was 47,34% for P_2 , 98,42% for P_3 , 71,32% for P_4 and 81,44% for P_5 . The return of stiffness index to normal slab is 112% for P_2 , 266% for P_3 , 64% for P_4 and 126% for P_5 . In P_1 and P_5 experienced flexural failure, whereas slab P_2 , P_3 , and P_4 have collapsed punching shear.

Keywords : Reinforced concrete, two-way slab, UPR-Mortar, flexural behavior, patch repair method, spalling

PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Perilaku Lentur Pelat Beton Bertulang Dua Arah yang Ditambal dengan UPR-Based Patch Repair Mortar dengan Variasi Letak Penambalan” guna memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

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

1. Pimpinan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Pimpinan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Bapak Ir. Agus Supriyadi, M.T. selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Prof. S.A. Kristiawan, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II.
5. Tim Penguji Pendaran.
6. Tim Laboratorium Struktur yang telah membantu selama penyelesaian skripsi.
7. Teman-teman Mahasiswa Teknik Sipil 2013 UNS.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak pada umumnya dan mahasiswa pada khususnya.

Surakarta, September 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSE TUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
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 DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 Beton Bertulang	6

2.2.2	Kerusakan Pada Beton Bertulang	10
2.2.3	Metode Patch Repair	11
2.2.4	<i>Unsaturated Polyester Resin (UPR)</i>	12
2.2.5	Pelat Beton Bertulang	12
BAB 3 METODE PENELITIAN		23
3.1	Tinjauan Umum.....	23
3.2	Tahap dan Prosedur Penelitian	23
3.3	Benda Uji	27
3.3.1	Spesifikasi Benda Uji	27
3.3.2	Bahan Penyusun Benda Uji.....	36
3.4	Peralatan Penelitian.....	40
3.5	Pengujian Bahan Dasar	50
3.5.1	Standar Pengujian Bahan Dasar Beton	51
3.5.2	Pengujian Bahan Penyusun Beton	51
3.5.3	Pengujian Kuat Tarik Baja.....	56
3.6	Perencanaan Rancang Campur Beton (<i>Mix Design</i>).....	56
3.7	Pembuatan Benda Uji.....	56
3.8	Perawatan Benda Uji.....	58
3.9	Modifikasi Perbaikan Beton.....	58
3.10	Pengujian Benda Uji	59
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		61
4.1	Hasil Pengujian Material	61
4.1.1	Hasil Pengujian Agregat	61
4.1.2	Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan.....	61

4.2	Hasil Pengujian Benda Uji Silinder.....	62
4.2.1	Hasil Pengujian Berat Jenis Beton	62
4.2.2	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	63
4.2.3	Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton	64
4.3	Hasil Pengujian UPR-Mortar	66
4.3.1	Kuat Tekan UPR-Mortar	66
4.3.2	Modulus Elastisitas UPR-Mortar	67
4.4	Hasil Pengujian Lentur Pelat Beton Bertulang	68
4.4.1	Pola Retak	68
4.4.2	Hubungan Antara Beban dan Lendutan.....	78
4.4.3	Kapasitas Lentur.....	80
4.4.4	Daktilitas	82
4.4.5	Indeks Kekakuan	83
4.4.6	Keruntuhan	84
4.4.7	Perhitungan Beban Maksimum Secara Teoritis	85
4.4.8	Analisis Nilai P maksimum menggunakan <i>Virtual Work</i>	87
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		90
5.1	Kesimpulan	90
5.2	Saran	91
DAFTAR PUSTAKA.....		92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kurva Tegangan-Regangan Beton	7
Gambar 2. 2 Kurva Tegangan-Regangan Baja	9
Gambar 2. 3 Sketsa Pelat Beton Bertulang Dua Arah	14
Gambar 2. 4 Perilaku Pelat Two Way Slab dengan Beban Terpusat.....	14
Gambar 2. 5 Tinggi Efektif Pelat Rencana	16
Gambar 2. 6 Pola Garis Leleh dengan Tumpuan Sederhana	18
Gambar 2. 7 Pola Garis Yield Line pada Tumpuan Jepit.....	19
Gambar 2. 8 <i>Virtual Work Analysis for Rectangular Two-way Slab</i>	20
Gambar 3. 1 Bagan Alir Tahap-tahap Penelitian	27
Gambar 3. 2 Sketsa Detail Benda Uji	30
Gambar 3. 3 Benda Uji Pelat 1.....	31
Gambar 3. 4 Benda Uji Pelat 2.....	32
Gambar 3. 5 Benda Uji Pelat 3.....	33
Gambar 3. 6 Benda Uji Pelat 4.....	34
Gambar 3. 7 Benda Uji Pelat 5.....	35
Gambar 3. 8 Air	36
Gambar 3. 9 Semen PPC Gresik	36
Gambar 3. 10 Agregat Halus	37
Gambar 3. 11 Agregat Kasar	37
Gambar 3. 12 Baja Tulangan	38
Gambar 3. 13 Fly ash.....	38
Gambar 3. 14 Unsaturated Polyester Resin (UPR)	39
Gambar 3. 15 Tenol (Kiri) dan Kabel (Kanan).....	39
Gambar 3. 16 Timbangan Kapasitas 3 kg (kiri) dan 40 kg (kanan).....	40
Gambar 3. 17 Ayakan.....	40
Gambar 3. 18 Mesin Penggetar Ayakan.....	41
Gambar 3. 19 Oven	41

Gambar 3. 20 Corong Kronik	42
Gambar 3. 21 Kerucut Abrams	42
Gambar 3. 22 Mesin <i>Los Angelos</i>	43
Gambar 3. 23 Bekisting/Cetakan Pelat.....	43
Gambar 3. 24 Cetakan Silinder untuk Uji Kuat Desak (Kiri) dan Modulus Elastisitas (Kanan).....	44
Gambar 3. 25 <i>Dial Gauge</i>	44
Gambar 3. 26 <i>Loading Frame</i>	45
Gambar 3. 27 <i>Load Cell</i>	45
Gambar 3. 28 <i>Hydraulic Jack</i> dan <i>Hydraulic Pump</i>	46
Gambar 3. 29 <i>Tranducer</i>	46
Gambar 3. 30 <i>Universal Tasting Machine</i>	47
Gambar 3. 31 Mesin Uji Kuat Desak.....	47
Gambar 3. 32 <i>Strain Gauges</i> (Kiri) dan Lem Khusus <i>Strain Gauges</i> (Kanan)	48
Gambar 3. 33 <i>Gage Installation Tester</i>	48
Gambar 3. 34 Alat Bantu dalam Proses Pembuatan Benda Uji	50
Gambar 3. 35 <i>Strain Indicator and Recorder</i>	50
Gambar 3. 36 Pengujian Benda Uji Pelat	60
Gambar 4. 1 Pola Retak Pelat Beton Bertulang P ₁	70
Gambar 4. 2 Pola Retak Pelat Beton Bertulang P ₂	72
Gambar 4. 3 Pola Retak Pelat Beton Bertulang P ₃	73
Gambar 4. 4 Pola Retak Pelat Beton Bertulang P ₄	75
Gambar 4. 5 Pola Retak Pelat Beton Bertulang P ₅	77
Gambar 4. 6 Grafik Hubungan Beban dengan Lendutan.....	78
Gambar 4. 7 Grafik Pembebanan Retak Pertama dan Pembebanan Ultimit Pada Pelat	81
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Daktilitas Pelat Variasi dengan Pelat Normal.....	83
Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Daktilitas Pelat Variasi dengan Pelat Normal.....	84
Gambar 4. 10 Grafik Perbandingan Daktilitas Pelat Variasi dengan Pelat Normal ...	87
Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan Daktilitas Pelat Variasi dengan Pelat Normal ...	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat mekanik unsaturated polyester resin Yukalac 157® BQTN 157-EX12	
Tabel 3. 1 Spesifikasi Pelat Beton Bertulang	29
Tabel 3. 2 Tabel Perubahan Warna	52
Tabel 3. 3 Syarat Prosentase Berat Lolos Saringan berdasarkan ASTM C-33	54
Tabel 3. 4 Syarat prosentase berat lolos saringan standar ASTM C-33	55
Tabel 4. 1 Hasil Uji Kuat Tarik Baja Tulangan	62
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Berat Jenis	63
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	64
Tabel 4. 4 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal	65
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Kuat Tekan UPR-Mortar 1 Hari	66
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas UPR-Mortar 1 Hari	67
Tabel 4. 7 Beban dan Lendutan Maksimum Hasil Pengujian Pelat Beton	79
Tabel 4. 8 Data Hasil Pengujian Pembebanan Retak Pertama dan Ultimit Pelat	80
Tabel 4. 9 Hasil Analisis Peningkatan Beban Antara Pelat Beton Bertulang Perbaikan dengan Pelat Beton Bertulang Normal	81
Tabel 4. 10 Nilai Daktilitas Benda Uji Pelat Beton Bertulang	82
Tabel 4. 11 Hasil Analisis Indeks Kekakuan Benda Uji Pelat	83
Tabel 4. 12 Jenis Keruntuhan Pelat Beton Bertulang	84
Tabel 4. 13 Rekapitulasi Mn_x dan Mn_y	87
Tabel 4. 14 Hasil Analisis P_{maks} dengan Metode <i>Virtual Work</i>	88
Tabel 4. 15 Perbandingan Hasil P_{maks} Teoretis dengan Hasil Eksperimental	89

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A : Hasil Pengujian Material
- Lampiran B : Hasil Pengujian Sampel Beton
- Lampiran C : *Mix Desain*
- Lampiran D : Hasil Pengujian Kapasitas Lentur
- Lampiran E : Hasil Perhitungan P_{maks} Teoretis
- Lampiran F : Dokumentasi Penelitian

DAFTAR NOTASI

f'_c	= kuat tekan beton
A	= luas penampang pada benda uji
P	= beban
E	= modulus elastisitas
\mathcal{E}	= regangan
σ	= tegangan
ΔL	= perubahan panjang akibat beban P
L	= Panjang semula
B _j	= berat jenis
m	= massa
V	= volume
S ₂	= tegangan sebesar 40 % x f'_c (MPa)
S ₁	= tegangan yang bersesuaian dengan regangan arah longitudinal tegangan sebesar 0,00005 (MPa)
P_{leleh}	= gaya tarik leleh
P_{max}	= gaya tarik maksimum
σ_{leleh}	= tegangan tarik leleh
σ_{max}	= tegangan tarik maksimum
f_u	= tegangan maksimal baja
f_y	= kuat tarik baja
μ	= daktilitas
Δ_u	= lendutan maksimum struktur
Δ_y	= lendutan saat leleh pertama
Δ_{cr}	= lendutan pada pelat saat retak pertama
K	= indeks kekakuan lentur
D	= diameter tulangan baja ulir, diameter objek
h	= tebal pelat beton
b	= lebar pelat beton
d	= tinggi efektif pelat

- V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
- b_0 = keliling dari penampang kritis pada pelat
- β = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom, daerah beban terpusat atau daerah reaksi
- α_s = konstanta yang digunakan untuk menghitung V_c , 40 untuk beban interior

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (1971), PBI 1971. Tentang Pengujian Agregat Kasar dan Agregat Halus. Peraturan Beton Bertulang Indonesia.
- Anonim (1989), SNI 07-0408-1989. Tentang Standar Pengujian Kuat Tarik Baja. Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim (1990), SNI 03-1968-1990. Tentang Standar Pengujian Gradasi Agregat Halus. Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim (1990), SNI 03-1974-1990. Tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim (1993), SNI 03-2834-1993. Tentang Metode Pengujian Berat Jenis Beton Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim (2002), SNI 07-2052-2002. Tentang Standar Pengujian Kuat Tarik Baja. Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim (2002), SNI 1726-2002. Tentang Daktilitas untuk Struktur Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim (2002), SNI 03-2847-2002. Tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim (2013), SNI 2847-2013. Tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim, ASTM International. *Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate (ASTM C 128)*, United State : ASTM International
- Anonim, ASTM International.(1976). *Standard Specification for Concrete Aggregates (ASTM C 33)*, United State : ASTM International
- Anonim, ASTM International. (2014). *Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates (ASTM C 125)*, United State : ASTM International
- Anonim, ASTM International. *Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate (ASTM C 127)*, United State : ASTM International
- Anonim, ASTM International. *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates (ASTM C 136)*, United State : ASTM International

- Anonim, ASTM International. *Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials (ASTM STP 169 D)*, United State : ASTM International
- Anonim, ASTM International. *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression (ASTM C 469-94)*, United State: ASTM International
- Azhim, M.R. 2017. “*Kompatibilitas Lentur Pelat Beton Bertulang Satu Arah yang Ditambal dengan UPR-Based Patch Repair Mortar*”. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Hallgren, Kinnunen & Nylander. 2002. *Punching shear tests on column footings*. JSCE, 2007, *Standart Spesification for Concrete Structure-Maintenance*, Japan Society of Civil Engineering, Tokyo.
- Jumaat, M.Z., Kabir, M.H., and Obaydullah, M. (2006) “A Review of the Repair of Reinforced Concrete Beams”. *Journal of Applied Science Research*, 2(6):317-326,2006.
- Kardiyono Tjokrodinuljo. 1995, *Teknologi Beton*, Gajah Mada Press, Yogyakarta.
- Kennedy, G., and Goodchild, C.H.2004. *Practical Yield Line*. Surrey : The Concrete Center.
- Kristiawan, S. A., Prakoso, A.B. (2016) “Flexural Behaviour of Patch-Repair Material Made from Unsaturated Polyester Resin (UPR)-Mortar”. *Materials Science Forum*, vol. 857, 2016, pp 426-430.
- MacGregor, James G. 1997. *Reinforced Concrete Mechanics and Design* (3rd edition). Prentice-Hall: New Jersey.
- Murdock, L.J. dan Brook, K.M. 1991. *Bahan dan Praktek Beton, Edisi Keempat*, Terjemahan oleh Stephanus Hindarko, Erlangga, Jakarta
- Nawy, Edward G. 1985. Terjemahan. *Beton Bertulang*. Refika:Bandung.
- Nilson, A.H., Darwin, D., and Dolan, C.W.2004. *Design of Concrete Structure*. Singapore: McGraw-Hill.
- Nugraha, Paul & Antoni. 2007. *Teknologi Beton*. Penerbit:ANDI Yogyakarta
- Salama, M.I. (2012)”Analysis of Slabs Spanning in Two Directions under Concentrated Load”. Housing and Building National Research Center.
- Szilard, Rudolph. 1989. *Teori dan Analisis Pelat*. Jakarta : Erlangga.

Timoshenko, Stephen P. 1959. Theory of Plates and Shells. Singapore: McGraw-Hill.

Ugural, Ansel C. 1962. Stresses in Plates and Shells. Singapore: McGraw-Hill.

Wang, Chu-kia and Salmon, Charles G. 1993. Disain Beton Bertulang. Jakarta: Erlangga.