



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
Fakultas Teknik

SURAT PERNYATAAN
PENGALIHAN HAK PUBLIKASI

Nomor : 3296/XI/TS/ 2016

Menyatakan bahwa Makalah dengan,

Judul : **Grup Tulangan Diagonal sebagai Perkuatan Dinding Panel Beton Ringan Mengurangi Kegagalan Geser**

Penulis : Yenny Nurchasanah, Muhammad Ujianto, Gagah

Instansi : Fakultas Teknik, Program studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Surakarta

yang telah dipresentasikan dan dimuat dalam **Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 10 (KoNTekS 10)** yang diselenggarakan oleh Universitas Atma Jaya Yogyakarta,

Hari/Tanggal : Rabu-Kamis, 26 - 27 Oktober 2016

Waktu : Pukul 08.00 – 17.00 WIB

Tempat : Auditorium Gedung Thomas Aquinas - Universitas Atma Jaya Yogyakarta,
Jalan Babarsari no.44 Yogyakarta 55281

dengan ini kami menyetujui hak publikasi pengelektronikannya kepada Lembaga Penelitian, Pengabdian masyarakat dan Publikasi Ilmiah Universitas Muhammadiyah Surakarta pada laman <http://publikasiilmiah.ums.ac.id/>

Demikian hal ini kami sampaikan. Atas perhatian, dan kerjasamanya kami ucapkan terimakasih.

Yogyakarta, 24 Oktober 2016

Ketua KoNTekS 10

Luky Handoko, ST., M.Eng., Dr. Eng.

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik - UAJY



Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D.

TEKNIK

GRUP TULANGAN DIAGONAL SEBAGAI PERKUATAN DINDING PANEL BETON RINGAN MENGURANGI KEGAGALAN GESER

Yenny Nurchasanah¹, Muhammad Ujjianto² dan Gagah³

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A.Yani, Troml Pos I Surakarta
Email: yenny.nurchasanah@ums.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A.Yani, Troml Pos I Surakarta
Email: M.Ujjianto@ums.ac.id

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A.Yani, Troml Pos I Surakarta
Email: gagahsantoso@gmail.com

ABSTRAK

Dinding adalah elemen non-struktural pada bangunan yang mampu berkontribusi pada kekuatan dan kekakuan, pada penelitian ini telah dianalisis suatu elemen dinding dan pengaruhnya dalam sistim portal beton bertulang. Fokus lain yang di analisis adalah penerapan teknologi bangunan bertingkat tinggi dalam penggunaan elemen dinding geser untuk di aplikasikan pada rumah sederhana aman gempa. Teknologi untuk menahan dinding tidak cepat runtuh bila terkena gaya gempa yaitu diberikan penguatan pada daerah diagonal. Daerah diagonal adalah area di mana akan ada efek gaya geser terbesar yang ditandai dengan munculnya retakan atau bahkan pembelahan pada daerah diagonal. Pemodelan struktur beton bertulang dilakukan dengan bantuan program SAP2000 untuk portal beton tanpa pengisi dan portal beton dengan panel beton sebagai pengisi. Pada penelitian eksperimental laboratorium, model yang dipergunakan adalah portal beton tanpa pengisi dinding, portal beton dengan pengisi dinding panel beton dan portal beton pengisi dinding panel dengan grup tulangan diagonal. Ketiganya mendapat gaya *monotonic* yang bekerja sejajar dengan dinding sebagai representasi beban gempa. Analisis yang dihasilkan adalah, keberadaan pengisi dan perkuatan diagonal mampu meningkatkan kapasitas beban 29,44%, kekakuan geser 41,30%, kuat geser 29,47%, dan menurunkan defleksi 8,41%. Karakteristik perilaku deformasi dan model kegagalan yang terjadi adalah adanya daerah gaya tekan pada arah diagonal yang bertemu dengan ujung beban, daerah gaya tarik pada arah diagonal yang berlawanan yang menghasilkan retak hingga *split* pada daerah diagonal tekan, dan terjadi beton hancur (*crush*) pada daerah ujung diagonal. Kegagalan dinding diakibatkan oleh gaya yang bekerja sejajar pada bidang dinding.

Kata Kunci : dinding panel beton ringan, grup tulangan diagonal, kapasitas, kekakuan geser, kuat geser

1. PENDAHULUAN

Dinding panel merupakan salah satu hasil perkembangan teknologi dalam bidang beton pracetak. Saat ini kecenderungan penggunaan dinding panel sebagai pengisi banyak dipergunakan pada suatu konstruksi dibandingkan dengan penggunaan batu bata karena karakteristik dinding panel yang memiliki berat relatif ringan sehingga tidak memberikan beban yang besar bagi suatu konstruksi. Dengan karakteristik dinding panel yang memiliki berat relatif ringan akan memberikan kontribusi yang positif khususnya pada daerah rawan terhadap beban gempa seperti di Indonesia, selain juga dapat menghemat biaya dalam pembangunan suatu konstruksi. Keuntungan lain pada penggunaan dinding panel adalah mudahnya dalam pelaksanaan bongkar pasang suatu konstruksi.

Dinding sangat kaku pada arah *inplane*-nya, bila terkena getaran gempa yang tinggi, akan terjadi keretakan dengan arah diagonal yang disertai dengan reduksi kekuatan dan kekakuannya (Key, 1988), maka perkuatan pada daerah diagonal akan mampu mengurangi gaya tekan maupun gaya tarik diagonal. Perkuatan pada area diagonal di desain untuk mencegah retak ketika gaya gempa diterima oleh dinding pada arah ke kanan dan ke kiri. Jika arah gempa bergerak dari muka ke belakang, maka perkuatan diagonal akan menahan material pembentuk dinding tidak segera roboh.

Adopsi teknologi dari bangunan bertingkat tinggi khususnya pada elemen dinding geser diaplikasikan pada rumah sederhana aman gempa, yaitu penempatan perkuatan diagonal dengan memanfaatkan material yang ada di lingkungan sekitar rumah, yang mudah diperoleh, murah dan tanpa bantuan tenaga ahli dalam mengaplikasikan desain penulangan diagonal tersebut.

Analisis awal dilakukan untuk mengetahui perilaku dari dinding panel beton pada struktur portal. Penelitian perilaku terhadap kapasitas struktur portal dengan dinding panel sebagai pengisi dilakukan dengan pemodelan pada software SAP2000.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Filosofi Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Disebut dalam SNI 1726 2012, struktur bangunan diperbolehkan menderita kerusakan berat akibat gempa yang kuat, tetapi tidak boleh runtuh. Tingkat kerusakan yang berat diijinkan untuk gempa kuat sehingga dekat dengan keruntuhan. Untuk mencegah bangunan runtuh, perencana harus memiliki perhatian terhadap pedetailan struktur dalam batas goyangan tertentu.

SAP2000

Program SAP2000 adalah pengembangan SAP (Structure Analysis Program) yang dibuat oleh Prof. Edward L. Wilson dari University of California di Berkeley, AS sekitar tahun 1970. Program ini mampu melakukan perhitungan analisis struktur statis/dinamis. SAP2000 juga menyediakan metode grafis sederhana untuk menampilkan finalisasi hasil analisis struktur. Analisis dan desain struktur di SAP2000 dimulai dengan menentukan struktur model diikuti oleh penentuan penampang elemen struktur, desain pemuatan, model analisis, analisis deformasi struktur, menunjukkan kekuatan internal, dan memeriksa kekuatan Elements.

Komponen Non-Struktural

Komponen non-struktural adalah komponen bangunan yang tidak mendukung sebagai struktur utama dan dapat dihilangkan atau sebagai komponen tambahan. Komponen ini dapat dihilangkan karena tidak mendukung berdirinya suatu bangunan. Dengan komponen non-struktural, bangunan dapat terlihat lebih indah. komponen non-struktural dibagi menjadi beberapa sistem, seperti sistem dinding, sistem lantai, instalasi air dan sistem listrik, pintu dan jendela

Dinding Panel Ringan

Dinding adalah bagian vertikal bangunan dan berfungsi untuk membatasi ruang dengan ruang lain dan bisa juga berfungsi sebagai penerima beban. Menurut SNI 03-3430-1994, dinding terdiri dari dua macam, yaitu dinding bata (non-struktural) dan struktur dinding. Dinding bata adalah dinding yang terbuat dari susunan beton-blok terikat satu sama lain dengan mortar untuk membentuk daerah dinding. Sementara itu, struktur dinding adalah dinding yang direncanakan, dihitung dan digunakan untuk mendukung berat gravitasi dan beban lateral.

Dinding panel adalah salah satu komponen non struktural dari suatu bangunan konstruksi. Dinding panel terbuat dari bahan semen dan pasir yang dicampur dengan bahan tambah sehingga lebih ringan. Pada umumnya dipasaran dinding panel memiliki berat 1/5 beton normal dengan struktur homogen (tanpa rongga vertikal dan horizontal di dalamnya). Dinding panel juga dapat mengurangi resiko gempa.

Beton Ringan

Beton ringan memiliki berat jenis lebih ringan dari beton normal, bisa disebut juga sebagai beton ringan aerasi (Aerated Lightweight Concrete/ALC) atau sering disebut juga (*Autoclaved Aerated Concrete/ AAC*) yang mempunyai bahan baku utama terdiri dari pasir silika, kapur, semen, air, ditambah dengan suatu bahan pengembang yang kemudian dirawat dengan tekanan uap air. Pada umumnya berat beton ringan berkisar antara 300 – 2000 kg/m³. Karena itu keunggulan beton ringan utamanya ada pada berat, sehingga apabila digunakan pada proyek bangunan tinggi (*highrise building*) akan dapat secara signifikan mengurangi berat sendiri bangunan, yang selanjutnya berdampak kepada perhitungan desain keseluruhan.

Teknik Perkuatan Dinding dengan Tambahan Elemen Struktural

Tambahan elemen struktural yang diperlakukan disini adalah penambahan satu grup tulangan dalam posisi diagonal dari ujung elemen dinding ke ujung sisi lain dinding searah dinding. Diperlakukan untuk membagi gaya lateral, meningkatkan kekuatan dinding serta mampu meningkatkan kekakuan sistim struktur.

Bambu

Bambu dipilih sebagai alternatif pengganti karena merupakan hasil alam yang murah, mudah ditanam, pertumbuhan cepat, dapat mereduksi efek *global warming* serta memiliki kuat tarik yang cukup untuk konstruksi bangunan sederhana.

3. METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat Penelitian

Air. Air yang dipergunakan bersumber dari sub-Laboratorium Bahan Bangunan, Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Agregat halus. Agregat halus pasir yang berasal dari Kaliworo, Klaten Jawa Tengah.

Agregat Kasar. Agregat kasar kerikil yang berasal dari Kaliworo, Klaten, Jawa Tengah dengan ukuran maksimum 10 mm.

Besi tulangan, digunakan sebagai penulangan portal dan grup tulangan diagonal dinding.

Semen portland. Semen *portland* merk Holcim dengan berat 40 kg/zak.

Bambu. Bambu yang dipergunakan adalah bambu apos berfungsi sebagai grup tulangan utama untuk perkuatan diagonal dinding panel.

Multiplex. Multiplex untuk bekisting dinding panel dengan tebal multiplex 12 mm.

Universal testing machine, untuk menguji kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur

Loading frame.

Hidraulic jack, untuk pemberi beban statis.

Strain indicator dan Strain gauge beton, untuk mengukur regangan pada balok lentur.

Pengujian Kuat Geser Dinding Panel

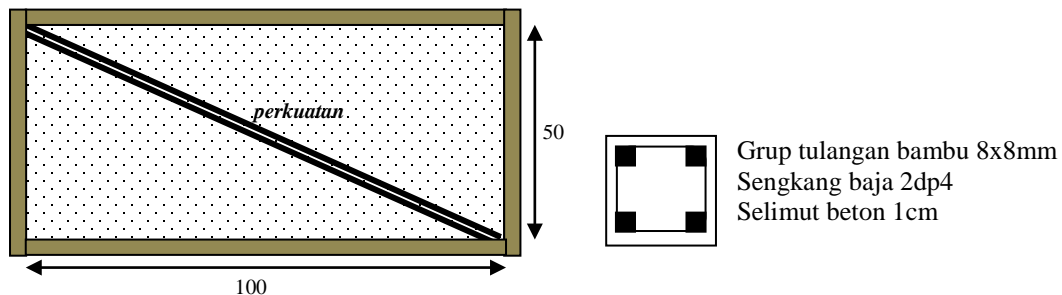
Alat Uji Komponen Struktur. Benda uji dipasang pada elemen frame (*Loading Frame*) bagian bawah setelah sebelumnya diberi bantalan baja supaya lebih tinggi serta dipasang pengunci pada samping kiri dan kanannya agar tidak bergeser/terguling. Pada bagian atas benda uji diberi beberapa bantalan mulai dari plat besi sampai dengan kayu pada bagian yang paling atas, dan diantara bantalan tersebut diberi pelicin. *Hydraulic jack* dipasang pada samping kanan atas tepat pada bagian blok jepit benda uji untuk memberikan beban lateral monotonic satu arah. Untuk mengukur besarnya beban lateral yang diberikan dipakai *proving ring* dengan kapasitas beban maksimum 25 Ton yang diletakkan diantara benda uji dan *hydraulic jack*. Alat dan rangka disetting menyesuaikan ukuran benda uji.

Perencanaan Campuran Beton Ringan

Campuran beton terdiri dari air, semen, agregat halus, agregat kasar dengan diameter maksimum 10mm. Perencanaan campuran dengan faktor air semen 0,5.

Pemodelan Benda Uji

Benda uji dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok bahan dan komponen struktural dari panel dinding. Kelompok bahan terdiri dari kubus 5 sampel benda uji mortar 5mm x 5mm, 5 silinder Ø15cm dan tinggi 30cm. Adapun tulangan bambu disiapkan 5 benda uji. Tes kelompok dinding menggunakan struktur dinding panel berdimensi B x H x T adalah 1000x500x70mm.



Gambar 2. Konfigurasi grup tulangan dengan bambu

Table 1. Details of Model and Experimental Laboratory Test Objects

Model Pengujian	Benda Uji	Variabel Benda Uji	Material	Dimensi Benda Uji (cm)	Jumlah
Kapasitas Struktur Portal	Dinding Panel pada Struktur Portal Beton	Portal tanpa Dinding Panel	SAP2000 Pemodelan Dinding Panel	Balok Kolom Dimensi 10x10cm	2
		Portal dengan Dinding Panel			
Kuat Geser	Dinding Panel Beton	Portal tanpa Dinding Panel	Agregat halus, agregat kasar, semen, air, besi, tulangan	Frame Beam 10x10 Column 10x10	3
		Portal dengan Dinding Panel	Agregat halus, agregat kasar, semen, air, besi, tulangan	Wall Panel 7x50x100	3
		Portal dengan Dinding Panel dan perkuatan Diagonal	Agregat halus, agregat kasar, semen, air, besi, tulangan, bamboo	Wall Panel 7x50x100	3

4. ANALISIS DATA

SAP2000

Setelah pemodelan struktur, pembebanan, dan input data ke dalam program SAP2000, data-data akan diperoleh, gaya-gaya dalam pada balok dan kolom yang telah dimodelkan. Data tersebut digunakan untuk merancang kapasitas balok dan kolom. Berdasarkan analisis struktur SAP2000, struktur dengan dinding memiliki nilai daktilitas yang lebih baik dan kapasitas geser dasar lebih tinggi dari struktur rangka terbuka. Struktur dengan dinding memiliki perilaku yang lebih baik bila dibandingkan dengan struktur rangka terbuka. Kekakuan dan kekuatan dinding mempengaruhi struktur beton bertulang.

Kuat Tekan Dinding Panel

Kuat tekan pada struktur portal tanpa pengisi 0,644 MPa, pada struktur portal dengan dinding panel sebagai pengisi 2,094 MPa, terdapat kenaikan kuat tekan sebesar 215,36%. Struktur portal dengan pengisi dinding panel bertulangan diagonal mempunyai kuat tekan 2,472 MPa, terdapat kenaikan 271,99% dari struktur portal tanpa pengisi. Dinding panel tanpa perkuatan diagonal terhadap dinding panel dengan perkuatan diagonal diperoleh kenaikan 17,96%.

Kuat Lentur Dinding Panel

Kuat lentur pada struktur portal tanpa pengisi 0,660 MPa, pada struktur portal dengan pengisi dinding panel 0,909 MPa, terdapat peningkatan kuat lentur sebesar 37,73%. Kuat lentur struktur portal dengan dinding panel bertulangan diagonal 2,381 MPa, terdapat peningkatan 260,76% dari struktur portal tanpa pengisi, dan terdapat kenaikan 161,94% antara portal dinding panel tanpa perkuatan diagonal dengan dinding panel dengan perkuatan diagonal.

Kuat Geser Dinding Panel

Beban maksimum paling besar mampu ditahan dinding panel dengan perkuatan tulangan diagonal bambu yaitu dinding B1 sebesar 40 KN. Defleksi paling kecil terdapat pada dinding panel dengan perkuatan tulangan diagonal bambu yaitu dinding B2 sebesar 13,5 mm.

Kuat geser dinding panel tanpa perkuatan. Dinding panel tanpa perkuatan T1, T2 dan T3.

Tabel 2. Pengujian kuat geser dinding panel tanpa perkuatan

Dinding	Panjang a, (mm)	Lebar b, (mm)	Beban maksimum (kN)	Beban maksimum rata-rata P, (kN)	Defleksi (mm)	Defleksi rata-rata d, (mm)
T1	740	640	31,6		16	
T2	740	640	28	28,87	15	15,10
T3	740	640	27		14,3	

Kuat geser dinding panel dengan perkuatan. Dinding panel dengan perkuatan B1, B2 dan B3.

Tabel 3. Pengujian kuat geser dinding panel dengan perkuatan

Dinding	Panjang a, (mm)	Lebar b, (mm)	Beban maksimum (kN)	Beban maksimum rata-rata P, (kN)	Defleksi D, (mm)	Defleksi rata-rata d, (mm)
B1	740	640	40		14	
B2	740	640	35,6	37,37	13,5	13,83
B3	740	640	36,5		14	

Kekakuan Geser Dinding Panel

Perhitungan kekakuan geser dinding panel diperoleh dengan,

$$G' = \frac{P}{d} \times \frac{a}{b}, \quad (\text{ASTM E564}) \quad (1)$$

Tabel 4. Kekakuan Geser Dinding Panel

Dinding	Panjang a, (mm)	Lebar b, (mm)	Beban maksimum P, (kN)	Beban maksimum rata-rata P, (kN)	Defleksi (mm)	Defleksi rata-rata d, (mm)	Kekakuan Geser G' (KN/m)
T1	740	640	31,6		16		
T2	740	640	28	28,87	15	15,10	2210,40
T3	740	640	27		14,3		
B1	740	640	40		14		
B2	740	640	35,6	37,37	13,5	13,83	3123,27
B3	740	640	36,5		14		

Kekakuan geser yang lebih baik terdapat pada dinding panel dengan perkuatan tulangan diagonal bambu. Kekakuan geser rata-rata dinding panel tanpa perkuatan adalah 2210,40 kN/m dan dengan perkuatan tulangan diagonal bambu adalah 3123,27 kN/m. Kekakuan geser dinding panel dengan perkuatan tulangan diagonal bambu mengalami kenaikan 41,3 % dari dinding panel tanpa perkuatan. Dinding panel dengan perkuatan tulangan diagonal bambu memiliki defleksi yang lebih kecil yaitu 13,83 mm dibandingkan dinding panel tanpa perkuatan diagonal mencapai 15,10 mm. Dari data tersebut membuktikan bahwa tulangan diagonal bambu dapat membantu mengurangi defleksi yang terjadi sebesar 8,41 %.

Kuat Geser Ultimit Dinding Panel

Kuat geser ultimit dinding di dapat dari data beban maksimum yang dapat ditahan dan lebar dinding panel.

$$S_u = \frac{P_u}{b}, \text{ (ASTM E564)} \quad (2)$$

Tabel 5. Kuat Geser Ultimit Dinding Panel

Benda Uji	Lebar b, (mm)	Beban maksimum P, (kN)	Beban maksimum rata-rata P, (kN)	Kuat Geser Ultimit S_u , (kN/m)
T1	640	31,6		
T2	640	28	28,87	45,10
T3	640	27		
B1	640	40		
B2	640	35,6	37,37	58,39
B3	640	36,5		

Kuat geser ultimit rata-rata dinding panel tanpa perkuatan 45,10 kN/m dan dinding panel dengan perkuatan tulangan diagonal bambu 58,39 kN/m, mengalami kenaikan 29,47% dari dinding panel tanpa perkuatan.

Dinding panel dengan perkuatan tulangan diagonal bambu memiliki nilai kekakuan geser (*Shear Stiffness*) dan kuat geser ultimit (*Ultimate Shear Strength*) lebih tinggi daripada dinding panel tanpa perkuatan karena tulangan bambu mampu menahan beban geser yang diberikan. Pada sisi yang lain, dinding panel dengan perkuatan diagonal bambu yang didesain dalam bentuk grup tulangan akan berperan sebagai *core*/beton inti sehingga mampu menahan beban geser lebih besar dan defleksi yang lebih kecil. Keretakan diagonal sepanjang tulangan diagonal bambu menunjukkan bahwa *core* tersebut dapat mengurangi *split*/pembelahan. Karakteristik keretakan pada pengujian geser yaitu terjadi secara mendadak dan memiliki pola retak diagonal.

Model Keruntuhan Dinding

Model keruntuhan atau kegagalan pada dinding struktural yaitu kegagalan lentur (*flexural behavior*), kegagalan lentur-geser (*flexural-shear behavior*) dan kegagalan geser (*shear behavior*). Keruntuhan dinding diawali dengan retak yang terjadi pada permukaan dinding. Analisis pola retak dilakukan dengan pengamatan secara visual yakni mengamati secara bertahap di setiap tahanan pembebanan dan menggambarkan pola keretakannya pada permukaan dinding. Berdasarkan analisis pola retak yang terjadi diketahui bahwa dinding mengalami mekanisme kegagalan dinding yang sama, yaitu kegagalan geser (*shear behavior*) yang dominan. Hal ini ditunjukkan dengan dinding mengalami pola retak tarik diagonal.

5. KESIMPULAN

Keberadaan pengisi dan perkuatan diagonal mampu meningkatkan kapasitas beban 29,44%, meningkatkan kekakuan geser 41,30%, meningkatkan kuat geser 29,47%, dan menurunkan defleksi 8,41%. Karakteristik perilaku deformasi dan model kegagalan yang terjadi adalah adanya daerah gaya tekan pada arah diagonal yang bertemu dengan ujung beban, daerah gaya tarik pada arah diagonal yang berlawanan yang menghasilkan retak hingga *split* pada daerah diagonal tekan, dan terjadi beton hancur (*crush*) pada daerah ujung diagonal. Dinding panel dengan perkuatan tulangan diagonal bambu dapat digunakan sebagai alternatif pengganti dinding konvensional pada bangunan sederhana yang aman terhadap gempa

DAFTAR PUSTAKA

ACI Committee 318. *Building Code Requirements for Reinforced Concrete* (ACI 318-02), American Concrete Institut, Detroit, 2002.

- ASTM, 2003, *Standard Test Methods for Cyclic (Reversed) Load Test for Shear Resistance of Walls for Buildings*, Designation: Vol 405, E 2126 – 02a.
- Asroni, Ali, 2010. *Balok Dan Pelat Beton Bertulang*, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- FEMA 306, 1998, *Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings, Basic Procedures Manual*, 555 Twin Dolphin Drive, Suite 550 Redwood City, California.
- Ghavami, Khosrow. 2005. "Bamboo as Reinforcement in Structural Concrete Elements". *Cement and Concrete Composites* Vol 27: 637-649.
- Hermawan, Ribut., 2015. "Perilaku Geser Dinding Panel Jaring Kawat Baja Tiga Dimensi Dengan Variasi Rasio Tinggi Dan Lebar (Hw/Lw) Terhadap Beban Lateral Statik". Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.
- Key, D. E. 1988. *Earthquake Design Practice for Buildings*. Thomas Telford. London.
- Nawy, G Edward. 1985. *Reinforced Concrete a Fundamental Approach*, second Edition. Prentice-Hall Inc. New Jersey.
- Nurchasanah, Yenny. 2007. "Force Distribution in the main bars of Reinforced Concrete Coupling Beams with Diagonal Reinforcement". *Jurnal EcoRekayasa, Pasca Sarjana - UMS*, Vol. 3, NO. 2.
- Nurchasanah, Yenny. 2006. "Ductility Behavior of Reinforced Concrete Coupling Beams with Diagonal Reinforcement Between Deform type with CRT Bar Type", *Jurnal Gelagar, Fakultas Teknik – UMS*, Vol. 17 No.02.
- Park, R, Paulay T. 1975. *Reinforced Concrete Structure*, Seventh Edition. John Willey & Sons Inc. Canada.
- Paulay, T. Priestley M.J.N. 1992. *Seismic Design of Reinforced Concrete Structure and Massonary Building*, Third Edition. John Willey & Sons Inc. Canada.
- Ujjianto, M. 2016. "Perilaku Kuat Tekan dan Kuat Lentur Dinding Panel Pasangan Batu Bata dengan Perkuatan Diagonal Tulangan Bambu". *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil VI - Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 2016.
- Wang, C.K. and Salmon, Charles. 1985. *Reinforced Concrete Design*, Fourth Edition. Happer & Row, Inc. New Winter, G., Nilson A., 1993. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. PT. Piedadnya Paramita, Jakarta