

KONSTRUKSI PRACETAK TAHAN GEMPA PADA RUMAH SUSUN SEWA SEDERHANA UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

Ratih Sarwendah Komala Dewi¹

Mahasiswa S2 Teknik Sipil¹
Pasca Sarjana - Institut Teknologi Bandung
E-mail: tieh18_gobit@yahoo.co.id

ABSTRACT

RUSUNAWA building of Muhammadiyah University of Malang with the precast construction system is much more profitable because the votes faster, cheaper, and efficient compared to the monolithic system construction. To re-planning is done (redesign) include precast components namely plates, beams, columns, and beam-column connection. Planning consists of, one-way reinforced concrete slab with dimensions 4.20m×2.50m×0.07m plus 0.05m is overtopping, reinforced concrete beams for the main beam 0.35m×0.40m and 0.30m×0.40m, column dimensions 0.40m×0.45m, and the connection used is a connection strands with grouting. Quality steel $f_y=1326\text{Mpa}$ strands, reinforcement quality BJTD screw 40, and $f_c=K400$. The result of the calculation analysis, plates with a thickness of 12 cm consists of precast slab thickness of 7 cm and 5 cm thick overtopping the main reinforcement used D5-200 and the reinforcement for the D4-350, beam and main beam main reinforcement used and the cross bar 4D16 and f10-200mm, the column used and the cross bar reinforcement 6D22 and f10-400 mm. The connection is used, to column with strands 22 mm and length 920 mm, to block the distribution of 400 mm long 4D16. Connections in the grouting using Masterflow-95 on the columns and local casted on the beam-plate.

Keywords: precast, plate, beams, columns, connections

PENDAHULUAN

Ada beberapa aspek yang menjadi perhatian dalam sistem beton konvensional. Aspek tersebut antara lain waktu pelaksanaan yang lama dan kurang bersih, kontrol kualitas yang sulit ditingkatkan, serta bahan-bahan dasar cetakan dari kayu dan triplek yang semakin lama semakin mahal dan langka.

Dalam pembangunan RUSUNAWA ini, konstruksinya menggunakan konstruksi dengan sistem pracetak atau dengan kata lain dengan sistem fabrikasi. Konstruksi dengan sistem pracetak ini jauh lebih menguntungkan dibandingkan dengan konstruksi dengan sistem monolit (cor konvensional). Sistem ini juga tahan terhadap gempa. Sistem pracetak juga diartikan sebagai sistem yang menawarkan pelaksanaan yang kualitasnya terkontrol, lebih cepat, rapi, ekonomis, dan sangat cocok diterapkan untuk pembangunan RUSUNAWA, baik RUSUNAWA bertingkat tinggi

maupun yang rendah. Dan juga dapat dikatakan bahwa kualitas dari beton pracetak ini dapat terkontrol karena proses pengecorannya di tempat khusus (bengkel fabrikasi).

Komponen struktur yang menggunakan beton pracetak ini diantaranya adalah kolom, balok, pelat. Penggunaannya mula-mula untuk komponen non struktural seperti dinding penutup (cladding), atau lantai yang pada akhirnya akan digunakan untuk komponen struktural yaitu dinding struktural (sistem dinding penumpu), balok dan kolom (sistem portal). Sambungan-sambungan yang biasa dipakai adalah sambungan dengan tulangan. Dimana mutu bahan yang digunakan adalah dengan mutu baja yang tinggi, sambungan ini disebut juga dengan sambungan strands. Sambungan ini juga dapat menahan momen pada struktur. Sambungan lainnya adalah sambungan kering dan sambungan las.

Kemudian sambungan disatukan dengan bahan grouting. Penggunaan bahan grouting pada sambungan ini karena campuran grouting mudah

dibuat, bermutu tinggi dan *workabilitinya* sangat tinggi. Pada dasarnya bahan grouting ini sama dengan beton segar, hanya saja bahan grouting ini mengandung bahan aditif dan mempunyai mutu bahan yang tinggi dibandingkan dengan beton segar biasa. Sehingga bisa juga disebut beton mutu tinggi. Selain itu kekuatan geser strands juga harus diperhitungkan terhadap beton agar aman terhadap struktur.

Dari penelitian yang dilakukan, terdapat bukti potensial akan manfaat teknologi dan sistem beton pracetak pada pembangunan RUSUNAWA, antara lain (M. Abduh, 2007) :

- Efisiensi biaya bisa mencapai 20% jika dibandingkan pada rancangan awal dengan sistem konvensional
- Kecepatan pelaksanaan dapat dirasakan, misalnya dari 4 bulan bisa menjadi 2,5 bulan pada suatu proyek
- Diperlukan sumber daya manusia yang lebih sedikit dibandingkan dengan sistem konvensional

Sistem pracetak beton adalah metode konstruksi yang mampu menjawab kebutuhan di era millenium saat ini. Beton pracetak (*precast concrete*) merupakan suatu inovasi didalam dunia konstruksi yang sebenarnya tidak berbeda dengan beton biasa. Yang menjadikannya berbeda adalah metode pabrikasinya.

Teknologi beton pracetak mempunyai beberapa keunggulan, yaitu sebagai berikut:

- Pekerjaan dilokasi proyek menjadi lebih sederhana
- Produksinya hampir tidak terpengaruh oleh cuaca
- Waktu konstruksi yang relatif lebih singkat karena pekerja lapangan (dilokasi proyek) hanya mengerjakan sebagian dari bangunan dan kemudian digabung dengan komponen-komponen beton pracetak
- Aspek kualitas, dimana beton dengan mutu prima dapat mudah dihasilkan dalam lingkungan pabrik
- Mampu mereduksi biaya konstruksi

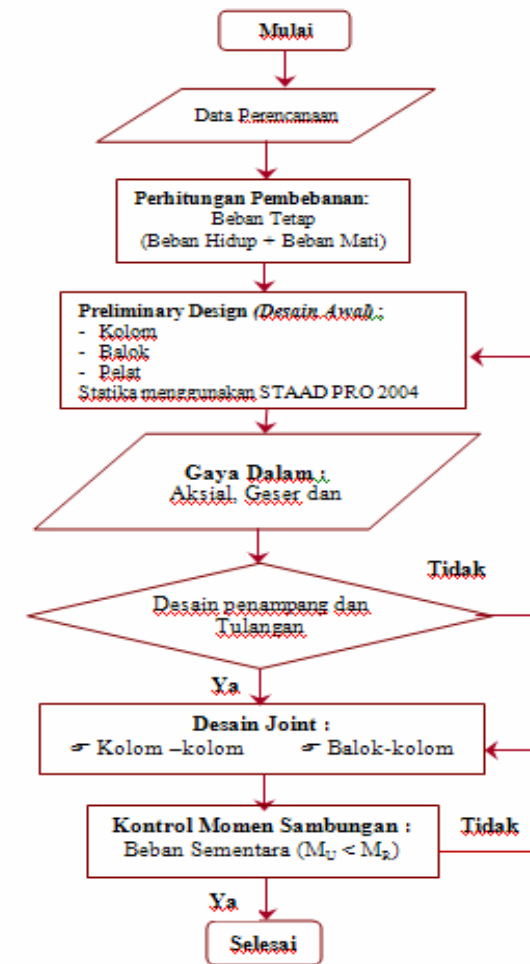
- Dapat dihasilkan bangunan dengan dimensi dan mutu yang lebih baik
- Kontinuitas proses konstruksi dapat terjaga sehingga perencanaan kegiatan dapat lebih akurat
- Banyak mengurangi *formwork* dilapangan, yang berarti juga mengurangi limbah konstruksi
- Mengurangi penggunaan tenaga kerja
- Mengurangi penggunaan *schaffolding*

Selain memiliki keunggulan, teknologi beton pracetak juga mempunyai beberapa kelemahan, sebagai berikut:

- Dibutuhkan peralatan lapangan dengan kapasitas angkat yang cukup untuk mengangkat komponen konstruksi dan menempatkannya pada posisi tertentu
- Kerusakan yang mungkin timbul selama proses transportasi
- Diperlukan perencanaan yang detail pada bagian sambungan
- Diperlukan lahan yang luas untuk proses produksi dalam jumlah yang besar
- Hanya cocok untuk bangunan yang menggunakan komponen yang sejenis (*typical*) atau yang berulang (*repetitive*)

METODELOGI \

Diagram Alir Perencanaan



Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembebanan Struktur

Pembebanan Awal

Pembebanan yang diperhitungkan pada perencanaan RUSUNAWA mengacu pada SNI 03-2847-2002, yaitu:

- Beban mati
- Beban hidup

- c. Beban tetap
 $U = 1,2 D + 1,6 L$
- d. Beban sementara
 $U = 1,4 D$
 $U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5(A \text{ atau } R)$
 $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,6 W + 0,5(A \text{ atau } R)$
 $U = 0,9 D \pm 1,6 W$
 $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$
 $U = 0,9 D \pm 1,0 E$

Keterangan :
 U = beban tetap / beban sementara
 D = beban mati
 L = beban hidup
 A = beban atap
 R = beban hujan
 W = beban angin
 E = beban gempa rencana

Pembebanan dan Momem Pelat

Pembebanan pelat dihitung dalam 3 kondisi. Dimana kondisi I pelat diperhitungkan hanya sebagai pelat pracetak sehingga pelat mempunyai ketebalan 7 cm, kondisi II ketebalan pelat menjadi 12 cm karena ditambah dengan *overlapping* 5 cm, kondisi III ketebalan pelat 12 cm ditambah dengan penutup lantai. Perhitungan ini berlaku untuk pelat lantai dan pelat atap.

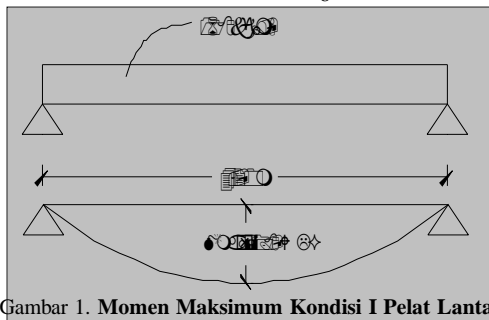
Kondisi I:

$W_{DL} = t \cdot 1 \cdot B_j \text{ beton}$

$W_{LL} = \text{beban guna bangunan}$

$W_u = 1,2 W_{DL} + 1,6 W_{LL}$

$M_{lap} = \frac{1}{8} \times W_u \times L^2 = 370,44 \text{ kg m}$



Gambar 1. Momen Maksimum Kondisi I Pelat Lantai

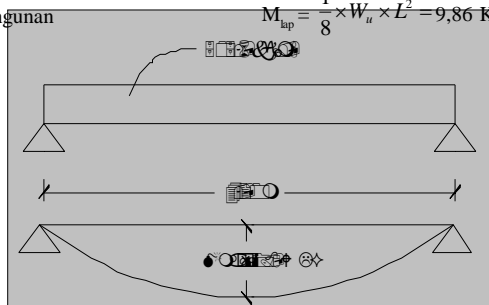
Kondisi II:

$W_{DL} = t \cdot 1 \cdot B_j \text{ beton}$

$W_u = 1,2 W_{DL} + 1,6 W_{LL}$

$W_{LL} = \text{beban guna bangunan}$

$M_{lap} = \frac{1}{8} \times W_u \times L^2 = 9,86 \text{ KNm}$



Gambar 2. Momen Maksimum Kondisi II Pelat Lantai

Kondisi III:

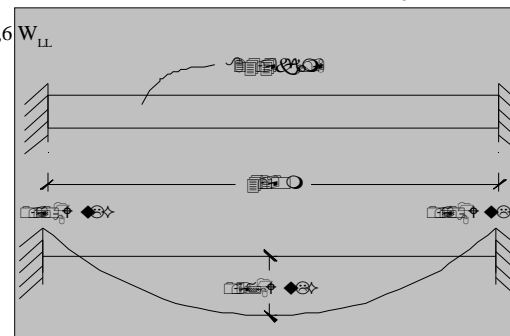
$W_{DL} = (t \cdot 1 \cdot B_j \text{ beton}) + (\text{berat penutup lantai})$

$M_{lap} = 0,57 \times \frac{1}{8} \times W \times L^2 = 9,17 \text{ KNm}$

$W_{LL} = \text{beban guna bangunan}$

$M_{tump} = 0,7 \times \frac{1}{8} \times W \times L^2 = 11,26 \text{ KNm}$

$W_u = 1,2 W_{DL} + 1,6 W_{LL}$



Gambar 3. Momen Maksimum Kondisi III Pelat Lantai

Dalam perencanaan ini, atap RUSUNAWA berupa pelat. Metode perencanaan sama dengan pelat lantai, hanya saja pembebanan yang berbeda.

Distribusi beban pelat terhadap balok

$q_{eq} = \frac{8 \times M_{max}}{L^2}$

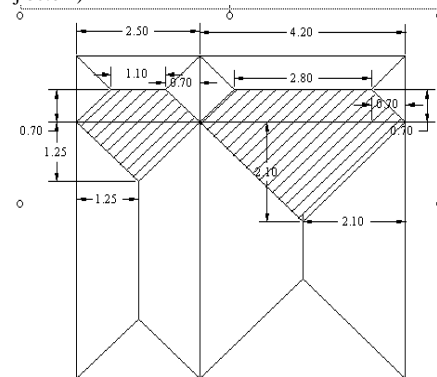
Pembebanan Balok

Pembebanan balok terdiri dari berat sendiri balok yang difaktorkan dengan koefisien pengali, distribusi beban pelat terhadap balok dengan metode amplop, beban guna bangunan.

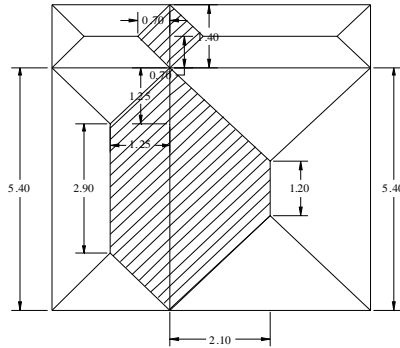
Perhitungan berat sendiri balok digunakan untuk balok anak dan balok induk. Namun q_{eq} balok anak akan menjadi beban terpusat balok induk pada sistem portal bertingkat. Selanjutnya untuk perhitungan momen balok, akan menggunakan program STAADPro 2004. Setelah didapat momen balok, maka dilanjutkan perencanaan penulangan balok.

Berat sendiri balok

$q_u = 1,2 \times (b \times h \times B_j \text{ beton})$



Gambar 4. Distribusi beban plat terhadap blok anak



Gambar 5. Distribusi Beban Pelat Terhadap Balok Induk

Pembebanan Kolom

Beban akibat pelat dan balok akan disalurkan ke kolom. Sehingga dengan bantuan program STAADPro 2004, momen yang bekerja pada kolom akibat pembebanan akan didapatkan bersamaan dengan momen balok pada sistem portal bertingkat.

Desain Awal

Pada tahap desain awal ini digunakan untuk mendapatkan besarnya gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur RUSUNAWA ini (momen, gaya aksial, gaya geser) maka digunakan program STAADPro 2004.

Sedih momen ultimate $1,2W_{DL} + 1,6W_{LL}$ didapat dari analisis statika, maka selanjutnya yaitu perencanaan penampang. Dan penampang yang direncanakan harus memenuhi syarat yaitu memiliki momen kapasitas yang lebih besar dari momen ultimate.

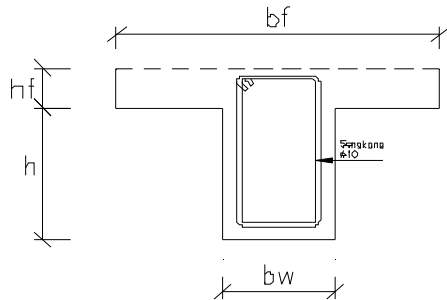
Dapat dirumuskan : $M_{kapasitas} > M_u$

Penampang Pelat

Dimensi pelat pracetak yang direncanakan adalah $4,20\text{ m} \times 2,50\text{ m} \times 0,07\text{ m}$, ditambah dengan *overlapping* setebal $0,05\text{ m}$. Mutu beton K400, $f'c=0,83 \times 40=33,20\text{ MPa}$. Mutu baja P_c wire $f_y=1326\text{ Mpa}$. Dimensi $120 \times 4200 \times 2500$. Dan merupakan pelat beton bertulangan satu arah. Dari penampang yang direncanakan, dapat direncanakan penulangan pelat. Kemudian kontrol terhadap momen ultimate. Dalam hal ini pelat yang digunakan adalah pelat satu arah.

Penampang Balok

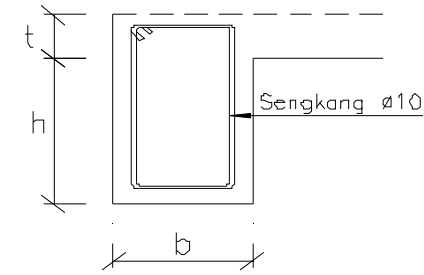
Dimensi balok anak yang digunakan adalah $0,30\text{ m} \times 0,40\text{ m}$. Sedangkan balok induk adalah $0,35\text{ m} \times 0,40\text{ m}$.



Gambar 6. Rencana Balok Pada Lapangan

Mutu beton K400, $f'c=0,83 \times 40=33,20\text{ MPa}$. Mutu baja $f_y=400\text{ MPa}$. Dan merupakan balok beton bertulangan. Dari penampang yang direncanakan,

akan diperoleh penulangan rencana. Kemudian kontrol terhadap momen ultimate.



Gambar 7. Rencana Balok pada Tumpuan

Penampang Kolom

Dimensi kolom yang digunakan adalah persegi dengan ukuran $0,40\text{ m} \times 0,45\text{ m}$, dengan tinggi kolom $3,00\text{ m}$ tiap lantainya. Dan merupakan kolom beton bertulangan.

Mutu beton K400, $f'c=0,83 \times 40=33,20\text{ MPa}$. Mutu baja $f_y=400$. Dengan momen yang ada, dilanjutkan perencanaan penulangan kolom yang berdasarkan nilai faktor-faktor kekangan pada tiap ujung atas dan ujung bawah kolom terhadap balok untuk mendapatkan faktor panjang efektif dari suatu elemen tekan k pada $\frac{F_u}{F_c}$. Jika $\frac{F_u}{F_c} > 22$, maka kolom tersebut adalah kolom pendek. Selanjutnya menggunakan perhitungan kolom pendek.

Jika, penampang-penampang tersebut tidak memenuhi syarat maka dilakukan perencanaan ulang penampang. Bisa dengan memperbesar penampang atau dengan menambah tulangan.

Beban Gempa

Penentuan gaya gempa rencana menurut SNI 03-1726-2003 *Tata Cara Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung* dapat dinyatakan dalam:

$$V = \frac{C \times I}{R} \times W_t$$

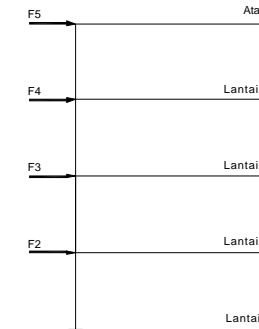
Dimana: Ket :

- C = Faktor respon gempa
- I = Faktor keutamaan struktur
- R = Faktor reduksi
- W_t = Total berat bangunan

Gaya Gempa Tiap Lantai

$$F = \frac{(W_i \times Z_i)}{\sum_{i=1}^n (W_i \times Z_i)} \times V$$

Gaya gempa yang bekerja tiap lantai gedung berbeda-beda. Semakin tinggi bangunan maka semakin besar gaya gempa yang bekerja di lantai bagian atas. Terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Beban Gempa Tiap Lantai

Kontrol Beban Gempa

Setelah didapat desain sambungan yang telah memenuhi syarat, maka dilakukan kontrol terhadap beban gempa, yaitu : $M_{kapasitas} = e \times P > M_u$. Jika tidak memenuhi syarat, maka dilakukan perencanaan ulang sambungan. Bisa dengan menambah strands, memperpanjang strands, atau dengan memperbesar diameter strands.

Perencanaan Sambungan

Sambungan yang digunakan adalah sambungan strands dengan grouting. Perencanaan sambungan ini berdasarkan momen ultimate yang dihasilkan akibat beban sementara, yaitu $1,2 W_{DL} + 1,0 W_{LL} + 1,0 E$.

Strands yang digunakan tipe bar dengan mutu bahan 1326 Mpa. Direncanakan strands dengan diameter 16 mm dan 22 mm, dan $\ell_d = 920$ mm untuk kolom, koefisien friksi $m = 0,61$ (SNI 03-2847-2002: 13.7-4-3), dengan jumlah strands disesuaikan dengan kebutuhan.

Sambungan pada balok, tulangan pokok balok digunakan sebagai tulangan sambungan, pada balok adalah panjang penyaluran berdasarkan SNI 03-2847-2002. Kekuatan sambungan berdasarkan pada patahnya strands yang dirumuskan dengan:

$P_{lekat} = A_{strands} \times n$ dan berdasarkan gaya lekat strands terhadap beton $P_u = A_{selimut} \times \text{Tegangan Lekat} \times n$.

Pengecekan Sambungan

Sambungan yang telah di desain harus memenuhi syarat yaitu memiliki momen kapasitas lebih besar dari momen ultimate yang ada. Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$M = e \times P > M_u$$

Dimana P adalah gaya lekat strands terhadap beton, dan e adalah jarak antar strands.

Jika tidak memenuhi syarat maka dilakukan perencanaan ulang sambungan. Bisa dengan menambah jumlah strands atau dengan memperpanjang strands.

Grouting

Bahan grouting yang digunakan adalah *Masterflow-95* dengan K500. Perbandingan grout dengan air yaitu 1:3 untuk satu titik sambungan.

KESIMPULAN

Dari analisa dan perhitungan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Pelat lantai dan atap, terdiri dari pelat pracetak dan *overtopping*. Ketebalan pelat pracetak 7 cm dan ketebalan *overtopping* 5 cm. Diameter tulangan utama yang digunakan untuk pracetak dan *overtopping* yaitu D5-200, tulangan bagi yang digunakan D4-350 untuk pracetak dan D4-350 untuk *overtopping*.
- Dimensi untuk balok anak 300/400 dan tulangan yang digunakan 4D16. Sedangkan balok induk yang digunakan 350/400 dengan tulangan utama 4D16. Sengkang f 10-200 mm.
- Dimensi kolom yang digunakan 400/450 dengan tulangan 6 D 22 dan sengkang f 10-400 mm.
- Sambungan yang digunakan adalah strands 22 mm untuk kolom dengan panjang penyaluran atas 200 mm dan penyaluran bawah 720 mm. Sedangkan untuk balok, tulangan yang digunakan untuk sambungan adalah tulangan utama balok itu sendiri D 16 mm dengan panjang penyaluran tipe pengait 90°, dan . Sambungan tersebut di grouting menggunakan *Masterflow-95*

DAFTAR PUSTAKA

- _____. SNI 03-2847. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- _____. 1981. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983*. Bandung : Panitia Teknik Standarisasi.

_____. SNI 03-1726. 2003. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*. Bandung : Panitia Teknik Standarisasi.

_____. _____. *Masterflow^a95*. New Zealand :BASF The Chemical Company. www.basf-cc.com.au, 30 Oktober 2008.

_____. *Reinforced Concrete Construction*.----- _____. Jurnal. 27 Maret 2008

Abdud, Muhammad. 2007. *Inovasi Teknologi dan System Beton Pracetak di Indonesia*. Jakarta: Seminar dan Pameran HAKI

Aminoto, Wahyudi. 2007. *Studi Metode Pelaksanaan Plat Pracetak Sebagai Alternatif Pada Pembangunan Gedung Sebagai Alternatif Pada pembangunan Gedung rektorat Universitas Islam Negeri Malang*. Malang: Skripsi

Asiyanto. 2006. *Metode Konstruksi Gedung Bertingkat*. Jakarta: Universitas Indonesia press

Danang D, Riyanto. 2001. *Analisis Eksperimental Eksterior Beam-Column Joint Pracetak*. www.itb-centrallibrary.com.

Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI-T-15-1991-03-DPU RI*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

David K, Merrit. Seminar 24-26 September 2007. *Precast Prestressed Concrete Pavement (PPCP) For Rapid Bridge Approach Slab Reconstruction*.

Idaho. www.PrecastPavement.com, 27 Maret 2008

Fak.Teknik Univ Muhammadiyah.1999. *Pedoman Penyusunan Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil*. Malang: Pusat Publikasi dan Penerbitan UMM

Hasan, Suherman. 2006. *Evaluasi Bangunan Rumah Satu Lantai System Pracetak Terhadap Beban Gempa*. www.itb-centrallibrary.com.

Imran, Iswandi. _____. *Konsep Struktur Tahan Gempa*. Bandung: Jurnal FTSL-ITB.

Imran, Iswandi. 2002. *Perencanaan Elemen-elemen Struktur SRPMK dan SDSK Berdasarkan SNI 03-2847-2002*. Bandung: Dept. Of Civil Eng. ITB

Kennedi, Jon. 2008. *Teknologi Konstruksi dan Pembangunan Rumah Susun*. Malang: JHS system

Laila S, Ratih S. 2007. *Tugas Besar Struktur Beton II*. Malang: UMM

Mario Rodriguez, John J Blandon. *Simulated Seismic Loading Of A Two Story Precast Reinforced Concrete Building*. Urbana: Jurnal. 27 Maret 2008

_____. *Metode Pelaksanaan Pembangunan Rusun Tahun 2007 Lokasi Kota Malang Propinsi Jawa Timur*. 2007. Malang: P.T. JHS Precast Concrete Industries

McCormac, Jack C. 2003. *Desain Beton Bertulang Edisi Kelima*. Bandung: Erlangga

Sudarmoko.1996. *Perancangan dan Analisis Kolom Beton Bertulang*. Yogyakarta: Biro Penerbit.

Setia Budi. 2007. *Studi perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa Menggunakan Sistem Ganda Pada Gedung Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang*. Malang: Skripsi

Wahyudi Eko, Irosa. 2000. *Pengembangan sistem struktur portal pracetak tahan gempa dengan menggunakan sistem sambungan las dan sambungan lewatan*. www.itb-centrallibrary.com