

ISSN 2527 - 5542

REKAYASA

JURNAL TEKNIK SIPIL



UNIRA
UNIVERSITAS
MADURA

FT
FAKULTAS TEKNIK

Volume 3 , Nomer 1
JUNI 2018

REKAYASA TEKNIK SIPIL

Media Publikasi Karya Ilmiah di Bidang Teknik Sipil

Volume 3, Nomer 1.

Juni 2018

Penanggung Jawab :

Ir. Moch. Hazin Mukti, MT., MM

Mitra Bestari :

Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT

Dr. Ir. Kustamar, MT

Dr. Ir. Subandiyah Azis, CES

Dr. Faisal Estu Yulianto, ST., MT.

Dr. Gusfan Khalik, ST., MT.

Komite Pelaksana :

Dedy Asmaroni, ST., MT.

Taurina Jemmy Irwanto, ST., MT.

Ahmad Fatoni ST., M.MT.

Ahmad Fausi, ST.

Aldi Setiawan, ST.

Komite Pelaksana :

Fakultas Teknik – Universitas Madura

Jl. Raya Panglegur KM. 3,5 Pamekasan 69317

Telp. (0324) 322231 psw 114 Fax (0324) 327418

Email : Jurnal.rekayasa.unira@gmail.com

REKAYASA TEKNIK SIPIL

Media Publikasi Karya Ilmiah di Bidang Teknik Sipil

Volume 3, Nomer 1.

Juni 2018

DAFTAR ISI

- Pengaruh Persentase Butiran Halus Terhadap Perubahan Kuat Kokoh Tanah Lempung Akibat Fluktuasi Muka Air Tanah**
Paravita Sri Wulandari, Daniel Tjandra 1-6
- Penerapan *Personal Protectif Equipment* (PPE) Pada Proyek Konstruksi di Kabupaten Jember**
Amri Gunasti 7-14
- Studi Perbandingan Kekuatan Aksial Rencana Profil WF Berdasarkan SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015**
Aniendhita Rizki Amalia, Budi Siswanto 15-22
- Penambahan Bahan Aditif Polymer *Polierta* Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton**
Safrin Zuraidah, Muhammad Khaidir, Wisnu Abiarto 23-30
- Pemanfaatan Fiber Polypropylene Pada Beton Dengan Penambahan Naphoplast (Produksi PT. Varia Usaha) Ditinjau Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur**
Bambang Sujatmiko, Saifuddin 31-34

Pengaruh Persentase Butiran Halus Terhadap Perubahan Kuat Kokoh Tanah Lempung Akibat Fluktuasi Muka Air Tanah

Paravita Sri Wulandari¹ and Daniel Tjandra²

¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra, Surabaya

² Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra, Surabaya

E-mail: paravita@petra.ac.id, danieljtj@petra.ac.id.

ABSTRAK: Fluktuasi muka air tanah pada lapisan tanah lempung yang disebabkan perubahan musim dapat mengakibatkan perubahan kekuatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh persentase butiran halus terhadap perubahan kuat kokoh tanah lempung ketika terjadi fluktuasi muka air tanah. Pada penelitian ini digunakan contoh tanah lempung dengan besar persentase butiran halus yang berbeda dari lima lokasi di Surabaya. Fluktuasi muka air tanah pada penelitian ini disimulasikan dengan melakukan variasi kadar air pada tanah lempung. Variasi kadar air tanah dilakukan dengan melakukan pengurangan air pada contoh tanah sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari kadar air pada kondisi awal. Pengujian *Unconfined Compression Test* dilakukan untuk mengetahui kuat kokoh tanah pada setiap variasi kadar air tanah. Dari hasil pengujian di laboratorium, didapatkan bahwa sejalan dengan turunnya kadar air dan derajat kejenuhan, kuat kokoh tanah lempung mengalami peningkatan yang signifikan demikian juga sebaliknya. Selain itu, semakin tinggi persentase butiran halus, maka perubahan kuat kokoh tanah akibat variasi kadar air semakin besar dan sebaliknya. Pada rentang perubahan kadar air yang sama yaitu sekitar 36%, tanah lempung dengan nilai persentase butiran halus kurang dari 80%, mengalami perubahan kuat kokoh tanah delapan kali lipat. Sedangkan tanah lempung dengan nilai persentase butiran halus lebih dari 95%, mengalami perubahan kuat kokoh tanah mencapai lima puluh kali lipat.

Kata Kunci: Tanah lempung, derajat kejenuhan, fluktuasi muka air tanah, persentase butiran halus, kuat kokoh

1. Pendahuluan

Perubahan musim di negara tropis seperti Indonesia dapat menyebabkan fluktuasi muka air tanah. Pada tanah lempung, kondisi tersebut dapat mempengaruhi kadar air tanah di zona aktif, dimana terjadi fluktuasi muka air tanah. Pada musim hujan, terjadi peningkatan elevasi muka air tanah, sebaliknya pada musim kemarau terjadi penurunan elevasi muka air tanah. Variasi kadar air pada zona tersebut dapat menyebabkan perubahan karakteristik tanah dan perubahan ini berdampak pada kuat kokoh tanah lempung (Indarto, 2008, Shayea N.A., 2001, Yalcin A., 2011).

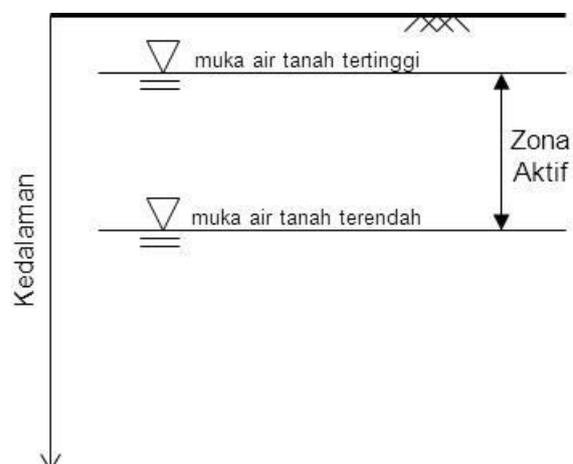
Perilaku tanah lempung akibat variasi kadar air perlu dipahami agar perencanaan pondasi dapat dilakukan dengan baik dan tidak mengakibatkan kerusakan pada struktur bangunan di atasnya. Salah satu hal penting yang perlu diperhatikan adalah penetrasi air ke dalam tanah yang dapat meningkatkan nilai kadar air dalam tanah dan pada akhirnya dapat menurunkan kuat geser tanah secara signifikan (Tjandra dkk., 2013, Tjandra dkk., 2014, Tjandra dkk., 2015). Dalam penelitian ini, serangkaian percobaan laboratorium dilakukan untuk memahami dampak variasi kadar air akibat fluktuasi muka air tanah terhadap kuat kokoh tanah lempung. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh nilai persentase butiran halus pada tanah lempung terhadap perubahan kuat kokoh tanah lempung akibat proses pengeringan dan pembasahan saat terjadi fluktuasi muka air tanah.

2. Fluktuasi Muka Air Tanah Pada Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan tanah dengan butiran yang berukuran lebih kecil dari 0.002 mm. Partikel tanah

lempung sangat halus dan berbentuk pipih. Tanah lempung akan menjadi sangat keras dalam keadaan kering dan bersifat plastis pada saat kadar airnya meningkat. Pada saat kadar air tinggi, tanah lempung akan bersifat lengket dan lunak (Das B.M., 1999 dan Bowles J.E., 1984).

Tanah lempung dengan muka air tanah yang tinggi pada umumnya berada pada kondisi jenuh dimana seluruh pori-pori tanah terisi penuh oleh air. Akan tetapi pada lapisan tanah dimana terjadi fluktuasi muka air tanah, variasi kadar air dimungkinkan terjadi. Lapisan tanah yang berada pada zona aktif tersebut dimungkinkan berada pada kondisi tidak jenuh serta dapat mengalami perubahan karakteristik fisik dan mekanik. Fluktuasi muka air tanah terjadi pada suatu zona yang disebut zona aktif seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Zona Aktif pada Tanah Lempung

Fluktuasi muka air tanah pada zona aktif sangat mempengaruhi kekuatan tanah lempung untuk menahan beban pondasi di atasnya. Kandungan air pada tanah secara signifikan mempengaruhi perubahan kohesi tanah. Ketika kadar air meningkat, kohesi tanah menurun. Hal ini disebabkan karena peningkatan kadar air dapat mengubah jarak antar partikel tanah, yang selanjutnya diikuti penurunan kekuatan ikatan antar-partikel tanah. Penurunan kekuatan ikatan menghasilkan penurunan kohesi dan hilangnya kekuatan geser. Dalam penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Yalcin (2011), ditunjukkan bahwa kohesi tanah di musim kemarau mencapai empat kali lebih tinggi daripada kohesi tanah di musim hujan. Sebagai contoh, kohesi sebesar 149 kN/m² di musim kemarau, sedangkan di musim hujan, kohesi menurun hingga 37 kN/m².

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini diawali dengan pengambilan contoh tanah pada lima lokasi yang berbeda di Surabaya bagian Timur dan Selatan. Contoh tanah diambil secara tidak terganggu dengan menggunakan tabung dari pipa besi (*shelbytube*) berdiameter 7 cm pada kedalaman zona aktif, yaitu kurang lebih satu meter dari permukaan tanah asli. Tanah yang telah diambil dengan tabung tersebut kemudian segera ditutup dengan lilin atau plastik di bagian atas dan bawah untuk mencegah terjadinya perubahan kadar air. Setelah itu contoh tanah dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian.

Tahap penelitian berikutnya adalah melakukan pengujian laboratorium terhadap contoh tanah yang diambil dari lapangan. Pengujian laboratorium yang dilakukan berupa pengujian karakteristik fisik dan mekanik tanah. Pengujian karakteristik fisik adalah pengujian yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu contoh tanah yang diambil dari lapangan. Pengujian karakteristik fisik tanah yang dilakukan meliputi kadar air, berat spesifik dan analisis ayakan.

Untuk menentukan persentase butiran halus, dilakukan analisis ayakan basah (*wet method*). Cara kerja analisis ayakan basah adalah mengambil sebagian contoh tanah lalu dicampurkan dengan air dan diaduk hingga merata. Selanjutnya campuran tanah tersebut dituang ke ayakan yang sudah tersedia. Persentase butiran halus ditentukan dengan melihat persentase butiran yang memiliki ukuran kurang dari 0.075 mm (lolos ayakan No.200 ASTM).

Pengujian karakteristik mekanik tanah berupa penentuan nilai parameter kuat geser tanah. Pada penelitian ini, parameter mekanik tanah diwakili oleh nilai kuat kokoh tanah. Nilai kuat kokoh tanah tersebut didapatkan dari hasil pengujian *unconfined compression*.

Pengujian karakteristik fisik dan mekanik dilakukan pada dua kondisi kadar air tanah. Kondisi pertama adalah kondisi awal contoh tanah *undisturbed* yang diambil dari lapangan. Kondisi kedua adalah kondisi dimana contoh tanah mengalami proses pengeringan dengan kadar air sekitar 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dari kadar air pada kondisi awal. Proses pengeringan ini tidak dilakukan dengan oven, tetapi dengan meletakkan contoh tanah di udara bebas untuk menghindari terjadinya kerusakan pada susunan partikel contoh tanah tersebut, hingga mencapai kadar air yang dikehendaki. Variasi kadar air yang

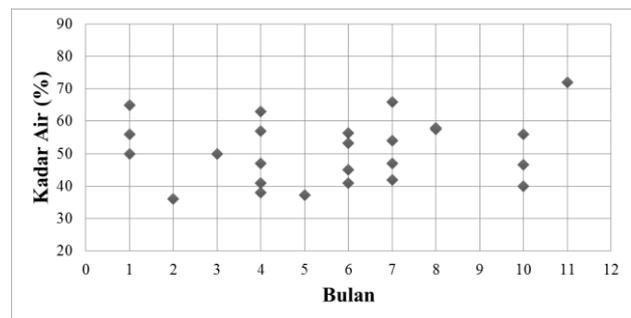
dilakukan di laboratorium digunakan untuk melakukan simulasi keadaan tanah di lapangan pada kedalaman zona aktif. Penentuan variabel kadar air disesuaikan dengan variasi kadar air sebenarnya yang terjadi di lapangan pada sepanjang tahun. Interval variasi kadar air yang terjadi pada sepanjang tahun didapatkan dari data sekunder yang berupa hasil pengujian tanah di Laboratorium Mekanika Tanah, Universitas Kristen Petra.

4. Hasil dan Analisis

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian karakteristik fisik semua contoh tanah yang diambil dari lima lokasi yang berbeda di Surabaya. Sebagai dasar untuk menentukan besar variasi kadar air yang terjadi, dilakukan pengumpulan data sekunder dari Laboratorium Mekanika Tanah, Universitas Kristen Petra. Data sekunder berupa data kadar air tanah di beberapa lokasi di Surabaya Timur dan Selatan pada sepanjang tahun. Data kadar air yang digunakan pada penelitian ini ditentukan pada kedalaman sekitar 1 sampai 2 meter dari permukaan tanah. Variasi kadar air yang didapatkan pada sepanjang tahun ditunjukkan pada Gambar 2, dimana nilai kadar air berkisar antara 36% sampai dengan 72 %.

Tabel 1. Karakteristik contoh tanah pada kondisi awal

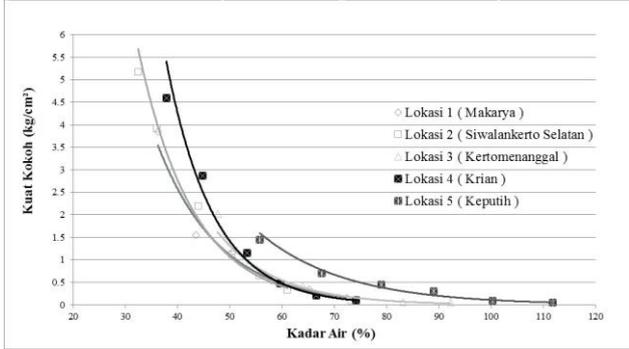
Lokasi	Kadar Air (%)	Berat Spesifik	Butiran Halus (%)
Makarya	72,46	2,61	82,41
Siwalankerto Selatan	61,09	2,63	91,92
Kertomenanggal	92,28	2,64	93,92
Krian	74,17	2,66	96,42
Keputih	111,85	2,58	76,52



Gambar 2. Variasi kadar air pada beberapa lokasi di Surabaya Timur dan Selatan di sepanjang tahun

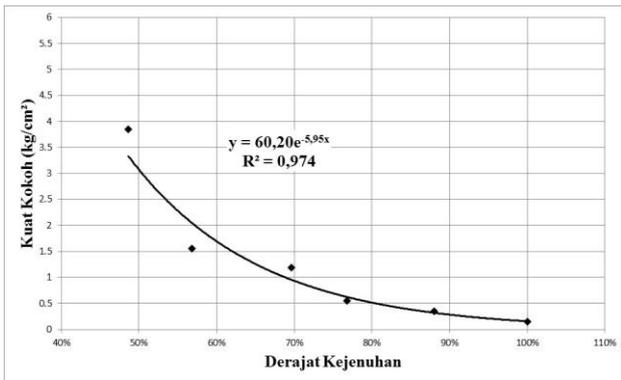
Berdasarkan variasi kadar air yang terjadi di lapangan, dilakukan variasi kadar air pada contoh tanah yang diambil. Variasi kadar air yang dilakukan berupa pengurangan kadar air tanah sebesar 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dari kadar air awal. Variasi kadar air terhadap kuat kokoh tanah pada lima lokasi dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil variasi kadar air yang dilakukan, menunjukkan adanya perubahan kuat kokoh tanah. Hasil yang terlihat menunjukkan bahwa semakin rendah kadar air dan saat kadar air tanah mendekati batas plastis, terjadi peningkatan kuat kokoh tanah yang signifikan secara

eksponensial. Hal ini disebabkan karena tanah mengalami perubahan dari fase plastis menjadi fase semi padat.

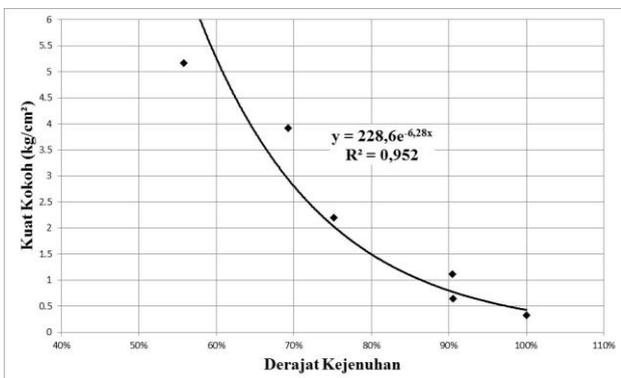


Gambar 3. Fluktuasi kuat kokoh akibat variasi kadar air

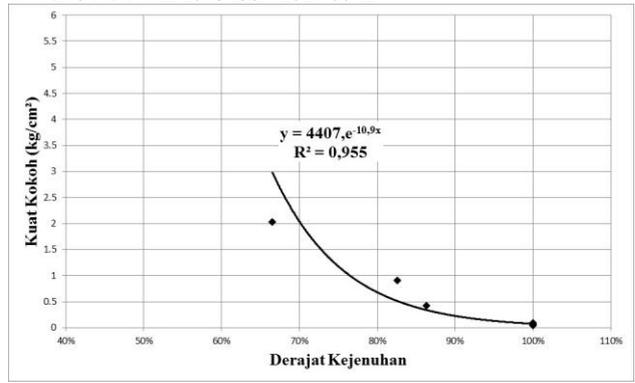
Variasi kadar air juga berdampak pada derajat kejenuhan tanah. Proses pengeringan mengakibatkan penurunan derajat kejenuhan tanah yang pada akhirnya akan meningkatkan kuat kokoh tanah. Hubungan antara derajat kejenuhan dan kuat kokoh tanah pada kelima lokasi dapat dilihat pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 8. Hubungan tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan eksponensial dengan nilai R^2 lebih besar dari 0.95.



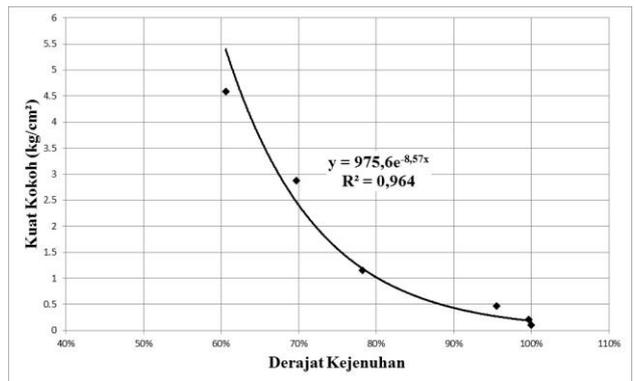
Gambar 4. Peningkatan kuat kokoh akibat penurunan derajat kejenuhan pada lokasi 1



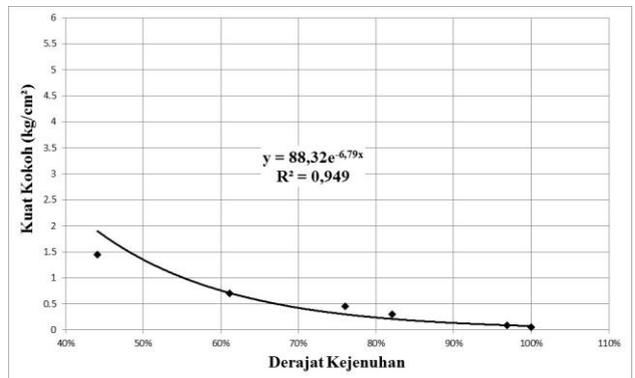
Gambar 5. Peningkatan kuat kokoh akibat penurunan derajat kejenuhan pada lokasi 2



Gambar 6. Peningkatan kuat kokoh akibat penurunan derajat kejenuhan pada lokasi 3



Gambar 7. Peningkatan kuat kokoh akibat penurunan derajat kejenuhan pada lokasi 4



Gambar 8. Peningkatan kuat kokoh akibat penurunan derajat kejenuhan pada lokasi 5

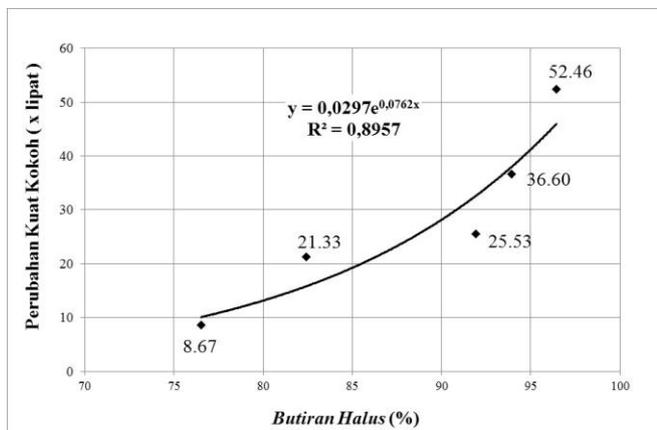
Berdasarkan rentang variasi kadar air yang didapatkan pada sepanjang tahun seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, kuat kokoh tanah pada saat kadar air 36% dan 72% di setiap lokasi dapat diprediksi dari grafik pada Gambar 3. Besar perubahan kuat kokoh tanah akibat variasi kadar air dari 36% ke 72% pada setiap lokasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perubahan kuat kokoh tanah akibat variasi kadar air

Lokasi	Persentase Butiran halus	Kuat kokoh saat kadar air 72%	Kuat kokoh saat kadar air 36%	Perubahan nilai kuat kokoh tanah
		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(x lipat)
Makarya	82	0.17	3.57	21.33
Siwalankerto Selatan	92	0.19	4.88	25.53
Kertomenanggal	94	0.08	2.97	36.60
Krian	96	0.13	6.66	52.46
Keputih	77	0.63	5.43	8.67

Pada lima lokasi pengambilan contoh tanah, masing-masing lokasi memiliki nilai persentase butiran halus yang berbeda-beda. Nilai persentase butiran ini dapat mempengaruhi besarnya perubahan kuat kokoh tanah yang terjadi. Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa seiring dengan peningkatan persentase butiran halus, maka kemungkinan terjadinya perubahan kuat kokoh tanah akan semakin besar. Pada rentang perubahan kadar air yang sama yaitu 36%, tanah lempung dengan nilai persentase butiran halus kurang dari 80%, mengalami perubahan kuat kokoh tanah delapan kali lipat. Sedangkan tanah lempung dengan nilai persentase butiran halus lebih dari 95%, mengalami perubahan kuat kokoh tanah mencapai lima puluh kali lipat.

Semakin tinggi nilai persentase butiran halus, maka kadar lempung pada tanah tersebut semakin tinggi. Hal tersebut disebabkan karena tanah lempung terbentuk dari partikel-partikel tanah yang berbentuk lembaran yang dapat menyerap air. Perilaku tanah lempung sangat rentan terhadap penambahan atau pengurangan kadar air. Beberapa lempung sangat sensitif terhadap gangguan, sehingga akan terjadi perubahan nilai kuat geser akibat terganggunya struktur asli tanah.



Gambar 9. Hubungan antara Persentase Butiran Halus dan Perubahan Kuat Kokoh Tanah

5. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dijelaskan pada bagian di atas, penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan. Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada saat terjadi perubahan kondisi tanah dari kondisi jenuh menjadi tidak jenuh, kuat kokoh tanah meningkat dengan signifikan. Dari penelitian ini didapatkan hubungan antara kuat kokoh, kadar air dan derajat kejenuhan yang dinyatakan berupa persamaan - persamaan dengan nilai R² lebih besar dari 0.95.
2. Pada rentang perubahan kadar air yang sama yaitu sebesar 36%, tanah lempung dengan nilai persentase butiran halus kurang dari 80% mengalami perubahan kuat kokoh tanah delapan kali lipat. Sedangkan tanah lempung yang memiliki nilai persentase butiran halus lebih dari 95%, perubahan kuat kokoh tanah yang terjadi mencapai lima puluh kali lipat. Hubungan antara persentase butiran halus dan perubahan kuat kokoh tanah (Δq_u) pada penelitian ini dapat dinyatakan dalam persamaan $y = 0,0297e^{0,0762x}$, dimana:
 - x = persentase butiran halus
 - y = perubahan kuat kokoh tanah (Δq_u)

6. Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Michael Henry Goenawan dan Joedy Harto Pinasto yang telah membantu dan mendukung proses pengumpulan data pada penelitian ini.

7. Daftar Pustaka

Bowles J.E. (1984). *Physical and Geotechnical Properties of Soil*. McGraw-Hill, Inc.

Das B.M. (1999). *Principles of Geotechnical Engineering*. California : PWS Publishing.

Indarto. (2008). "Drying and Wetting Cyclus against Foundation Failure"., *Proceedings of HATTI Seminar, Bandung*.

Shayea N.A. (2001). "The Combined Effect of Clay and Moisture Content on the Behavior of Remolded unsaturated Soils". *Engineering Geology*, 62, 319-342.

Tjandra, D., Indarto, Soemitro, R. A. A. (2015). "Effect of Drying-Wetting Process on Friction Capacity and Adhesion Factor of Pile Foundation in Clayey Soil". *Jurnal Teknologi*, 77(11), 145-150.

Tjandra, D., Indarto, Soemitro, R. A. A. (2015). "Behavior of Expansive Soil under Water Content Variation and Its Impact to Adhesion Factor on Friction Capacity of Pile Foundation". *International Journal of Applied Engineering Research*, 10(18), 38913-38917.

Tjandra, D., Indarto, Soemitro, R. A. A. (2013). "The Effect of Water Content Variation on Adhesion Factor of Pile Foundation in Expansive Soil". *Civil Engineering Dimension Journal*, 13(2), 114-119.

- Tjandra, D., Indarto, Soemitro, R. A. A. (2014). "The Influence of Water Content Variations on Friction Capacity of Piles in Expansive Soil". *International Journal of ICT-aided Architecture and Civil Engineering*, 1(1), 31-40.
- Yalcin A. (2011). "A Geotechnical Study on the Landslides in the Trabzon Province, NE, Turkey". *Applied Clay Science*, 52, 11-19.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

PENERAPAN *PERSONAL PROTECTIF EQUIPMENT* (PPE) PADA PROYEK KONSTRUKSI DI KABUPATEN JEMBER

Amri Gunasti

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember, Jember

E-mail: amrigunasti@unmuhjember.ac.id

ABSTRAK: Peralatan standar K3 yang dikenal dengan PPE pada proyek konstruksi Walaupun *Personal Protectif Equipment* (PPE)/Alat Pelindung Diri (APD) merupakan elemen yang sangat penting, tetapi pada kenyataannya dilapangan tidak semua proyek menerapkannya. Hasil Penelitian Menunjukkan bahwa untuk indikator masker yang digunakan dapat melindungi pernapasan (hidung dan mulut) dari partikel yang dapat mengganggu pernapasan, Pekerja memakai jas hujan pada saat hujan, serta beberapa indikator lainnya menunjukkan bahwa nilai Z hitung lebih besar dari 2,570 dan lebih kecil dari -2,570, mengindikasikan bahwa berbeda sangat nyata antara standar dengan penerapan. Indikator Pakaian kerja yang dipakai dapat melindungi badan dari hal-hal yang dapat melukai badan, Bagian muka sepatu cukup keras sehingga kaki tidak terluka jika tertimpa benda dari atas, serta beberapa indikator lainnya memiliki nilai Z hitung antara -1,960 sampai -2,570 dan antara 1,960 sampai -2,570 memiliki makna berbeda tetapi tidak nyata antara standar dengan penerapan. Indikator Pekerja memakai pakaian kerja, Pekerja memakai sepatu kerja, serta beberapa indikator lainnya memiliki nilai Z hitung antara -1,960 sampai 1,960 bermakna sudah sesuai antara standar dengan penerapan.

Kata Kunci: PPE/APD, Standar PPE/APD, Penerapan PPE/APD.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Secara nasional, angka kecelakaan kerja sektor konstruksi versi BPJS Ketenagakerjaan, selalu bertengger di angka 32 persen, bersaing ketat dengan industri manufaktur yang juga selalu bertengger di kisaran angka 31 persen. Merujuk data BPJS Ketenagakerjaan, kasus kecelakaan kerja yang terjadi pada 2016 (hingga November) tercatat 101.367 kejadian dengan korban meninggal dunia 2.382 orang, sedangkan pada 2015 tercatat 110.285 dengan korban meninggal dunia 2.375 orang.

Melihat data dokumentasi di Pusat Informasi Kompas (PIK), didapati sejumlah data, antara lain ambruknya konstruksi jembatan di Grati (Jawa Timur) dalam pembangunan Jalan Tol Pasuruan-Probolinggo yang mengakibatkan seorang pekerja tewas. Terakhir, Jumat (3/11) malam, dinding beton proyek pembangunan jalan jalur layang transportasi massal cepat (MRT) di Jalan Panglima Polim, Jakarta, runtuh. Seorang pengendara terluka. Sebelumnya, Jumat, 4 Agustus 2017, dua pekerja tewas terjatuh saat memasang dinding parapet di konstruksi atas proyek kereta ringan di Palembang. Seperti diberitakan harian ini, para pekerja itu tewas terjatuh dari konstruksi LRT dari ketinggian 16 meter. Pada Selasa, 1 Agustus 2017, proyek pembangunan LRT di Palembang terganggu menyusul amblesnya tanah di tempat parkir crane yang mengangkat girder (balok penghubung) tak seimbang. Balok jatuh dan menimpa rumah warga. Angka kecelakaan kerja sektor konstruksi, menurut data BPJS Ketenagakerjaan, terbilang tinggi, berada pada angka 32 persen.

Tingginya kecelakaan kerja, termasuk di sektor konstruksi, harus jadi perhatian. Di tengah kerja keras Presiden Joko Widodo membangun infrastruktur—tercatat ada 17.000 proyek—aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3) harus jadi fokus bersama. Perlu ada inspeksi mendadak untuk memastikan aspek K3

dijalankan. Kecelakaan kerja selalu menjadi peristiwa in between. Pernah terjadi, sedang terjadi, dan bisa terjadi lagi pada masa mendatang. Itulah yang harus disadari, bagaimana meminimalkan angka kecelakaan kerja. Kesadaran akan K3 harus disadari mulai dari pemimpin level tertinggi sampai pekerja di lapangan. Kecelakaan kerja bisa dicegah seandainya semua prosedur standar diikuti. Kecelakaan kerja selalu diawali dengan pelanggaran kecil yang dibiarkan. Undang-Undang Keselamatan Kerja dan segala turunannya harus menjadi pedoman bagaimana proyek harus dikerjakan.

Pada awal tahun 2018 tercatat terjadi puluhan kasus kecelakaan kerja pada proyek konstruksi, diantaranya adalah insiden *crane* jatuh pada proyek *double-double track* (DDT) di Jatinegara, Jakarta Timur, Minggu, 4 Februari 2018 pagi menambah daftar panjang kecelakaan kerja pembangunan infrastruktur di Indonesia. Empat pekerja tewas dalam peristiwa ini. Kemudian pada Senin 22 Januari 2018 sekitar pukul 00.10 WIB dini hari sebuah konstruksi proyek pembangunan Light Rapid Transit (LRT) di kawasan Kayuputih, Pulo Gadung, Jakarta Timur jatuh. Lima pekerja terluka dalam insiden tersebut. Ada banyak faktor yang menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja, diantaranya adalah pertama, faktor pekerja, mulai dari pekerja yang kurang cakap sampai pada pekerja yang lalai dalam melaksanakan pekerjaannya. Kedua adalah faktor metoda konstruksi, kesalahan pemilihan metoda akan member efek yang sangat fatal bagi kecelakaan kerja bahkan pada kegagalan konstruksi. Ketiga adalah faktor manajemen dan yang terakhir adalah faktor peralatan standar K3, dilapangan terbukti bahwa peralatan K3 merupakan perisai atau benteng terakhir untuk menghindari atau meminimalisir kecelakaan kerja.

Peralatan standar K3 yang dikenal dengan *Personal Protectif Equipment* (PPE) pada proyek konstruksi terdiri dari pakaian kerja, sepatu kerja, kacamata kerja, penutup telinga, sarung tangan, Helm,

Masker, Jas Hujan, Sabuk Pengaman, Tangga dan P3K. Walaupun *Personal Protectif Equipment* (PPE) ini penting, pada kenyataannya dilapangan tidak semua proyek menerapkannya, bahkan ada yang menganggap bahwa penerapan *Personal Protectif Equipment* (PPE) adalah pemborosan. Oleh karenanya diperlukan kontrol dari semua pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi mulai dari level tertinggi sampai pada pekerja.

Selama ini sangat jarang sekali dilakukan penelitian yang sekaligus bertujuan untuk menilai penerapan *Personal Protectif Equipment* (PPE) pada proyek konstruksi. Oleh karena itu, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat melengkapi data mengenai *Personal Protectif Equipment* (PPE) pada khususnya dan K3 pada umumnya. Pada akhirnya, dengan dilakukan penelitian dan penilaian *Personal Protectif Equipment* (PPE) pada proyek konstruksi kita akan mengetahui faktor penyebab kecelakaan kerja, sehingga pada tahap berikutnya kita tahu jalan keluar dari permasalahan ini.

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana penerapan *Personal Protectif Equipment* (PPE) pada proyek konstruksi pada proyek Konstruksi di Kabupaten Jember. Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sampai sejauh mana penerapan *Personal Protectif Equipment* (PPE) pada proyek konstruksi pada proyek Konstruksi di Kabupaten Jember dilaksanakan.

2. Metode Penelitian

Tempat Penelitian dan Responden

Penelitian ini dilakukan pada proyek Konstruksi di Kabupaten Jember. Responden dari penelitian ini adalah para tukang yang terlibat dalam proyek Konstruksi di Kabupaten Jember. Penelitian ini akan membahas mengenai persepsi responden mengenai penerapan *Personal Protectif Equipment* (PPE) atau Alat Pelindung Diri (APD) dilapangan kemudian dibandingkan dengan persepsi responden tentang standard *Personal Protectif Equipment* (PPE) atau Alat Pelindung Diri (APD). Untuk menilai penerapan *Personal Protectif Equipment* (PPE) atau Alat Pelindung Diri (APD) baik dilapangan maupun standard digunakan skala *likert*.

Metode pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah Metode pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah *Sampling Insidental*, yaitu responden adalah semua pihak yang terlibat dalam Konstruksi di Kabupaten Jember dan bersedia. Data yang dikumpulkan dalam penelitian yaitu data primer yaitu data yang langsung diperoleh dilapangan dari penilaian responden terhadap penerapan *Personal Protectif Equipment* (PPE) atau Alat Pelindung Diri (APD) dilapangan serta penilaian terhadap standar PPE/APD. Untuk memperoleh data primer dalam penelitian ini peneliti menggunakan teknik survey dengan cara menyebarkan kuesioner kepada responden.

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini dikembangkan dari teori-teori yang telah dikemukakan. Instrumen yang dinilai mulai dari Pakaian Kerja, Sepatu Kerja, Kacamata Kerja, Penutup Telinga, Sarung Tangan, Helm (*Helmet*), Masker, Jas Hujan,

Sabuk Pengaman Tangga, serta ketersediaan P3K. Kesemua instrumen tersebut merupakan bagian dari *Personal Protectif Equipment* (PPE) atau Alat Pelindung Diri (APD).

Instrumen untuk pakaian kerja terdiri dari: pekerja memakai pakaian kerja, pakaian kerja yang dipakai dapat melindungi badan dari hal-hal yang dapat melukai badan, perusahaan menyediakan minimal tiga pasang pakaian kerja setiap tahun. Instrumen untuk sepatu kerja terdiri dari: pekerja memakai sepatu kerja, sepatu kerja memiliki sol yang tebal, sepatu kerja dapat melindungi kaki dari benda-benda tajam, sepatu kerja melindungi kaki kemasukan kotoran, bagian muka sepatu cukup keras sehingga kaki tidak terluka jika tertimpa benda dari atas, sepatu kerja disediakan dua pasang setiap tahun oleh perusahaan.

Instrumen Untuk kacamata kerja terdiri dari: pekerja memakai kacamata kerja, kacamata kerja melindungi mata dari debu kayu, batu atau serpih besi yang berterbangan. Instrumen untuk penutup telinga terdiri dari: pekerja menggunakan penutup telinga pada pekerjaan yang memiliki volume suara cukup keras dan bising, penutup telinga dapat melindungi telinga dari volume suara yang cukup keras dan bising. Instrumen untuk sarung tangan terdiri dari: pekerja menggunakan sarung tangan untuk pekerjaan dengan benda-benda keras dan tajam, sarung tangan dapat melindungi tangan dari benda-benda keras dan tajam.

Instrumen untuk helm (*helmet*) terdiri dari: pekerja menggunakan helm saat bekerja, pekerja disiplin menggunakan helm, helm dapat melindungi kepala terhadap benda yang jatuh dari atas, helm dapat melindungi kepala dari udara hujan serta panas matahari. Instrumen untuk masker terdiri dari: pekerja memakai masker, masker yang digunakan dapat melindungi pernapasan (hidung dan mulut) dari partikel yang dapat mengganggu pernapasan. Instrumen untuk jas hujan terdiri dari pekerja memakai jas hujan pada saat hujan, jas hujan nyaman dipakai. Instrumen untuk sabuk pengaman terdiri dari: pekerja menggunakan sabuk pengaman untuk pekerjaan yang membutuhkan sabuk pengaman, sabuk pengaman nyaman dipakai.

Instrumen untuk tangga terdiri dari: Pekerja menggunakan tangga untuk pekerjaan yang harus menggunakan tangga, tangga aman untuk digunakan. Instrumen untuk P3K terdiri dari: perusahaan atau pelaksana konstruksi menyiapkan P3K.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dimulai dengan verifikasi data yaitu memeriksa kembali kuesioner yang telah diisi oleh responden untuk memastikan apakah pernyataan sudah dijawab lengkap oleh responden. Setelah data diverifikasi maka dihitung frekuensi dari jawaban yang diberikan responden atas setiap item pernyataan yang diajukan. Selanjutnya Menghitung total skor, total item standard *Personal Protectif Equipment* (PPE) dengan menggunakan rumus:

$$(1.TS)+(2.KS)+(3.CS)+(4.S)+(5.SS) \dots(1)$$

$$TS + KS + CS + S + SS$$

Dimana TS adalah Tidak Standard, KS adalah Kurang Standard, CS adalah Cukup Mengharapkan, S

adalah standar serta SS adalah sangat Standard. Setelah dilakukan penghitungan total skor standar *Personal Protectif Equipment* (PPE), selanjutnya adalah melakukan penghitungan total skor penerapan *Personal Protectif Equipment* (PPE) dilapangan. Adapun rumusnya adalah:

$$(1.SK)+(2.K)+(3.C)+(4.B)+(5.SB) \dots(2)$$

Dimana: SK adalah Sangat Kurang, K adalah Kurang, C adalah Cukup, B adalah Baik serta SB adalah sangat Baik. Selanjutnya dilakukan penghitungan nilai rerata jumlah responden dengan rumus:

$$\text{Mean} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N} \dots(3)$$

Dimana: X_i adalah Skor total, N adalah jumlah responden. Kemudian dihitung gap antara penerapan *Personal Protectif Equipment* (PPE) dilapangan dengan standar *Personal Protectif Equipment* (PPE), dengan rumus:

$$\text{Gap} = \text{Penerapan Dilapangan} - \text{Standard}$$

Untuk menganalisis tingkat penerapan *Personal Protectif Equipment* (PPE), maka digunakan rumus.

$$\text{(TP)} = \frac{\text{Penerapan Dilapangan (PP)}}{\text{Standard (S)}} \dots(4)$$

Jika Kualitas (TP) ≥ 1 , maka penerapan *Personal Protectif Equipment* (PPE) dikatakan baik.

Uji Hipotesis

Pengujian hipotesis dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan uji Z. Uji Z yang digunakan adalah uji Z dua sampel bebas atau paired sample t-test, yang berarti variabel berasal dari populasi yang sama. Kriteria pengujiannya adalah Jika $Z_{hitung} \geq Z_{tabel}$; $-Z_{hitung} < -Z_{tabel}$ atau $\alpha < 0,05$, maka H_a diterima dan H_o ditolak. Jika $Z_{hitung} < Z_{tabel}$; $-Z_{hitung} \geq -Z_{tabel}$ atau $\alpha > 0,05$ maka H_a ditolak dan H_o diterima.

3. Hasil Penelitian

Standar *Personal Protectif Equipment* (PPE)

Dalam penelitian ini responden memberikan penilaian untuk 2 (dua) hal yaitu Standar *Personal Protectif Equipment* (PPE)/Alat Pelindung Diri (APD) dan penerapan *Personal Protectif Equipment* (PPE) Alat Pelindung Diri (APD) dilapangan. Untuk memberi penilaian mengenai standar PPE/APD responden terlebih dahulu harus memahami beberapa aturan yang ada terkait PPE/APD yang berlaku, diantaranya Undang-undang No.1 tahun 1970. Permenakertrans No.Per.01/MEN/1981, Permenakertrans No.Per.03/MEN/1982, Permenakertrans No.Per.03/MEN/1986, serta Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor Per.08/MEN/VII/2010 serta peraturan lain yang berlaku, kemudian diterjemahkan sesuai dengan kebutuhan atau bahasa yang mudah dipahami oleh responden.

Untuk menilai standar PPE/APD responden member penilaian mulai dari angka 1 sampai angka 5. Angka 1 adalah angka yang menunjukkan standar yang paling rendah, sedangkan angka 5 menunjukkan yang paling tinggi. Dalam memberi penilaian responden member standar sesuai dengan kebutuhan, sebagai contoh

standar terbaik secara umum untuk pakaian kerja adalah angka 5, tetapi responden menyesuaikan dengan konteks kegiatan atau ukuran proyek serta resiko proyek yang responden tersebut kerjakan. Untuk bangunan tingkat tinggi tentu standarnya lebih tinggi dibandingkan dengan bangunan yang lebih rendah.

Adapun hasil penilaian terhadap standar PPE/APD nilai tertinggi adalah indikator pekerja memakai baju kerja yaitu sebesar 4,574 dan terendah adalah untuk indikator sepatu kerja dapat melindungi kaki dari benda-benda tajam yaitu sebesar 3,574; dari penilaian ini mengindikasikan bahwa standard rata-rata tertinggi sesuai dengan konteks ukuran, kesulitan dan resiko proyek yang dikerjakan adalah 4,574 bukan 5, dan yang terendah adalah 3,574; ini artinya proyek yang dikerjakan oleh responden sangat variatif ukuran, tingkat kesulitan serta resikonya. Secara detail dapat diuraikan besarnya nilai untuk masing-masing indikator sebagai berikut (Tabel 1):

Tabel 1 Penilaian Standar *Personal Protectif Equipment* (PPE)/Alat Pelindung Diri (APD) Pada Proyek Konstruksi

No.	INDIKATOR	STANDAR
1	Pekerja memakai pakaian kerja	4.574
2	Pakaian kerja yang dipakai dapat melindungi badan dari hal-hal yang dapat melukai badan	4.404
3	Memiliki minimal tiga pasang pakaian kerja setiap tahun	4.426
4	Pekerja memakai sepatu kerja	4.426
5	Sepatu kerja memiliki sol yang tebal	4.149
6	Sepatu kerja dapat melindungi kaki dari benda-benda tajam	3.574
7	Sepatu kerja melindungi kaki dari kemasukan kotoran	4.043
8	Bagian muka sepatu cukup keras sehingga kaki tidak terluka jika tertimpa benda dari atas	4.234
9	Memiliki dua pasang sepatu kerja setiap tahun	4.128
10	Pekerja memakai kacamata kerja	4.234
11	Kacamata kerja melindungi mata dari debu kayu, batu atau serpih besi yang berterbangan	4.128
12	Pekerja menggunakan penutup telinga pada pekerjaan yang memiliki volume suara cukup keras dan bising	4.255
13	Penutup telinga dapat melindungi telinga dari volume suara yang cukup keras dan bising	4.043
14	Pekerja menggunakan sarung tangan untuk pekerjaan dengan benda-benda keras dan tajam	4.149
15	Sarung tangan dapat melindungi tangan dari benda-benda keras dan tajam	4.000
16	Pekerja menggunakan helm saat bekerja, pekerja disiplin menggunakan helm	3.979

Lanjutan Tabel 1	
17	Helm dapat melindungi kepala terhadap benda yang jatuh dari atas 3.851
18	Helm dapat melindungi kepala dari udara hujan serta panas matahari 3.979
19	Pekerja memakai masker 3.596
20	Masker yang digunakan dapat melindungi pernapasan (hidung dan mulut) dari partikel yang dapat mengganggu pernapasan 4.043
21	Pekerja memakai jas hujan pada saat hujan 3.935
22	Jas hujan nyaman dipakai 4.021
23	Pekerja menggunakan sabuk pengaman untuk pekerjaan yang membutuhkan sabuk pengaman 3.979
24	Sabuk pengaman nyaman dipakai 4.170
25	Pekerja menggunakan tangga untuk pekerjaan yang harus menggunakan tangga 4.106
26	Tangga aman untuk digunakan 4.085
27	Memiliki kelengkapan P3K 4.255
	Rata-rata 4.102

Lanjutan Tabel 2	
7	Sepatu kerja melindungi kaki dari kemasukan kotoran 3.936
8	Bagian muka sepatu cukup keras sehingga kaki tidak terluka jika tertimpa benda dari atas 4.021
9	Memiliki dua pasang sepatu kerja setiap tahun 3.766
10	Pekerja memakai kacamata kerja 4.021
11	Kacamata kerja melindungi mata dari debu kayu, batu atau serpih besi yang berterbangan 3.979
12	Pekerja menggunakan penutup telinga pada pekerjaan yang memiliki volume suara cukup keras dan bising 4.021
13	Penutup telinga dapat melindungi telinga dari volume suara yang cukup keras dan bising 3.830
14	Pekerja menggunakan sarung tangan untuk pekerjaan dengan benda-benda keras dan tajam 4.064
15	Sarung tangan dapat melindungi tangan dari benda-benda keras dan tajam 3.894
16	Pekerja menggunakan helm saat bekerja, pekerja disiplin menggunakan helm 3.957
17	Helm dapat melindungi kepala terhadap benda yang jatuh dari atas 3.787
18	Helm dapat melindungi kepala dari udara hujan serta panas matahari 3.766
19	Pekerja memakai masker 3.404
20	Masker yang digunakan dapat melindungi pernapasan (hidung dan mulut) dari partikel yang dapat mengganggu pernapasan 3.702
21	Pekerja memakai jas hujan pada saat hujan 3.674
22	Jas hujan nyaman dipakai 3.660
23	Pekerja menggunakan sabuk pengaman untuk pekerjaan yang membutuhkan sabuk pengaman 3.660
24	Sabuk pengaman nyaman dipakai 3.787
25	Pekerja menggunakan tangga untuk pekerjaan yang harus menggunakan tangga 3.638
26	Tangga aman untuk digunakan 3.851
27	Memiliki kelengkapan P3K 4.064
	Rata-rata 3.899

Dari Tabel 1 diketahui bahwa rata-rata penilaian responden untuk standar *Personal Protective Equipment* (PPE)/Alat Pelindung Diri (APD) adalah 4.102. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa standar yang diterapkan oleh responden tinggi tetapi tidak mencapai sangat tinggi. Seperti sudah diuraikan sebelumnya bahwa penilaian disesuaikan dengan dengan konteks ukuran, kesulitan dan resiko proyek yang dikerjakan.

Penerapan *Personal Protective Equipment* (PPE)

Penerapan *Personal Protective Equipment* (PPE)/Alat Pelindung Diri (APD) dinilai oleh para Responden sesuai dengan yang mereka lihat, mereka amati, serta mereka rasakan sendiri dilapangan atau saat mereka bekerja. Penilaian dilakukan dengan skala 1 sampai 5, dimana 1 memiliki arti bahwa penerapan PPE/APD masih sangat kurang dan 5 memiliki arti bahwa penerapan PPE/APD sangat baik. Secara lebih rinci penerapan PPE/APD dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Penerapan *Personal Protective Equipment* (PPE)/Alat Pelindung Diri (APD) Pada Proyek Konstruksi

No.	INDIKATOR	PEN RAPAN
1	Pekerja memakai pakaian kerja	4.489
2	Pakaian kerja yang dipakai dapat melindungi badan dari hal-hal yang dapat melukai badan	4.213
3	Memiliki minimal tiga pasang pakaian kerja setiap tahun	4.021
4	Pekerja memakai sepatu kerja	4.340
5	Sepatu kerja memiliki sol yang tebal	3.979
6	Sepatu kerja dapat melindungi kaki dari benda-benda tajam	3.489

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai tertinggi terdapat pada indikator Pekerja memakai pakaian kerja, sedangkan nilai terendah terdapat pada indikator pekerja memakai masker yaitu sebesar 3,404. Dari nilai tertinggi dan terendah tersebut mengindikasikan bahwa rata-rata pekerja dilapangan memiliki kesadaran yang tinggi menggunakan pakaian kerja, tetapi masih belum maksimal menggunakan masker saat bekerja. Dari hasil penelaahan lebih jauh, penyebab belum maksimalnya penggunaan masker disebabkan oleh dua hal, yang pertama karena kurangnya kesadaran akan keselamatan

dan yang kedua karena keadaan proyek memang tidak membutuhkan penggunaan masker.

Gap Antara Standar Dan Penerapan Personal Protectif Equipment (PPE)

Gap adalah selisih antara standar yang diinginkan dengan kenyataan atau penerapan Penerapan Personal Protectif Equipment (PPE)/Alat Pelindung Diri (APD) dilapangan. Secara teknis angka atau nilai gap didapatkan dari hasil pengurangan antara nilai penerapan PPE/APD dengan nilai standar. Semakin besar nilai gap, berarti mengindikasikan bahwa antara standar dengan penerapan dilapangan sangat jauh berbeda. Sebaliknya semakin kecil nilai gap maka antara standar dengan pelaksanaan dilapangan tidak jauh berbeda. Bila gap bernilai positif, maka mengindikasikan bahwa yang terjadi dilapangan jauh lebih baik dari pada standar, bila ini terjadi maka standar harus diperbaiki. Secara lebih rinci nilai gap dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Gap Antara Standar Dan Penerapan Personal Protectif Equipment (PPE)/Alat Pelindung Diri (APD) Pada Proyek Konstruksi

No.	INDIKATOR	GAP
1	Pekerja memakai pakaian kerja	0.085
2	Pakaian kerja yang dipakai dapat melindungi badan dari hal-hal yang dapat melukai badan	0.191
3	Memiliki minimal tiga pasang pakaian kerja setiap tahun	0.404
4	Pekerja memakai sepatu kerja	0.085
5	Sepatu kerja memiliki sol yang tebal	0.170
6	Sepatu kerja dapat melindungi kaki dari benda-benda tajam	0.085
7	Sepatu kerja melindungi kaki dari kemasukan kotoran	0.106
8	Bagian muka sepatu cukup keras sehingga kaki tidak terluka jika tertimpa benda dari atas	0.213
9	Memiliki dua pasang sepatu kerja setiap tahun	0.362
10	Pekerja memakai kacamata kerja	0.213
11	Kacamata kerja melindungi mata dari debu kayu, batu atau serpih besi yang berterbangan	0.149
12	Pekerja menggunakan penutup telinga pada pekerjaan yang memiliki volume suara cukup keras dan bising	0.234
13	Penutup telinga dapat melindungi telinga dari volume suara yang cukup keras dan bising	0.213
14	Pekerja menggunakan sarung tangan untuk pekerjaan dengan benda-benda keras dan tajam	0.085
15	Sarung tangan dapat melindungi tangan dari benda-benda keras dan tajam	0.106

Lanjutan Tabel 3

17	Helm dapat melindungi kepala terhadap benda yang jatuh dari atas	0.064
18	Helm dapat melindungi kepala dari udara hujan serta panas matahari	0.213
19	Pekerja memakai masker	0.191
20	Masker yang digunakan dapat melindungi pernapasan (hidung dan mulut) dari partikel yang dapat mengganggu pernapasan	0.340
21	Pekerja memakai jas hujan pada saat hujan	0.261
22	Jas hujan nyaman dipakai	0.362
23	Pekerja menggunakan sabuk pengaman untuk pekerjaan yang membutuhkan sabuk pengaman	0.319
24	Sabuk pengaman nyaman dipakai	0.383
25	Pekerja menggunakan tangga untuk pekerjaan yang harus menggunakan tangga	0.468
26	Tangga aman untuk digunakan	0.234
27	Memiliki kelengkapan P3K	0.191
Rata-rata		0.213

Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai gap yang paling tinggi terdapat pada indikator Pekerja menggunakan tangga untuk pekerjaan yang harus menggunakan tangga yaitu sebesar -0,468 dan nilai gap terkecil adalah pada indikator Pekerja menggunakan helm saat bekerja, pekerja disiplin menggunakan helm yaitu sebesar -0,021. Nilai gap yang sangat tinggi pada Pekerja menggunakan tangga untuk pekerjaan yang harus menggunakan tangga mengindikasikan bahwa sangat jauh antara standar dengan kenyataan atau penerapan dilapangan. Bila ditelusuri lebih jauh, gap ini terjadi karena pekerja merasa tidak efektif bila setiap pekerjaan harus mengangkat tangga karena sangat menguras tenaga dan memakan waktu, sehingga mereka lebih senang memanjat dinding secara langsung.

Kualitas Standar Personal Protectif Equipment (PPE)

Kualitas Standar Personal Protectif Equipment (PPE) adalah hasil pembagian nilai penerapan Personal Protectif Equipment (PPE)/Alat Pelindung Diri (APD) dilapangan dengan Standar Personal Protectif Equipment (PPE)/Alat Pelindung Diri (APD). Semakin besar/tinggi nilai kualitas maka semakin baik, sebaliknya semakin rendah nilai kualitas maka semakin jauh dari baik. Nilai tertinggi dari kualitas adalah angka 1, nilai terendah adalah angka 0. Bila kualitas nilainya 1 mengindikasikan bahwa sesuai antara standar dengan penerapan dilapangan, bila nilai kualitas menjauhi angka 1 dan mendekati angka 0 maka mengindikasikan bahwa antara standar dengan penerapan dilapangan sangat jauh berbeda.

Tabel 4 Kualitas Standar Personal Protectif Equipment (PPE) Pada Proyek Konstruksi Di Kabupaten Jember

No.	INDIKATOR	KUALITAS
1	Pekerja memakai pakaian kerja	0.981
2	Pakaian kerja yang dipakai dapat melindungi badan dari hal-hal yang dapat melukai badan	0.957
3	Memiliki minimal tiga pasang pakaian kerja setiap tahun	0.909
4	Pekerja memakai sepatu kerja	0.981
5	Sepatu kerja memiliki sol yang tebal	0.959
6	Sepatu kerja dapat melindungi kaki dari benda-benda tajam	0.976
7	Sepatu kerja melindungi kaki dari kemasukan kotoran	0.974
8	Bagian muka sepatu cukup keras sehingga kaki tidak terluka jika tertimpa benda dari atas	0.950
9	Memiliki dua pasang sepatu kerja setiap tahun	0.912
10	Pekerja memakai kacamata kerja	0.950
11	Kacamata kerja melindungi mata dari debu kayu, batu atau serpih besi yang berterbangan	0.964
12	Pekerja menggunakan penutup telinga pada pekerjaan yang memiliki volume suara cukup keras dan bising	0.945
13	Penutup telinga dapat melindungi telinga dari volume suara yang cukup keras dan bising	0.947
14	Pekerja menggunakan sarung tangan untuk pekerjaan dengan benda-benda keras dan tajam	0.979
15	Sarung tangan dapat melindungi tangan dari benda-benda keras dan tajam	0.973
16	Pekerja menggunakan helm saat bekerja, pekerja disiplin menggunakan helm	0.995
17	Helm dapat melindungi kepala terhadap benda yang jatuh dari atas	0.983
18	Helm dapat melindungi kepala dari udara hujan serta panas matahari	0.947
19	Pekerja memakai masker	0.947
20	Masker yang digunakan dapat melindungi pernapasan dari partikel yang dapat mengganggu pernapasan	0.916
21	Pekerja memakai jas hujan pada saat hujan	0.934
22	Jas hujan nyaman dipakai	0.910
23	Pekerja menggunakan sabuk pengaman untuk pekerjaan yang membutuhkan sabuk pengaman	0.920
24	Sabuk pengaman nyaman dipakai	0.908
25	Pekerja menggunakan tangga untuk pekerjaan yang harus menggunakan tangga	0.886
26	Tangga aman untuk digunakan	0.943
27	Memiliki kelengkapan P3K	0.955
	Rata-rata	0.948

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa kualitas tertinggi terdapat pada indikator Pekerja menggunakan helm saat bekerja, pekerja disiplin menggunakan helm dengan nilai 0,995 dan kualitas terendah terdapat pada indikator Pekerja menggunakan tangga untuk pekerjaan yang harus menggunakan tangga dengan nilai 0,886. Nilai pada indikator Pekerja menggunakan helm saat bekerja, pekerja disiplin menggunakan helm mengindikasikan bahwa dilapangan pekerja sudah menggunakan helm sesuai dengan standar, sebaliknya nilai pada indikator Pekerja menggunakan tangga untuk pekerjaan yang harus menggunakan tangga penerapan dilapangan masih jauh dari standar yang berlaku.

Uji Hipotesis

Uji Hipotesis dilakukan dengan uji Z pada Z tabel 5 % dan 1%. Untuk Z tabel 5% nilainya adalah antara -1,960 sampai 1,960 sedangkan untuk 1% nilainya adalah antara -2,570 sampai 2,570. Untuk nilai Z hitung yang nilainya lebih besar dari 2,570 dan lebih kecil dari -2,570 memiliki makna bahwa indikator tersebut berbeda sangat nyata antar standar dengan penerapan. Untuk nilai Z hitung antara -1,960 sampai -2,570 dan antara 1,960 sampai -2,570 memiliki makna berbeda tetapi tidak nyata antara standar dengan penerapan. Untuk nilai z hitung antara -1,960 sampai 1,960 memiliki makna *non significant* atau sudah sesuai antara standar dengan penerapan.

Tabel 5 Uji Hipotesis

No.	INDIKATOR	Z	
		hitung	Hasil
1	Pekerja memakai pakaian kerja	-	ns
2	Pakaian kerja yang dipakai dapat melindungi badan dari hal-hal yang dapat melukai badan	-	*
3	Memiliki minimal tiga pasang pakaian kerja setiap tahun	-	
4	Pekerja memakai sepatu kerja	-	ns
5	Sepatu kerja memiliki sol yang tebal	-	ns
6	Sepatu kerja dapat melindungi kaki dari benda-benda tajam	-	ns
7	Sepatu kerja melindungi kaki dari kemasukan kotoran	-	ns
8	Bagian muka sepatu cukup keras sehingga kaki tidak terluka jika tertimpa benda dari atas	-	*
9	Memiliki dua pasang sepatu kerja setiap tahun	-	
10	Pekerja memakai kacamata kerja	-	*
11	Kacamata kerja melindungi mata dari debu kayu, batu atau serpih besi yang berterbangan	-	Ns

Lanjutan Tabel 5			
12	Pekerja menggunakan penutup telinga pada pekerjaan yang memiliki volume suara cukup keras dan bising	- 2.376	* *
13	Penutup telinga dapat melindungi telinga dari volume suara yang cukup keras dan bising	- 2.188	* *
14	Pekerja menggunakan sarung tangan untuk pekerjaan dengan benda-benda keras dan tajam	- 0.803	ns ns
15	Sarung tangan dapat melindungi tangan dari benda-benda keras dan tajam	- 1.214	ns ns
16	Pekerja menggunakan helm saat bekerja, pekerja disiplin menggunakan helm	- 0.277	ns ns
17	Helm dapat melindungi kepala terhadap benda yang jatuh dari atas	- 0.583	ns ns
18	Helm dapat melindungi kepala dari udara hujan serta panas matahari	- 1.205	ns ns
19	Pekerja memakai masker	- 1.769	ns ns
20	Masker yang digunakan dapat melindungi pernapasan (hidung dan mulut) dari partikel yang dapat mengganggu pernapasan	- 4.602	** **
21	Pekerja memakai jas hujan pada saat hujan	- 3.194	** **
22	Jas hujan nyaman dipakai	- 4.409	** **
23	Pekerja menggunakan sabuk pengaman untuk pekerjaan yang membutuhkan sabuk pengaman	- 3.647	** **
24	Sabuk pengaman nyaman dipakai	- 4.781	** **
25	Pekerja menggunakan tangga untuk pekerjaan yang harus menggunakan tangga	- 4.766	** **
26	Tangga aman untuk digunakan	- 3.449	** **
27	Memiliki kelengkapan P3K	- 1.864	ns ns
Jumlah			
Z tab (0.05) = 1.960			
Z tab (0.01) = 2.570			

Dari Tabel 5 memperlihatkan bahwa untuk indikator Masker yang digunakan dapat melindungi pernapasan (hidung dan mulut) dari partikel yang dapat mengganggu pernapasan, Pekerja memakai jas hujan pada saat hujan, Jas hujan nyaman dipakai, Pekerja menggunakan sabuk pengaman untuk pekerjaan yang membutuhkan sabuk pengaman, Sabuk pengaman nyaman dipakai, Pekerja menggunakan tangga untuk pekerjaan yang harus menggunakan tangga, Tangga aman untuk digunakan menunjukkan bahwa nilai Z hitung berada pada Z tabel lebih besar dari 2,570 dan lebih kecil dari -2,570. Dari nilai Z hitung tersebut mengindikasikan

bahwa berbeda sangat nyata antar standar dengan penerapan, sehingga kedepan harus di evaluasi sehingga pelaksanaan indikator tersebut menjadi sesuai antara standar dengan penerapan dilapangan.

Untuk Indikator Pakaian kerja yang dipakai dapat melindungi badan dari hal-hal yang dapat melukai badan, Bagian muka sepatu cukup keras sehingga kaki tidak terluka jika tertimpa benda dari atas, Pekerja memakai kacamata kerja, Pekerja menggunakan penutup telinga pada pekerjaan yang memiliki volume suara cukup keras dan bising memiliki nilai Z hitung antara -1,960 sampai -2,570 dan antara 1,960 sampai -2,570 sehingga memiliki makna berbeda tetapi tidak nyata antara standar dengan penerapan. Dari hasil perhitungan mengindikasikan bahwa beberapa indikator diatas penerapan dilapangan hampir sesuai dengan standar tetapi masih perlu ditingkatkan, sehingga kedepan bisa sesuai dengan standar.

Untuk indikator Pekerja memakai pakaian kerja, Pekerja memakai sepatu kerja, Sepatu kerja memiliki sol yang tebal, Sepatu kerja dapat melindungi kaki dari benda-benda tajam, Sepatu kerja melindungi kaki dari kemasukan kotoran, Kacamata kerja melindungi mata dari debu kayu, batu atau serpih besi yang berterbangan, Sarung tangan dapat melindungi tangan dari benda-benda keras dan tajam, Pekerja menggunakan helm saat bekerja, pekerja disiplin menggunakan helm, Helm dapat melindungi kepala terhadap benda yang jatuh dari atas, Helm dapat melindungi kepala dari udara hujan serta panas matahari, Pekerja memakai masker, Memiliki kelengkapan P3K memiliki nilai Z hitung antara -1,960 sampai 1,960 memiliki makna *non significant* atau sudah sesuai antara standar dengan penerapan. Hal perhitungan mengindikasikan bahwa kedepan penerapan indikator tersebut perlu dipertahankan.

4. Kesimpulan

- 1) Untuk indikator Masker yang digunakan dapat melindungi pernapasan (hidung dan mulut) dari partikel yang dapat mengganggu pernapasan, Pekerja memakai jas hujan pada saat hujan, Jas hujan nyaman dipakai, Pekerja menggunakan sabuk pengaman untuk pekerjaan yang membutuhkan sabuk pengaman, Sabuk pengaman nyaman dipakai, Pekerja menggunakan tangga untuk pekerjaan yang harus menggunakan tangga, Tangga aman untuk digunakan masih berbeda sangat nyata antar standar dengan penerapan.
- 2) Untuk Indikator Pakaian kerja yang dipakai dapat melindungi badan dari hal-hal yang dapat melukai badan, Bagian muka sepatu cukup keras sehingga kaki tidak terluka jika tertimpa benda dari atas, Pekerja memakai kacamata kerja, Pekerja menggunakan penutup telinga pada pekerjaan yang memiliki volume suara cukup keras dan bising memiliki makna berbeda tetapi tidak nyata antara standar dengan penerapan.
- 3) Untuk indikator Pekerja memakai pakaian kerja, Pekerja memakai sepatu kerja, Sepatu kerja memiliki sol yang tebal, Sepatu kerja dapat melindungi kaki dari benda-benda tajam, Sepatu kerja melindungi kaki dari kemasukan kotoran, Kacamata kerja melindungi mata dari debu kayu, batu atau serpih

besi yang berterbangan, Sarung tangan dapat melindungi tangan dari benda-benda keras dan tajam, Pekerja menggunakan helm saat bekerja, pekerja disiplin menggunakan helm, Helm dapat melindungi kepala terhadap benda yang jatuh dari atas, Helm dapat melindungi kepala dari udara hujan serta panas matahari, Pekerja memakai masker, Memiliki kelengkapan P3K memiliki makna sudah sesuai antara standar dengan penerapan.

<https://metro.sindonews.com/read/1280880/170/p-olisi-pastikan-insiden-crane-ambruk-akibat-human-error-1518187523>

Undang-undang No.1 tahun 1970.
Permenakertrans No.Per.01/MEN/1981.
Permenakertrans No.Per.03/MEN/1982.
Permenakertrans No.Per.03/Men/1986.

5. Saran

Penelitian ini masih mempunyai banyak kelemahan diantaranya objek penelitian masih belum di klasifikasikan berdasarkan lamanya kegiatan, ukuran proyek serta resiko yang ditimbulkan oleh proyek sehingga data yang didapatkan sangat variatif, oleh karena itu untuk penelitian berikutnya disarankan agar objek penelitian sudah diklasifikasikan berdasarkan lamanya kegiatan, ukuran proyek serta resiko proyek.

6. Daftar Pustaka

- Dian Ariestadi. (2008). Teknik Struktur Bangunan Jilid 1. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Erviyanto, Wulfram I. (2004). Teori-Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi. Yogyakarta: Andi Offset
- Erviyanto, Wulfram I. (2005). Manajemen Proyek Konstruksi. Yogyakarta. Andi Offset.
- Gunasti, A. (2015). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Manajer Proyek pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 13(1), 31-36.
- Gunasti, A. (2017) Penilaian Kinerja Peladen dan Harapan Tukang Dalam Proyek Konstruksi. Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jember.
- Gunasti, A. (2017). Penilaian Kinerja Tukang Dan Harapan Mandor Dalam Proyek Konstruksi. *Jurnal Penelitian IPTEKS*, 2(1).
- Gunasti, Amri. "Penilaian Standar Kompetensi Kerja Tukang Besi/Beton Pada Proyek Konstruksi Di Kabupaten Jember." *Rekayasa: Jurnal Sipil 2.2* (2017): 13-18.
- Gunasti, Z. K. N. S. A. (2016). Kajian Teknis Dam Sembah Patrang Kabupaten Jember. *Hexagon*, 1(1).
- Isafetymagazine*. (1 February, 2017). Kecelakaan Kerja Konstruksi 2017 Diprediksi Tetap Tinggi. Diperoleh 19 Februari 2018, dari <http://isafetymagz.com/2017/02/01/kecelakaan-kerja-konstruksi-2017-diprediksi-tetap-tinggi/>
- Kompas. (6 Nov 2017). Isu Keselamatan Kerja. Diperoleh 19 Februari 2018, dari <https://www.pressreader.com/indonesia/kompas/20171106/281616715638689>
- Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia (2010). "Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor PER.08/MEN/VII/2010 Tentang Alat Pelindung Diri. Jakarta.
- sindonews.com. (9 Februari 2018). Polisi Pastikan Insiden Crane Ambruk Akibat Human Error. Diperoleh 19 Februari 2018, dari

Studi Perbandingan Kekuatan Aksial Rencana Profil WF Berdasarkan SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015

Aniendhita Rizki Amalia¹ and Budi Siswanto²

^{1,2}Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

E-mail: aniendhita.ra@ce.its.ac.id, budi_suswanto@ce.its.ac.id

ABSTRAK: Artikel ini membahas tentang perbandingan kekuatan aksial rencana profil WF berdasarkan SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015. Pada kedua peraturan terkait perencanaan elemen struktur baja tersebut, diketahui terdapat perbedaan persyaratan dan perumusan yang cukup mendasar. Dalam perencanaan kekuatan aksial tariknya diketahui bahwa hanya terdapat perbedaan pada syarat kelangsingan elemen struktur primernya saja dimana pada SNI 03-1729-2002 persyaratannya adalah $L/r < 240$ yang lebih ketat daripada SNI 1729:2015 dengan nilai $L/r < 300$. Pada perhitungan kekuatan rencananya, rumusan kekuatan nominal yang harus digunakan dalam perencanaan diketahui sama, sehingga nilai kekuatannya pada elemen struktur serupa secara perhitungan akan sama. Pada SNI 03-1729-2002 kekuatan nominal rencana yang dikalikan faktor reduksi sama dengan persyaratan DFBK pada SNI 1729:2015. Namun yang perlu diketahui bahwa dalam SNI 1729:2015 terdapat persyaratan DKI (Desain Kekuatan Ijin) yang juga harus dipenuhi. Disisi lain padasegi perencanaan kekuatan tekannya, kedua peraturan diketahui memiliki persyaratan kelangsingan struktur yang sama yaitu $L/r < 200$. Namun terdapat perbedaan parameter acuan pada persyaratan kelangsingan sayap dan badan, terdapat perbedaan persyaratan pada kedua standar tersebut, namun hasil keseluruhan dari profil WF yang dicoba menunjukkan kesimpulan yang sama untuk tiap profilnya. Kekuatan tekan nominal pada SNI 03-1729-2002 pada kategori pendek lebih besar daripada kekuatan tekan nominal pada SNI 1729:2015. Sedangkan pada kategori menengah dan panjang grafiknya menunjukkan hasil yang berbeda, yaitu Kekuatan tekan nominal pada SNI 03-1729-2002 lebih kecil daripada kekuatan tekan nominal pada SNI 1729:2015. Selain itu pada artikel ini, dapat disimpulkan juga bahwa untuk profil yang sama dan mutu yang sama, kekuatan aksial tekan ijin profil berdasarkan SNI 03-1729-2002 lebih rendah daripada SNI 1729:2015, hal ini disebabkan oleh faktor reduksi yang berbeda, 0.85 pada SNI 03-1729-2002 dan 0,9 pada SNI 1729:2015. Perlu diingat juga bahwa dalam mendesain elemen struktur pada SNI 1729:2015 harus memenuhi persyaratan DFBK sekaligus DKI.

KataKunci: Perbandingan SNI, Kuat Nominal, Kuat Ijin, Aksial, Tekan, Tarik

1. Pendahuluan

Dalam merencanakan suatu bangunan, seorang perencana struktur utamanya, harus mengikuti peraturan terakrit. Pada perencanaan suatu elemen struktur baja di Indonesia, terdapat beberapa peraturan yang dipakai selama ini, yaitu:

- 1) Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia 1984 (PPBBI)
- 2) Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)
- 3) Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan (RSNI-T 03-2005)
- 4) Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015)

Selain peraturan – peraturan tersebut, untuk konsultan yang bekerja pada skala internasional, tentunya juga menggunakan peraturan yang berskala internasional. Beberapa peraturan yang banyak digunakan adalah:

- 1) United States: AISC Specification for Structural
- 2) Steel Buildings
- 3) Australia: AS4100, Steel Structures
- 4) Canada: CAN/CSA-S16-09 Limit States Design of Steel Structures
- 5) Europe: EN 1993-1-1 Design of Steel Structures
- 6) India: IS: 800 Code of Practice for Construction in Steel

A. Surovek(2010) pada artikelnya menyampaikan bahwa peraturan – peraturan di atas menganut prinsip Limit States Design (Desain Kekuatan Batas). Namun untuk AISC, digunakan prinsip Allowable Stress Design

(Desain Kekuatan Ijin) sekaligus Load Resistance Factor Design (Desain Faktor Ketahanan Beban).

Saat ini peraturan perencanaan elemen struktur baja untuk gedung yang digunakan secara luas di Indonesia adalah SNI 03-1729-2002 (D. P. Umum, 2010) dan yang terbaru adalah SNI 1729:2015 (Badan Standarisasi Nasional, 2015). Pada SNI yang terdahulu, yaitu SNI 03-1729-2002, diketahui bahwa sumber prinsip dasar perhitungannya disesuaikan dengan AISC LRFD 1993 (American Institute of Steel Construction, 1993). Sedangkan SNI 1729:2015 merujuk pada AISC 360-10 (American Institute of Steel Construction, 2010). Terdapat beberapa rumusan dan perhitungan yang berbeda pada kedua peraturan tersebut.

Pada artikel ini, akan dibahas mengenai perbandingan kedua SNI tersebut pada proses dan hasil perencanaan kekuatan aksialnya. Untuk membatasi cakupannya, maka pada artikel ini akan dibahas untuk profil WF tanpa pengaku di setiap sisinya.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian dimulai dengan studi literatur, utamanya terkait cara desain dan peraturan yang akan dibandingkan. Selanjutnya adalah pengumpulan dan pengolahan data profil yang diuji. Pada proses ini, profil yang diambil adalah profil WF SI (Standar Internasional) yang terdapat pada tabel profil yang disusun oleh Morrisco. Data profil ini kemudian diinput dan dihitung properti materialnya.

Selanjutnya data profil beserta properti material profilnya diolah dengan program bantu perhitungan. Pengolahan pertama adalah batas kelangsingan profil

berdasarkan batas yang ditentukan menurut pertauran terkait yaitu SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015, dari data ini akan didapatkan berapakah panjang maksimal yang boleh digunakan untuk profil tersebut.

Pengolahan selanjutnya adalah kontrol kelangsingan lokal setiap profil pada sayap dan badannya menurut kedua peraturan tersebut. Masing – masing untuk sayap dan badan berdasarkan sifat mekanis baja struktural (mutu) yang dikelompokkan pada SNI 03-1729-2002 dan bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis	Tegangan Putus (fu)	Tegangan Leleh (fy)	Peregangan Minimum
	MPa	MPa	%
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Setelah dilakukan pengelompokan tersebut, maka setiap profil diolah untuk dicari kekuatan aksialnya. Salah satu profil pada kategori langsing dan tidak langsing dapat dipakai sebagai rujukan untuk pembuatan grafik perbandingan secara umum.

Secara keseluruhan, metode pengolahan data pada artikel ini diurutkan, sebagai berikut:

- 1) Studi literatur tentang prosedur desain kekuatan aksial dan peraturan yang akan dibandingkan.
- 2) Perbandingan rumus dan nilai – nilai rujukan yang digunakan pada SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.
- 3) Input data profil WF pada program bantu perhitungan.
- 4) Perhitungan panjang maksimal elemen struktur yang menahan beban aksial, yang dibedakan untuk elemen struktur tarik dan tekan berdasarkan syarat kelangsingan elemen menurut SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.
- 5) Perbandingan panjang maksimal berdasarkan syarat kelangsingan elemen struktur menurut SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.
- 6) Perhitungan nilai klasifikasi tekuk lokal, yaitu λ_{sayap} dan λ_{badan} elemen struktur yang menahan beban aksial tekan, yang dibedakan untuk elemen struktur berdasarkan syarat kelangsingan sayap dan badan menurut SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.
- 7) Perbandingan hasil klasifikasi tekuk lokal sayap dan badan elemen struktur menurut SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.
- 8) Perhitungan kekuatan aksial nominal pada elemen struktur tarik menurut SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.
- 9) Perbandingan kekuatan aksial nominal pada elemen struktur tarik menurut SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.
- 10) Perhitungan kekuatan aksial nominal pada elemen struktur tekan untuk panjang struktur yang sama menurut SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.

- 11) Perbandingan kekuatan aksial nominal pada elemen struktur tekan menurut SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.
- 12) Penyusunan kesimpulan keseluruhan.

3. Diskusi Dan Hasil Penelitian

3.1. Prosedur Desain

Dalam melakukan desain suatu elemen struktur yang menerima beban aksial, harus dibedakan dulu apakah elemen struktur tersebut menerima beban tarik atau tekan.

Untuk elemen struktur tarik prosedur desain dan penentuan kekuatan nominalnya adalah sebagai berikut:

- 1) Perhitungan Beban Rencana (jika ada).
- 2) Kontrol kelangsingan elemen berdasarkan peraturan, jika diketahui profilnya, maka dapat diketahui batas panjang maksimal elemen struktur yang akan digunakan.
- 3) Perhitungan kuat leleh Nominal
- 4) Perhitungan Aefektif elemen struktur tarik dan perhitungan kuat patah nominal.
- 5) Perhitungan kekuatan nominal block shear, jika sambungan desain sudah diketahui.
- 6) Kuat tekan nominal ini kemudian dikali dengan factor reduksi (ϕ) pada prosedur desain SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015 DFBK, yang kemudian dibandingkan dengan beban ultimate. Namun pada SNI 1729:2015 DKI kekuatannya dibagi dengan Ω yang nilainya dibandingkan dengan beban kerja/aksi.

Untuk elemen struktur tekan prosedur desain dan penentuan kekuatan nominalnya adalah sebagai berikut:

- 1) Perhitungan Beban Rencana (jika ada).
- 2) Kontrol kelangsingan elemen berdasarkan peraturan, jika diketahui profilnya, maka dapat diketahui batas panjang maksimal elemen struktur yang akan digunakan.
- 3) Kontrol kelangsingan lokal elemen pada sayap dan badannya, pada tahap ini profil dikategorikan dalam profil langsing dan tidak langsing.
- 4) Perhitungan nilai λ pada sumbu-x dan sumbu-y, berikutnya diambil λ yang nilainya lebih besar untuk digunakan dalam perhitungan λ_c .
- 5) Selanjutnya kekuatan nominal dapat ditentukan berdasarkan kategori yang ada, dalam hal ini apakah elemen yang dihitung masuk dalam kategori langsing / tidak langsing.
- 6) Kuat tarik nominal ini kemudian dikali dengan factor reduksi (ϕ) pada prosedur desain SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015 DFBK, yang kemudian dibandingkan dengan beban ultimate. Namun pada SNI 1729:2015 DKI kekuatannya dibagi dengan Ω yang nilainya dibandingkan dengan beban kerja/aksi.

3.2. Perbandingan Rumus dan Nilai – Nilai Rujukan

Pada prosedur desain yang ada, didalamnya terdapat rumus – rumus yang harus digunakan termasuk pembagian kategori yang membedakan rumus mana yang harus digunakan. Tabel 2 dan Tabel 3 pada artikel ini akan memperjelas perbandingan perumusan dan nilai – nilai rujukan yang digunakan pada SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015.

Tabel 2 pada artikel ini menjabarkan perbandingan perumusan yang digunakan dalam mendesain elemen struktur tarik. Sedangkan pada Tabel 3, dijabarkan perbandingan perumusan yang digunakan dalam mendesain elemen struktur tekan.

3.3. Perbandingan Perhitungan Kuat Tekan

Hal yang dapat kita amati dari perbandingan perumusan pada Tabel 2 adalah, secara umum tidak ada perubahan besar dari SNI 03-1729-2002 ke SNI 1729:2015 pada perencanaan elemen struktur tariknya. Yang menjadi perbedaan hanya pada kelangsingan elemen struktur primer, syarat pada SNI 03-1729-2002 lebih ketat dari SNI 03-1729-2015. Tahapan yang digunakan merujuk pada buku McCormac(Structural Steel Design 5th Edition: 2012) dan Modul Elemen Struktur Baja(Isdarmanu and Marwan: 2007) dan (B. Suswanto, A. R. Amalia and I). Pada kasus ini, maka pengecekan ulang dikarenakan perubahan peraturan terhadap kekuatan dan kelangsingan suatu elemen struktur terhadap gaya aksial tarik tidak lagi diperlukan.

Sebagai contoh untuk profil WF 100.100.6.8. Jika dihitung kekuatan lelehnya, maka akan terurai sebagai berikut:

$$f_y = 240 \text{ MPa} = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_g = 21,9 \text{ cm}^2$$

Untuk SNI 03-1729-2002

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,9 \cdot f_y \cdot A_g \\ &= 0,9 \cdot 2400 \cdot 21,9 \\ &= 47304 \text{ kg} \end{aligned} \tag{1}$$

Untuk SNI 1729:2015

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,9 \cdot f_y \cdot A_g \\ &= 0,9 \cdot 2400 \cdot 21,9 \\ &= 47304 \text{ kg (sama dengan hasil SNI 03-1729-2002)} \end{aligned} \tag{2}$$

Untuk elemen sekunder, kelangsingan strukturnya akan menghasilkan hasil yang sama seperti terurai dalam perhitungan berikut:

$$r_x = 4,18 \text{ cm}$$

$$r_y = 2,47 \text{ cm}$$

ambil nilai terkecil untuk mendapatkan L kritis max, sehingga nilai $r_{pakai} = 2,47 \text{ cm}$;

L_{max} untuk SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015

$$\begin{aligned} L_{max} &< 300 \cdot r \\ &< 300 \cdot 2,47 \\ &< 741 \text{ cm} \end{aligned} \tag{3}$$

Sedangkan untuk elemen primer syarat kelangsingan strukturnya akan menghasilkan hasil yang berbeda seperti terurai dalam perhitungan berikut:

Tabel 2. Perbandingan Parameter Perencanaan Kekuatan Aksial Tarik

Parameter	SNI 03-1729-2002	SNI 1729:2015 (DFBK)	SNI 1729:2015 (DKI)
Faktor reduksi – Kuat Leleh	$\phi = 0,90$	$\phi = 0,9$	$\Omega = 1,67$
Faktor reduksi – Kuat Patah	$\phi = 0,75$	$\phi = 0,75$	$\Omega = 2$
Kuat Desain Tarik Leleh (Nn)	$\phi P_n = A_g \cdot f_y$	$\phi P_n = A_g \cdot f_y$	$P_n / \Omega = A_g \cdot f_y / \Omega$
Kuat Desain Tekan Patah (Nn)	$\phi P_n = A_e \cdot f_u$	$\phi P_n = A_e \cdot f_u$	$P_n / \Omega = A_e \cdot f_u / \Omega$
Ae	A.U $U = 1 - x / L$	A.U $U = 1 - x / L$	A.U $U = 1 - x / L$
Kelangsingan komponen struktur	$L / r < 300$ (struktur sekunder) $L / r < 240$ (struktur primer)	$L / r < 300$	$L / r < 300$

Tabel 3. Perbandingan Parameter Perencanaan Kekuatan Aksial Tekan

Parameter	SNI 03-1729-2002	SNI 1729:2015 (DFBK)	SNI 1729:2015 (DKI)
k_c	Digunakan sesuai dengan jenis perletakan di kedua ujung batang	1	1
Lk	$k_c \cdot L$	$k_c \cdot L$	$k_c \cdot L$
Kelangsingan komponen struktur	$L / r < 200$	$L / r < 200$	$L / r < 200$
Kelangsingan elemen penampang (sayap)	$b_f / 2t_f < 250 / \sqrt{f_y}$	$b_f / 2t_f < 0,56 / \sqrt{E / f_y}$	$b_f / 2t_f < 0,56 / \sqrt{E / f_y}$
Kelangsingan elemen penampang (badan)	$h / t_w < 665 / \sqrt{f_y}$	$h / t_w < 1,49 / \sqrt{E / f_y}$	$h / t_w < 1,49 / \sqrt{E / f_y}$
Kuat tekan nominal	$P_n = f_y \cdot A_g / \omega$	$P_n = F_{cr} \cdot A_g$	$P_n = F_{cr} \cdot A_g$
Faktor reduksi – Kuat Leleh	$\phi = 0,85$	$\phi = 0,9$	$\Omega = 1,67$

L_{max} untuk SNI 03-1729-2002

$$L_{max} < 240 \cdot r \tag{4}$$

$$< 240 \cdot 2,47$$

$$< 592,8 \text{ cm}$$

L_{max} untuk SNI 1729:2015

$$L_{max} < 300 \cdot r \tag{5}$$

$$< 300 \cdot 2,47$$

$$< 741 \text{ cm}$$

Oleh karena itu, jika terdapat suatu elemen struktur tarik yang sebelumnya sudah direncanakan menurut SNI 03-1729-2002, akibat adanya perubahan peraturan perencanaan pada SNI 1729:2015. Maka, elemen struktur tersebut tidak perlu dicek ulang dari segi kekuatan dan kelangsingannya.

Di sisi lain, pada Tabel 3 terdapat banyak perubahan perumusan dari SNI 03-1729-2002 ke SNI 1729:2015. Sehingga akan di bahas lebih lanjut perbedaan tersebut lebih mendalam.

Parameter nilai kc untuk perhitungan panjang kritis eleme struktur (Lk) pada SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015 memiliki perbedaan. Pada SNI 03-1729-2002 nilai kc diambil dari gambar 7.6.1 Nilai kc dengan ujung – ujung ideal, seperti yang ditampilkan pada Gambar 1 berikut ini.

Sedangkan pada SNI 1729:2015, nilai kc ditentukan berdasarkan ketentuan pada pasal C3. Dimana pada pasal tersebut dinyatakan bahwa faktor panjang efektif, K, dari semua komponen struktur harus diambil satu kecuali suatu nilai yang lebih kecil dapat diterima melalui analisis rasional.

Pada paramter kelangsingan komponen strukturnya, baik SNI 03-1729-2002 maupun SNI 1729:2015 memberikan persyaratan yang sama yaitu sebesar $L/r < 200$.

Parameter kelangsingan lokal elemen pada sayap dan badan memiliki perbedaan pada kedua SNI. Untuk kelangsingan lokal elemen sayap pada SNI 03-1729-2002 nilai yang diperbandingkan dengan $b_f/2t_f$ hanya melibatkan nilai fy, namun pada SNI 1729:2015 melibatkan nilai fy sekaligus E (modulus elastisitas).

Dengan perbandingan menggunakan program bantu perhitungan untuk profil WF yang terdapat pada tabel profil pasaran dan Morrisco, semua profil WF dengan mutu baja yang tercatat pada Tabel 1 memberikan hasil kesimpulan sama untuk kontrol kelangsingan lokal sayap dan badannya.

Kuat tekan nominal pada kedua standar memiliki perhitungan dan rumus yang berbeda seperti yang ditampilkan pada Tabel 3. Pada SNI 03-1729-2002 yang mengacu pada AISC LRFD 1993, batang tekan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu: pendek menengah dan sedang. Penggolongan ketiga batang tersebut didasarkan pada nilai λ_c yang dimiliki oleh elemen struktur tekannya. Ketentuan tersebut tertuang pada pasal 7.6.2, seperti yang diuraikan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{L_k}{r} \tag{7}$$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \lambda \sqrt{\frac{f_y}{E}} \tag{8}$$

$$P_n = \frac{A_g \cdot f_y}{\omega} \tag{9}$$

Dimana :

$$L_k = k_c \cdot L$$

r = radius girasi

λ = ambil nilai terbesar antara sumbu x dan y

Garis terputus menunjukkan diagram kolom tertekuk	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Nilai k _c teoritis	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Nilai k _c yang dianjurkan untuk kolom yang mendekati kondisi ideal	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Kode ujung						

Gambar 1. Nilai kc dalam kondisi ideal menurut SNI 03-1729-2002

fy = mutu baja (MPa)

E = modulus elastisitas (MPa)

Jika diketahui nilai berikut untuk:

$$\lambda_c \leq 0,25 \quad ; \text{ maka } \omega = 1 \tag{10}$$

$$0,25 \leq \lambda_c \leq 1,2 \quad ; \text{ maka } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} \tag{11}$$

$$\lambda_c \geq 1,2 \quad ; \text{ maka } \omega = 1,25 \lambda_c^2 \tag{12}$$

Sedangkan pada SNI 1729:2015, perhitungan kekuatan aksial elemen struktur tekan dibagi menjadi dua kategori yaitu elastis dan inelastis. Untuk profil WF dengan semua elemen tidak langsing, digunakan persyaratan pada pasal E.3. Yang diuraikan sebagai berikut:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(k_c L/r)^2}$$

Jika diketahui:

$$\lambda \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \text{inelastis maka } F_{cr} = 0,658^{F_y/F_e} \cdot f_y \tag{13}$$

$$\lambda > 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \text{elastis maka } F_{cr} = 0,877 F_e \tag{14}$$

Pada SNI 1729:2015, F_{cr} pada kategori inelastis tertulis $F_{cr} = 0,658^{F_y/F_e}$. Nilai tersebut menghasilkan nilai yang tidak sesuai pada perhitungan, sehingga perlu dilihat lagi pada AISC 360-10. Hasil dari tinjauan tersebut didapatkan bahwa pada teks aslinya yang terdapat dalam AISC 360-10, nilai seharusnya masih perlu dikalikan dengan fy, sehingga pada kuat tekan inelastis digunakan $F_{cr} = 0,658^{F_y/F_e} \cdot f_y$.

Setelah mengetahui kuat nominal tekan suatu elemen struktur, hal selanjutnya yang perlu diketahui adalah menentukan kemampuan ijinnya. Pada perhitungan SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015

3.4. Perbandingan Perhitungan Kuat Tekan

Untuk mendapatkan hasil berupa angka yang absolut, maka pada perlu dilakukan perbandingan dengan menggunakan profil yang sama, mutu yang sama dan jenis perletakan yang sama. Data – data elemen struktur yang diperbandingkan adalah:

Profil WF 100.100.6.8

$$\begin{aligned}
 E &= 200.000 \text{ MPa} \\
 f_y &= 240 \text{ MPa} = 2400 \text{ kg/cm}^2 \\
 A_g &= 21,9 \text{ cm}^2 \\
 r_x &= 4,18 \text{ cm} \\
 r_y &= 2,47 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jenis perletakan perhitungan diasumsikan *simple connection* seperti pada konstruksi rangka batang pada umumnya(sendi – sendi) dan tidak diperkaku pada kedua sumbu.

Elemen tekan kategori pendek SNI 03-1729-2002

$$\begin{aligned}
 L &= 50 \text{ cm} \\
 k_c &= 1 \\
 L_k &= 50 \text{ cm} \\
 \lambda_x &= L_k / r_x \\
 &= 50 \text{ cm} / 4,18 \text{ cm} \\
 &= 11,96 \\
 \lambda_y &= L_k / r_y \\
 &= 50 \text{ cm} / 2,47 \text{ cm} \\
 &= 20,24 \text{ (digunakan)} \\
 \lambda_c &= \frac{1}{\pi} \lambda \sqrt{\frac{f_y}{E}} \\
 &= \frac{1}{\pi} 20,24 \sqrt{\frac{240}{200.000}} \\
 &= 0,22 \leq 0,25 ; \text{ maka } \omega = 1 \\
 P_n &= \frac{A_g \cdot f_y}{\omega} \\
 &= \frac{21,9 \text{ cm}^2 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2}{1} \\
 &= 52.560 \text{ kg} \\
 \phi P_n &= 0,85 \cdot 52.560 \text{ kg} \\
 &= 44.676 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Elemen tekan kategori inelastis SNI 1729:2015

$$\begin{aligned}
 L &= 50 \text{ cm} \\
 k_c &= 1 \\
 L_k &= 50 \text{ cm} \\
 \lambda_x &= 11,96 \\
 \lambda_y &= 20,24 \text{ (digunakan)} \\
 4,71 \sqrt{\frac{200000}{240}} &= 135,96 \geq \lambda \rightarrow \text{inelastis} \\
 F_e &= \frac{\pi^2 E}{(k_c L / r)^2} \\
 &= \frac{\pi^2 200.000}{(20,24)^2} \\
 &= 4818 \text{ MPa} \\
 F_y / F_e &= 240 / 4818 \\
 &= 0,0498 \\
 F_{cr} &= 0,658^{F_y / F_e} \cdot f_y \\
 &= 0,658^{0,0498} \cdot 240 \\
 &= 0,979 \cdot 240 \\
 &= 235 \text{ MPa} = 2350 \text{ kg/cm}^2 \\
 P_n &= F_{cr} \cdot A_g \\
 &= 2350 \cdot 21,9 \\
 &= 51.475 \text{ kg} \\
 \phi P_n &= 0,9 \cdot 51.475 \text{ kg} \\
 &= 46.327 \text{ kg} \\
 P_n / \Omega &= 46.327 / 1,67 \\
 &= 27740 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Elemen aksial kategori menengah SNI 03-1729-2002

$$\begin{aligned}
 L &= 150 \text{ cm} \\
 k_c &= 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_k &= 150 \text{ cm} \\
 \lambda_x &= L_k / r_x \\
 &= 150 \text{ cm} / 4,18 \text{ cm} \\
 &= 35,88 \\
 \lambda_y &= L_k / r_y \\
 &= 150 \text{ cm} / 2,47 \text{ cm} \\
 &= 60,72 \text{ (digunakan)} \\
 \lambda_c &= \frac{1}{\pi} \lambda \sqrt{\frac{f_y}{E}} \\
 &= \frac{1}{\pi} 60,72 \sqrt{\frac{240}{200.000}} \\
 &= 0,66
 \end{aligned}$$

$$0,25 \leq 0,66 \leq 1,2 ; \text{ maka } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = 1,242$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= \frac{A_g \cdot f_y}{\omega} \\
 &= \frac{21,9 \text{ cm}^2 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2}{1,242} \\
 &= 42.318 \text{ kg} \\
 \phi P_n &= 0,85 \cdot 42.318 \text{ kg} \\
 &= 35.970 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Elemen aksial kategori inelastis SNI 1729:2015

$$\begin{aligned}
 L &= 150 \text{ cm} \\
 k_c &= 1 \\
 L_k &= 150 \text{ cm} \\
 \lambda_x &= 35,88 \\
 \lambda_y &= 60,72 \text{ (digunakan)} \\
 4,71 \sqrt{\frac{200000}{240}} &= 135,96 \geq \lambda \rightarrow \text{inelastis} \\
 F_e &= \frac{\pi^2 E}{(k_c L / r)^2} \\
 &= \frac{\pi^2 200.000}{(60,72)^2} \\
 &= 534 \text{ MPa} \\
 F_y / F_e &= 240 / 534 \\
 &= 0,4492 \\
 F_{cr} &= 0,658^{F_y / F_e} \cdot f_y \\
 &= 0,658^{0,4492} \cdot 240 \\
 &= 0,8286 \cdot 240 \\
 &= 198,86 \text{ MPa} \\
 &= 1988,6 \text{ kg/cm}^2 \\
 P_n &= F_{cr} \cdot A_g \\
 &= 1988,6 \cdot 21,9 \\
 &= 43.551 \text{ kg} \\
 \phi P_n &= 0,9 \cdot 43.551 \text{ kg} \\
 &= 39.196 \text{ kg} \\
 P_n / \Omega &= 39.196 / 1,67 \\
 &= 23.470 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Elemen aksial kategori panjang SNI 03-1729-2002

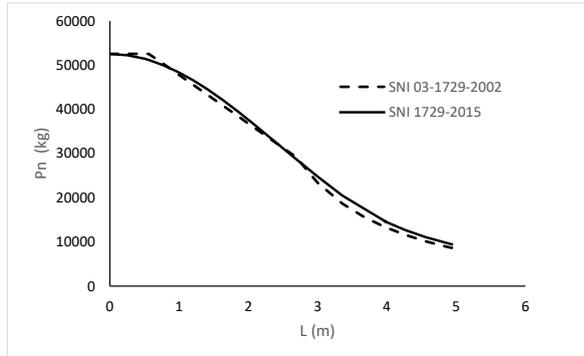
$$\begin{aligned}
 L &= 400 \text{ cm} \\
 k_c &= 1 \\
 L_k &= 400 \text{ cm} \\
 \lambda_x &= L_k / r_x \\
 &= 400 \text{ cm} / 4,18 \text{ cm} \\
 &= 95,69 \\
 \lambda_y &= L_k / r_y \\
 &= 400 \text{ cm} / 2,47 \text{ cm} \\
 &= 161,94 \text{ (digunakan)} \\
 \lambda_c &= \frac{1}{\pi} \lambda \sqrt{\frac{f_y}{E}}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{\pi} 161,94 \sqrt{\frac{240}{200.000}}$$

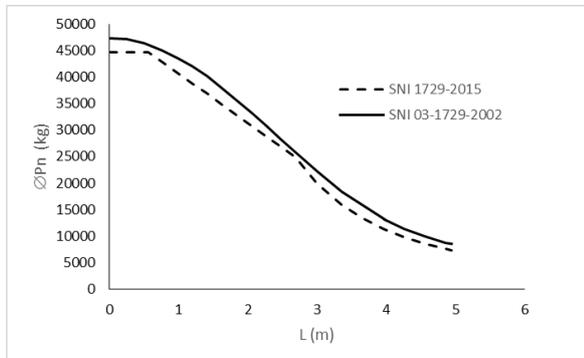
$$= 1,5$$

1,5 ≥ 1,2 ; maka ω = 1,25 . 1,5² = 1,78

$$P_n = \frac{A_g \cdot f_y}{\omega}$$



Gambar 3. Perbandingan nilai kuat tekan nominal terhadap panjang bentang WF 100.100.6.8



Gambar 4. Perbandingan nilai kuat tekan nominal ijin terhadap panjang bentang WF 100.100.6.8

$$= \frac{21,9 \text{ cm}^2 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2}{1,78}$$

$$= 13.186 \text{ kg}$$

$$\varnothing P_n = 0,85 \cdot 13.186 \text{ kg}$$

$$= 11.208 \text{ kg}$$

Elemen aksial kategori elastis SNI 1729:2015

L = 400 cm
 kc = 1
 Lk = 50 cm
 λ x = 35,88
 λ y = 161,94 (digunakan)

$$4,71 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 135,96 \leq \lambda \rightarrow \text{elastis}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(k_c L / r)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 200.000}{(161,94)^2}$$

$$= 75,27 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = 0,877 F_e$$

$$= 0,877 \cdot 75,27$$

$$= 66,011 \text{ MPa}$$

$$= 660,11 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

$$= 66,011 \cdot 21,9$$

$$= 14.455 \text{ kg}$$

$$\varnothing P_n = 0,9 \cdot 14.455 \text{ kg}$$

$$= 13.010 \text{ kg}$$

$$P_n / \Omega = 14.455 / 1.67$$

$$= 8.649 \text{ kg}$$

Tabel 4. Perbandingan hasil perhitungan berdasarkan pembagian kategori

Panjang (m)	SNI 03-1729-2002		SNI 1729:2015		
	Pn (kg)	ØPn (kg)	Pn (kg)	ØPn (kg)	Pn/Ω (kg)
0,5	52.560	44.676	51.475	46.327	35.970
1,5	42.318	35.970	43.551	39.196	23.470
4 m	13.186	11.208	14.455	13.010	8.649

3.5. Perbandingan Hasil

Setelah melakukan perhitungan kuat tekan, langkah selanjutnya yang diuraikan dalam artikel ini adalah melakukan perbandingan hasil. Jika pada kuat aksial tariknya Pn dan Ø Pn memberikan nilai yang sama dikarenakan rumus dan faktor pengalinya sama. Tidak demikian yang terjadi pada perhitungan kuat tekan aksial, dikarenakan perumusan yang berbeda, seperti yang terlihat pada Gambar 3.

Dari Gambar 3 dan hasil perhitungan pada sub bab 3.3 artikel ini dapat dilihat bahwa nilai Pn dari perhitungan SNI 03-1729-2002 maupun SNI 1729:2015 memiliki hasil yang berhimpit.

Pada elemen struktur tekan dengan kategori pendek SNI 03-1729-2002, nilai Pn lebih besar dari hasil perhitungan Pn dengan SNI 1729:2015 pada nilai yang sama. Hal berbeda ditunjukkan pada elemen struktur tekan dengan kategori menengah SNI 03-1729-2002, nilai Pn pada grafik terlihat berhimpit dengan hasil perhitungan Pn dengan SNI 1729:2015 pada nilai yang sama. Namun secara mayoritas walaupun perbedaannya kecil hasil perhitungan Pn SNI 03-1729-2002 lebih kecil daripada Pn SNI 1729:2015. Sedangkan pada elemen struktur tekan dengan kategori panjang SNI 03-1729-2002, nilai Pn SNI 03-1729-2002 pada grafik terlihat lebih kecil dari hasil perhitungan Pn dengan SNI 1729:2015 pada nilai yang sama.

Gambar 4 menampilkan hasil yang berbeda yaitu perbandingan nilai kuat tekan nominal ijin (ØPn) terhadap elemen struktur tekan. Dari Tabel 4, diketahui bahwa nilai faktor reduksi kekuatan (Ø) pada perhitungan kuat nominal ijin untuk SNI 03-1729-2002 adalah 0.85, yang lebih kecil dari SNI 1729:2015 sebesar 0.9. Sehingga hasil kuat tekan nominal ijin SNI 03-1729-2002 pada grafik, lebih kecil dari SNI 1729:2015.

3.6. Kontrol Beban Terhadap Kuat Ijin Elemen

Pada sub-bab ini, akan dijelaskan terkait kontrol kuat ijin elemen terhadap beban yang terjadi. Pada SNI 03-1729-2002 prinsip yang digunakan sesuai dengan LRFD (*Load Resistance Factor Design*) dimana beban ultimate

dibandingkan dengan kuat ijin suatu elemen. Pada SNI 1729:2015 ketentuannya sedikit berbeda, prinsip DFBK (Desain Faktor Batas Kekuatan) sama dengan LRFD digunakan berdampingan dengan DKI (Desain Kekuatan Ijin) yang dikenal juga dengan ASD (Allowable Stress Design). Sehingga pada SNI 1729:2015, suatu elemen struktur harus memenuhi prinsip DFBK sekaligus DKI.

Pada prinsip LRFD atau DFBK, beban dikalikan faktor beban untuk mendapatkan beban ultimate kemudian dibandingkan dengan kuat ijin ϕP_n . Pada prinsip ASD atau DKI, beban tidak dikalikan faktor beban untuk mendapatkan beban aksi kemudian dibandingkan dengan kuat ijin P_n/Ω .

Contoh kasus yang bisa digunakan adalah sebagai berikut, jika diketahui suatu elemen struktur penahan beban aksial dengan keterangan sebagai berikut:

Beban Mati D = 2300 kg

Beban Hidup L = 6400 kg

Hitunglah kemampuannya terhadap profil WF 100.100.6.8

E = 200.000 MPa

$f_y = 240 \text{ MPa} = 2400 \text{ kg/cm}^2$

$A_g = 21,9 \text{ cm}^2$

$r_x = 4,18 \text{ cm}$

$r_y = 2,47 \text{ cm}$

L = 4 m

= 400 cm

(sudah dihitung sebelumnya di bab 3.4)

DFBK :

$\phi P_n = 0,9 \cdot 14.455 \text{ kg}$

= 13.010 kg

Beban Ultimate 1 : $1,4 D = 1,4 \cdot 2300$

= 3220 kg

Beban Ultimate 2 : $1,2 D + 1,6 L = 1,2 \cdot 2300 + 1,6 \cdot 6400$

= 13000 kg (pakai)

Beban ultimate pakai $< \phi P_n$

13000 kg $< 13.010 \text{ kg (OK)}$

DKI

$P_n / \Omega = 14.455 / 1.67$

= 8.649 kg

Beban Aksi : $1 D + 1 L = 2300 + 6400$

= 8700

Beban aksi $< P_n / \Omega$

8700 kg $> 8.649 \text{ kg (NOT OK)}$

Dari contoh di atas dapat diketahui bahwa walaupun gaya dapat ditahan oleh profil pada DFBK, namun tidak dapat ditahan oleh profil yang sama pada DKI yang sifatnya lebih konservatif. Sehingga menurut SNI 1729:2015, elemen tersebut disimpulkan tidak dapat menahan beban yang terjadi, karena tidak memenuhi kedua persyaratan sekaligus.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari hasil perbandingan standar perencanaan baja SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015 ini adalah:

1. Syarat kelangsingan elemen struktur primer penahan beban aksial tarik pada SNI 03-1729-2002 lebih ketat daripada SNI 1729:2015. Yaitu $L/r < 240$ pada SNI

03-1729-2002 dan $L/r < 300$ pada SNI 03-1729-2002. Sehingga panjang maksimal elemen strukturnya akan berbeda.

2. Persyaratan perhitungan kuat nominal tarik dan kuat ijin tarik pada SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015 menghasilkan nilai yang sama, hanya saja pada SNI 1729:2015 selain perhitungan DFBK harus dihitung juga terhadap persyaratan DKI.
3. Syarat kelangsingan struktur untuk elemen struktur aksial tekan pada SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015 memiliki nilai batas yang sama yaitu $L/r < 200$. Sehingga Sehingga panjang maksimal elemen strukturnya sama.
4. Faktor kc pada perhitungan panjang kritis pada SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729:2015 memiliki nilai yang berbeda, jika kc pada SNI 03-1729-2002 ditentukan berdasarkan jenis perletakan pada ujungnya, pada SNI 1729:2015 nilainya ditetapkan sama dengan satu.
5. Kekuatan tekan nominal pada SNI 03-1729-2002 pada kategori pendek lebih besar daripada kekuatan tekan nominal pada SNI 1729:2015. Sedangkan pada kategori menengah dan panjang grafiknya menunjukkan hasil yang berbeda, yaitu Kekuatan tekan nominal pada SNI 03-1729-2002 lebih kecil daripada kekuatan tekan nominal pada SNI 1729:2015.
6. Kekuatan aksial tekan ijin profil berdasarkan SNI 03-1729-2002 lebih rendah daripada SNI 1729:2015, hal ini disebabkan oleh faktor reduksi syang berbeda, 0,85 pada SNI 03-1729-2002 dan 0,9 pada SNI 1729:2015.
7. Pada setiap perencanaan beban aksial baik tekan maupun tarik pada SNI 1729:2015 harus memenuhi persyaratan DFBK dan DKI.

5. Daftar Pustaka

- A. SUROVEK. 2010. "A Comparison of International Design Standards for Assessing," in *4th International Conference on Steel & Composite Structures*. Sidney. 2010.
- American Institute of Steel Construction. 1993. Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Building. Chicago, Illinois: American Institute of Steel Construction.
- American Institute Of Steel Construction. 2010. Specification for Structural Steel Building. Chicago, Illinois: American Institute Of Steel Construction.
- B. Suswanto, A. R. Amalia. 2018. Draft - Modul Elemen Struktur Baja SNI 1729:2015. Surabaya: ITS Press.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- D. P. Umum. 2002. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional.
- Isdarmanu dan Marwan. 2007. Modul Elemen Struktur Baja, Surabaya: ITS.
- J. C. McCormac dan F. S. Sernak. 2012. Structural Steel Design 5th Edition. New Jersey: Pearson

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

Penambahan Bahan Aditif *Polymer Polierta* Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton

Safrin Zuraidah¹⁾, Muhammad Khaidir²⁾, Wisnu Abiarto³⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya

²⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya

³⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya

email : Safrin.zuraidah@unitomo.ac.id, : m.haidir24@gmail.com, wisnu.abiarto@unitomo.ac.id

ABSTRAK : Tujuan penelitian ini adalah meningkatkan kuat tekan beton, yang dilakukan dengan memberikan zat aditif, diantaranya adalah *Polymer Polierta* dan *Fly Ash*. Jumlah benda uji 27 sampel yang dibagi menjadi tiga jenis beton dengan kadar air 130Kg/m³, 150Kg/m³, 190Kg/m³, dengan kadar aditif 1.1%, 1%, dan 0%. Metode rancangan campuran (mix design) menggunakan British mix design method sesuai aturan SNI 03-2834-2000. Benda uji menggunakan zat aditif *Polymer Polierta* konsentrasi 1% terhadap berat total semen dan fly ash, dengan kadar air 150 kg/m³ menghasilkan slump flow 61cm dan kuat tekan sebesar 191,82 Kg/cm² pada umur 1 hari, 380,63 Kg/cm² pada umur 7 hari dan 608,37 Kg/cm² pada umur 28 hari. Sedangkan untuk beton dengan kadar air 130 kg/m³ dengan zat aditif 1,1% menghasilkan slump flow 63cm dan kuat tekan 317,62 Kg/cm² pada umur 1 hari, 368,36 Kg/cm² pada umur 7 hari dan 641,96 Kg/cm² pada umur 28 hari. Beton dengan penambahan zat aditif *Polymer Polierta* meningkatkan kuat tekan dibandingkan dengan beton normal namun memperlambat waktu ikat atau pengerasannya. Direkomendasikan penggunaan kadar air 130 Kg/m³ dan penambahan zat aditif *Polymer Polierta* 1,1% dari berat total semen dan fly ash untuk mendapatkan kuat tekan yang optimum pada beton mutu tinggi.

Kata kunci: Beton mutu tinggi, *Polymer Polierta*, *Setting time*, Kuat tekan.

1. Pendahuluan

Dalam pembangunan gedung-gedung bertingkat tinggi dan bangunan lainnya dibutuhkan beton dengan kekuatan tinggi. Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan pengganti atau bahan tambahan, dari beberapa bahan pengganti dan bahan tambahan yang ada, salah satu diantaranya adalah bahan aditif berupa zat kimia seperti *Polymer Polierta* yang di produksi oleh PT. Varia Usaha Beton. Dengan Harapan bahan aditif tersebut mampu mengoptimalkan kekuatan tekan beton serta mempermudah dalam waktu pengerjaan. berdasarkan tujuan, maka dilakukan penelitian yang bersifat eksperimental terhadap “Penambahan Bahan Aditif *Polymer Polierta* Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton”. Untuk mengevaluasi pengaruh Bahan Aditif *Polymer Polierta* dalam campuran beton mutu tinggi Dengan Variasi kadar air yg berbeda.

Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan berdasarkan dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sebagai pedoman yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu:

Assabiil AF, 2016 “Variasi Penambahan *Fly Ash* Pada Campuran Beton Mutu K-500 Dengan Penambahan *Polimer Basic Policarboxilate*” menyatakan penambahan Zat aditif *Policarboxilate* sebanyak 1% dari berat semen dan kadar fly ash 40% mendapatkan hasil kuat tekan yang optimum sebesar 44,99 Mpa pada variasi fly ash 10%, 25%, 30%, 40%, 60%.

Annas A, 2016 “Pemanfaatan Mikrobakteri Terhadap Beton Mutu Tinggi Dengan Tambahan Silica Fume” menyatakan kuat tekan yang optimum yaitu dengan penambahan silica fume sebanyak 7,5% dan mikrobakteri

yang menghasilkan kuat tekan beton sebesar 69,71 Mpa pada variasi silicafume 0%, 5%, 7,5%, dan 10%.

Ariyani N dan Laia P, 2013 “Pengaruh Pemakaian *Fly Ash* Dan *Superplastiziser* Pada Kuat Tekan Beton” menyatakan Hasil kuat tekan paling optimum sebesar 55,95 Mpa dengan kadar *superplasticizer* 0,6% dari berat air dan kadar *fly ash* sebesar 20% pada variasi 0%, 10%, 15%, 20% dan 25%.

Danasi M dan Lisantono A, 2015 “Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Pada Beton Mutu Tinggi Dengan *Silica Fume* dan *Filler Pasir Kwarsa*” menyatakan kuat tekan yang optimum yaitu dengan penambahan *silica fume* sebesar 10% dari berat semen dan kadar *fly ash* sebesar 5% yang menghasilkan kuat tekan beton sebesar 75,06 Mpa pada variasi *fly ash* 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%.

Beton mutu tinggi

Beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan beton normal biasa. Menurut PD T-04-2004-C tentang Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi, yang tergolong beton bermutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan antara 40 – 80 MPa. Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 Mpa. Beton mutu tinggi bermanfaat pada pracetak dan pratekan. Pada bangunan tinggi mengurangi beban mati. Kelemahannya adalah kegetasannya.

Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan tambah (*admixture*) adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan

ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

Admixture atau bahan tambah yang didefinisikan dalam *Standard Definitions of Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates* (ASTM C.125-1995:61) dan dalam *Cement and Concrete Terminology* (ACI SP-19) adalah sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolis yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, mempercepat atau memperlambat pengerasan, menambah kuat tekan, penghematan, atau untuk tujuan lain seperti penghematan energy.

Abu Terbang (Fly Ash)

Menurut ASTM C 618 abu terbang (*fly ash*) adalah butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara. *Fly ash* atau abu terbang mempunyai bentuk butiran partikel sangat halus sehingga dapat menjadi pengisi rongga-rongga (*filler*) dalam beton sehingga mampu meningkatkan kekuatan beton dan menambah kedekatan beton terhadap air serta mempunyai keunggulan dapat mencegah keretakan halus (*crack*) pada permukaan beton. Dengan pemanfaatan *fly ash* 15% - 40% terhadap berat semen, maka jumlah semen berkurang secara signifikan dan menambah kuat tekan beton. Pengurangan jumlah semen dapat menurunkan biaya material sehingga efisiensi dapat ditingkatkan.

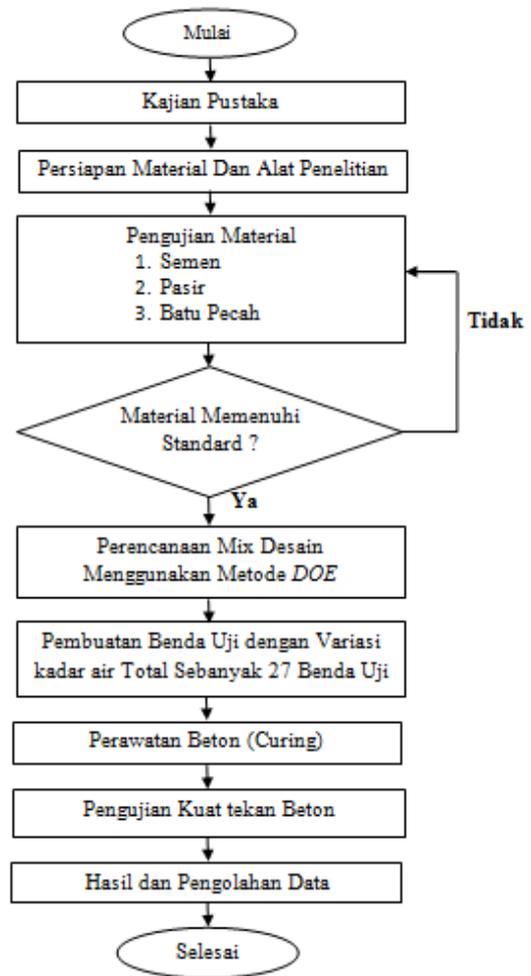
Zat Aditif (Chemical Admixture)

Chemical admixture (ASTM C 494), yaitu bahan tambah cairan kimia yang ditambahkan untuk mengendalikan waktu pengerasan (memperlambat atau mempercepat), mereduksi kebutuhan air, menambah kemudahan pengerjaan beton, meningkatkan nilai *slump* dan sebagainya.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini, meliputi penyediaan bahan/material, pembuatan benda uji, pemeliharaan dan pengujian. Benda uji beton yang digunakan berbentuk silinder, dengan ukuran silinder diameter 15cm dan tinggi 30cm, serta cetakan kubus dengan ukuran 15 x 15cm untuk pengujian Setting Time. kuat tekan rencana K-500, Jumlah benda uji total 27 buah, dengan berbagai variasi kadar air yaitu 190 Liter untuk Beton Normal, 150 dan 130 Liter Untuk Beton dengan tambahan Zat Aditif *Polymer Poliarta* dengan kadar yang menyesuaikan untuk mencapai *slump flow* yang ditentukan yakni 60 cm . Kemudian diuji menggunakan test kuat tekan dengan variasi usia beton 1 hari, 7 hari, dan 28 hari. Tahapan Penelitian , sesuai diagram alir berikut ini Gambar 1.

Mix Design adalah proses merancang dan Pemilihan bahan yang cocok serta menentukan proporsi relatif dengan tujuan memproduksi beton dengan kekuatan tertentu, daya tahan tertentu dan seekonomis mungkin. Pada penelitian ini perencanaan mix design menggunakan metode DOE sesuai aturan SNI 03-2834-2000.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pembuatan Benda Uji

Desain Benda Uji adalah Sebagai Berikut:

1. Jenis Benda Uji Terbagi tiga yakni Beton Normal K-500 dengan kadar air 190Kg/m³, Beton Tambahan Zat Aditif Polymer Poliarta dengan Kadar Air 150Kg/m³ dan 130Kg/m³
2. Benda Uji Berbentuk Silinder Ukuran 15x30 cm²
3. Bahan Aditif *Polymer Poliarta* Bersifat Cair
4. Persentase Bahan Aditif *Polymer Poliarta* ± 1% dari berat total semen dan *fly ash*

Slump test (ASTM C 143 – 78 & SNI 1972-2008)

Tes ini dilakukan untuk mengukur *workability* dari campuran beton dan memperoleh keseragaman pemakaian air. Metode pengerjaannya dilakukan menggunakan alat kerucut besi dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm. Prosedur pengerjaannya dimulai dengan mengisi cetakan kerucut sampai penuh dengan Campuran beton. Dalam pengisiannya dibagi menjadi tiga bagian. Pada tiap bagian dipadatkan dengan alat rojokan sebanyak 25 kali secara merata. Setelah pemadatan pada lapisan terakhir selesai, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat tunggu 30 detik, kemudian cetakan diangkat perlahan secara tegak lurus ke atas. Ukur benda uji yang runtuh akibat pengangkatan yang terjadi.

Slump Flow Test (The European Guidelines for Self-Compacting Concrete point 6.4.1)

Pengujian dengan alat slump cone bertujuan untuk menguji filling ability dari beton baik di laboratorium maupun di lapangan. Dengan alat ini dapat diketahui kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan.

Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah mengeras Sesuai Variasi Kadar air dan Umur Beton yang ditentukan, dengan benda uji berbentuk silinder.

Proses pengujiannya dimulai dengan menimbang berat dari tiap Benda Uji Untuk kebutuhan Analisa Data lalu mengoleskan permukaan beton dengan belerang (*capping*), kemudian beton diangkat dari cetakan *capping* dan dilakukan tes kuat tekan beton.

Untuk perhitungan beton menggunakan rumus sebagai berikut :

➤ Kuat tekan :

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

Dimana :

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

3. Pembahasan Hasil Penelitian

Hasil pengujian material sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil pengujian karakteristik agregat halus

No	Karakteristik agregat	Interval Spesifikasi	Hasil Pengujian
1	Kelembaban	< 6%	2,36 %
2	Berat Jenis	2,1 – 3,3	2,6
3	Resapan	< 4%	2,04
4	Berat Volume	1,25 – 1,59	1,45
5	Kadar Organik	< No. 3	No. 2
6	Kadar Lumpur	< 5%	1,69 %
7	Analisa Gradasi	-	Gradasi Zona 2

Sumber : Hasil Penelitian

Hasil Slump Test

Untuk pengujian slump test pada penelitian ini dilakukan beberapa kali sebelum dan sesudah Penambahan bahan zat additif pada saat pencampuran bahan penyusun beton. Nilai slump ditetapkan sebesar “0” sebelum penambahan zat additif dan Nilai *slump flow* ditetapkan sebesar “60” cm setelah penambahan zat additif.

Tabel 2. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar 5/10

No	Karakteristik Agregat	Interval Spesifikasi	Hasil Pengujian
1	Kelembaban	< 2%	5,26 %
2	Berat Jenis	2,3 – 3,3	2,43
3	Resapan	< 2%	4,35
4	Berat Volume	1,35 – 1,75	1,40
5	Kadar Lumpur	< 5%	14 %
6	Analisa Gradasi	-	Gradasi max 10 mm

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 3. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar 10/20

No	Karakteristik agregat	Interval Spesifikasi	Hasil Pengujian
1	Kelembaban	< 2%	4,17
2	Berat Jenis	2,3 – 2,75	2,51
3	Resapan	< 2%	4,71
4	Berat Volume	1,35 – 1,75	1,35
5	Kadar Lumpur	< 5%	5,1
6	Analisa Gradasi	-	Gradasi Max 20 mm

Sumber : Hasil Penelitian

Hal ini dilakukan untuk mendapatkan proporsi yang tepat untuk penambahan zat additif yang ditinjau dari nilai slump yang telah ditetapkan. Adapun hasil dari pengujian Slump dapat dilihat pada **Tabel 5.**

Tabel 4. Hasil Pengujian Nilai Slump

Jenis Beton	Penambahan	Proporsi (%)	Proporsi (Liter)	Nilai Slump (Cm)	
				Hasil	Keterangan
Beton Normal (Kadar air 190)	Air	-	10	12	OK
Beton Polymer (Kadar air 150)	Zat Additif Polimer	1%	0,318	61	OK
Beton Polymer (Kadar air 130)	Zat Additif Polimer	1,1%	0,349	63	OK

• **Hasil Setting Time**

Setting time adalah pengaturan atau penentuan waktu ikat pada beton.

Secara umum waktu setting dibagi menjadi 2, yaitu:
1. Waktu awal (*initial setting*) adalah proses dimana pengikatan atau proses hidrasi sudah terjadi dan panas hidrasi sudah muncul, serta workability beton sudah hilang.

2. Waktu total (*final setting*) adalah kondisi dimana beton sudah mengeras sempurna.

Tabel 5. Hasil *setting time* beton normal (Kadar air 190 kg/m³) Slump 12cm dan Fas 0,38

No	Waktu Uji	Kumulatif Waktu (Jam)	Tekanan Jarum	Tekanan (Psi)	Keterangan
1	15:30	0	0	0	
2	16:30	1	0	0	
3	17:30	2	0	0	
4	18:30	3	17	340	Penetrasi Jarum 1/20"
5	19:00	3,5	20	400	
6	19:30	4	27	1080	
7	20:30	5	52	2080	
8	21:30	6	86	3440	Penetrasi Jarum 1/40"
9	22:00	6,5	168	6720	

Waktu ikat awal = 4 jam

Waktu ikat total = 6 jam 30 menit

Tabel 6. Hasil *setting time* beton polimer (Kadar air 150 kg/m³) Slump flow 61cm dan Fas 0,3

No	Waktu Uji	Kumulatif Waktu (Jam)	Tekanan Jarum	Tekanan (Psi)	Keterangan
1	11:30	0	0	0	
2	12:30	1	0	0	
3	13:00	1,5	6	120	
4	14:00	2,5	6	120	Penetrasi Jarum 1/20"
5	15:00	3,5	10	200	
6	15:30	4	12	240	
7	17:00	6	23	460	
8	18:30	6,5	30	600	
9	19:00	7	48	960	
10	20:00	8	72	1440	Penetrasi Jarum 1/40"
11	20:30	8,5	112	2240	

Waktu ikat awal = 6 jam

Waktu ikat total = 8 jam 30 menit

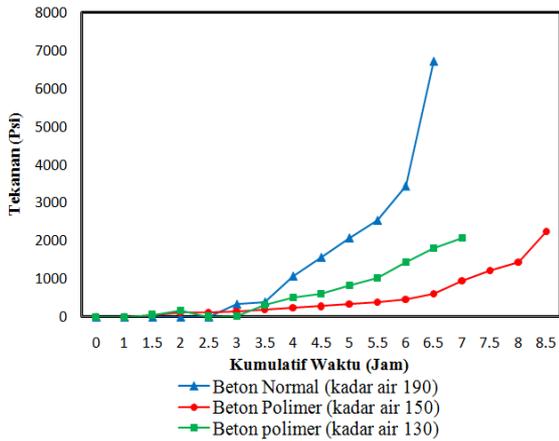
Tabel 7. Hasil *setting time* beton polimer (Kadar air 130 kg/m³) Slump flow 63cm dan Fas 0,26

No	Waktu Uji	Kumulatif Waktu (Jam)	Tekanan Jarum	Tekanan (Psi)	Keterangan
1	11:00	0	0	0	
2	12:00	1	0	0	Penetrasi Jarum 1/20"
3	13:00	2	8	160	
4	14:30	3,5	16	320	
5	15:00	4	26	520	
6	16:00	5	30	600	Penetrasi Jarum 1/40"
7	16:30	5,5	51	1020	
8	17:30	6,5	90	1800	
9	18:00	7	104	2080	

Waktu ikat awal = 4 jam, Waktu ikat total = 7 jam

Berdasarkan hasil yang didapat dari pengujian *setting time* pada masing-masing benda uji, dibuatlah grafik untuk mengetahui perbandingan nilai *setting time* pada tiap benda uji dengan variasi kadar air yang berbeda.

Berdasarkan hasil dari Gambar 2, menunjukkan bahwa beton normal dengan kadar air 190 kg/m³ memiliki waktu pengikatan lebih singkat dibandingkan beton dengan penambahan zat additif polymer polierta sebesar 1,1% kadar air 130 kg/m³, dan beton dengan penambahan zat additif polymer polierta sebesar 1,% kadar air 150 kg/m³ yang memiliki waktu pengikatan paling lama. Peningkatan waktu ikat beton normal terhadap beton dengan tambahan zat additif 1,1% (kadar air 130 kg/m³) sebesar 7,14% sedangkan pada beton dengan tambahan zat additif 1% (kadar air 150 kg/m³) sebesar 23,53%.



Gambar 2. Grafik perbandingan setting time beton

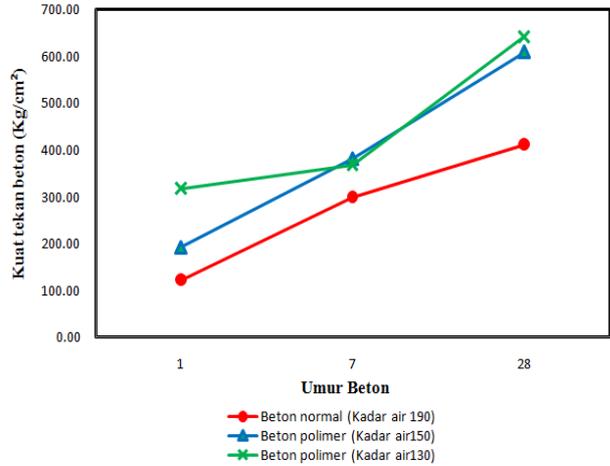
Hasil kuat tekan beton

Tabel 8. Hasil Kuat Tekan Benda Uji

Jenis Beton	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban Tekan (KN)	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata – Rata (Kg/cm ²)
Normal	1	12,1	168	116,76	121,63
		12,2	169	117,45	
		12,3	188	130,66	
	7	12,6	352	244,64	298,85
		12,5	483	335,69	
		12,6	455	316,23	
	28	12,9	657	456,62	411,21
		12,9	509	353,76	
		12,8	609	423,26	
Polimer (Kadar Air 150)	1	12,7	282	195,99	191,82
		12,7	279	193,90	
		12,7	267	185,56	
	7	12,8	538	373,91	380,63
		12,9	554	385,03	
		12,8	551	382,95	
	28	12,8	867	602,57	608,37
		12,8	881	612,30	
		12,8	878	610,22	
Polimer (Kadar Air 130)	1	12,7	442	307,19	317,62
		12,8	474	329,43	
		12,9	455	316,23	
	7	12,9	524	364,18	368,36
		12,9	499	346,81	
		13,1	567	394,07	
	28	12,7	857	595,62	641,96
		12,8	1018	707,52	
		12,9	896	622,73	

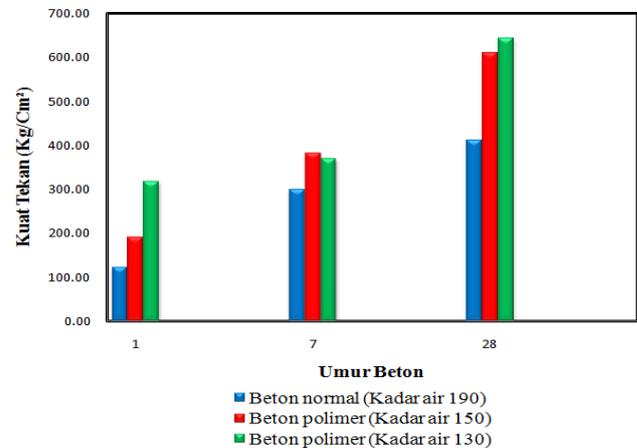
Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil yang didapat dari pengujian kuat tekan pada masing-masing benda uji, dibuatlah grafik serta diagram untuk mengetahui peningkatan kuat tekan terhadap umur beton dan perbandingan nilai kuat tekan pada tiap jenis benda uji dengan variasi kadar air yang berbeda.



Gambar 3. Grafik peningkatan kuat tekan beton

Dari Tabel 8 dan grafik pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa kuat tekan beton meningkat seiring dengan umur beton. Untuk beton normal kadar air 190 kg/cm³ pada umur 7 hari mengalami peningkatan kuat tekan mencapai 59,30% dan pada umur 28 hari mencapai 70,42%. Sedangkan beton kadar air 150 kg/cm³ yang ditambahkan 1% zat additif polymer polierta, peningkatan kuat tekan pada umur 7 hari sebesar 49,60%, dan pada umur 28 hari sebesar 68,47%. Adapun untuk beton kadar air 130 kg/cm³ yang ditambahkan 1,1% zat additif polymer polierta mengalami peningkatan kuat tekan pada umur 7 hari sebesar 13,77%, dan pada umur 28 hari sebesar 50,52%.



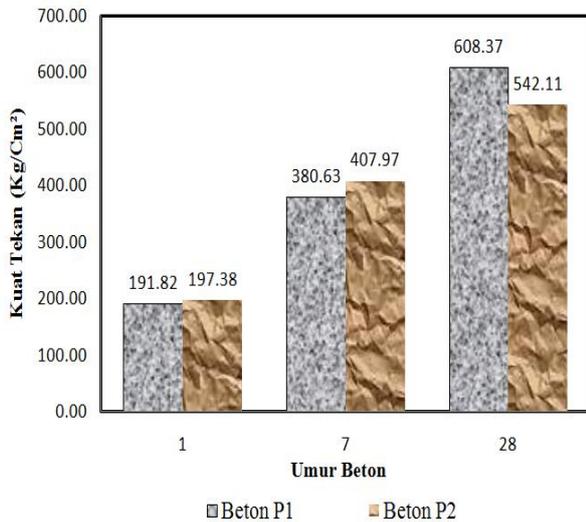
Gambar 4. Diagram perbandingan kuat tekan beton

Dari hasil Tabel 8 dan Gambar 4, menunjukkan bahwa beton yang ditambahkan dengan zat additif polymer polierta lebih tinggi kuat tekannya dibandingkan dengan beton normal. Ditinjau pada umur beton 28 hari, Beton polymer kadar air 130 kg/m³ mengalami peningkatan sebesar 35,94% dari beton normal sedangkan untuk beton polymer kadar air 150 kg/m³ mengalami

peningkatan sebesar 32,40%. Hal ini menyatakan beton dengan penambahan zat additif polymer poliarta 1,1% kadar air 130 kg/m³ memiliki kuat tekan paling tinggi dibandingkan beton dengan penambahan zat additif polymer poliarta sebesar 1% kadar air 150 kg/m³, dan beton normal kadar air 190 kg/m³ yang memiliki kuat tekan paling rendah.

Perbandingan hasil penelitian dengan penelitian terdahulu

Setelah hasil kuat tekan yang didapat, dilakukan perbandingan dengan penelitian sebelumnya. Perbandingan dengan penelitian Azmi Fikri Assabiil tahun 2016.



Gambar 5. Diagram perbandingan kuat tekan beton antara P1 dan P2.

Dimana :

- P1 = Beton penelitian ini (Kadar air 150 Kg/m³, Fly ash 40%, dan proporsi zat additif Polymer poliarta 1% dari berat total semen dan Fly ash)
- P2 = Beton penelitian milik Azmi Fikri Assabiil (Kadar air 150 Kg/m³, Fly ash 40%, dan proporsi zat additif Polycarboxilate 1% dari berat semen)

perbandingan ini berdasarkan proporsi kadar air yang sama yaitu 150 kg/m³ namun dengan total kadar semen dan fly ash serta proporsi penambahan zat additif yang berbeda, yaitu total kadar semen dan fly ash sebesar 500 kg/m³ untuk Beton P1 dan 550 untuk beton P2 sedangkan penambahan zat additif sebesar 5 Kg/m³ yang didapat dari 1% berat total semen dan Fly ash (500 Kg/m³) untuk beton p1 dan 3,3 Kg/m³ dari 1% berat semen (500 Kg/m³) untuk beton p2. Hasilnya menyatakan kuat tekan pada beton p1 lebih tinggi sebesar 10,9% dibandingkan dengan beton p2 pada umur yang ditinjau yaitu umur beton 28 hari. Perbedaan kuat tekan beton di akibatkan oleh proporsi penggunaan zat additif Polymer poliarta dan kadar semen serta fly ash yang berbeda.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dari hasil penelitian ini, disimpulkan bahwa:

Beton dengan penambahan zat additif polymer poliarta dengan proporsi yang tepat untuk mengurangi kadar air mampu meningkatkan kuat tekan namun memperlambat waktu ikat (pengerasan) pada beton. Direkomendasikan penggunaan kadar air sebesar 130 Kg/m³ dan proporsi penambahan zat additif polymer poliarta sebesar 1,1% dari berat total semen dan fly ash untuk mendapatkan kuat tekan yang optimum pada beton mutu tinggi.

5. Daftar Pustaka

ACI SP-19, Cement and Concrete Terminology, American Concrete Institute, 1985.

Adam M. Neville, *Admixture of Concrete*, United Kingdom, 1995

Aprilianti, Seti., Nadia. 2012. *Analisa Pengaruh Beton dengan Bahan Admixture Naphtalene dan Polycarboxilate Terhadap Kuat Tekan Beton Normal*. Jakarta: Jurnal Konstruksia, Volume 3 Nomer 2, April 2012.

Ariyani N dan Laia P, 2013. Pengaruh pemakaian fly ash dan superplastisizer pada kuat tekan beton. Penelitian Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta.

ASTM C 494, *Standart Specification For Chemical Admixture For Concrete*, 1999.

ASTM C 33-03. *Standart Specification For Concrete Agregat*, 2003.

BIBM., CEMBUREAU., EFCA., EFNARC., ERMCO. 2005.

The European Guidlines for Self-Compacting Concrete. United Kingdom: The Self-Compacting Concrete European Project Group, May 2005.

Development of the Environment (DOE) 1975, *Design of Normal Concrete Mixes*. Building Research Establishment.

Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia pustaka utama.

Edward G. Nawy. *Fundamentals of High Performance Concrete*, 1st ed.Ch.12. Longman, United Kingdom, 1996.

EFNARC. 2002. *Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete*. Surrey, GU9 7EN, United Kingdom: EFNARC, February 2002

Fikri Azmi Assabiil. 2016. *Variasi Penambahan Fly Ash Pada Campuran Beton Mutu K-500 Dengan Penambahan Polimer Basic Polycarboxilate*. Penelitian Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Institut Adhi Tama. Surabaya.

- Marsianus Danasi dan Ade Lisantono, 2015. Pengaruh Penambahan fly ash pada beton mutu tinggi dengan silica fume dan filler pasir kwarsa. Penelitian Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Mulyono, Tri. 2003. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- PBI 71. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Bandung: Lembaga Penyelidik Masalah Bangunan.
- PT. Varia Usaha Beton. 2015. *Pelatihan Teknologi Beton untuk Praktisi*. Gresik: PT. Semen Gresik (persero), Tbk.
- SK SNI T-15-1991-03, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk bangunan Gedung. Yayasan LPMB, Bandung, 1971
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Standart Nasional Indonesia (SNI) 03-1750-1990. *Mutu dan Cara Uji Agregat Beton*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Industri Indonesia (SII) 0013-1981. *Mutu dan Cara Uji Semen Portland* Departemen Perindustrian Indonesia, 1981.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

PEMANFAATAN FIBER POLYPROPYLENE PADA BETON DENGAN PENAMBAHAN NAPHTHOPLAST (PRODUKSI PT.VARIA USAHA) DI TINJAU TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR

Bambang Sujatmiko¹, dan Saifuddin²

¹Bambang Sujatmiko, Fakultas Teknik, Universitas Dr Soetomo Surabaya,

²Saifuddin, Fakultas Teknik, Universitas Dr Soetomo Surabaya,

tulusbambang@gmail.com

Abstrak : Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi gaya tarik yang menyebabkan keretakan pada struktur beton aspal., dengan menambahkan fiber polypropylen produksi PT.Sika. Dalam penelitian ini dilakukan 2 jenis percobaan yaitu pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton pada umur 7,14, dan 28 hari. Dalam penelitian ini material yang digunakan sebagai bahan pengisi agregat kasar (kerikil) agregat halus pasir lumajang, bahan pengikat Semen Gresik, dimana keempat bahan ini akan diteliti untuk diketahui karakteristiknya dalam campuran beton. Untuk memperbaikinya sifat dari keempat bahan diperlukan bahan tambahan kimia berupa Superplasticizer type F yang digunakan adalah naphthoplast produksi PT.Varia Usaha Beton. Metode penelitian eksperimen dilaboratorium dengan konsentrasi Variable berupa perbandingan antara serat fiber polypropylen, dimana jumlah kadar serat sebesar 0%, 1%, dan 2%. Berdasarkan hasil dan analisa penelitian dapat direkomendasikan bahwa dengan penambahan fiber polypropylene sampai dengan 1% kuat tekan dan kuat lentur meningkat dibandingkan tidak menggunakan serat tersebut, sedangkan pada penambahan serat fiber polypropylene 2% kuat tekan menurun dibandingkan dengan dengan serat fiber 1% tetapi kuat lenturnya meningkat, sedangkan naphthoplast produksi PT.Varia Usaha Beton terbukti bahan tersebut dapat mengurangi air dalam jumlah besar sehingga menyebabkan faktor air semen yang rendah. Saran perlu di kaji ulang terkait variasi kadar air.

Kata Kunci : Beton berserat, fiber polypropylene, naphthoplast, kuat lentur.

1. Pendahuluan

Perkerasan jalan di indonesia sudah banyak menggunakan aspal beton yang sering kita jumpai dan relatif cukup populer digunakan di jalan-jalan di Ibukota maupun daerah-daerah. Maklum, kesanya jalan beton tersebut lebih kuat dan awet dan bebas perawatan. Namun campuran ini juga memiliki klemahan yaitu pada cuaca tropis serta beban yang terlalu tinggi, campuran ini akan mengalami kerusakan seperti jalan berlubang dan bergelombang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi gaya tarik yang menyebabkan keretakan pada struktur beton aspal. dengan menambahkan fiber polypropylen produksi PT.Sika, serta untuk memperbaikinya sifat beton aspal dengan menambahkan bahan tambahan kimia berupa Superplasticizer type F yang digunakan adalah naphthoplast produksi PT.Varia Usaha Beton, ditinjau terhadap kuat tekan dan kuat lentur dibanding dengan beton normal sebagai parameter.

Berdasarkan permasalahan diatas, peneliti ingin membuktikan apakah fiber polypropylene dan naphthoplast produksi PT.Varia Usaha Beton, dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur serta dapat menghasilkan bahan bangunan awet, serta ekonomis.

2. Pendahuluan

Jenis penelitian deskriptif dengan metode eksperimen dengan melakukan pengamatan dan uji laboratorium terkait pemanfaatan bahan fiber polypropylene dan naphthoplast produksi PT.Varia Usaha Beton.

Tahapan penelitian terdiri atas beberapa bagian meliputi, Kajian pustaka, pemilihan bahan baku, pembuatan dan pengujian. Benda uji beton yang di

gunakan berbentuk silinder, dengan ukuran silinder ($\emptyset 15$ cm, tinggi 30 cm) dan balok (15 X 15X 60 cm) dengan kuat tekan rencana sebesar 29,05 Mpa. serta dilakukan konversi ke dalam mutu kubus. Lokasi Penelitian di laboratorium PT. Varia Usaha Beton.

Jumlah total benda uji sebanyak 39 buah, dengan prosentase fiber yang digunakan, sebesar 0%, 1%, 2%. Serta dicampurkan dengan proporsi fly ash sebesar 30%. Kemudian diuji menggunakan uji kuat tekan dengan variasi umur beton 7, 14, 28, hari dan balok 14, 28 hari untuk mencari varian yang memiliki kuat tekan dan kuat lentur yang masih memenuhi standar perencanaan.

A. Uji Kuat Lentur Beton

Untuk perhitungan beton pada umur 28 hari, menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\sigma_1 = \frac{P.u}{b.h^2} \quad \dots 1$$

Keterangan :

σ_1 = kuat lentur benda uji (Mpa).

P = Beban Maksimum (KN)

b = lebar tampang (mm).

h =lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

a =rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm)

B. Uji Kuat Tekan Beton

Untuk perhitungan kuat tekan beton menggunakan perhitungan sebagai berikut :

Kuat Tekan Individu :

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad \dots 2$$

Kuat Tekan Rata-rata

$$f_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{ci}}{n} \quad \dots 3$$

Standar Deviasi :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci} - f_{cr})^2}{n-1}} \quad \dots 4$$

Kuat Tekan Karakteristik :

$$f_{c'} = f_{cr} - (1,64 \times s) \quad \dots 5$$

Keterangan :

- P = Beban maksimum (kg).
- A = Luas penampang benda uji (cm²).
- s = Deviasi standar. (kg/cm²)
- f_{ci} = Kuat tekan beton / hasil pengujian (kg/cm²).
- f_{cr} = Kuat tekan beton rata-rata (kg/cm²).
- n = Jumlah benda uji, minimum 20 buah.
- f_{c'} = Kuat tekan beton karakteristik (kg/cm²).

C. Pengkodeaan dan jumlah benda uji

Jumlah benda uji Kuat Tekan bentuk cilinder 27 buah dan jumlah benda uji Kuat lentur berbentuk balok 12 benda uji, dengan pengkodean sebagai berikut :

- BN :Beton Normal
- BS 1% :Beton Serat/ fiber dalam silinder 1%
- BS 2% :Beton Serat/ fiber dalam silinder 2%
- BL – N :Balok Normal
- BL–S1% :Balok Serat/ fiber dalam balok 1%
- BL– S 2% :Balok Serat/fiber dalam balok 2%)

Variabel penelitian

Dalam penelitian ini yang merupakan variabel terukur :

Variabel Bebas

- a. fiber : 0%, 1%, 2%.
- b. fly ash sebesar 30%.

Variabel Tak bebas

- a. Kuat tekan
- b. Kuat lentur

D. Proporsi Campuran Mix Design

Disajikan rancangan campuran mix design dengan mutu dan proporsi campuran limbah yang bervariasi, sebagai berikut :

Tabel 1. Proporsi Campuran

Varian	Komposisi Campuran							
	Air (ltr)	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat kasa 1-2 (kg)	Agregat kasar 5-1 (kg)	Fly ash (kg)	Fiber (kg)	Additive (ltr)
BN 0	8.34	15.02	45.51	40.45	15.17	6.44	x	0.12
BN 1	8.34	15.02	45.51	40.45	15.17	6.44	0.033	0.12
BN 2	8.34	15.02	45.51	40.45	15.17	6.44	0.066	0.12
BL 0	11.14	20.05	60.73	53.98	20.24	8.59	X	0.41
BL 1	11.14	20.05	60.73	53.98	20.24	8.59	0.044	0.41
BL 2	11.14	20.05	60.73	53.98	20.24	8.59	0.089	0.41

(Sumber : Hasil olahan data)

3. Hasil Penelitian

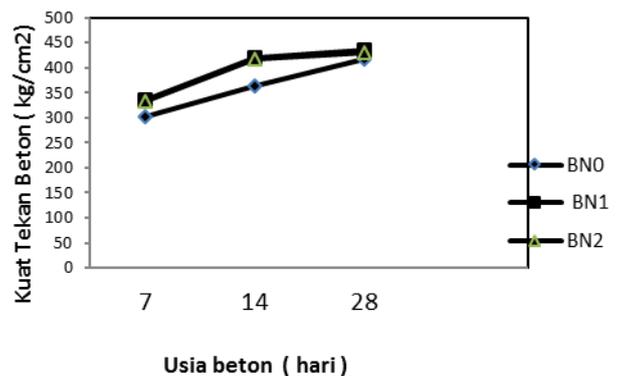
Hasil pengujian dan analisis slump test, kuat tekan , kuat lentur beton serta rasio kuat tekan vs kuat tekan terdapat pada Tabel 2.

Tabel-2. Hasil Uji Slump Test beton dengan Fiber Polypropylene

Variasi Fiber	Data Slump Test				
	Kadar additive (%)	Kebutuhan (lt/m ³)	Silinder 9 benda uji (lt)	Balok 4 benda uji (lt)	Slump Test (cm)
0%	1	2,70	0,150	0,200	2
	+ 0,10	+ 0,27	0,015	0,020	2
	+ 0,10	+ 0,27	0,015	0,020	3
	0,80	+ 2,16	0,120	0,160	6
Σ	2	5,40	0,300	0,401	
1 %	1	2,70	0,150	0,200	2
	+ 0,10	+ 0,27	0,015	0,020	2
	+ 0,10	+ 0,27	0,015	0,020	3
	0,80	+ 2,16	0,120	0,160	5
Σ	2	5,40	0,300	0,401	
2 %	1	2,70	0,150	0,200	2
	+ 0,10	+ 0,27	0,015	0,020	2
	+ 0,10	+ 0,27	0,015	0,020	3
	0,80	+ 2,16	0,120	0,160	5
Σ	2	5,40	0,300	0,401	

(Sumber : Hasil olahan data)

Hasil pengujian slump test dari Tabel.2 diperoleh penambahan 120 ml pada silinder di dapatkan nilai slump test 6 cm, sedangkan pada balok dibutuhkan 410 ml untuk mendapatkan slump test 5 cm.



Grafik 1 Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Hasil analisa Grafik 1. dan Tabel 3, varian fiber 0% umur 14 hari menghasilkan kuat tekan sebesar 41.85 kg/cm², dan pada umur 28 hari mengalami kenaikan menjadi 52.65 kg/cm². Varian Fiber 1% umur 14 hari menghasilkan kuat tekan sebesar 47.95 kg/cm², dan pada umur 28 hari mengalami kenaikan menjadi 58.05 kg/cm²., Sedangkan varian Fiber 2% umur 14 hari menghasilkan kuat tekan sebesar 51.30 kg/cm², dan pada umur 28 hari mengalami kenaikan menjadi 60.75 kg/cm².

Tabel-3. Hasil Uji Kuat tekan beton

Varian (%)	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban	Luas	Kuat	Kuat			
			Tekanan (kN)	Pemampatan (cm ²)	Tekanan (kg/cm ²)	Tekanan Rata-rata (kg/cm ²)			
BN 0	7	12,4	176,7	238,3	343	176,7	300,71		
			176,7	330,1					
		12,7	176,7	333,6	475	1		3	
			176,7	350,2	480	1		1	
		12,8	176,7	350,2	504	1		9	
			176,7	351,6	12,6	506		1	8
	14	12,6	176,7	389,9	561	1	0	363,95	
			176,7	401,7	578	1	2		
			176,7	403,6	12,5	578	1		2
		28	12,6	176,7	447,5	581	1	3	417,61
			12,6	176,7	447,5	644	1	0	
			12,6	176,7	328,7	473	1	4	
BN 1	7	12,3	176,7	328,7	473	1	4	334,30	
			176,7	332,2	478	1	2		
		12,4	176,7	341,9	492	1	5		
			176,7	399,6	12,9	492	1		5
		12,3	176,7	399,6	575	1	3		
			176,7	430,2	12,4	619	1		1
	14	12,4	176,7	432,3	622	1	0	420,71	
			176,7	421,1	606	1	8		
			176,7	421,1	12,4	606	1		8
		28	12,6	176,7	431,6	621	1	0	433,92
			12,6	176,7	448,9	646	1	8	
			12,6	176,7	323,1	465	1	8	
BN 2	7	12,5	176,7	334,3	481	1	0	333,61	
			176,7	343,3	12,9	494	1		4
		176,7	410,7	14	591	1	5		
	14	12,7	176,7	417,7	601	1	0	416,78	
		12,8	176,7	417,7	601	1	0		
		12,8	176,7	417,7	601	1	0		

Lanjutan Tabel 3

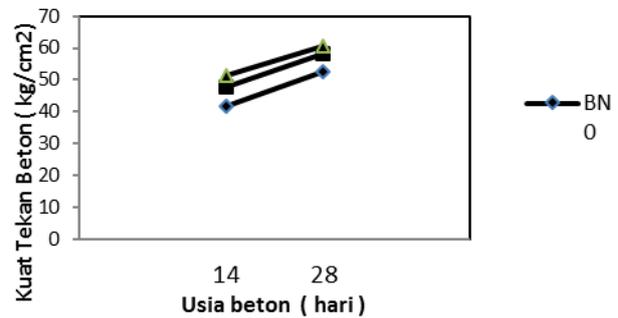
28	12,6	607	176,7	421,8	429,75
	12,7	605	176,7	420,4	
	12,7	619	176,7	430,2	
	13,0	631	176,7	438,5	
	13,0	631	176,7	438,5	

(Sumber : Hasil olahan data)

Tabel-4. Hasil Uji Kuat lentur beton

Varian (%)	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban	Jarak	Kuat	Kuat		
			Lentur (kN)	Perletakan (cm)	Lentur (kg/cm ²)	Lentur Rata-rata (Kg/cm ²)		
BL 0	14	33,7	30	45	40,5	41.85		
			32	45	43,2			
		33,8	31	45	41,8			
			37	45	49,9			
		28	33,8	41	45		55,3	52.65
			33,8	39	45		52,6	
	14	33,8	35	45	47,2	47.92		
			36	45	48,6			
			33,7	35,5	45		47,9	
		28	33,7	41	45		55,3	
			33,8	45	45		60,7	58.05
			33,8	43	45		58,0	
14	33,7	37	45	49,9				
	33,8	39	45	52,6	51.30			
	33,8	38	45	51,3				
28	33,7	42	45	56,7				
	33,8	48	45	64,8	60.75			
	33,8	45	45	60,7				

(Sumber : Hasil olahan data)



Grafik 2 Hasil Uji Kuat Lentur Beton

Berdasar analisa dari Tabel 4. dan Grafik 2. penambahan fiber polypropylene sampai dengan 1% kuat lentur meningkat dibandingkan tidak menggunakan serat tersebut, sedangkan pada penambahan serat fiber polypropylene 2% kuat lenturnya meningkat secara maksimum.

Analisa Rasio Kuat Lentur Dengan Kuat Tekan Pada umur 28 hari

Tabel-5. Rasio kuat tekan vs kuat tekan beton

f_{cr}	f_r	$\sqrt{f'_{cr}}$	$\frac{f_r}{\sqrt{f'_{cr}}}$	Fiber
(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)		
34.02	5.2	5.83	0.89	0%
35.34	5.8	5.94	0.97	1%
35	6	5.91	1.01	2%

Sumber : Hasil olahan data)

Dari hasil rasio Tabel 5 diatas, terlihat Pada fiber 0% sebesar 0.89, fiber 1% sebesar 0.97, dan fiber 2% yaitu sebesar 1.01. Nilai $f_r / \sqrt{f'_{cr}}$ yang didapat menunjukkan hubungan kuat tekan dan kuat lentur balok beton fiber, yang dalam penelitian ini berkisar 0.89 sampai 1.01

4. Kesimpulan

- a. Dengan penambahan 120 ml pada silinder di dapatkan nilai slump test 6 cm sedangkan pada balok dibutuhkan 410 ml untuk mendapatkan slump test 5 cm.
- b. Dengan penambahan fiber polypropylene sampai dengan 1% kuat tekan dan kuat lentur meningkat dibandingkan tidak menggunakan serat tersebut, sedangkan pada penambahan serat fiber polypropylene 2% kuat tekan menurun dibandingkan dengan dengan serat fiber 1% tetapi kuat lenturnya meningkat.
- c. Pada penambahan fiber polypropylene sampai 1% menghasilkan kuat tekan maksimum dan kuat lentur maksimum dengan penambahan 2% fiber polypropylene

5. Daftar Pustaka

Aprilianti, Seti., Nadia. 2012. Analisa Pengaruh Beton dengan Bahan Admixture Naphtalene dan Polycarboxilate Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. Jakarta: Jurnal Konstruksia, Volume 3 Nomer 2, April 2012.

ASTM C 33-03. Standart Specification For Concrete Agregat, 2003.

Development of the Environment (DOE) 1975, Design of Normal Concrete Mixes. Building Research Establishment.

Dwi Prakoso Mudo,(2012),penambahan serat sebesar 10 kg/m3 didapatkan kuat tekan beton serat sebesar 23,17 MPa dengan prosentase kenaikan 11,47 % dibandingkan kuat tekan beton normal sebesar 20,79 MPa dan hasil pengujian kuat tarik belah beton serat sebesar 2,32 MPa dengan prosentase kenaikan 23,98 % dibandingkan kuat tarik belah beton normal sebesar 1,87 MPa.

Laboratorium Teknologi Beton, Diktat Praktikum Beton Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, Surabaya.

Mardiono. 2007. Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Flay Ash) dalam Beton Mutu Tinggi. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma. Jakarta: Universitas Gunadarma.

Mulyono, Tri. 2010. Teknologi Beton. Jogja: Andi Year.

PT. Varia Usaha Beton. 2015. Pelatihan Teknologi Beton untuk Praktisi. Gresik: PT. Semen Gresik (persero), Tbk.

Standart Nasional Indonesia (SNI) 03-1750-1990. Mutu dan Cara Uji Agregat Beton. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Standart Nasional Indonesia (SNI) 03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Standart Nasional Indonesia (SNI) 4431-2011 Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.



9 772527 554007