

# JURNAL TEKNIK SIPIL

**Target Pencapaian Rencana Umum Keselamatan Jalan (RUNK Jalan)  
di Provinsi Jawa Timur pada Tahun 2012**

*( Budi Hartanto Susilo )*

**Studi Eksperimental Karakteristik Beton Dengan Agregat Kasar  
Daur Ulang Dengan  $f_c' = 25$  MPa**

*( Buen Sian, Johannes Adhijoso Tjondro, Riani Sidauruk )*

**Studi Pengaruh Level Beban Aksial Pada Kolom Persegi  
Bangunan Tinggi Terhadap Kebutuhan Luas Tulangan Pengekang**

*( Anang Kristianto, Yoseph Navrandinata P. )*

**Kajian Terhadap Sistem Drainase (Studi Kasus Drainase Jalan  
Merdeka dan HOS Cokroaminoto Kecamatan Siantar Utara  
Pematang Siantar**

*( Novdin M. Sianturi )*

**Penelitian Air Bersih Menjadi Air Minum PT. Summit Plast Jl. Kruing 3  
Delta Silikon-Cikarang**

*( Maria C. Sutandi )*

J. Tek.Sipil	Vol. 9	No. 2	Hlm.85-171	Bandung, Oktober 2013	ISSN 1411-9331
--------------	--------	-------	------------	-----------------------------	-------------------



# JURNAL TEKNIK SIPIL

## FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA

**Jurnal Teknik Sipil** adalah jurnal ilmiah jurusan teknik sipil Universitas Kristen Maranatha yang diterbitkan 2 kali setahun pada bulan April dan Oktober. Pertama kali terbit bulan Oktober 2003. Tujuan penerbitan adalah sebagai wadah komunikasi ilmiah dan juga penyebarluasan hasil penelitian, studi literatur dalam bidang teknik sipil atau ilmu terkait. Bila pernah dipresentasikan pada seminar agar diberi keterangan lengkap.

<b>Pelindung</b>	: Rektor Universitas Kristen Maranatha
<b>Penanggung Jawab</b>	: Dekan Fakultas Teknik Universitas Kristen Maranatha
<b>Pemimpin Redaksi</b>	: Ir. Maksum Tanubrata, MT.
<b>Ketua Dewan Penyunting</b>	: Dr. Yosafat Aji Pranata, ST., MT.
<b>Penyunting Pelaksana</b>	: Prof. Dr. Ir. Budi Hartanto Susilo, M.Sc. Dr. Anang Kristianto, ST., MT. Ir. Maria Christine, M.Sc. Ir. Herianto Wibowo, M.Sc. Hanny Julianny Dani, ST., MT.
<b>Desain Visual dan Editor</b>	: Aldrin Boy Rahardjo, A.Md.
<b>Sekretariat dan Sirkulasi</b>	: Betty Heriati Sairoen
<b>Alamat Redaksi</b>	: Sekretariat Jurnal Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha Jl. Prof. drg. Suria Sumantri MPH. No. 65 Bandung 40164 Tel. 022 - 2012186 ext. 1211, 1212 ; Fax. 022 - 2017622
<b>E-mail</b>	: jurnal_ts@eng.maranatha.edu
<b>Website</b>	: <a href="http://majour.maranatha.edu">http://majour.maranatha.edu</a>
<b>Penerbit</b>	: Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha Jl. Prof. drg. Suria Sumantri MPH. No. 65 Bandung 40164



# JURNAL TEKNIK SIPIL

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA**

## **DAFTAR ISI :**

<b>Target Pencapaian Rencana Umum Keselamatan Jalan (RUNK Jalan) di Provinsi Jawa Timur pada Tahun 2012</b> ( <i>Budi Hartanto Susilo</i> )	<b>85 - 96</b>
<b>Studi Eksperimental Karakteristik Beton Dengan Agregat Kasar Daur Ulang Dengan <math>f_c' = 25</math> MPa</b> ( <i>Buen Sian, Johannes Adhijoso Tjondro, Riani Sidauruk</i> )	<b>97 - 115</b>
<b>Studi Pengaruh Level Beban Aksial Pada Kolom Persegi Bangunan Tinggi Terhadap Kebutuhan Luas Tulangan Pengekang</b> ( <i>Anang Kristianto, Yoseph Navrandinata P.</i> )	<b>116 - 130</b>
<b>Kajian Terhadap Sistem Drainase (Studi Kasus Drainase Jalan Merdeka dan HOS Cokroaminoto Kecamatan Siantar Utara Pematang Siantar</b> ( <i>Novdin M. Sianturi</i> )	<b>131 - 152</b>
<b>Penelitian Air Bersih Menjadi Air Minum PT. Summit Plast Jl. Kruing 3 Delta Silikon-Cikarang</b> ( <i>Maria C. Sutandi</i> )	<b>153 - 170</b>

# TARGET PENCAPAIAN RENCANA UMUM KESELAMATAN JALAN (RUNK JALAN) DI PROVINSI JAWA TIMUR PADA TAHUN 2012

**Budi Hartanto Susilo**

Dosen Tetap, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha  
budiharsus@yahoo.com

## ABSTRAK

Jawa Timur merupakan provinsi tertinggi dalam jumlah korban meninggal dunia (4575 jiwa) akibat kecelakaan lalu lintas dalam tahun 2010. Dalam tahun 2011 ternyata jumlah kecelakaan meningkat, mengapa? Rupanya target RUNK jalan (Rencana Umum Nasional Keselamatan) belum tercapai karena belum diterapkan. Mungkin hal ini disebabkan oleh karena belum adanya sosialisasi yang efektif tentang RUNK sehingga pihak pengatur belum menerapkan RUNK secara terkoordinir dan selaras, dan pengguna jalan masih kurang sadar bahayanya kecelakaan di jalan dan belum waspada dalam berlalu lintas. Berdasarkan analisis data yang terkumpul dalam pelatihan cara menghitung target RUNK, dengan menggunakan lima parameter analisis, yaitu jumlah kejadian kecelakaan, tingkat kecelakaan, tingkat fatalitas (CFR), indeks fatalitas per kendaraan bermotor dan indeks fatalitas per populasi, ternyata beberapa kota dan kabupaten mempunyai data jumlah korban fatal yang tinggi, diatas nilai rata-rata RUNK dan secara umum kondisi kecelakaan lalu lintas tahun 2011 lebih jelek dari kondisi tahun 2010.

**Kata kunci:** RUNK, Jawa Timur, jumlah kecelakaan, tingkat kecelakaan, indeks fatalitas.

## ABSTRACT

*East Java is a province in the highest number of deaths (4575 people) due to traffic accidents in 2010. In 2011 turned out to be the number of accidents increased, why? Apparently the target RUNK Jalan (Road Safety National Plan) has not been achieved because it has not applied. Perhaps this is caused by the absence of effective socialization of RUNK so that the regulator has not been implemented RUNK in a coordinated and aligned, and road users are less aware of the dangers of an accident on the street and not alert in traffic. Based on the data collected in the training of how to calculate the target of RUNK, using the parameters analysis (the number of accidents, the rate of accidents, the case fatality rate, and index of fatalities), it appeared that some cities have data a high number of fatal victims, above average of RUNK.*

**Keywords:** RUNK, East Java, number of accidents, rate of accidents, index of fatalities.

## 1. PENDAHULUAN

Dokumen Rencana Umum Nasional Keselamatan (RUNK) Jalan disusun berdasarkan amanat Pasal 203 Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009, sebagai wujud tanggung jawab Pemerintah dalam menjamin keselamatan lalu lintas jalan. RUNK Jalan tersebut bertujuan untuk memberikan pedoman bagi para pemangku kebijakan agar dapat merencanakan dan melaksanakan penanganan keselamatan jalan secara terkoordinir dan selaras.

Dengan telah disusunnya RUNK Jalan tersebut, perlu dilakukan sosialisasi secara menyeluruh ke berbagai provinsi di Indonesia, selanjutnya dilakukan monitoring, evaluasi, dan analisis. Dalam makalah ini, akan dilakukan analisis data terkait kecelakaan yang terjadi di Provinsi Jawa Timur, sehingga dari situ terlihat bagaimana penanganan/pencegahan terhadap kecelakaan yang ada di Jawa Timur. Apabila disinkronisasikan dengan target RUNK (Tabel 1), apakah lebih baik atau lebih buruk?

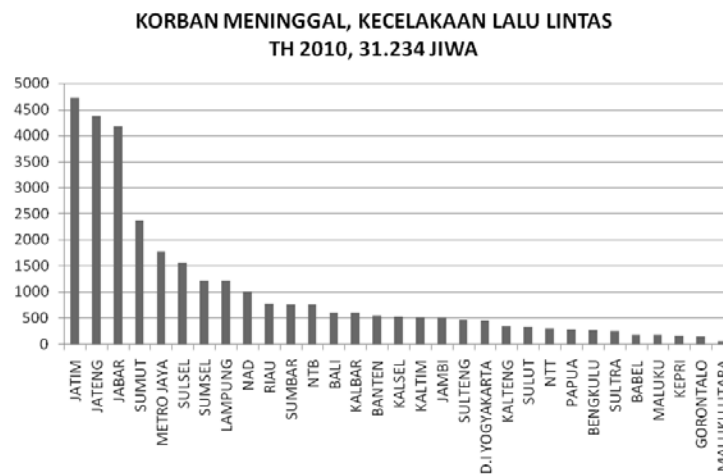
**Tabel 1. Target RUNK Tahun 2011-2035**

Periode	Target	Indeks fatalitas per 10.000 kendaraan
2010 ( <i>baseline</i> )	0%	3.93
2011 – 2015	20%	3.14
2016 – 2020	50%	1.96
2021 – 2025	65%	1.37
2026 – 2030	75%	0.98
2031 – 2035	80%	0.79

Sumber: RUNK, 2011

## 2. IDENTIFIKASI MASALAH

Pada tahun 2010, Jawa Timur menduduki posisi ke-1 di Indonesia dengan jumlah kecelakaan tertinggi, yaitu dengan jumlah korban meninggal dunia sebesar 4.575 jiwa (Gambar 1).



**Gambar 1. Jumlah Korban Meninggal Dunia Akibat Kecelakaan Lalu Lintas Tahun 2010, KORLANTAS POLRI (2011)**

Berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Perhubungan tiap-tiap kab/kota di Jawa Timur, data kecelakaan tahun 2010 dan 2011 di Jawa Timur menurut kab/kota ditunjukkan oleh Tabel 2a dan Tabel 2b.

**Tabel 2a. Data Kecelakaan Tahun 2010**

Kota / Kab	Jumlah Kecelakaan	Jumlah Korban MD	Jumlah Ranmor	Jumlah Populasi
Kota Blitar	148	30	76209	100000
Kab. Jember	336	55	187723	1008458
Kab. Jombang	291	178	256728	1202407
Kab. Blitar	290	25	104800	960000
Kab. Lumajang	336	55	187723	1006458
Kab. Ngawi	266	81	181680	893431
Kab. Sampang	102	81	36590	870365
Kab. Magetan	148	27	182250	693346
Kab. Malang	101	48	437867	2447051
Kab. Pasuruan	665	352	70400	4600000
Kab. Trenggalek	151	22	152419	987000
Kab. Kediri	482	103	315755	1485815
Kota Batu	151	29	52800	210763
Kab. Mojokerto	215	122	80600	1100480
Kota Probolinggo	107	11	163200	217812
Kab. Sidoarjo	171	148	188000	1941497
Kab. Tulung Agung	681	62	381412	1037309

**Tabel 2b. Data Kecelakaan Tahun 2011**

Kota / Kab	Jumlah Kecelakaan	Jumlah Korban MD	Jumlah Ranmor	Jumlah Populasi
Kota Blitar	152	23	65977	110000
Kab. Jember	402	126	198165	1029103
Kab. Jombang	567	180	272350	1215199
Kab. Blitar	532	39	188600	980000

Kota / Kab	Jumlah Kecelakaan	Jumlah Korban MD	Jumlah Ranmor	Jumlah Populasi
Kab. Lumajang	402	126	198165	1028103
Kab. Ngawi	374	44	190288	895248
Kab. Sampang	103	73	40951	877772
Kab. Magetan	450	29	196496	694841
Kab. Malang	121	50	477275	2508031
Kab. Pasuruan	621	401	78300	4710000
Kab. Trenggalek	328	18	164195	997000
Kab. Kediri	636	215	357655	1498916
Kota Batu	165	23	59200	209103
Kab. Mojokerto	587	142	209600	1100807
Kota Probolinggo	145	14	199730	220186
Kab. Sidoarjo	539	172	636000	1984057
Kab. Tulung Agung	741	41	399840	1083273

### 3. PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

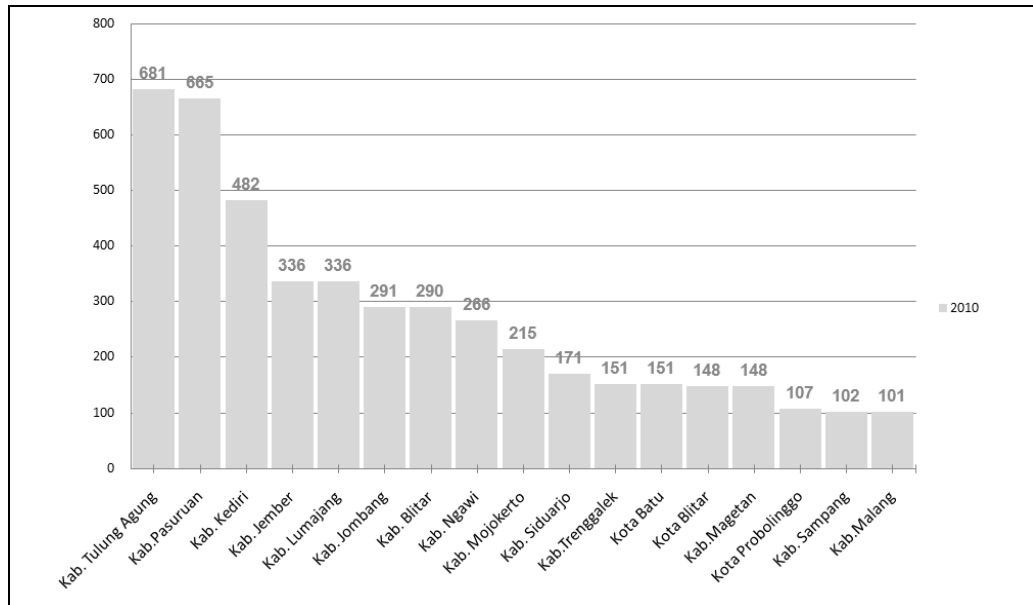
Dalam mengolah dan menganalisis data kecelakaan lalu lintas jalan pada suatu daerah, terdapat beberapa parameter pembandingan guna mengidentifikasi kondisi keselamatan lalu lintas jalan tersebut, parameter-parameter yang dimaksud antara lain:

1. Jumlah kejadian kecelakaan
2. Tingkat kecelakaan
3. Tingkat fatalitas (CFR)
4. Indeks Fatalitas by kendaraan bermotor
5. Indeks Fatalitas by populasi

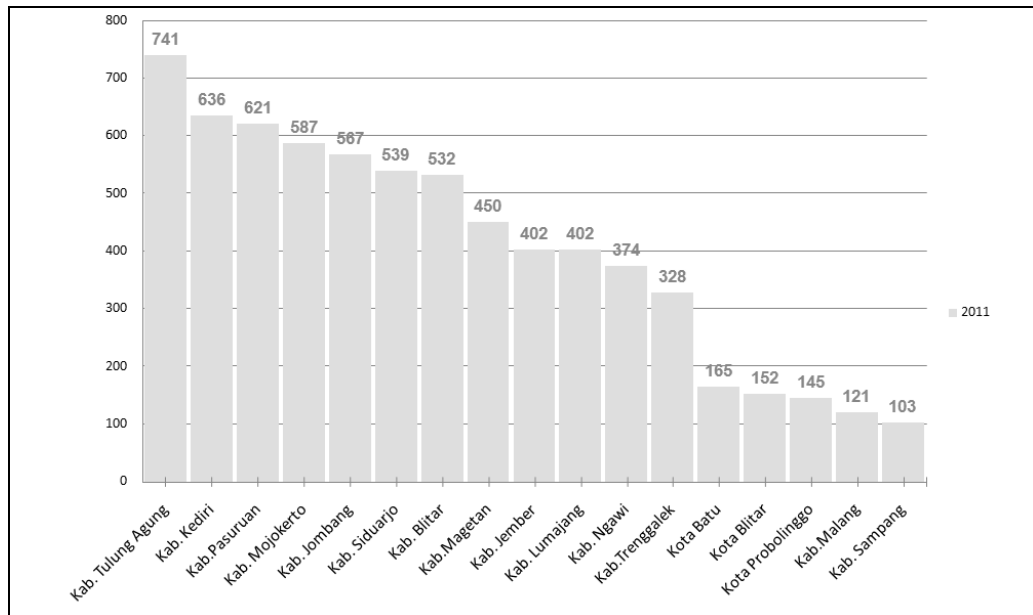
Berdasarkan data kecelakaan tahun 2010 dan 2011, maka dapat dilakukan analisis terhadap kelima parameter tersebut diatas sebagai berikut:

#### 3.1 Jumlah Kejadian Kecelakaan

Jumlah kejadian kecelakaan tiap kota/kab di Provinsi Jawa Timur berdasarkan Tabel 2a dan Tabel 2b dapat digambarkan secara grafik seperti terlihat pada Gambar 2a dan Gambar 2b.



**Gambar 2a. Jumlah Kejadian Kecelakaan (2010)**



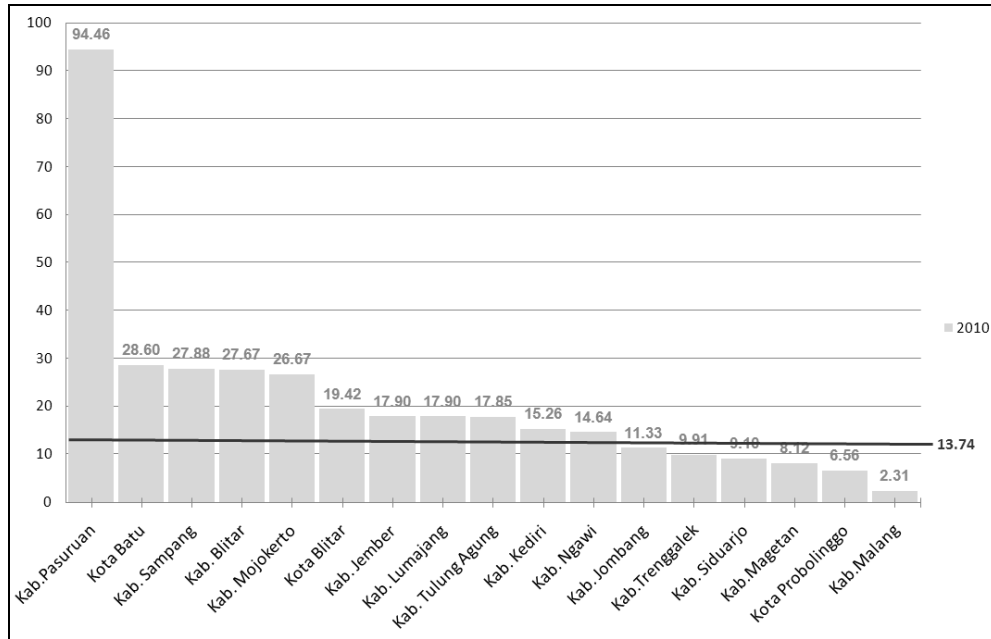
**Gambar 2b. Jumlah Kejadian Kecelakaan (2011)**

Dari Gambar 2a dan Gambar 2b terlihat bahwa jumlah kejadian kecelakaan tertinggi tahun 2010 dan 2011 terjadi di Kab. Tulung Agung dengan jumlah 681 kejadian (tahun 2010) dan 741 (tahun 2011).

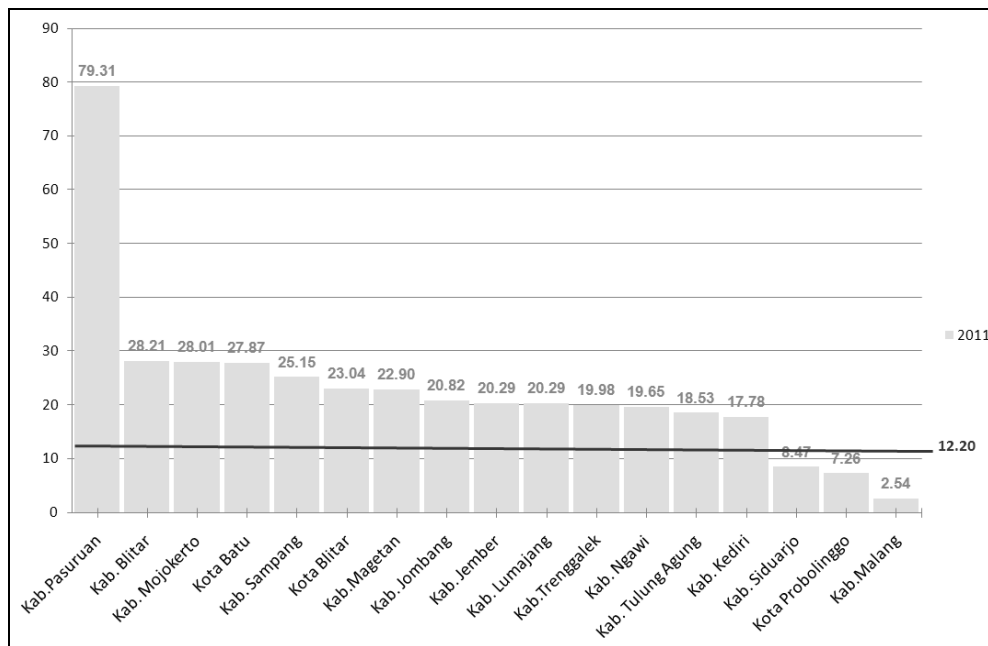


### 3.2 Tingkat Kecelakaan

Dengan membandingkan data jumlah kejadian kecelakaan dengan jumlah kendaraan bermotor tiap kota/kab, maka dapat diketahui tingkat kecelakaannya dan bentuk grafiknya, seperti terlihat pada Gambar 3a dan Gambar 3b.



**Gambar 3a. Tingkat Kecelakaan/10000 Ranmor (2010)**



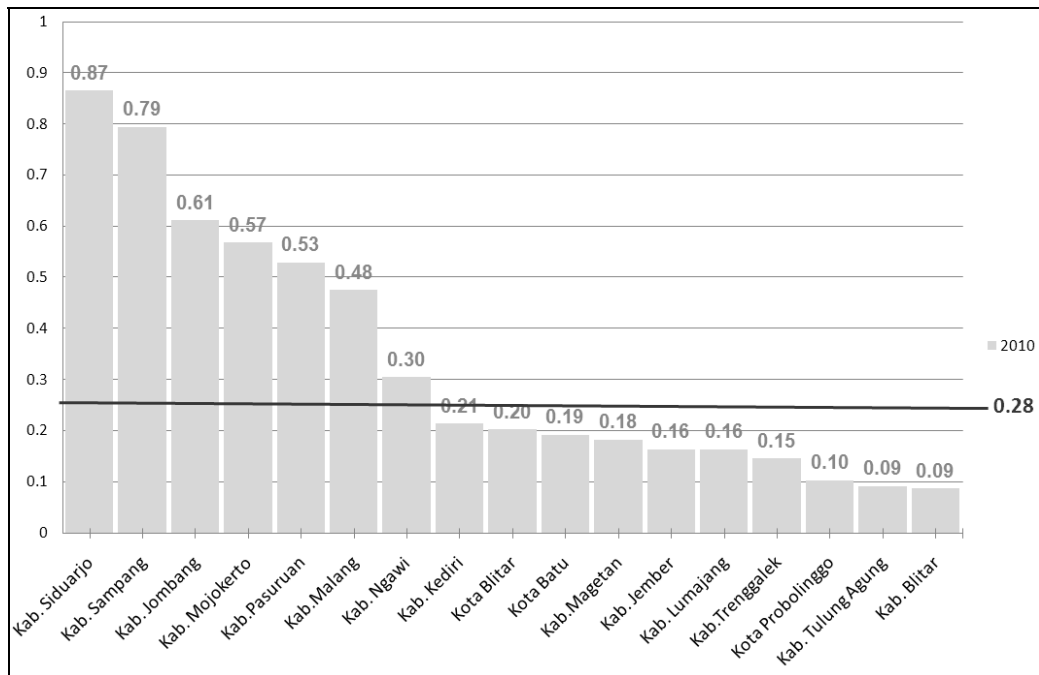
**Gambar 3b. Tingkat Kecelakaan/10000 Ranmor (2011)**

Berdasarkan Gambar 3a dan Gambar 3b, terlihat tingkat kecelakaan tertinggi pada tahun 2010 dan tahun 2011 terjadi di Kab. Pasuruan, dengan angka tingkat kecelakaan sebesar 94.46 (tahun 2010) dan 79,31 (tahun 2011) kendaraan/10000 ranmor. Dengan demikian terlihat bahwa di Kab. Pasuruan telah mengalami penurunan dari segi tingkat kecelakaan.

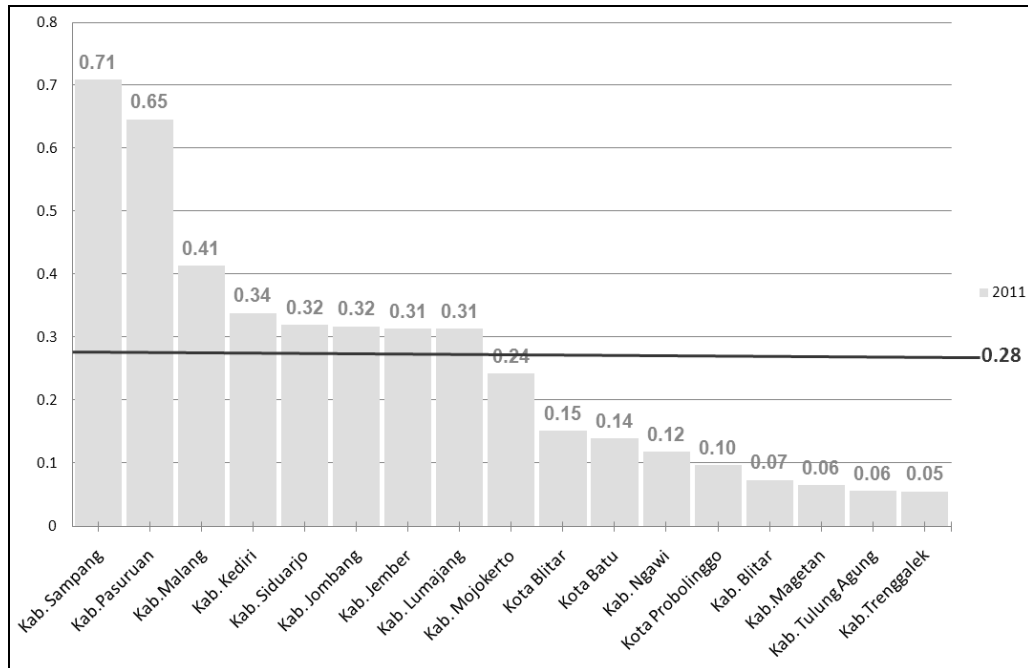
Bila dibandingkan dengan tingkat kecelakaan secara nasional tahun 2010 yang bernilai 13.74 tingkat kecelakaan/10000 ranmor, terdapat 11 kab/kota yang berada di atas garis batas tingkat kecelakaan nasional. Sedangkan pada tahun 2011, terdapat 14 kab/kota yang berada di atas garis batas tingkat kecelakaan nasional (12.20). Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kecelakaan/10000 ranmor di Jawa Timur semakin parah.

### 3.3 Tingkat Fatalitas (CFR)

Tingkat fatalitas (*Case Fatality Rate/CFR*) adalah perbandingan antara jumlah korban meninggal dunia terhadap jumlah kejadian kecelakaan. Nilai CFR pada setiap kota/kab yang ada di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2010 dan tahun 2011 dapat dilihat pada Gambar 4a dan Gambar 4b.



Gambar 4a. Tingkat Fatalitas (CFR) (2010)

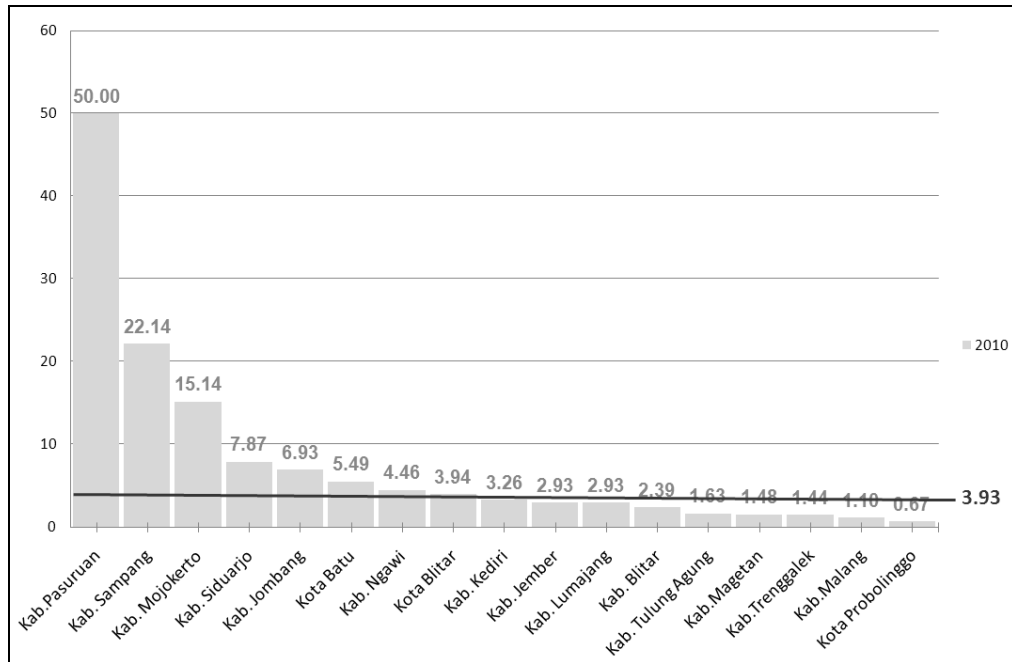


**Gambar 4b. Tingkat Fatalitas (CFR) (2011)**

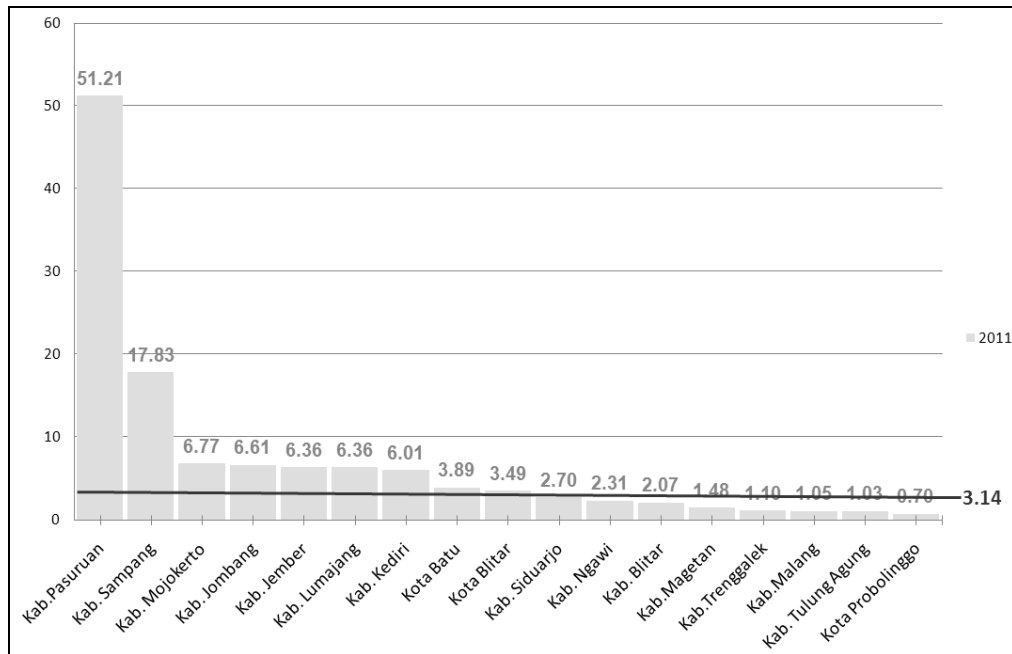
Pada Gambar 4a dan Gambar 4b terlihat bahwa CFR tertinggi pada tahun 2010 terjadi di Kab. Sidoarjo, dengan CFR sebesar 0,87. Sedangkan pada tahun 2011, CFR tertinggi terjadi di kab. Sampang, dengan CFR sebesar 0,71.

### 3.4 Indeks Fatalitas by Ranmor

Indeks fatalitas by ranmor merupakan perbandingan antara jumlah korban meninggal dunia terhadap jumlah kendaraan bermotor (ranmor). Secara nasional, nilai indeks fatalitas by ranmor pada tahun 2010 adalah 3.93 dan pada tahun 2011 adalah 3.14. Sedangkan nilai indeks fatalitas by ranmor di setiap kota/kab di Jawa Timur pada tahun 2010 dan 2011 dapat dilihat pada Gambar 5a dan Gambar 5b.



**Gambar 5a. Indeks Fatalitas By Ranmor/10000 Ranmor (2010)**

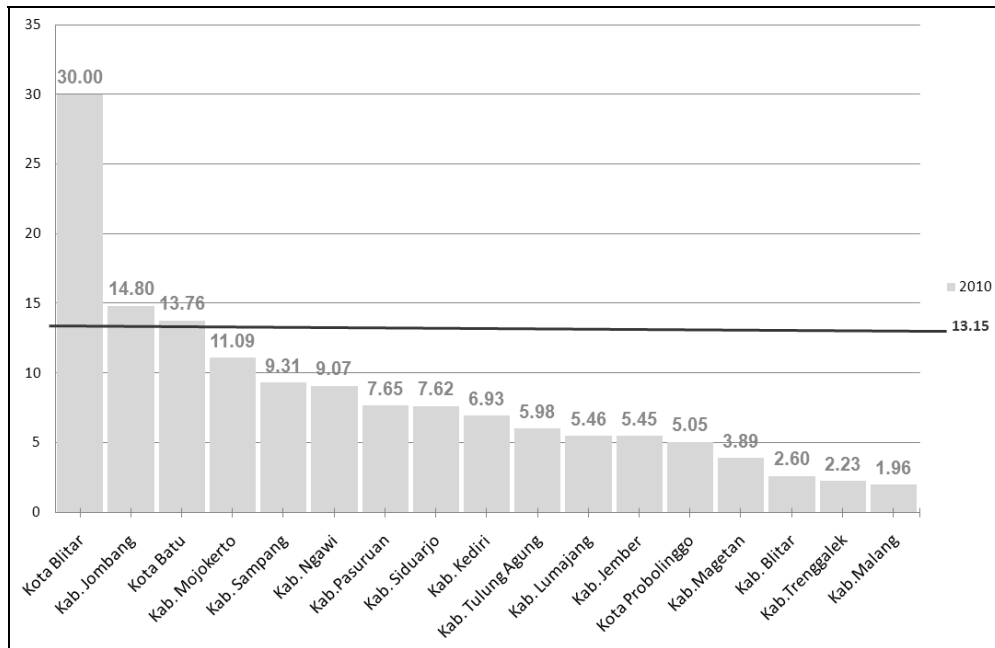


**Gambar 5b. Indeks Fatalitas By Ranmor/10000 Ranmor (2011)**

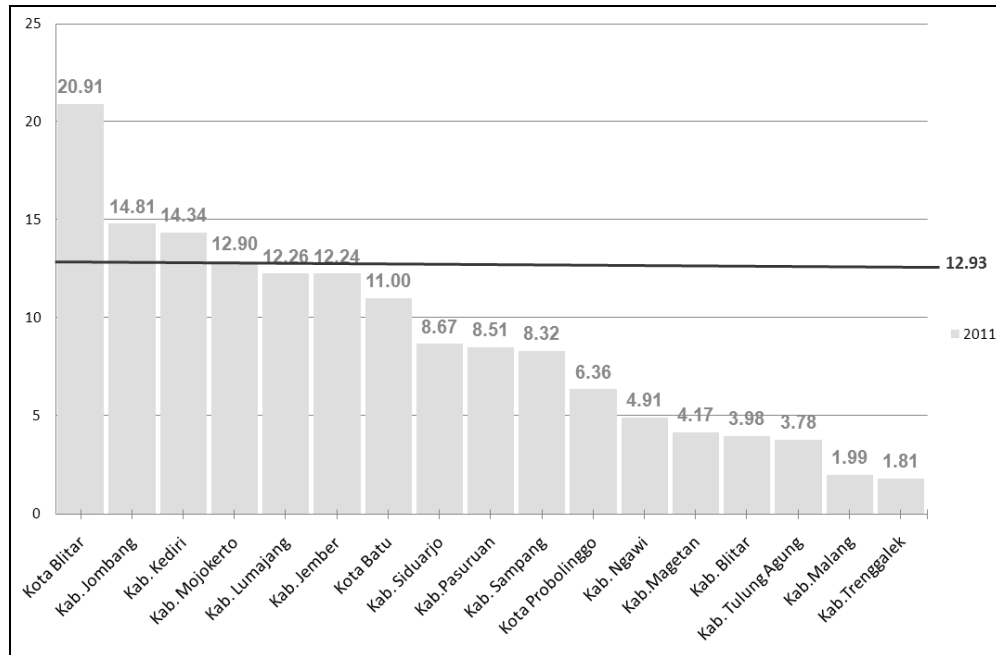
Berdasarkan Gambar 5a dan Gambar 5b terlihat bahwa indeks fatalitas by ranmor tertinggi terjadi di Kab. Pasuruan, dengan angka indeks sebesar 50,00.

### 3.5. Indeks fatalitas by populasi

Indeks fatalitas by populasi merupakan perbandingan dari jumlah korban meninggal dunia akibat kecelakaan terhadap jumlah populasi di suatu daerah. Indeks fatalitas by populasi secara nasional per 100000 penduduk pada tahun 2010 adalah 13.15 dan pada tahun 2011 adalah 12.93. Sedangkan indeks fatalitas by populasi di setiap kota/kab di Jawa Timur pada tahun 2010 dan 2011 dapat dilihat pada Gambar 6a dan Gambar 6b.



Gambar 6a. Indeks Fatalitas By Populasi/100000 Populasi (2010)



**Gambar 6b. Indeks Fatalitas By Populasi/100000 Populasi (2011)**

Pada Gambar 6a dan Gambar 6b terlihat bahwa indeks fatalitas by populasi tertinggi pada tahun 2010 dan 2011 terjadi di Kota Blitar, dengan nilai indeks sebesar 30.00 (tahun 2010) dan 20.91 (tahun 2011). Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan secara indeks fatalitas by populasi di Kota Blitar. Meskipun demikian, angka tersebut masih jauh di atas skala nasional (12,93).

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Jumlah kejadian kecelakaan tertinggi pada tahun 2010 dan 2011 adalah terjadi di Kab. Tulung Agung, dengan jumlah 681 kejadian (tahun 2010) dan 741 (tahun 2011).
2. Dari segi tingkat kecelakaan (jumlah kecelakaan/10000 kendaraan), bila dibandingkan dengan tingkat kecelakaan secara nasional tahun 2010 yang bernilai 13.74, terdapat 11 kab/kota yang berada di atas garis batas tingkat kecelakaan nasional. Sedangkan pada tahun 2011 (bernilai 12.20), terdapat 14 kab/kota yang berada di atas garis batas tingkat kecelakaan nasional. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kecelakaan/10000 ranmor di Jawa Timur semakin parah. Dengan kata lain, semakin menjauh dari target RUNK.

3. Dari segi tingkat fatalitas (CFR), pada tahun 2010 terdapat 7 kab/kota yang berada di atas skala nasional, sedangkan pada tahun 2011 terdapat 8 kab/kota.
4. Dari segi indeks fatalitas by kendaraan bermotor, pada tahun 2010 terdapat 8 kab/kota yang berada di atas skala nasional, sedangkan pada tahun 2011 terdapat 9 kab/kota.
5. Dari segi indeks fatalitas by populasi, pada tahun 2010 dan 2011 terdapat 3 kab/kota yang berada di atas skala nasional.

Secara keseluruhan, bahwa terjadi peningkatan baik dari segi jumlah maupun tingkat kecelakaan dari tahun 2010 sampai 2011. Hal ini menunjukkan bahwa kesadaran akan keselamatan jalan di Jawa Timur masih belum membaik secara signifikan. Dengan kata lain target RUNK belum tercapai.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. KORLANTAS POLRI, (2011). *Jumlah Korban Meninggal Dunia Akibat Kecelakaan Lalu Lintas Tahun 2010*.
2. Pemerintah Republik Indonesia, (2011). *Rencana Umum Nasional Keselamatan (RUNK) Jalan 2011 – 2035*.
3. Resolusi PBB No. 64/255, *Decade of Action (DoA), 2011-2020*.
4. Susilo, B.H., (2012). *Analisis Data Kecelakaan dan Simulasi Penanganan LRK, Kegiatan Peningkatan Kapasitas dalam Bidang Keselamatan, Tema: “Menuju Kualitas SDM Bidang Keselamatan LLAJ yang Profesional”*, Palembang.
5. Undang-Undang Republik Indonesia (2009), No. 22 *Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*.

# STUDI EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK BETON DENGAN AGREGAT KASAR DAUR ULANG DENGAN $f_c' = 25$ MPa

**Buen Sian<sup>1</sup>, Johannes Adhijoso Tjondro<sup>2</sup>, Riani Sidauruk<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan  
E-mail: songbunsian@gmail.com

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan  
E-mail: tjondro@unpar.ac.id

<sup>3</sup> Alumnus Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

## ABSTRAK

Pada studi eksperimental ini, digunakan beton daur ulang dengan agregat kasarnya berasal dari limbah/brangkal benda uji beton di laboratorium. Benda uji silinder digunakan untuk mengetahui sifat mekanik seperti kuat tekan, kuat geser, dan kuat tarik belah. Tiga variasi persentase yang berbeda dari agregat kasar daur ulang digunakan dalam perencanaan campuran dengan  $f_c' = 25$  MPa, yaitu 0%, 50%, dan 100% agregat kasar daur ulang. Hasil pengujian menunjukkan nilai kuat tekan karakteristik  $f_c' = 28.7$  MPa dan  $f_c' = 28.4$  MPa untuk masing-masing campuran 50% dan 100% agregat kasar daur ulang. Nilai kuat tarik belah sebesar  $f_{ct} = 2.38$  MPa,  $f_{ct} = 2.78$  MPa, dan  $f_{ct} = 2.81$  MPa untuk 0%, 50%, dan 100% agregat kasar daur ulang. Sedangkan kuat geser  $f_v = 5.55$  MPa,  $f_v = 4.28$  MPa, dan  $f_v = 3.86$  MPa untuk 0%, 50%, dan 100% agregat kasar daur ulang.

**Kata kunci:** agregat kasar daur ulang, kuat tekan, kuat tarik belah, kuat geser.

## ABSTRACT

*In this experimental study, recycled concrete made of waste material from laboratory experiment is used for coarse aggregates. Cylinder specimens were used to determine the mechanical properties such as compressive strength, shear strength, and split tensile strength. Three different percentage variations of coarse recycled concrete aggregates (RCA) were used in mix design with  $f_c' = 25$  MPa, which are 0%, 50%, and 100% of RCA. The test results showed the characteristics of compressive strength values are:  $f_c' = 28.7$  MPa and  $f_c' = 28.4$  MPa for each of the mixtures of 50% and 100% RCA. The split tensile strength values are:  $f_{ct} = 2.38$  MPa,  $f_{ct} = 2.78$  MPa, and  $f_{ct} = 2.81$  MPa for 0%, 50% and 100% RCA. While the shear strength are:  $F_v = 5.55$  MPa,  $f_v = 4.28$  MPa, and  $f_v = 3.86$  MPa for 0%, 50%, and 100% RCA.*

**Keywords:** recycled coarse aggregates, compressive strength, split tensile strength, shear strength.

## 1. PENDAHULUAN

Industri konstruksi mengalami perkembangan yang sangat cepat dalam memenuhi kebutuhan manusia akan tempat tinggal, sarana, dan prasarana. Namun industri konstruksi berkontribusi menghasilkan sampah atau reruntuhan yang berdampak pada lingkungan. Jumlah sampah konstruksi ini demikian besar sehingga menjadi perhatian dunia untuk menjaga sumber alam yang ada dan mencari alternatif menggunakan material daur ulang, misalnya beton dengan agregat daur ulang.

Kota tertentu kadang mempunyai program modernisasi untuk jalan, jembatan, bangunan industri, dan prasarana lainnya, sehingga perlu meruntuhkan bangunan yang



ada karena dianggap tidak cocok dengan proyek baru. Terutama di negara maju runtuhnya beton berasal dari beton dengan mutu cukup tinggi seperti rangka bangunan, balok jembatan, dan beton pracetak, sehingga menghasilkan sumber agregat daur ulang dengan kualitas yang berbeda.

Beberapa pengujian beton yang menggunakan agregat daur ulang sudah dilakukan sejak awal 1980. Meskipun ada perbedaan formula yang cukup berarti namun kesimpulan dari pengujian beton daur ulang yang sudah dilakukan perlu dipertimbangkan. Sifat beton dengan agregat daur ulang jika dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat natural misalnya, kuat tekan akan menurun sebesar 10% - 30% dan kuat tarik lebih rendah tetapi tidak lebih dari 10%. (El-Reedy, 2009). Agregat daur ulang dapat digunakan sebagai pengganti agregat natural untuk campuran beton setelah dipilih dan disaring (Hansen, 1992; Collin, 1994; Sherwood, 1995). Kuat tekan karakteristik beton tidak dipengaruhi oleh kualitas agregat daur ulang jika rasio air/ semen besar, hanya berpengaruh pada rasio air/semen kecil (Ryu, 2002 dan Padmini et al., 2002).

Material daur ulang termasuk beton daur ulang digunakan untuk pembangunan kompleks, gedung baru, dan jalan pada Olimpiade 2012. Inggris menegaskan bahwa Olimpiade London adalah Olimpiade yang paling berkelanjutan. Pembangunan berkelanjutan adalah proses pembangunan lahan, kota, bisnis, dan masyarakat dengan prinsip, memenuhi kebutuhan sekarang tanpa mengorbankan kepentingan generasi masa depan. Belajar dari pengalaman olimpiade sebelumnya dimana stadion berkapasitas besar dan fasilitas lain tidak bisa digunakan maksimal lagi setelah pesta olimpiade berakhir.

Agregat kasar daur ulang yang dipakai dalam penelitian ini, berupa bekas benda uji silinder beton yang dipecah-pecah kemudian disaring sesuai dengan ukuran agregat maksimum yang dibutuhkan. Mutu Beton yang dipakai untuk perencanaan campuran beton adalah kuat tekan karakteristik ( $f_c'$ ) 25 MPa. Perencanaan campuran beton (*mix design*) terdiri dari 3 variasi. Campuran 1 menggunakan agregat natural semua, campuran 2 menggunakan 50% agregat kasar daur ulang dan agregat halus natural. Sedangkan campuran 3 menggunakan 100% agregat kasar daur ulang dan agregat halus natural. Masing-masing variasi campuran diuji kuat tekan dan kuat tarik belah dengan benda uji silinder pada umur beton 3, 7, 14, 21, dan 28 hari. Benda uji silinder berjumlah 81 buah dengan masing-masing 27 buah untuk setiap variasi campuran. Uji kuat geser menggunakan 9 balok berukuran  $100 \times 100 \times 300 \text{ mm}^3$  dengan masing-masing 3 buah balok untuk setiap variasi campuran.

Tujuan dari penelitian ini untuk (1) Mengetahui kuat tekan karakteristik beton daur ulang dengan merencanakan campuran beton dengan cara *ACI*. (2) Mengetahui perkembangan kuat tekan terhadap umur beton. (3) Mengetahui kuat tarik belah dan kuat geser beton daur ulang.

## **2. BETON SEBAGAI BAHAN BANGUNAN**

Beton adalah bahan bangunan yang paling banyak digunakan pada dunia modern ini. Bangunan dari beton diantaranya gedung, jalan raya, jembatan, jalan kereta api, bendungan, pipa saluran, fondasi, dan lain-lain. Beton adalah bahan komposit yang cukup rumit, terdiri dari agregat berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) dan pasta semen berfungsi sebagai bahan pengikat (*binder*). Sering ditambahkan bahan kimia (*admixture*) untuk memperbaiki atau mengubah sifat-sifatnya sesuai dengan yang kita inginkan.

Meskipun beton dapat dibuat dengan mudah tetapi dalam merencanakan campuran beton perlu pengetahuan teknologi beton yang cukup untuk menghasilkan beton baik. Pada umumnya beton mempunyai komposisi pasta semen hanya sebesar 20 – 35% terhadap volume total beton tapi sangat memegang peranan penting terutama untuk perbandingan berat antara air/semen. Semakin besar rasio berat air/semen maka semakin berkurang kekuatan beton sedang agregat mengisi volume beton sebesar 65 – 80% . Semen yang digunakan untuk beton mempunyai banyak tipe dan jenisnya dengan komposisi kimiawi yang berbeda. Sedangkan agregat mempunyai ukuran, bentuk, gradasi, kekerasan, berat jenis yang berbeda. Sehingga dalam merencanakan campuran beton perlu diperhatikan sifat-sifat bahan dasar tersebut karena bisa mempengaruhi kekuatan beton. Selain pengendalian mutu bahan, diperlukan juga pengendalian selama pelaksanaan dan pengendalian perawatan selama masa pengerasan supaya menghasilkan beton berkualitas baik sesuai yang disyaratkan, seragam, dan ekonomis. Beton mempunyai kuat tekan jauh lebih besar dibandingkan kuat tariknya. Sehingga selalu diperlukan perkuatan tulangan baja pada daerah tariknya menjadi beton bertulang untuk struktur bangunan.

## **3. BETON DAUR ULANG**

Beton daur ulang sudah dikenal cukup lama dalam rangka menjawab tantangan akan banyaknya limbah industri konstruksi dan menjaga sumber daya alam. Di beberapa negara, agregat alami harganya mahal dan limbah industri harus dikirim ke tempat TPA yang membutuhkan biaya penanganan dan pengangkutannya. Beberapa pengujian beton

yang menggunakan agregat daur ulang sudah dilakukan sejak awal 1980. Kesimpulan dari pengujian beton daur ulang yang sudah dilakukan perlu dipertimbangkan. Sifat beton dengan agregat daur ulang jika dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat alami antara lain: (a). Kuat tekan menurun sebesar 10% - 30%. (b). Kuat tarik lebih rendah tidak lebih dari 10%. (c). Modulus elastisitas menurun sebesar 10% - 40 % tergantung dari sumber agregat kasarnya. (d). Susut lebih besar 20% - 55% sedangkan *creep* lebih kecil hingga 10% (El-Reedy, 2009).

CMRA (*Construction Materials Recycling association*) adalah salah satu asosiasi yang mempromosikan limbah konstruksi daur ulang. Amerika sendiri sudah melakukan daur ulang beton sebesar 140 juta ton tiap tahunnya dengan memanfaatkan reruntuhan struktur atau jalan raya. *California Department of General Services* 2011 mengeluarkan peraturan yang cukup ketat dan batasan tentang beton daur ulang berhubung banyaknya limbah beton yang ada. Diantara peraturan dan pembatasan itu menyatakan agregat beton daur ulang atau *Recycled Concrete Aggregates* (RCA) adalah agregat yang terbentuk dari proses pemecahan, pengukuran, pencucian, dan pemilihan dari beton keras yang ada. RCA tidak diijinkan untuk digunakan pada beton struktur tapi dapat diaplikasikan pada beton non struktural seperti batas jalan, *pavement*, *landscape*, dan sejenisnya.

Pusat Komunikasi Publik Kementrian PU baru-baru ini melaporkan bahwa kebutuhan penambahan infrastruktur jalan, khususnya pembangunan dan pemeliharaannya tidak bisa diimbangi oleh kemampuan pemerintah. Saat ini pemerintah hanya mampu mendanai 17% saja. Terkait dengan keterbatasan dana maka diperlukan inovasi baru untuk merehabilitasi jalan. Salah satu alternatifnya adalah menggunakan beton dengan agregat daur ulang. Teknologi daur ulang perkerasan mempunyai beberapa keuntungan yaitu dapat mengembalikan kekuatan perkerasan dan mempertahankan geometrik jalan serta mengatasi ketergantungan akan material baru. Inovasi ini telah dikembangkan oleh Pusat Litbang Jalan dan Jembatan Badan Litbang PU. Saat ini telah banyak ruas jalan yang dibangun dengan perkerasan kaku (*rigid pavement*) berupa perkerasan beton sehingga penggunaan daur ulang limbah beton akan bermanfaat.

#### **4. PERENCANAAN CAMPURAN BETON**

Perencanaan campuran (*mix desain*) mempunyai tujuan untuk mendapatkan proporsi masing-masing bahan untuk menghasilkan beton berkualitas baik dan ekonomis. Bahan tersebut biasanya adalah air, semen, pasir, dan batu pecah untuk beton normal tanpa bahan tambahan. Sebelum perencanaan campuran perlu diketahui beberapa hal penting misalnya jenis struktur, kondisi lingkungan, kuat rencana, jenis semen, kualitas

air, sifat agregat, dan lain lain. Sifat agregat meliputi gradasi, kadar air, daya serap, berat jenis relatif, ukuran butir terbesar. Proporsi campuran dapat dihitung dengan metode tertentu seperti: (1). ACI (*American Concrete Institute*) (2). DOE (*British Department of Enviroment*) (3). Nisco Master (Jepang). Perencanaan dengan metode DOE dipakai di Indonesia dan dimuat dalam buku ‘Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton’ SK.SNI.T-15-1990-03. Hasil proporsi bahan campuran dengan berbagai metode biasanya berdasarkan agregat dalam kondisi SSD, sehingga perlu dikoreksi lagi mengingat kondisi agregat di lapangan sudah dipastikan tidak dalam kondisi SSD. Berdasarkan hasil *mix design* maka dapat dihitung proporsi masing-masing campuran sesuai dengan jumlah benda uji yang diperlukan.

Dalam penelitian ini, perencanaan campuran beton menggunakan metode ACI 211.1 – 91 untuk beton normal dengan kuat tekan karakteristik sebesar 25 MPa. Perencanaan campuran beton (*mix design*) terdiri dari 3 variasi. Campuran 1 menggunakan agregat natural semua, campuran 2 menggunakan 50% agregat kasar daur ulang dan agregat halus natural. Sedangkan campuran 3 menggunakan 100% agregat kasar daur ulang dan agregat halus natural.

## 5. PENGUJIAN BETON

### 5.1 Kuat Tekan Beton

Pada peraturan beton Indonesia yang baru (SNI 03-2847-2002), kekuatan material beton dinyatakan oleh kuat tekan benda uji berbentuk silinder ( $f_c'$ ) dengan satuan Mpa. Perubahan dari K menjadi  $f_c'$  atau dari benda uji kubus menjadi silinder, disebabkan karena SNI mengacu pada peraturan ACI 318. Benda uji silinder yang dimaksud memiliki diameter 15 cm, tinggi 30 cm, dan berumur 28 hari.

Benda uji dibuat terutama untuk mengevaluasi apakah campuran beton mencapai kuat rencana. Beton segar yang telah dicetak, perlu perawatan selama 24 jam pertama baru acuan bisa dilepas dan biasanya direndam dalam air. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton hari ke 3, 7, 14, 21, dan 28 dengan menggunakan standar ASTM C 39 (*American Sosity for Testing Material*). Pengujian kuat tekan penting juga untuk memperkirakan kuat yang lain seperti kuat lentur dan kuat tarik beton. Perhitungan kuat tekan beton menggunakan persamaan:

$$f_c = \frac{P}{A} \tag{1}$$

dengan:

$$f_c = \text{Kuat tekan beton (MPa)}$$

- $P$  = Beban hancur (N)  
 $A$  = Luas penampang tertekan rata-rata ( $\text{mm}^2$ )

Perencana struktur biasanya menentukan kuat tekan beton dalam mendesain kekuatan elemen struktur beton bertulang. Kuat tekan itu disebut kuat tekan beton karakteristik atau kuat tekan beton yang disyaratkan  $f_c'$ , berdasarkan benda uji silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm (SNI 03-2834-2002). Karena sifat variabilitas kekuatan beton atau distribusi beton berbentuk lengkung distribusi normal, maka perencana struktur tidak menggunakan hasil kuat tekan rata-rata yang ditargetkan ( $f_{cr}'$ ). Sehingga desain campuran harus ditargetkan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang lebih tinggi dari kuat tekan karakteristik. Selisihnya disebut margin kekuatan ( $k \cdot s$ ) yang besarnya ditentukan dari simpangan baku (*standart deviation*), hasil dari produksi beton sebelumnya dan proporsi benda uji yang diijinkan gagal.

$$f_c' = f_{cr}' - k \cdot s \quad (2)$$

dengan:

- $f_c'$  = Kuat tekan karakteristik (MPa)  
 $f_{cr}'$  = Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (MPa)  
 $k$  = konstanta (=1,64 untuk 5% benda uji yang diijinkan gagal)  
 $s$  = Simpangan baku (MPa)

Persamaan regresi untuk kuat tekan beton adalah:

$$Y = \frac{X}{aX + b} \quad (3)$$

dimana:

$$a = \frac{\sum(XY) - n \cdot \bar{X} \cdot \bar{Y}}{\sum(X^2) - n \cdot (\bar{X})^2} \quad (4)$$

$$b = \bar{Y} - a \cdot \bar{X} \quad (5)$$

$$y = \frac{X}{F} \quad (6)$$

## 5.2 Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan dengan memberikan tegangan tarik pada benda uji silinder yang dioperasikan menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM). Kuat tarik beton dapat dihitung dengan persamaan:

$$f_{ct} = \frac{2P}{n \cdot h} \quad (7)$$

dengan:

$f_{ct}$  = Kuat tarik belah (MPa)

$P$  = Beban hancur (N)

$l$  = Panjang benda uji pada bagian yang tertekan (mm)

$d$  = Diameter benda uji (mm)

### 5.3 Kuat Geser Beton

Pengujian kuat geser bertujuan untuk mengetahui besaran nilai kekuatan geser dari balok beton kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan secara analitis.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan CTM dan dihitung memakai persamaan:

$$f_v = \frac{P}{A} \quad (8)$$

dengan:

$f_v$  = Kuat geser beton (MPa)

$P$  = Beban hancur (N)

$A$  = Luas penampang ( $\text{mm}^2$ )

## 6. HASIL ANALISIS

### 6.1 Kuat Tekan Beton

Pemeriksaan karakteristik agregat halus dan agregat kasar dilakukan terhadap tiga variasi campuran, yaitu campuran 1 dengan 0% RCA (*Recycled Concrete Aggregate*), campuran 2 dengan 50 % RCA, dan campuran 3 dengan 100% RCA. Hasil pemeriksaan agregat menghasilkan data yang berbeda pada setiap campuran sebagai berikut:

**Tabel 1. Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus.**

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian Agregat Halus		
			Campuran 1	Campuran 2	Campuran 3
1	Kadar Air	%	7,820	7,527	9,890
2	Daya serap	%	4,581	3,898	4,167
3	<i>Spesific gravity</i>		2,308	2,552	2,560
4	Modulus kehalusan	%	2,714	2,872	2,946

**Tabel 2. Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar.**

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil pengujian Agragat kasar		
			Campuran 1 0% RCA	Campuran 2 50% RCA	Campuran 3 100% RCA
1	Kadar Air	%	2,302	3,359	4,715
2	Daya serap	%	2,961	5,404	7,242
3	Berat isi padat	kg/m <sup>3</sup>	1507,60	1461,90	1371,98
4	Abrasi	%	20,78	26,30	29,66

Kadar air dan daya serap agregat kasar meningkat seiring meningkatnya persentase agregat kasar alami yang digantikan agregat kasar daur ulang. Sedangkan berat isi menunjukkan penurunan nilai seiring meningkatnya persentase agregat kasar daur ulang. Nilai abrasi memenuhi syarat karena kurang dari 45%. Dari data pemeriksaan karakteristik agregat kasar dan agregat halus dilakukan perencanaan campuran (*mix design*) beton normal dengan metode ACI 211.1 – 91 basis massa untuk mendapatkan proporsi air, semen, agregat halus, dan agregat kasar. Semua campuran membutuhkan air yang sama dalam kondisi agregat SSD yaitu 205 (kg/m<sup>3</sup>) sehingga dapat dibandingkan antar campurannya. Agregat berasal dari alam sehingga ada selisih antara kadar air dan daya serapnya, oleh karena itu perlu dilakukan koreksi berat air, agregat halus, agregat kasar (Tabel 3).

**Tabel 3. Proporsi Campuran.**

No.	Proporsi campuran (kg/m <sup>3</sup> )	Campuran 1 0% RCA	Campuran 2 50% RCA	Campuran 3 100%RCA
1	Air Koreksi	188,224	196,169	180,34
2	Semen	418,367	418,367	418,367
3	Agregat kasar	971,652	925,944	869,757
4	Agregat halus	766,756	804,52	876,535

Setelah dilakukan pengadukan campuran, pengujian *slump* dan perawatan beton kemudian dilakukan pengujian kuat tekan pada umur beton 3, 7, 14, 21, dan 28 hari untuk ketiga jenis campuran. Pengujian kuat tekan menggunakan alat *Compression Testing Machine (CTM)* dengan memberi *capping* terlebih dahulu pada permukaan silinder agar beban terdistribusi merata.

Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur atau pada beban maksimum kemudian dihitung kuat tekan beton dengan persamaan 3. Sehingga didapat kuat tekan rata-rata untuk umur beton 3, 7, 14, 21, dan 28 hari (Tabel 4, 5, dan Tabel 6).

**Tabel 4. Data Hasil Uji Kuat Tekan Beton Campuran 1 dengan 0% RCA.**

No.	Nomor Pembuatan	Umur	D (mm)	L (mm)	W (gr)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	P (N)	fc (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	I-1	3	150,7	300,0	11847	17824,93	199500	11,19	13,47
2	II-2	3	151,4	301,0	12556	17990,96	283400	15,75	
3	III-1	5	150,0	300,3	11968	17671,44	333600	18,88	18,88
4	I-2	7	151,0	301,0	12220	17907,85	309100	17,26	18,63
5	II-2	7	150,5	300,5	12349	17777,63	326300	18,35	
6	III-2	7	150,0	300,0	11904	17671,44	358500	20,29	
7	I-3	14	150,0	300,5	12018	17671,44	352700	19,96	24,88
8	II-4	14	150,8	300,5	12476	17860,44	561000	31,41	
9	III-3	14	150,0	300,3	11965	17671,44	411000	23,26	
10	I-4	21	150,1	300,5	12116	17683,23	421700	23,85	27,29
11	II-5	21	150,0	301,3	12383	17671,44	597100	33,79	
12	III-4	21	150,2	300,8	12180	17706,80	429300	24,24	
13	I-8	28	151,1	300,5	12223	17919,71	466300	26,02	26,19
14	II-8	28	150,0	301,5	12222	17671,44	452700	25,62	
15	III-8	28	150,0	300,0	11822	17671,44	476100	26,94	



**Tabel 5. Data Hasil Uji Kuat Tekan Beton Campuran 2 dengan 50% RCA.**

No.	Nomor Pembuatan	Umur	D (mm)	L (mm)	W (gr)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	P (N)	fc (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	IV-1	3	150,4	300,0	11973	17765,82	268300	15,10	16,60
2	V-2	3	151,2	300,5	12078	17955,32	291600	16,24	
3	VI-2	3	150,2	302,0	11956	17706,80	326900	18,46	
4	IV-3	7	150,5	301,0	12175	17789,45	407400	22,90	24,68
5	V-3	7	150,3	301,0	12161	17742,20	495000	27,90	
6	VI-3	7	150,1	301,5	12108	17695,01	411100	23,23	
7	IV-5	14	150,5	303,0	12275	17777,63	473500	26,63	28,80
8	V-5	14	150,2	300,5	12010	17718,60	436000	24,61	
9	VI-6	14	150,3	300,0	12161	17730,40	623400	35,16	
10	IV-8	21	150,1	301,0	12120	17700,91	625100	35,31	34,70
11	V-7	21	150,0	300,8	12049	17671,44	620800	35,13	
12	VI-8	21	150,0	300,3	12213	17659,66	594600	33,67	
13	IV-10	28	150,5	301,0	12218	17789,45	556600	31,29	34,00
14	V-8	28	150,0	301,0	12065	17671,44	586100	33,17	
15	VI-10	28	150,0	300,0	12054	17671,44	663400	37,54	

**Tabel 6. Data Hasil Uji Kuat Tekan Beton Campuran 3 dengan 100% RCA.**

No.	Nomor Pembuatan	Umur	D (mm)	L (mm)	W (gr)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	P (N)	fc (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	VII-2	3	150,1	300,8	11948	17695,01	314500	17,77	20,576
2	VIII-2	3	150,3	300,5	11822	17742,20	363700	20,50	
3	IX-2	3	150,3	301,8	11903	17730,40	415900	23,46	
4	VII-4	7	150,0	301,0	11967	17671,44	475400	26,90	26,527
5	VIII-4	7	150,0	300,5	11965	17671,44	438300	24,80	
6	IX-4	7	150,0	300,5	11936	17671,44	492600	27,88	

No.	Kelas	Umur (hari)	fc' (MPa)	fc (MPa)	Waktu (jam)	Waktu (hari)	Waktu (menit)	Waktu (detik)	Waktu (menit)	Waktu (detik)
7	VII-6	14	150,0	300,5	11951	17671,44	544100	30,79	31,596	
8	VIII-6	14	150,2	300,0	11839	17706,80	564100	31,86		
9	IX-6	14	150,4	300,0	11951	17765,82	571000	32,14		
10	VII-8	21	150,0	300,8	12020	17671,44	608100	34,41	29,628	
11	VIII-8	21	150,0	299,5	11910	17671,44	485400	27,47		
12	IX-8	21	150,2	300,3	11941	17718,60	478500	27,01		
13	VII-9	28	150,0	300,8	12028	17659,66	667700	37,81	36,614	
14	VIII-9	28	150,9	300,5	12000	17872,29	577600	32,32		
15	IX-11	28	149,9	300,0	11841	17650,83	701000	39,71		

Hasil kuat tekan rata-rata hari ke 3, 7, 14, 21, dan 28 pengujian kemudian dihitung menggunakan persamaan 3 sampai dengan 6 sehingga menghasilkan persamaan regresi 9, 10, dan 11. Dari persamaan ini didapatkan faktor umur, kuat tekan beton pada hari ke 28, standar deviasi, dan kuat tekan karakteristik aktual beton (Tabel 7, 8, dan 9).

$$Y_1 = \frac{X}{0,0000647x + 0,118316} \quad (9)$$

$$Y_2 = \frac{X}{0,000094x + 0,107378} \quad (10)$$

$$Y_3 = \frac{X}{0,000188x + 0,082707} \quad (11)$$

Dimana: X = umur beton (hari)

Y = kuat tekan (Mpa)

**Tabel 7. Kuat Tekan Karakteristik Beton Campuran 1 dengan 0% RCA.**

No.	Umur (hari)	Kuat Tekan (MPa)		Kuat Tekan Regresi (MPa)	Faktor Umur	Kuat Tekan 28 Hari (MPa)
		Perhitungan	Rata-rata			
1	3	11,19	13,47	13,993	0,52	21,96*
2	3	15,75		13,993	0,52	30,91
3	5	18,88		17,837	0,66	28,90
4	7	17,26	18,63	20,217	0,75	23,24*
5	7	18,35		20,217	0,75	24,71
6	7	20,29		20,217	0,75	27,31

No.	Umur (hari)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata	Kuat Tekan Regresi (MPa)	Faktor Umur	Kuat Tekan 28 Hari (MPa)
7	14	19,96	24,88	24,265	0,90	22,26*
8	14	31,41		24,265	0,90	35,04
9	14	23,26		24,265	0,90	25,94
10	21	23,85	27,29	26,001	0,96	24,77*
11	21	33,79		26,001	0,96	35,09
12	21	24,24		26,001	0,96	25,18
13	28	26,02	26,19	26,965	1,00	26,02
14	28	25,62		26,965	1,00	25,62
15	28	26,94		26,965	1,00	26,75
Rata-rata						26,91
Standar deviasi						4,040
Kuat tekan karakteristik aktual						20,287

\*) Ketidaktepatan dalam pengadukan dan pengecoran menghasilkan nilai kuat tekan yang rendah.

**Tabel 8. Kuat Tekan Karakteristik Beton Campuran 2 dengan 50% RCA.**

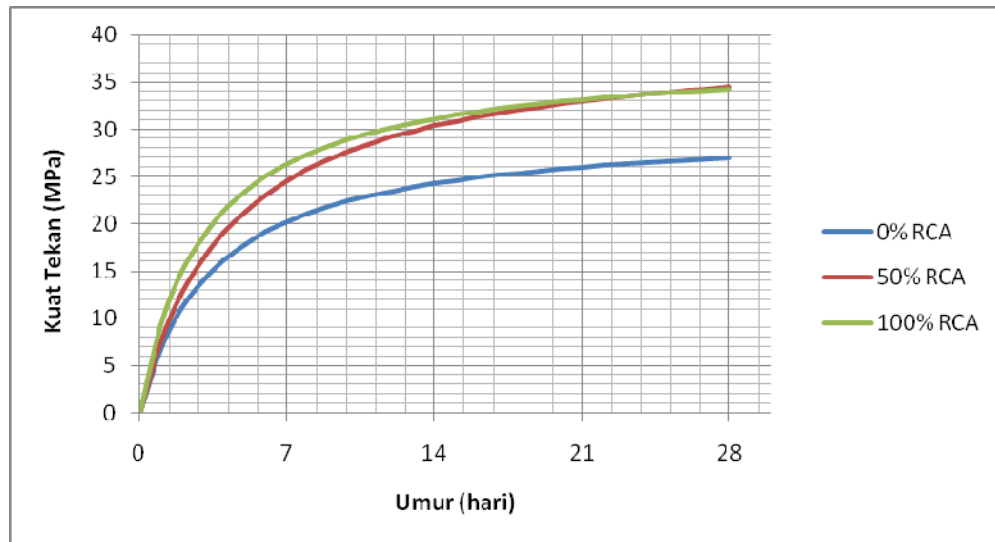
No.	Umur (hari)	Kuat Tekan (MPa)		Kuat Tekan Regresi (MPa)	Faktor Umur	Kuat Tekan 28 Hari (MPa)
		Perhitungan	Rata-rata			
1	3	15,10	16,60	16,230	0,471	32,09
2	3	16,24		16,230	0,471	34,51
3	3	18,46		16,230	0,471	39,23
4	7	22,90	24,68	24,548	0,712	32,18
5	7	27,90		24,548	0,712	39,20
6	7	23,23		24,548	0,712	32,64
7	14	26,63	28,80	30,387	0,881	30,23
8	14	24,61		30,387	0,881	28,06
9	14	35,16		30,387	0,881	39,91
10	21	35,31	34,70	33,004	0,957	36,90
11	21	35,13		33,004	0,957	36,71
12	21	33,67		33,004	0,957	35,19

Tabel 8. (lanjutan).						
13	28	31,29	34,00	34,490	1,000	31,29
14	28	33,17		34,490	1,000	33,17
15	28	37,54		34,490	1,000	37,54
Rata-rata						34,59
Standar deviasi						3,590
Kuat tekan karakteristik aktual						28,702

**Tabel 9. Kuat Tekan Karakteristik Beton Campuran 3 dengan 100% RCA.**

No.	Umur (hari)	Kuat Tekan (MPa)		Kuat Tekan Regresi (MPa)	Faktor Umur	Faktor Umur Terhadap 28 Hari (MPa)
		Perhitungan	Rata-rata			
1	3	17,77	20,58	18,608	0,543	32,76
2	3	20,50		18,608	0,543	37,78
3	3	23,46		18,608	0,543	43,23
4	7	26,90	26,53	26,309	0,767	35,07
5	7	24,80		26,309	0,767	32,33
6	7	27,88		26,309	0,767	36,33
7	14	30,79	31,60	31,143	0,908	33,90
8	14	31,86		31,143	0,908	35,08
9	14	32,14		31,143	0,908	35,39
10	21	34,41	29,63	33,174	0,967	35,57
11	21	27,47		33,174	0,967	28,39
12	21	27,01		33,174	0,967	27,92
13	28	37,81	36,61	34,293	1,000	37,81
14	28	32,32		34,293	1,000	32,32
15	28	39,71		34,293	1,000	39,72
Rata-rata						34,91
Standar deviasi						3,983
Kuat tekan karakteristik aktual						28,374

Dari persamaan regresi diperoleh perkembangan kuat tekan perhari sehingga dapat dibuat grafik perbandingan kuat tekan terhadap umur beton untuk setiap campuran (Gambar 1).



**Gambar 1. Grafik Perbandingan Kuat Tekan terhadap Umur Beton.**

Grafik diatas menunjukkan bahwa beton dengan 50% RCA dan beton dengan 100% RCA memiliki perkembangan kuat tekan yang hampir sama. Mutu beton yang bisa dicapai (kuat tekan karakteristik aktual) dari campuran 2 dan 3 harganya melebihi kuat tekan yang disyaratkan (25 Mpa) sedangkan campuran 1 mutu beton tidak mencapai yang disyaratkan.

## 6.2 Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton menggunakan alat *Compression Testing Machine (CTM)*. Pembebanan dilakukan sampai benda uji mengalami keretakan dan dicatat beban maksimum yang dicapai selama pengujian. Kuat tarik belah beton dihitung menggunakan persamaan 7. Selanjutnya akan didapat kuat tarik belah maksimum untuk masing-masing benda uji dan kemudian dirata-ratakan untuk masing-masing umur pengujian.

**Tabel 10. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Campuran 1  
dengan 0% RCA.**

No.	Kode Pembuatan	Umu r	D (mm)	L (mm)	W (gr)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	P (N)	fct (MPa)	Kuat Tarik Rata-rata (MPa)
1	II-3	7	151,6	300,5	12581	18050	188500	2,64	2,51
2	III-6	7	150,6	299,5	12167	17813	168200	2,38	
3	I-6	14	150,0	300,0	12043	17671	157500	2,23	2,22
4	I-7	14	150,0	299,5	12035	17671	155600	2,21	
5	I-9	21	151,4	297,5	12110	17991	141600	2,00	2,07
6	II-7	21	150,8	300,3	12381	17860	151800	2,14	
7	I-5	28	150,9	300,5	12187	17884	156300	2,20	2,73
8	II-6	28	149,7	301,0	13317	17589	234300	3,31	
9	III-7	28	150,1	300,8	12133	17683	190900	2,69	

**Tabel 11. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Campuran 2  
dengan 50% RCA.**

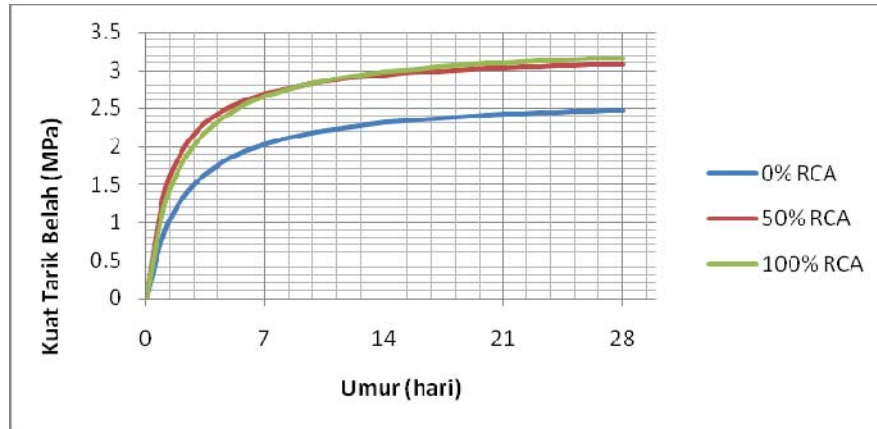
No.	Code Pembuatan	Umu r	D (mm)	L (mm)	W (gr)	Luas Penampan g (mm <sup>2</sup> )	P (N)	fct (MPa)	Kuat Tarik Rata-rata (MPa)
1	IV-2	3	150,2	302,0	12036	17719	147170	2,07	2,04
2	V-1	3	151,5	301,0	12205	18027	144200	2,01	
3	VI-1	3	150,8	302,5	12257	17849	146200	2,04	
4	IV-4	7	151,7	301,3	12213	18062	182700	2,55	2,72
5	VI-4	7	150,3	301,5	12185	17742	205100	2,88	
6	IV-6	14	150,3	301,5	12120	17730	196500	2,76	2,87
7	V-4	14	149,8	300,5	12400	17624	186100	2,63	
8	VI-5	14	150,0	300,0	12048	17671	226300	3,20	
9	IV-7	21	149,8	300,5	12195	17618	242900	3,44	3,29
10	V-6	21	150,1	301,0	12198	17689	238500	3,36	
11	VI-7	21	150,7	300,8	12188	17825	218600	3,07	

Tabel 11. (lanjutan).									
12	IV-9	28	150,1	300,5	12004	17695	238700	3,37	2,97
13	V-8	28	150,0	301,3	12140	17671	181800	2,56	

**Tabel 12. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Campuran 3 dengan 100% RCA.**

No.	Code Pembuatan	Umu r	D (mm)	L (mm)	W (gr)	Luas Penampan g (mm <sup>2</sup> )	P (N)	fc <sub>t</sub> (MPa)	Kuat Tarik Rata-rata (MPa)
1	VII-1	3	150,2	301,3	11981	17707	150100	2,11	2,02
2	VIII-1	3	150,6	300,5	11936	17801	137300	1,93	
3	IX-1	3	150,2	301,0	11933	17707	142400	2,01	
4	VII-3	10	150,2	300,0	11955	17707	185800	2,63	2,85
5	VIII-3	10	151,1	300,5	12000	17932	194800	2,73	
6	IX-3	10	149,8	302,0	11948	17613	227100	3,20	
7	VII-5	14	150,2	300,5	12010	17707	223200	3,15	2,98
8	VIII-5	14	150,7	300,5	12009	17837	191200	2,69	
9	IX-5	14	150,1	300,5	11908	17695	219400	3,10	
10	VII-7	21	149,8	300,5	11921	17613	212300	3,00	3,13
11	VIII-7	21	150,2	300,5	12012	17707	219300	3,10	
12	IX-7	21	150,3	300,5	12045	17742	232400	3,28	
13	VII-10	28	150,1	301,0	11951	17695	233700	3,29	3,14
14	IX-9	28	149,6	300,8	11900	17583	240000	3,40	
15	IX-10	28	149,1	300,3	11834	17466	192100	2,73	

Dari nilai kuat tarik rata-rata yang didapatkan, kemudian menggunakan persamaan regresi 3 sampai dengan 6 menghasilkan grafik perkembangan kuat tarik belah setiap harinya untuk setiap variasi campuran (Gambar 2).



**Gambar 2. Grafik Perbandingan Kuat Tarik Belah Beton terhadap Umur Beton.**

Dari Gambar terlihat bahwa kuat tarik belah beton menunjukkan nilai kuat tarik belah yang hampir sama untuk beton dengan 50% RCA dan 100% RCA. Sedangkan beton dengan 0% RCA menghasilkan nilai yang rendah seperti nilai kuat tekannya.

**Tabel 13. Perbandingan Nilai Kuat Tarik Belah Beton dibagi  $\sqrt{f_c}$ .**

Persentase Agregat	$f_{ct}$ (MPa)	$f_c'$ (MPa)	$f_{ct}/\sqrt{f_c'}$
0% RCA	1,83	20,28	0,41
50% RCA	2,56	28,70	0,48
100%RCA	2,81	28,37	0,53

Tabel 13 menunjukkan perbandingan dari nilai kuat tarik belah yang dibagi  $\sqrt{f_c'}$ , koefisien ini merupakan perbandingan terhadap perhitungan teoritis yang menunjukkan  $f_{ct} < 0,62 \sqrt{f_c'}$ . Nilai koefisien dari ketiga campuran beton ini menunjukkan hasil yang nilainya lebih kecil dari **0,62**.

### 6.3 Kuat Geser Beton

Pengujian kuat geser bertujuan untuk mengetahui besaran nilai kekuatan geser dari balok beton, kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan secara analisis. Pada uji geser balok digunakan sistem pembebanan *single point loading* dimana pembebanan diletakan pada bagian tengah dari balok beton yang diuji dengan menggunakan mesin CTM. Hasil pengujian kuat geser balok beton dapat dibandingkan dengan hasil



perhitungan secara analisis menggunakan persamaan 7. Dari tabel 14, terlihat bahwa nilai kuat geser beton daur ulang semakin menurun seiring dengan semakin besarnya persentase penggunaan agregat kasar daur ulang.

**Tabel 14. Data Hasil Pengujian Kuat Geser Balok Beton.**

Persentase RCA	Kode sampel	b (mm)	d (mm)	L (mm)	Beban (N)	Luas Bidang Benda Uji (mm <sup>2</sup> )	Kuat Geser (MPa)	Kuat Geser Rata-rata (MPa)
0%	1-A	99,0	102,0	300,0	51322,6	10098	5,082	5,549
	1-B	100,0	103,5	300,0	66914,4	10350	6,465	
	1-C	100,0	95,0	300,0	48451,2	9500	5,100	
50%	2-A	99,0	102,0	300,0	56252,0	10098	5,571	4,277
	2-B	100,0	103,0	300,0	34888,0	10300	3,387	
	2-C	100,0	103,0	302,5	39886,0	10300	3,872	
100%	3-A	99,0	103,0	297,5	44296,0	10197	4,344	3,861
	3-B	100,0	102,0	301,0	40180,0	10200	3,939	
	3-C	99,0	102,0	303,0	33320,0	10098	3,300	

## 7. KESIMPULAN

1. Kuat tekan karakteristik beton dengan agregat kasar daur ulang menunjukkan hasil yang relatif sama dengan bertambahnya persentase agregat kasar daur ulang. Campuran 50% RCA memberikan nilai kuat tekan karakteristik aktual 28,7 MPa sedangkan campuran 100% RCA sebesar 28,4 MPa.
2. Kuat tarik belah beton dengan agregat kasar daur ulang menunjukkan hasil yang relatif sama dengan bertambahnya persentase agregat kasar daur ulang. Campuran 0% RCA sebesar 2,38 MPa, 50% RCA 2,78 MPa sedangkan 100% RCA sebesar 2,81 MPa.
3. Semakin besar persentase agregat kasar daur ulang yang digunakan semakin turun nilai kuat gesernya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. ACI Committee 318 (2008). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary*. Farmington Hills, USA.
2. ASTM C 78. *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete Using Simple Beam with Thrid-Point Loading*. Farmington Hills, USA.
3. Departemen Pekerjaan Umum : SNI 03-2847-2002. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
4. El-Reedy, M. A. (2009). *Advanced Materials and Techniques for Reinforced Concrete Structures*. CRC Press.
5. Nawy, Edward G. (2005). *Reinforced Concrete*. 5th ed.
6. Neville, A.M. 1981. *Properties of Concrete*. Pittman Publication, 3rd ed.
7. Nugraha, P., Antoni (2007). *Teknologi Beton: Dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*, Penerbit Andi, Yokyakarta, Indonesia.
8. Pani, L., Francesconi, L. and Concu, G. (2011). *Influence of Replacement Percentage of Recycle Aggregates on Recycled Aggregate Concrete Properties, Symposium PRAGUE*, Fib.
9. Yong, P.C., Teo, D.C.L. (2009). *Utilisation of Recycled Agregate as Coarse Aggregate in Concrete*, UNIMAS E-Journal of Civil Engineering.
10. Hansen, T.C. (1992). *Recycling of Demolished Concrete and Masonry*. 1st ed. Taylor & Francis Group.

# STUDI PENGARUH LEVEL BEBAN AKSIAL PADA KOLOM PERSEGI BANGUNAN TINGGI TERHADAP KEBUTUHAN LUAS TULANGAN PENGEKANG

Anang Kristianto<sup>1</sup>, Yoseph Navrandinata P.<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha  
Jalan Prof. drg. Soeria Sumantri, MPH, No. 65, Bandung, 40164  
e-mail: anang.kristianto@gmail.com

## ABSTRAK

Salah satu persyaratan penting yang diperlukan dalam desain bangunan tahan gempa yang berhubungan dengan detailing tulangan adalah penggunaan tulangan pengekang pada kolom sistem rangka pemikul momen. Sesuai Standar Nasional Indonesia(SNI) jumlah luas tulangan pengekang yang diperlukan hanya tergantung dari luas penampang kolom, mutu tulangan pengekang dan material beton. Berdasarkan perkembangan penelitian dewasa ini memperlihatkan bahwa jumlah luas tulangan pengekang yang digunakan sudah seharusnya memperhitungkan level beban aksial yang bekerja pada kolom. Hal ini sesuai dengan beberapa laporan penelitian terakhir yang menyebutkan pengaruh yang signifikan beban aksial yang bekerja pada specimen kolom terhadap kemampuan kolom dalam menahan beban gempa. Pada makalah ini dipaparkan hasil dari desain gedung perkantoran 15 lantai yang dibangun di daerah dengan resiko gempa sedang. Tulangan pengekang eksisting dibandingkan dengan menggunakan peraturan ACI/SNI Beton Indonesia dengan CSA A<sub>23.3-04</sub> pada kolom bujursangkar dan persegi pada ketinggian tertentu. CSA adalah salah satu standar yang memperhitungkan pengaruh level beban aksial. Berdasarkan studi kasus dalam makalah ini untuk kolom bujursangkar nilai luas tulangan pengekang eksisting dibawah kebutuhan standar CSA pada seluruh level lantai sehingga diperlukan penambahan tulangan. Pada kolom persegi panjang, luas tulangan pengekang eksisting arah-x memerlukan lebih banyak tulangan pengekang pada lantai dibawah elevasi 20 m agar memenuhi standar CSA, pada tulangan pengekang eksisting arah-y memerlukan lebih banyak tulangan pengekang pada kolom di dibawah level 45 m. Persamaan kebutuhan luas tulangan pengekang pada kolom bujur sangkar dan persegi perlu memperhitungkan level beban aksial, hal ini dimaksudkan agar kolom tidak mengalami kegagalan akibat beban aksial yang tinggi.

**Kata kunci:** tulangan pengekang, kolom, beton bertulang, beban lateral.

## ABSTRACT

*One of the important requirements for earthquake resistant buildings associated with reinforcement detailing is the use of confinement reinforcement in moment resisting frame. Based on Indonesian Standard Code (SNI) amount of confinement area depend only on column cross sectional area, yield strength of confinement reinforcement and concrete strength material. Based on some recent research the total area used in confinement reinforcement should consider the level of axial load on the column. This is consistent with some recent research report that axial load give significant influence on specimens column ability to withstand earthquake loads. This paper present the results of a 15-story office building designed for a moderate seismic area. The existing trasverse reinforcement area for confining reinforcement are compared with the current SNI/ACI and CSA A<sub>23.3-04</sub> requirements for rectilinear and rectangular column at a certain height level. CSA is one of many codes that account for the influence of the level of axial load. Based on this case studies in this paper, existing confinement reinforcement area for rectilinear column bellow the requirements of CSA code, so that is necessary addition of reinforcement over the height of building. For existing confinement x direction rectangular column require more confining reinforcement at elevation bellow of 20 m to meet the CSA code, in existing rectangular column y direction require more confining reinforcement at elevation bellow of 45 m. Confinement design equation for rectilinear and rectangular column need to take into account the level of axial load, it is intended that column is not failure due to high axial load.*

*Keywords : confinement, column, reinforced concrete, lateral load.*

## 1. PENDAHULUAN

Kolom adalah elemen vertikal suatu struktur yang berfungsi menahan beban aksial dan momen sebagai akibat dari beban gravitasi dan beban lateral yang bekerja pada struktur. Untuk meningkatkan perilaku mekanik kolom beton yang lebih baik dan berfungsi sebagai suatu elemen struktur yang daktail maka selain tulangan longitudinal diperlukan juga tulangan transversal. Pada dasarnya tulangan transversal pada struktur kolom memiliki fungsi penting yang berhubungan dengan memperkuat kemampuan kolom saat terjadi beban lateral. Fungsi tulangan transversal adalah :

1. Menahan gaya geser. Setelah terjadi retak diagonal maka tulangan sengkang atau spiral mengembangkan kemampuan tariknya sebagai bagian dari mekanisme rangka.
2. Mengikat sambungan lewatan. Setelah terjadi retak pada daerah yang paralel dengan sambungan, maka sengkang atau spiral menahan terjadinya slip antara sambungan.
3. Menahan terjadinya tekuk pada tulangan longitudinal. Setelah selimut beton terkelupas dan secara khusus ketika tulangan longitudinal mengalami leleh akibat siklus tarik dan tekan maka sengkang berfungsi sebagai penahan lateral tulangan longitudinal.
4. Mengekang inti beton, setelah selimut beton terkelupas maka terjadi aksi kekangan yang bekerja pada sengkang sehingga menahan inti beton tetap pada tempatnya.

Pengekangan inti beton dapat meningkatkan deformability material beton secara signifikan, sehingga dalam hal ini material beton dapat lebih bersinergi dengan material baja tulangan untuk menghasilkan elemen struktur beton bertulang yang daktail.

Penggunaan luas tulangan pengegang pada kolom memerlukan perhatian khusus terutama untuk kolom yang dibangun di daerah dengan resiko gempa tinggi. Meskipun SNI 03-2847-2002 mengenai Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Gedung telah mengatur penggunaan luas tulangan pengegang untuk kolom persegi maupun lingkaran, namun penentuan luas tulangan pengegang tidak bergantung kepada level beban aksial yang bekerja. Kondisi ini memerlukan pengujian lebih lanjut mengingat kolom menerima beban aksial yang cukup tinggi pada saat mengalami beban gempa, selain itu beberapa peraturan dari negara lain seperti Canadian Standards Association (CSA) telah memasukkan parameter level beban aksial dalam menentukan luas tulangan pengegang yang harus digunakan. Penelitian ini mencoba mengkaji pengaruh level beban aksial

terhadap kebutuhan luas tulangan pengekang kolom beton persegi untuk studi kasus pada bangunan tinggi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman sekaligus bahan diskusi untuk penyempurnaan lebih lanjut peraturan SNI.

## 2. TINJAUAN LITERATUR

Kolom merupakan elemen vertikal dari rangka struktural yang memikul beban dari balok dan merupakan elemen struktur dengan gaya dominan aksial tekan. Keruntuhan satu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan keruntuhan lantai yang bersangkutan dan bahkan juga seluruh struktur, maka dalam hal ini keruntuhan kolom struktural merupakan hal yang sangat dihindari sehingga dalam perencanaannya harus lebih diperhatikan dengan memberikan kekuatan cadangan yang lebih tinggi dari pada balok ataupun elemen struktur horizontal lainnya. (*Strong column weak beam*)

Dalam hal kolom, beban aksial biasanya dominan sehingga terjadinya keruntuhan tekan sulit dihindari. Apabila beban bertambah pada kolom, maka retak akan banyak yang terjadi di seluruh tinggi kolom pada lokasi tulangan sengkang. Jika beban terus bertambah, maka terjadi keruntuhan dan tekuk lokal tulangan memanjang pada panjang tak tertumpu sengkang ataupun spiral. Dapat dikatakan bahwa dalam keadaan batas keruntuhan, selimut beton terkelupas dahulu sebelum lekatan baja beton hilang.

Kolom dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuk dan susunan tulangannya, posisi beban pada penampangnya, dan panjang kolom dalam hubungannya dengan dimensi lateralnya. Bentuk dan susunan tulangan pada kolom dapat dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

1. Kolom segiempat atau bujursangkar dengan tulangan memanjang dan sengkang.
2. Kolom bundar dengan tulangan memanjang dan tulangan lateral berupa sengkang atau spiral.
3. Kolom komposit yang terdiri atas beton dan profil baja struktural di dalamnya.

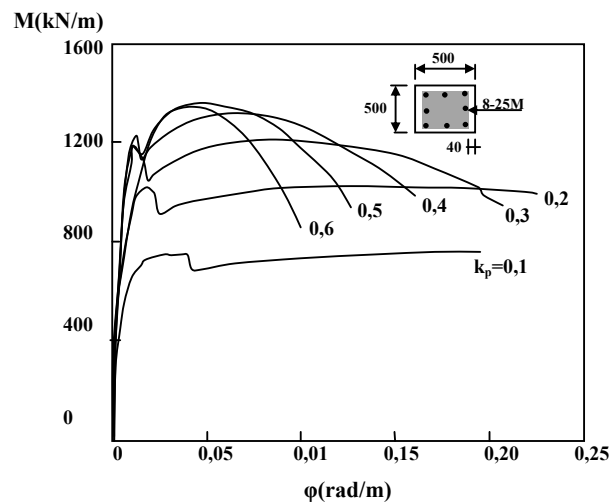
Pada penelitian ini akan ditinjau kolom bujursangkar dan persegi dengan menggunakan pengikat lateral sengkang.

Kolom dapat juga diklasifikasikan juga sesuai dengan level beban aksial yang bekerja seperti bawah ini:

1.  $P / P_0 < 0,3$  (Level beban aksial rendah)
2.  $0,3 < P/P_0 < 0,5$  (Lebel beban aksial sedang)
3.  $P/P_0 > 0,5$  (Level beban aksial tinggi)

Dimana  $P$  adalah kuat beban aksial nominal kolom atau teoretis dengan eksentrisitas tertentu, sedangkan  $P_0$  adalah kuat nominal kolom atau teoretis tanpa eksentrisitas

Beberapa peneliti melaporkan bahwa daktilitas kolom menurun akibat meningkatnya beban aksial tekan yang bekerja pada kolom. (Sheikh dan Yeh (1990), Razvi dan Saatcioglu (1994)). Paultre dan Legeron (2008) dalam hasil penelitiannya seperti terlihat pada Gambar 1 memperlihatkan daktilitas kurvatur yang semakin menurun pada level beban aksial ( $k_p = P/(A_g f_c')$ ) yang semakin meningkat. Pengaruh beban aksial tarik terhadap perilaku beton terkekang dilakukan oleh Watanabe et al.(1987) yang menyebutkan bahwa benda uji yang diberikan beban aksial tarik menunjukkan terjadinya penurunan kekuatan meskipun terjadi peningkatan daktilitas bila dibandingkan dengan kolom yang sama tetapi dibebani gaya aksial tekan. Observasi yang sama juga dilakukan oleh Saatcioglu dan Ozcebe (1989) untuk benda uji kolom beton normal yang dibebani berbagai level beban aksial tekan dan tarik.



**Gambar 1. Pengaruh beban aksial terhadap daktilitas. (Paultre dan Legeron 2008)**

Bae dan Bayrak (2008) dalam pengujian skala penuh kolom persegi yang didesain sesuai standar ACI diberikan beban aksial  $0,5P_0$  dan lateral siklis menyebutkan bahwa kolom mengalami kegagalan karena tertekuknya tulangan longitudinal sebagai akibat beban aksial yang terlalu besar.

### Perhitungan Luas Tulangan Pengekang Berdasarkan ACI/SNI

Tulangan pengekang dipasang dengan maksud agar pada saat terjadi *spalling* pada selimut beton, kolom tidak akan kehilangan kekuatan aksialnya. Sehingga prinsip yang digunakan dalam SNI adalah luas tulangan sengkang tertutup atau spiral yang terpasang harus mampu meningkatkan kuat tekan inti kolom sedemikian hingga peningkatan tersebut dapat mengkompensasi berkurangnya daya dukung kolom dengan lepasnya selimut beton. Bila kekuatan kolom sebelum selimut terkelupas adalah :

$$P_0 = 0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y \quad (1)$$

dan kekuatan kolom setelah selimut terkelupas adalah :

$$P_1 = f_1 \cdot (A_{ch} - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y \quad (2)$$

Dimana  $A_g$  = luas penampang total,  $A_{st}$  = luas total tulangan longitudinal,  $A_{ch}$  = luas penampang setelah selimut terkelupas,  $f_1$  = kuat tekan setelah kekangan bekerja,  $f_y$  = mutu tulangan longitudinal. Sesuai dengan konsep bahwa diharapkan kekuatan kolom minimum sama sebelum dan sesudah selimut lepas maka  $P_0 = P_1$ . Apabila luas tulangan baja  $A_{st}$  diabaikan karena terlalu kecil dibandingkan dengan luas penampang kolom maka persamaan (1) dan (2) menjadi :

$$f_1 = \frac{A_g \cdot 0,85 \cdot f_c'}{A_{ch}} \quad (3)$$

Berdasarkan penelitian (Richart et al. 1928) dengan adanya kekangan maka kekuatan tekan inti beton pada kolom akan menjadi sebesar :

$$f_1 = 0,85 \cdot f_c' + 4,1 \cdot f_2 \quad (4)$$

Tegangan lateral kekangan ( $f_2$ ) dihitung dengan asumsi bahwa tulangan pengekang telah mencapai tegangan lelehnya ( $f_{yh}$ ) pada saat kolom mengalami kegagalan. Sesuai dengan keseimbangan freebody (Gambar 2) untuk mendapatkan besarnya tegangan kekang lateral pada inti beton yang dihasilkan oleh pengekangan tulangan, maka jumlah aljabar gaya-gaya tersebut menjadi :

$$f_2 \cdot s \cdot D_c = 2 \cdot A_{sp} \cdot f_{yh} \quad (5)$$

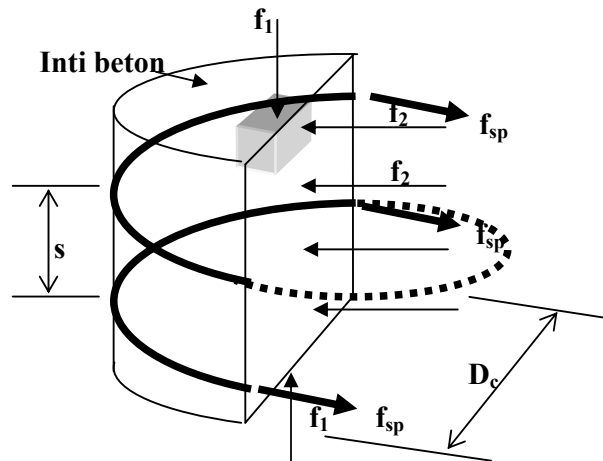
$$f_2 = \frac{2 \cdot A_{sp} \cdot f_{yh}}{s \cdot D_c} \quad (6)$$

Jika rasio volumetrik tulangan pengekang ( $\rho_s$ ) yang didefinisikan sebagai perbandingan volume tulangan pengekang terhadap volume inti beton dan  $A_{sp}$  adalah luas penampang tulangan spiral, maka untuk tulangan spiral :

$$\rho_s = \frac{A_{sp} \cdot s}{A_{ch} \cdot D_c} = \frac{A_{sp} \cdot \pi \cdot D_c}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_c^2 \cdot s} = \frac{4 \cdot A_{sp}}{s \cdot D_c} \quad (7)$$

Sehingga bila pers.(7) disubstitusikan ke pers.(6) maka didapatkan,

$$f_2 = \frac{f_{yh} \cdot \rho_s \cdot s}{2} \quad (8)$$



**Gambar 2. Gaya pada beton terkekang (James G.M, James K.Wight ,2005)**

Substitusi persamaan (3) dan (9) ke persamaan (4) sehingga menjadi :

$$\frac{d_2 \cdot 0,99 f_1'}{A_{mh}} = 0,85 \cdot f_c' + 4,1 \frac{f_{sp} s}{d_2} \quad (9)$$

$$\rho_s = 0,414 \left( \frac{d_2}{A_{mh}} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_{sp}} \quad (10)$$

Sehingga dengan memberikan faktor keamanan sebesar 1.08 maka ACI maupun SNI menetapkan rasio volumetrik minimum tulangan transversal untuk kolom lingkaran sebesar :

$$\rho_s = 0,45 \left( \frac{d_2}{A_{mh}} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_{sp}} \text{ atau} \quad (11)$$

Untuk kasus kolom yang berdiameter besar, rasio  $A_g/A_c$  nilainya mendekati 1 sehingga rasio volumetrik minimum diberikan sebesar :

$$\rho_s = 0,12 \cdot \frac{f_c'}{f_{sp}} \quad (12)$$

Pada kolom persegi untuk mendapatkan tingkat pengekanan yang sama maka sesuai dengan konsep diatas persamaan menjadi :

$$\frac{A_{sh}}{s h_p} = 0,3 \left[ \frac{d_2}{A_{mh}} - 1 \right] \frac{f_c'}{f_{sp}} \text{ atau} \quad (13)$$

$$\frac{A_{sh}}{s h_p} = 0,09 \frac{f_c'}{f_{sp}} \quad (14)$$

Konsep yang dikembangkan dalam peraturan SNI dan ACI hingga saat ini benar-benar hanya berdasarkan peningkatan kekuatan akibat kekangan, sementara faktor daktilitas yang dipengaruhi oleh level beban aksial belum masuk dalam persyaratan.



### Perhitungan Luas Tulangan Pengekang Berdasarkan CSA A<sub>23.3-04</sub>

Berdasarkan peraturan CSA A<sub>23.3-04</sub> (Canadian Standards Association) perhitungan luas tulangan pengekang memperhitungkan beban aksial yang bekerja pada struktur bangunan, berikut persamaan yang digunakan untuk menentukan luas tulangan pengekang :

$$\frac{A_{sh}}{sh_c} = 0,2 \cdot k_n \cdot k_p \cdot \frac{A_g n_l}{A_{gn} f_{yt}} \quad (15)$$

Dimana:

$$k_n = n_l / (n_l - 2) \qquad k_p = P / P_0$$
$$f_{yt} \leq 500 \text{ MPa} \qquad A_{sh} / sh_c \geq 0,09 f_c' / f_{yt}$$

- $n_l$  = jumlah tulangan longitudinal yang digunakan.  
 $P$  = kuat beban aksial nominal kolom atau teoretis dengan eksentrisitas tertentu.  
 $P_0$  = kuat nominal kolom atau teoretis tanpa eksentrisitas

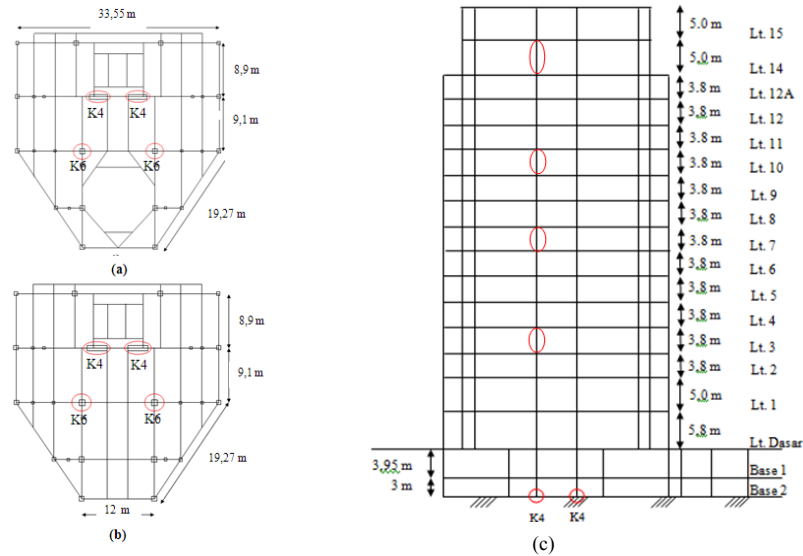
Peraturan CSA A<sub>23.3-04</sub>; pasal 8.5.1, memberikan persyaratan secara umum bahwa baja tulangan utama harus mempunyai tegangan leleh tidak boleh melampaui  $f_y = 500$  MPa. Sedangkan pasal 21.2.7.1 dan 21.4.4.2 mengatur persyaratan khususnya untuk perencanaan struktur pemikul beban gempa dan baja tulangan yang dipakai untuk tulangan geser atau sengkang supaya tidak boleh melampaui  $f_y = 500$  MPa. Untuk perencanaan elemen struktur utama pemikul beban gempa penggunaan mutu baja tulangan lebih besar dari  $f_y = 400$  MPa harus memperhatikan terjadinya regangan baja yang lebih besar.

### 3. STUDI KASUS

Untuk keperluan studi kasus digunakan sebuah gedung perkantoran 17 lantai yang berlokasi di zona gempa wilayah 4, tipe gedung adalah tidak beraturan dan berdiri diatas tanah dengan kategori lunak. Mutu beton yang digunakan adalah  $f_c' = 27.5$  MPa, mutu baja tulangan longitudinal  $f_y = 400$  MPa, tulangan transversal  $f_{ys} = 400$  MPa, seluruh data yang digunakan adalah berdasarkan kondisi eksisting gedung ini. Pada studi kasus ini akan diperlihatkan pengaruh level beban aksial terhadap kebutuhan luas tulangan pengekang pada kolom. Kolom yang akan dievaluasi adalah kolom bujur sangkar dan kolom persegi, kolom persegi merepresentasikan jumlah luas tulangan pengekang yang berbeda pada dua arah sumbu.

### Model Gedung

Gambar 3 memperlihatkan denah dan potongan gedung yang akan dianalisis. Gambar 3(a) adalah denah lantai 1, Gambar 3(b) memperlihatkan denah lantai 2 – 14 bersifat tipikal atau memiliki bentuk yang sama. Kolom yang akan ditinjau adalah kolom K4 (kolom persegi panjang) dan K6 (kolom bujursangkar) seperti yang dilingkari pada gambar tersebut. Kolom-kolom tersebut dipilih karena memiliki dimensi yang paling besar pada level paling bawah dan menerima beban aksial yang paling besar dari komponen-komponen yang ada di atasnya (seperti pelat dan balok).



**Gambar 3. (a) Denah Lantai 1 ; (b) Denah Lantai 2 – 14; (c) Potongan Gedung**

Peninjauan akan dilakukan pada lantai basement 2, lantai 3, lantai 7, lantai 10, dan lantai 14. Pengambilan jumlah lantai ini merepresentasikan tingkat level beban aksial dari yang paling rendah dan yang tinggi yang bekerja pada struktur bangunan tersebut.

Model gedung dianalisis dengan menggunakan *software*, analisis untuk perencanaan gedung mengikuti Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 1726-2002. Perencanaan luas tulangan pengekang untuk kolom terpilih pada level tertentu menggunakan standar SNI dan CSA. Hasil perencanaan luas tulangan pengekang akan dibandingkan juga dengan luas tulangan pengekang eksisting yang digunakan pada kolom tersebut.

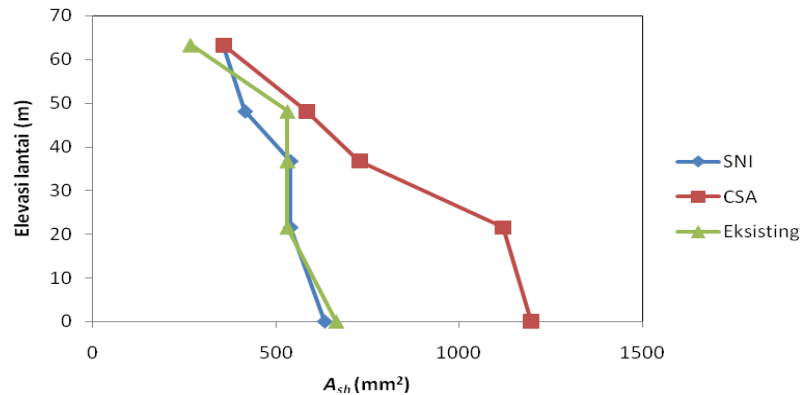
#### 4. HASIL ANALISIS

Tabel 1 dibawah memperlihatkan hasil perhitungan luas tulangan pengekok yang direncanakan sesuai standar SNI/ACI, CSA dan luas tulangan terpasang (eksisting) pada kolom bujursangkar.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Desain Tulangan Pengekok Kolom Bujursangkar

No	Lantai	Elevasi (m)	Dimensi Kolom (mm)	Jumlah Tulangan Pengekok eksisting	$A_{sh}$ (mm <sup>2</sup> )		
					Eksisting	ACI/SNI	CSA A <sub>23.3-04</sub>
1	Base 2	0	1100x1100	5D13	664	632	1194
2	3	21,55	950x950	4D13	531	539	1117
3	7	36,75	950x950	4D13	531	539	727
4	10	48,15	750x750	4D13	531	415	582
5	14	63,35	600x600	2D13	266	356	356

Kolom ke-2 pada tabel menunjukkan data lantai elemen kolom yang didesain luas tulangan pengekoknya, untuk kolom bujur sangkar level basement 2 merepresentasikan level beban aksial yang tinggi dimana  $P/P_o > 0,5$  sementara dari lantai 13 – 15 level beban aksial yang rendah. Pada kolom ke-3 dari tabel memperlihatkan data perubahan dimensi kolom dari 1100 mm x 1100 mm pada lantai paling rendah hingga lantai 14 yang memiliki dimensi 600mm x 600mm. Kolom ke-4 dari tabel memperlihatkan jumlah tulangan transversal eksisting gedung sesuai data gambar struktur yang didapatkan. Perbandingan luas tulangan pengekok berdasarkan perencanaan dengan standar SNI dan CSA dapat dilihat juga pada grafik Gambar 4 berikut.

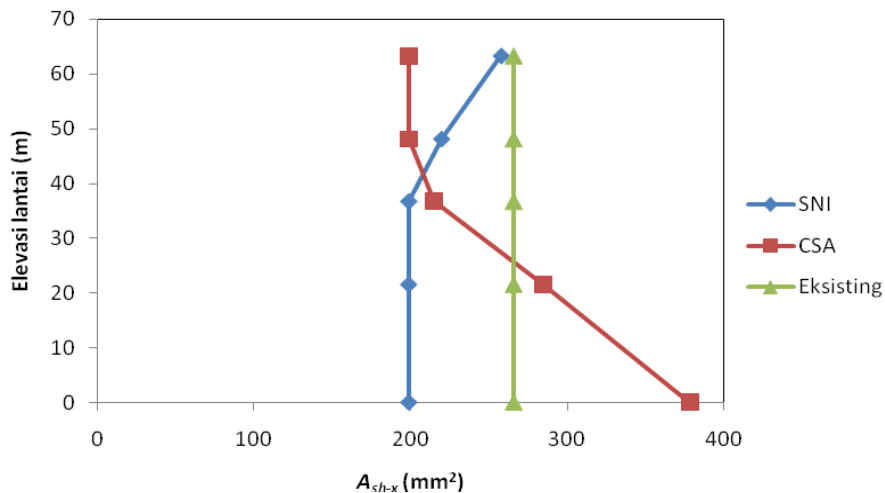


Gambar 4. Grafik Hubungan Nilai  $A_{sh}$  dan Elevasi Kolom K6 (kolom bujursangkar)

Gambar 4 memperlihatkan bahwa kebutuhan luas tulangan pengekuat akan semakin menurun seiring bertambahnya elevasi lantai. Kebutuhan tulangan pengekuat dengan standar SNI semakin berkurang karena dimensi kolom yang semakin mengecil sehingga mempengaruhi luas tulangan pengekuat yang diperlukan. Sementara itu kebutuhan tulangan pengekuat dengan standar CSA terlihat lebih besar terutama pada kolom dengan elevasi rendah, hal ini terjadi karena besarnya gaya aksial yang bekerja mempengaruhi luas tulangan pengekuat yang harus digunakan. Tulangan eksisting memenuhi persyaratan SNI pada seluruh lantai kecuali lantai 14.

Apabila dibandingkan dengan CSA maka pada level beban aksial paling tinggi yaitu di elevasi paling bawah luas tulangan pengekuat berdasarkan standar SNI harus ditambahkan hingga 89% nya. Meskipun tulangan pengekuat terpasang (eksisting) memiliki luas yang telah melampaui standar SNI tetapi bila dibandingkan dengan CSA masih memerlukan tambahan tulangan pengekuat lagi agar memenuhi persyaratan CSA.

Pada Tabel 2, diperlihatkan hasil perhitungan luas tulangan pengekuat yang dibutuhkan sesuai peraturan SNI, CSI pada kolom persegi. Dimensi kolom yang bervariasi dari yang paling besar di lantai basement hingga paling kecil di lantai 14 diperlihatkan pada kolom ke-3 tabel tersebut. Pada kolom persegi kebutuhan tulangan pengekuat dibedakan pada arah x dan y, hal ini dikarenakan perbedaan dimensi kolom yang mempengaruhi jumlah tulangan pengekuat pada kedua arah yang ditinjau.



**Gambar 5. Grafik Hubungan Nilai  $A_{sh-x}$  dan Elevasi Kolom K4 (kolom persegi)**

**Tabel 2. Hasil Perhitungan Desain Tulangan Pengekang Kolom Persegi arah X**

No	Lantai	Elevasi (m)	Dimensi Kolom (mm)	Jumlah Tulangan Pengekang Eksisting	Nilai $A_{sh}$		
					Eksisting ( $mm^2$ )	ACI/SNI ( $mm^2$ )	CSA $A_{23.3-04}$ ( $mm^2$ )
1	Base 2	0	400x3000	2D13	266	199	379
2	3	21,55	400x3000	2D13	266	199	285
3	7	36,75	400x2100	2D13	266	199	215
4	10	48,15	400x1300	2D13	266	220	199
5	14	63,35	400x800	2D13	266	258	199

Pada Gambar 5 terlihat bahwa pada kolom paling bawah (elevasi rendah) standar CSA memerlukan luas tulangan pengekang yang lebih banyak daripada SNI. Pada elevasi yang semakin tinggi pengaruh beban aksial membuat kebutuhan luas tulangan pengekang semakin mengecil pada standar CSA, sementara standar SNI memperlihatkan kecenderungan yang membesar. Kondisi ini kontradiksi dengan kolom bujur sangkar sebelumnya, hal ini terjadi karena untuk kolom-kolom dengan dimensi yang besar sesuai dengan peraturan nilai minimum luas tulangan pengekang bukan lagi merupakan fungsi dimensi tetapi hanya fungsi mutu beton dan baja tulangan yang digunakan. Pembatasan ini dimaksudkan agar luas tulangan pengekang yang digunakan untuk kolom dengan dimensi yang relatif besar tidak semakin mengecil.

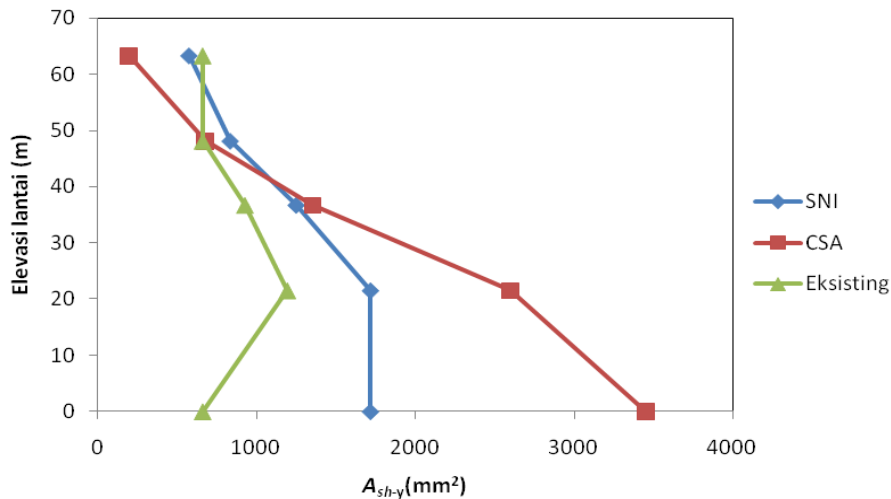
Untuk tulangan eksisting yang terpasang pada gedung ini terlihat sudah diatas kebutuhan minimum yang disyaratkan oleh SNI sehingga dapat dinyatakan telah memenuhi persyaratan minimum. Bila dibandingkan dengan standar CSA maka jumlah luas tulangan pengekang eksisting hanya memenuhi untuk kolom dengan level beban aksial ringan yang terjadi pada kolom yang terdapat pada lantai di elevasi 20m ke atas. Pada kolom dari lantai 7 ke atas jumlah luas tulangan pengekang dapat dikurangi hingga 25% dari kondisi yang ada apabila didesain dengan standar CSA. Kolom pada lantai dengan elevasi dibawah 20 m memiliki beban aksial yang cukup tinggi sehingga sesuai standar CSA membutuhkan jumlah luas tulangan pengekang yang lebih banyak dari kondisi eksisting. Luas tulangan pengekang tambahan yang dibutuhkan dapat mencapai 42% dari luas tulangan eksisting pada kolom paling bawah.

Tabel 3 memperlihatkan desain luas tulangan pengekang untuk arah y pada kolom persegi.

**Tabel 3. Hasil Perhitungan Desain Tulangan Pengekang Kolom Persegi arah Y**

No	Lantai	Elevasi (m)	Dimensi Kolom (mm)	Jumlah Tulangan Pengekang	Nilai $A_{sh}$		
					Eksisting ( $mm^2$ )	ACI/SNI ( $mm^2$ )	CSA $A_{23.3-04}$ ( $mm^2$ )
1	Base 2	0	400x3000	5D13	664	1717	3454
2	3	21,55	400x3000	9D13	1195	1717	2598
3	7	36,75	400x2100	7D13	929	1251	1356
4	10	48,15	400x1300	5D13	664	837	678
5	14	63,35	400x800	5D13	664	579	198

Gambar 6 memperlihatkan grafik perubahan jumlah luas tulangan pengekang arah y pada setiap elevasi kolom persegi. Secara umum luas tulangan pengekang berkurang pada posisi kolom yang semakin tinggi, sementara itu luas tulangan pengekang tulangan eksisting tidak memenuhi persyaratan minimum yang diberikan oleh SNI maupun CSA pada kolom lantai 10 ke bawah. Pada kolom paling bawah dibutuhkan tambahan luas tulangan pengekang sebesar 420% dari yang ada agar tulangan eksisting memenuhi persyatan CSA, sementara pada kolom paling atas tulangan eksisting dapat dikurangi hingga 70% dari kondisi eksisting.



**Gambar 6. Grafik Hubungan Nilai  $A_{sh-y}$  dan Elevasi Kolom K4 (kolom persegi)**

Desaian minimum luas tulangan pengekang dengan menggunakan standar SNI terlihat belum memenuhi standar CSA pada kolom lantai 7 ke bawah, dibutuhkan penambahan luas tulangan sebesar 101% pada kolom paling bawah. Hal sebaliknya pada kolom 10 ke atas syarat minimum standar SNI masih dapat dikurangi apabila dibandingkan dengan standar CSA, pada kolom paling atas luas tulangan minimum dengan standar SNI masih dapat dikurangi hingga 65%nya.

Secara umum penggunaan standar CSA memerlukan luas tulangan pengekang minimum yang lebih banyak daripada menggunakan standar SNI terutama untuk kolom pada level beban aksial yang tinggi. Kondisi ini sesuai dengan beberapa penelitian yang melaporkan kegagalan tulangan pengekang dalam mengekang inti kolom pada level beban aksial yang tinggi. Pada SNI perhitungan luas tulangan pengekang belum memperhitungkan pengaruh beban aksial yang bekerja, sehingga untuk kondisi beban aksial yang tinggi perlu diusulkan untuk melihat standar dari CSA.

Selain memperhitungkan pengaruh level beban aksial, standar CSA juga memperhitungkan jumlah tulangan longitudinal yang ada pada kolom tersebut, pada prinsipnya tulangan longitudinal dapat mempengaruhi besarnya kekangan inti kolom pada saat beban aksial bekerja. Secara tidak langsung tulangan longitudinal memberikan efek untuk memperbesar daerah terkekang efektif sesuai dengan teori dari Sheikh dan Uzumeri (1980).

## **5. KESIMPULAN**

Dari hasil analisis luas tulangan pengekang dengan menggunakan peraturan ACI/SNI dan CSA A<sub>23.3-04</sub> pada berbagai kondisi level beban aksial pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada kolom bujursangkar nilai luas tulangan pengekang eksisting relatif sudah memenuhi peraturan ACI/SNI, sedangkan jika menggunakan peraturan CSA A<sub>23.3-04</sub> belum memenuhi sehingga diperlukan penambahan tulangan agar sesuai standar CSA.
2. Pada kolom persegi panjang, luas tulangan pengekang eksisting arah-x telah memenuhi standar SNI pada seluruh level lantai, sementara bila dibandingkan dengan standar CSA tulangan eksisting hanya memenuhi pada lantai diatas elevasi 20 m. Pada elevasi dibawah 20 m agar memenuhi standar CSA perlu ditambah luas tulangan pengekangnya.
3. Pada kolom persegi panjang, luas tulangan pengekang eksisting arah-y relatif tidak memenuhi persyaratan yang diberikan oleh SNI. Sementara itu apabila dibandingkan

dengan standar CSA luas tulangan pengekang hanya memenuhi pada kolom di level 45 m keatas.

4. Pengaruh beban aksial yang bekerja pada sebuah bangunan sangat mempengaruhi besarnya nilai luas tulangan pengekang yang dibutuhkan seperti yang dilaporkan pada beberapa penelitian dan diterapkan pada standar CSA.
5. Persamaan kebutuhan luas tulangan pengekang pada kolom bujur sangkar dan persegi perlu memperhitungkan level beban aksial yang bekerja sehingga diharapkan kolom tidak mengalami kegagalan pengekangan pada saat terjadi beban aksial yang tinggi.

## 6. SARAN

Untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap mengenai pengaruh level beban aksial terhadap luas tulangan pengekang perlu dianalisis studi kasus untuk untuk kolom berbentuk lingkaran.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bae, S. and Bayrak, O.(2008),” Seismic Performance of Full Scale Reinforced Concrete Column”, ACI Structural Journal, V. 105, No. 2, March-Apr., pp. 123-133.
2. Canadian Standards Association (2004) ,”Design of Concrete Structures,” CSA A23.3-04, Mississauga, ON, Canada, pp 258
3. James G.M, James K.Wight (2005).” Reinforced Concrete Mechanics and Design, Fourth Edition”, Prentice Hall.
4. Navrandinata, Y.P. (2013). "Pengaruh Gaya Aksial terhadap Luas Tulangan Pengekang Kolom Beton Bertulang", Tugas Akhir S1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha, Bandung.
5. Paultre P.; Legeron F.,(2008). ” Confinement Reinforcement Design for Reinforced Concrete Columns”, ASCE Journal of Structural Engineering, Vol 134. No5 May 2008.pp738-749
6. Purwono, R., Tavio, Imran, I., Raka, I.G.P, 2006, *Indonesian Concrete Code for Buildings ( SNI 03-2847-2002 ) with Commentary* , ITS Press, Surabaya, Indonesia.
7. Sheikh, S.A and Uzumeri, S.M.(1980).”Strength and Ductility of Tied Concrete Column”, Proceedings, ASCE, V.106, ST5, May 1980, pp 1079-1102.



8. Sheikh, S. A., and Yeh, C.,(1990). "Tied Concrete Columns under Axial Load and Flexure," Journal of Structural Engineering, ASCE, V. 116, No. 10, Oct. 1990, pp. 2780-2800.
9. Razvi S.R and Saatcioglu M.(1994) "Strength and Deformability of confined High-Strength Concrete Columns ",ACI Structural Journal, V. 91, No. 6, Nov-Dec. 1994, pp. 1-10.
10. Watanabe, F.; Muguruma, H.; Matsutani, T.; and Sanda, D.(1987)."Utilization of High Strength Concrete for Reinforced Concrete High Rise Buildings in Seismic Area," Utilization of High Strength Concrete Proceeding, Stavanger, Norway, Tapir Publishers, pp 655-666.

**KAJIAN TERHADAP SISTEM DRAINASE  
(STUDI KASUS DRAINASE JALAN MERDEKA  
DAN HOS COKROAMINOTO  
KECAMATAN SIANTAR UTARA PEMATANG SIANTAR)**

**Novdin M. Sianturi**

Dosen Prodi Teknik Sipil FT USI Simalungun  
Email : ssnovdin@yahoo.com

**ABSTRAK**

Jumlah penduduk di Kecamatan Siantar Utara Kota Pematangsiantar setiap tahun semakin meningkat dan berkembang, dimana perkembangan tersebut berakibat pada perubahan tata guna lahan yang memberikan pengaruh cukup dominan terhadap debit banjir. Dari kajian yang didapat bawah komponen yang paling besar memberikan sumbangan dalam pertumbuhan tersebut yaitu debit banjir yang diakibatkan oleh curah hujan. Adanya perubahan debit banjir yang terjadi sudah tentu berakibat pada dimensi drainase yang telah ada. Adapun tujuan dari penulisan makalah ini untuk menghitung debit banjir rencana dan dimensi saluran yang dapat menampung curah hujan maksimum. Berdasarkan data curah hujan harian selama 10 tahun terakhir yang diperoleh dari stasiun BMG SPMK PPKS Unit Usaha Marihat Siantar maka perhitungan tersebut merupakan harian maksimum rerata. Dari hasil perhitungan tersebut kita dapat mengetahui distribusi curah hujan, dan di dalam perhitungan tersebut penulis menggunakan metode Mononobe yang mana nilai tersebut diperlukan dalam perhitungan debit banjir rencana dengan metode Rasional dengan hasil rencana dan drainase tersebut berbentuk segi empat. Hasil kaji terhadap sistem drainase di jalan Merdeka dan HOS Cokroaminoto kecamatan siantar utara kota Pematangsiantar didapat perhitungan dengan dimensi drainase jalan Merdeka : lebar dasar saluran sebesar 2,154 m, tinggi saluran sebesar 1,077 m dengan  $Q = 3,4202 \text{ m}^3/\text{dtk}$  dan untuk saluran drainase di Jalan HOS Cokroaminoto : lebar dasar saluran sebesar 1,770 m, tinggi saluran sebesar 0,885m dengan  $Q = 2,8100 \text{ m}^3/\text{dtk}$ .

**Kata kunci :** Kajian, sistem drainase, debit banjir, tata guna lahan.

**ABSTRACT**

*The population of residents in the District of North Siantar Pematangsiantar is increasing and growing each year, where the development results in changes in land use that provides enough dominant influence on flood discharge. The biggest component contribution to this growth was caused by the flood discharge rainfall. The changes of the rain debit certainly result in a dimension that has no drainage. The purpose of writing this paper to calculate the flood discharge plan and channel dimensions which can accommodate a maximum of rainfall. Daily rainfall data over the last 10 years that was obtained from BMG station SPMK PPKS Marihat Siantar Business Unit is calculated by the average daily maximum. Based on the calculation, we can determine the distribution of rainfall, and in the calculations the authors used a method Mononobe where the value is required in the calculation of flood discharge plans with Rational method. Drainage used rectangular forms. The results of the review of the drainage system in the Merdeka and HOS Cokroaminoto Siantar northern district town Pematangsiantar obtained by dimensional road drainage calculations Merdeka: basic channel width of 2.154 m, height of 1.077 m channel with  $Q = 3.4202 \text{ m}^3/\text{second}$  and for drainage in Jalan HOS Cokroaminoto: basic channel width of 1.770 m, 0.885 m height channel with  $Q = 2.8100 \text{ m}^3/\text{second}$ .*

**Keywords:** Assessment, drainage systems, flood discharge, land use.

## **1. PENDAHULUAN**

### **Umum**

Musim hujan dan musim kemarau, yang setiap tahunnya akan menghadapi masalah yang sama pada setiap pergantian musim, hal ini disebabkan karena perkembangan urbanisasi yang semakin menambah beban perkotaan menjadi lebih berat, menyebabkan perubahan tata guna lahan, sedangkan siklus hidrologi sangat dipengaruhi oleh tata guna lahan.

N.M. Sianturi (2013) Kecamatan siantar Utara Kota Pematangsiantar yang merupakan salah satu bahagian dari kota-kota kecil yang ada di wilayah Indonesia yang memiliki dua musim, perkembangan terhadap industri menimbulkan dampak yang cukup besar pada siklus hidrologi sehingga berpengaruh besar terhadap sistem drainase perkotaan. Sebagai contoh, adanya perkembangan beberapa kawasan hunian yang disinyalir sebagai penyebab banjir dan genangan di lingkungan sekitarnya. Drainase perkotaan melayani pembuangan kelebihan air pada suatu kota dengan cara mengalirkannya melalui permukaan tanah atau lewat bawah permukaan tanah, untuk dibuang ke sungai, laut atau danau. Kelebihan air dapat disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi atau akibat dari durasi hujan yang lama.

Hal tersebut terjadi diantaranya diakibatkan oleh kurang baiknya perencanaan dalam mengantisipasi akibat dari pergantian musim setiap tahunnya, yang khususnya dalam hal ini adalah buruknya sarana untuk air mengalir dipermukaan yaitu drainase.

Untuk itu setiap perkembangan kota harus diikuti dengan perbaikan sistem drainase, tidak cukup hanya pada lokasi yang dikembangkan, melainkan harus meliputi daerah sekitarnya juga. Secara umum drainase didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan pada suatu kawasan.

### **Latar Belakang**

Kebutuhan terhadap drainase berawal dari kebutuhan air untuk kehidupan manusia, dimana manusia membutuhkan serta memanfaatkan sungai untuk kebutuhan rumah tangga, pertanian, perikanan, peternakan dan sebagainya.

Dengan semakin berkembangnya pertumbuhan daerah maka pembangunan drainase sangat diperlukan untuk menjaga kestabilan alur air yang melewati kawasan perkotaan untuk mencegah dan mengantisipasi timbulnya luapan air (banjir) pada daerah tersebut, yang dapat mengakibatkan tertundanya atau terganggunya kegiatan masyarakat serta merusak kesehatan masyarakat yang ada di daerah tersebut sehingga air hujan atau

air pembuangan dari rumah maupun air kotor membutuhkan drainase untuk dapat mengalirkan air tersebut lebih terkendali dan terarah.

Drainase merupakan terminologi yang digunakan untuk menyatakan sistem yang berkaitan dengan penanganan masalah kelebihan air, baik di permukaan maupun di bawah permukaan tanah. Pengertian drainase tidak terbatas pada teknik pembuangan air yang berlebihan namun lebih luas lagi yang berhubungan dengan aspek kehidupan yang berada dalam wilayah tersebut.

### **Tujuan**

Adapun tujuan dari penulisan makalah ini tak lain untuk mengkaji kembali menghitung debit banjir rencana dan dimensi saluran yang dapat menampung curah hujan maksimum.

### **Manfaat**

Manfaat dari penulisan makalah tersebut bermanfaat bagi penduduk atau masyarakat disekitar daerah yang dihitung dan direncanakan dimensi salurannya, dimana dapat menampung air yang ada serta dapat mengurangi banjir.

### **Permasalahan**

Saluran drainase merupakan suatu jalur aliran air diatas muka bumi yang disamping mengalirkan air juga mengangkut sedimen yang terkandung dalam air yang mengalir pada saluran drainase tersebut. Hal – hal yang sering dijumpai terjadi pada perencanaan saluran drainase antara lain :

1. Kondisi topografi
2. Penentuan data curah hujan.
3. Penentuan dimensi drainase
4. Besar endapan sedimen pada drainase.
5. Penentuan data kependudukan untuk menganalisis jumlah air buangan.
6. Masalah luapan air dan banjir

### **Batasan Masalah**

Mengingat banyaknya masalah yang dapat dicakup sesuai dengan judul makalah, maka agar dapat mengarah langsung kepada pokok permasalahan dan pembahasan tetap

mengacu kepada tujuan penulisannya. Oleh karena itu perlu diberikan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut :

1. Menghitung debit banjir rencana drainase dengan metode Rasional yang diakibatkan oleh curah hujan maksimum.
2. Menghitung curah hujan rencana dengan metode E.J. Gumbel (SNI 03-3424-1994)
3. Analisa perhitungan dimensi saluran dilakukan terhadap debit curah hujan.
4. Menentukan dimensi drainase.

## **2. METODOLOGI**

### **Drainase**

Menurut K.G. Ranga Raja (1986), Chow, Ven Te (1992) dan Todd, D.K. (1980) istilah lain dari Drainase dapat juga didefinisikan sebagai bangunan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optima dan mereka menerangkan bahwa drainase yang berasal dari bahasa Inggris yang artinya Drainage, dimana memiliki arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air.

Drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan dari air irigasi dari suatu kawasan/ lahan, sehingga fungsi kawasan/ lahan tidak terganggu.

Drainase terdiri dari saluran penerima (*interceptor drain*), saluran pengumpul (*collector drain*), saluran pembawa (*conveyor drain*), saluran induk (*main drain*), dan badan air penerima (*receiving waters*),

Pada Sistem aliran drainase dibangun hanya untuk menerima limpasan air hujan dan membuangnya ke badan air terdekat seperti sungai, danau, dan laut.

### **Lokasi Drainase**

Daerah studi berada dalam wilayah Kelurahan Dwikora Kota Pematang siantar, yang terletak di lokasi Drainase di Jalan Merdeka, Drainase di Jalan HOS Cokroaminoto.

### **Data Curah Hujan**

Menurut K.G. Ranga Raja (1986) dan Stasiun SMPK PPKS (2011) bahwa hujan merupakan komponen yang penting dalam menganalisa hidrologi pada perancangan debit untuk menentukan dimensi drainase. Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam,

sehingga hujan maksimum selama 1 hari dapat diketahui. Data hujan diambil selama 10 tahun yaitu dari tahun 2002-2011 dan dapat dilihat pada tabel. 1.

**Tabel. 1. Data Curah Hujan Maksimum**

<b>Tahun</b>	<b>Hujan Maksimum (mm)</b>
2002	±350
2003	±509
2004	±424
2005	±407
2006	±756
2007	±461
2008	±574
2009	±478
2010	±477
2011	±546

Sumber : Stasiun SMPK PPKS Unit Usaha Marihat Kelurahan Dwikora

### **Kondisi Eksiting Wilayah dan Tata Guna Lahan**

Menurut Iman Subarkah. (1980), K.G. Ranga Raja (1986) dan Tod. D.K. (1980) bahwa pengaruh tata guna lahan pada aliran permukaan dinyatakan dalam koefisien aliran, yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan. Angka koefisien aliran permukaan ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu lahan.

N.M. Sianturi (2013), Secara umum kondisi drainase di Kelurahan Dwikora sangat perlu diperhatikan, supaya air jangan tergenang dan mengalir sebagaimana serta tidak terjadi banjir pada saat datang hujan atau air sungai naik. Maka sangat dibutuhkan penanganan yang khusus untuk dapat mengurangi genangan tersebut.

Melalui data-data yang di dapat dari lapangan dan peta kota Pematangsiantar diketahui bahwa lahan atau kawasan di Kelurahan Dwikora yang dipakai sebagai berikut :

#### 1. Jalan Merdeka

- Pada jalan ini telah terdapat saluran drainase pada kedua sisi jalan
- Jenis tanah berpasir lepas dengan saluran drainase berbentuk segi empat yang terbuat dari pasangan beton yang dihaluskan dengan panjang ±600 m dan luas daerah aliran 0,0641 km<sup>2</sup>

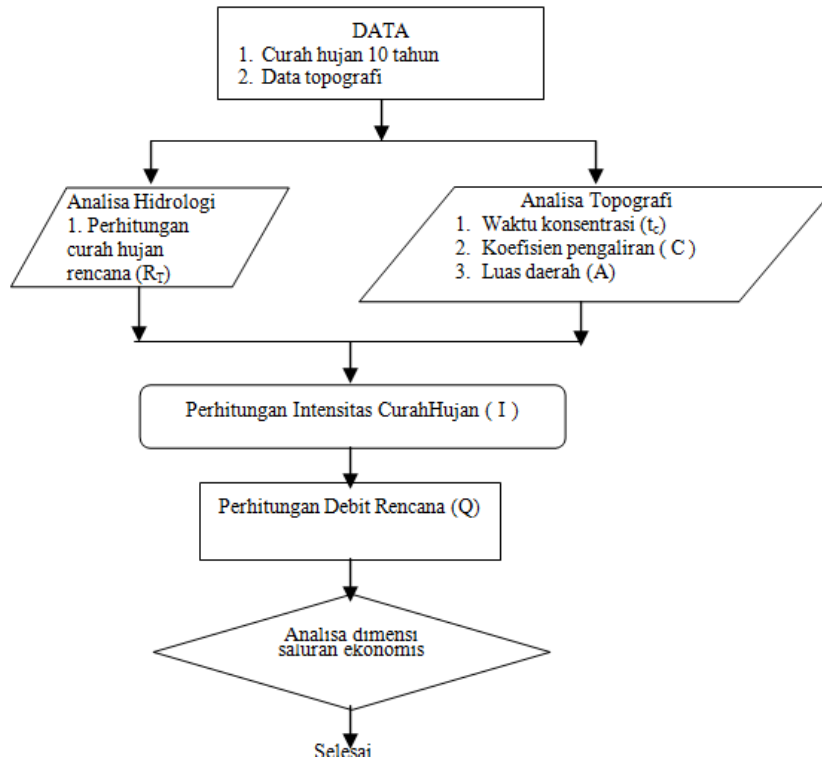
#### 2. Jalan HOS Cokroaminoto

- Pada jalan ini telah terdapat saluran drainase pada kedua sisi jalan

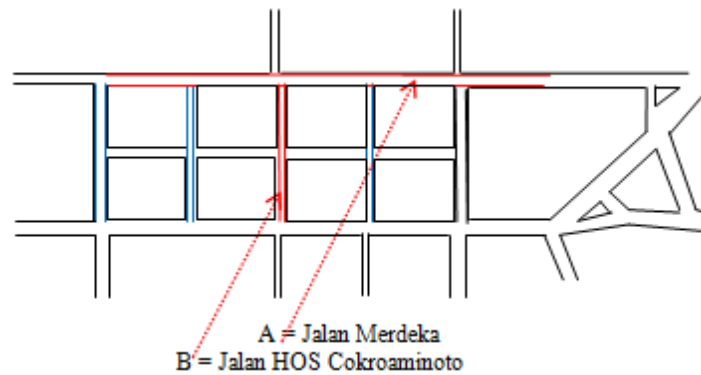
- Jenis tanah berpasir lepas dengan saluran drainase berbentuk segi empat yang terbuat dari pasangan beton yang dihaluskan dengan panjang  $\pm 200$  m dan luas daerah aliran  $0,0132 \text{ km}^2$

### Bagan Alir Perencanaan

Tahapan perencanaan dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1. Bagan Alir Perhitungan Dimensi Drainase**



**Gambar 2. Peta Lokasi Drainase Kecamatan Siantar Utara Kota Pematangsiantar**

### **3. ANALISA DAN PEMBAHASAN**

#### **Analisa Curah Hujan Rencana**

Data curah hujan diperoleh dari Badan Meterologi dan Geofisika melalui stasiun pengamatan hujan SMPK PPKS (2011) dan teori dari Suyono Sosrodarsono, Kensaku Takeda. (1987) bahwa data yang dikumpulkan selama 10 tahun terakhir, dari tahun 2000 sampai tahun 2010 merupakan sampel untuk mengetahui hasil yang maksimal. Pemeriksaan data curat hujan tersebut diambil setiap hari pada jam 07.00 pagi.

K.G. Ranga Raja (1986) dan Chow, Ven Te (1992) menyimpulkan bahwa dalam memulia suatu perencanaan drainase, perlu dikumpulkan data pendukung agar hasil perencanaan dapat dipertanggung jawabkan. Data yang diperoleh berasal dari lokasi dan dikumpulkan langsung di lapangan dengan melakukan pengukuran dan penyelidikan lapangan

Iman Subarkah. (1980) dan K.G. Ranga Raja (1986) menjelaskan bahwa data curah hujan yang telah tersedia yaitu :

1. Data curah hujan harian
2. Data curah hujam maksimum tahunan

Berdasarkan Suripin. (2003), K.G. Ranga Raja (1986) dan Todd. D.K. (1980) bahwa data curah hujan yang dipakai untuk perencanaan adalah data curah hujan yang paling dekat dengan lokasi rencana saluran. Besarnya rata-rata curah hujan untuk daerah yang bersangkutan didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (arithmetic mean). Data curah hujan ini digunakan untuk menentukan besarnya debit rencana dan selanjutnya digunakan untuk menentukan dimensi dari saluran drainase untuk penampung curah hujan tersebut.

Dari hasil data stasiun SMPK PPKS (2011) dengan diikuti syarat yang dilakukan oleh K.G. Ranga Raja (1986) dan Robert J. Kodoatie. (2012) menjelaskan bahwa semakin lama jangka waktu pengamatan curah hujan maka akan semakin baik dan akurat pula hasil yang diperoleh untuk menentukan besarnya debit banjir rencana dan dimensi penampang saluran drainase. Dalam hal ini diasumsikan curah hujan merata disetiap daerah aliran.

N.M. Sianturi (2013), dari perhitungan curah hujan rencana di Kelurahan Dwikora dapat dilihat pada tabel 3 dan perhitungan distribusi curah hujan dengan menggunakan metode EJ Gumbel.



**Tabel 2. Curah hujan maksimum tahunan**

Tahun	Hujam Maksimum (mm)
2002	±350
2003	±509
2004	±424
2005	±407
2006	±756
2007	±461
2008	±574
2009	±478
2010	±477
2011	±546

Sumber : Stasiun SMPK PPKS Unit Usaha Marihat Kelurahan Dwikora

**Tabel 3. Konfigurasi data curah hujan untuk menentukan Standart Deviasi**

Tahun Pengamatan (N)	Curah Hujan $X_i$ (mm)	$(X_i - \bar{R})$	$(X_i - \bar{R})^2$
2002	350	-151,7	23.012,89
2003	509	7,3	53,29
2004	424	-77,7	6.037,29
2005	407	-94,7	8.968,09
2006	756	254,3	64.668,49
2007	461	-40,7	1.656,49
2008	574	72,3	5.227,29
2009	478	-23,7	561,69
2010	477	-24,2	585,64
2011	482	-27,7	606,49
$\Sigma N = 10$	$\Sigma X_i = 491,8$		$\Sigma = 111.377,65$

$$\bar{R} = \frac{\Sigma X_i}{N} = \frac{4918}{10} = 491,8 \text{ mm}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{R})^2} = \sqrt{\frac{111.377,65}{10-1}} = 111,244 \text{ mm}$$

### Menghitung Distribusi Pada Curah Hujan

Perhitungan distribusi curah hujan dengan menggunakan Metode EJ. Gumbel dan rumus yang digunakan adalah :

$$R_T = \bar{R} + k \cdot S_x$$

Dimana :

$$k = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n}$$

Dari tabel 2.1 Reduced Mean ( $Y_n$ ) dan tabel 2.2 Reduced Standart Deviation ( $S_n$ ) Berdasarkan Suripin (2003) bahwa hasil yang akan diperoleh dari nilai untuk  $n = 10$  tahun, yaitu :

$$Y_n = 0,4952$$

$$S_n = 0,9496$$

Dari tabel 2.1 dan table 2.2 hubungan antara Reduced Variate ( $Y_{Tr}$ ) dengan periode ulang (T) akan diperoleh nilai  $Y_{Tr}$  untuk masing-masing T, lihat Tabel 4 :

**Tabel. 4 . Reduce Variate,  $Y_{Tr}$**

Periode Ulang T (tahun)	Reduce Variate $Y_{Tr}$	Periode Ulang T (tahun)	Reduce Variate $Y_{Tr}$
2	0.3668	100	4.6012
5	1.5004	200	5.2969
10	2.2519	250	5.5206
20	2.9709	500	6.2149
25	3.1993	1000	6.9087
50	3.9028	5000	8.5188
75	4.3117	10000	9.2121

Sumber : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Suripin. (2005)

Harga  $Y_{Tr}$  juga dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Y_{Tr} = - \text{Ln} \left\{ \text{Ln} \left( \frac{T}{T-1} \right) \right\}$$

Maka curah hujan dengan periode ulang tertentu dapat diketahui.

$$R_T = \bar{R} + k.S_x$$

$$R_T = \bar{R} + \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} S_x$$

- Maka curah hujan untuk T = 5 tahun

$$R_2 = 491,8 + \frac{0,3668 - 0,4952}{0,9496} \times 111,244$$

$$= 476,760 \text{ mm}$$

- Maka curah hujan untuk T = 5 tahun

$$R_5 = 491,8 + \frac{1,5004 - 0,4952}{0,9496} \times 111,244$$

$$= 609,552 \text{ mm}$$

- Maka curah hujan untuk T = 10 tahun

$$R_{10} = 491,8 + \frac{2,2510 - 0,4952}{0,9496} \times 111,244$$

$$= 669,490 \text{ mm}$$

- Maka curah hujan untuk T = 10 tahun

$$R_{20} = 491,8 + \frac{2,9709 - 0,4952}{0,9496} \times 111,244$$

$$= 781,824 \text{ mm}$$

- Maka curah hujan untuk T = 25 tahun

$$R_{25} = 491,8 + \frac{3,1993 - 0,4952}{0,9496} \times 111,244$$

$$= 824,378 \text{ mm}$$

- Maka curah hujan untuk T = 50 tahun

$$R_{50} = 491,8 + \frac{3,9028 - 0,4952}{0,9496} \times 111,244$$

$$= 890,999 \text{ mm}$$

- Maka curah hujan untuk T = 100 tahun

$$R_{75} = 491,8 + \frac{4,3117 - 0,4952}{0,9496} \times 111,244$$

$$= 938,901 \text{ mm}$$

Selanjutnya perhitungan curah hujan rencana dengan metode EJ. Gumbel dapat ditabelkan (lihat Tabel 5) :

**Tabel 5. Hasil perhitungan curah hujan rencana dengan metode EJ. Gumbel**

T	$\bar{R}(mm)$	$Y_{Tr}$	$Y_n$	$S_n$	$k = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n}$	$S_x$	$k.S_x$	$R_T = +kS_x$
2	491,8	0,3668	0,4952	0,9496	(0,1352)	111,244	(15,040)	476,760
5	491,8	1,5004	0,4952	0,9496	1,0585	111,244	117,752	609,552
10	491,8	2,2519	0,4952	0,9496	1,8490	111,244	205,690	669,490
20	491,8	2,9709	0,4952	0,9496	2,6071	111,244	290,024	781,824
25	491,8	3,1993	0,4952	0,9496	2,8476	111,244	316,778	824,378
50	491,8	3,9028	0,4952	0,9496	3,5885	111,244	399,199	890,999
75	491,8	4,3117	0,4952	0,9496	4,0191	111,244	447,101	938,901

Saluran yang dianalisa berfungsi sebagai saluran sekunder, sehingga dipergunakan periode ulang 5 tahun,  $R_5 = 640,751 \text{ mm}$ .

### Perhitungan Terhadap Lengkung Intensitas Curah Hujan (IDF curve)

Berdasarkan K.G. Ranga Raju. (1986), Suripin. (2003), Wesli. (2008) dan Todd. D.K.(1980) bahwa hasil perhitungan curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu menggunakan rumus EJ.Gumbel di atas, maka dapat digambarkan grafik lengkung intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan dapat dihitung dengan menggunakan rumus Mononobe.

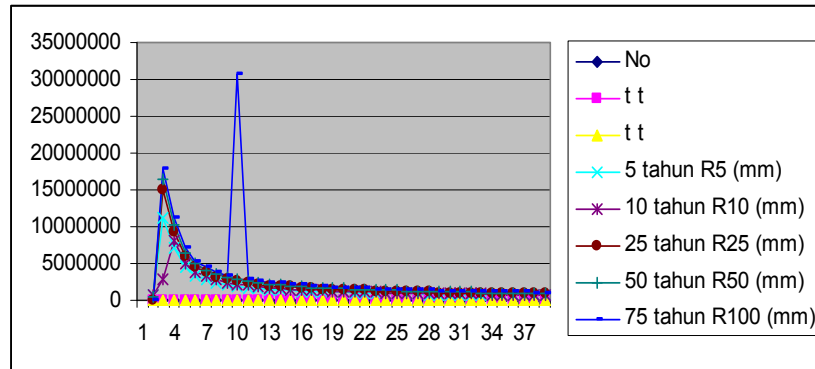
$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Hasil perhitungan intensitas curah hujan dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6. Perhitungan Intensitas Curah Hujan**

No	t		5 tahun	10 tahun	25 tahun	50 tahun	75 tahun
	t	t	R <sub>5</sub> (mm)	R <sub>10</sub> (mm)	R <sub>25</sub> (mm)	R <sub>50</sub> (mm)	R <sub>100</sub> (mm)
	Menit	Jam	609.552	669.490	824.378	390.999	938.901
1	5	0.0833	1126.0387	286.1269	1488.3805	1638.4232	1787.3781
2	10	0.1667	709.3599	810.2092	937.6210	1032.1419	1125.9777
3	20	0.3333	446.8688	510.3998	590.6642	650.2087	709.3215
4	30	0.5000	341.0247	389.5079	450.7612	496.2021	514.3136
5	40	0.6667	281.5097	321.5317	372.0951	409.6058	446.8445
6	50	0.8333	242.5977	277.0876	320.6619	352.9876	385.0789
7	60	1.0000	214.8321	245.3746	283.9617	312.5877	341.0062
8	70	1.1667	193.8510	221.4106	256.2292	282.0595	307.70258
9	80	1.3333	177.3400	202.5523	234.4052	258.0355	281.4944
10	90	1.5000	163.9476	187.2559	216.7034	238.5491	260.2364
11	100	1.6667	152.8270	174.5543	202.0043	222.3682	242.5845
12	110	1.8333	143.4148	163.8081	189.5682	208.6785	227.6502
13	120	2.0000	135.3357	154.5763	178.8847	196.9179	214.8204
14	130	2.1667	128.3033	146.5441	169.5893	186.6855	203.6577
15	140	2.3333	122.1185	139.4800	161.4143	177.6864	193.8405
16	150	2.5000	116.6288	133.2098	154.1581	169.6987	185.1266
17	160	2.6667	111.7172	127.5999	147.6661	162.5522	177.3304
18	170	2.8333	107.2920	122.5456	141.8169	156.1134	170.3062
19	180	3.0000	103.2805	117.9638	136.5146	150.2765	163.9387
20	190	3.1667	99.6241	113.7876	131.6815	144.9563	158.1348
21	200	3.3333	96.2750	109.9623	127.2547	140.0832	152.8187
22	210	3.5000	93.1938	106.4431	123.1822	135.6001	147.9280
23	220	3.6667	90.3479	103.1926	119.4205	131.4592	143.4106
24	230	3.8333	87.7098	100.1794	115.9335	127.6206	139.2231
25	240	4.0000	85.2562	97.3770	112.6903	124.0505	135.3284
26	250	4.1667	82.9672	94.7626	109.6648	120.7201	131.6951
27	260	4.3333	80.8260	92.3170	106.8346	117.6045	128.2963
28	270	4.5000	78.8178	90.0232	104.1801	114.6824	125.1086
29	280	4.6667	76.9298	87.8669	101.6846	111.9354	122.1118
30	290	4.8333	75.1510	85.8351	99.3334	109.3471	119.2883
31	300	5.0000	73.4715	83.9169	97.1135	106.9035	116.6225
32	310	5.1667	71.8829	82.1024	95.0137	104.5920	114.1008
33	320	5.3333	70.3774	80.3829	93.0238	102.4015	111.7111
34	330	5.5000	68.9484	78.7507	91.1349	100.3221	109.4428
35	340	5.6667	67.5897	77.1989	89.3391	98.3453	107.2862
36	350	5.8333	66.2961	75.7214	87.6292	96.4630	105.2328
37	360	6.0000	65.0626	74.3125	85.9988	94.6683	103.2749

Grafik yang menggambarkan hubungan antara intensitas curah hujan (mm/jam) dengan lamanya curah hujan (menit) terlihat di Gambar 3.



**Gambar 3. Data Tabel 6 menjadi Grafik**

### Menghitung Koefisien Pengaliran (C)

Berdasarkan tanggapan dari Suyono Sosrodarsono, Kensaku Takeda. (1987), Robert J. Kodoatie. (2012) dan Todd, D.K. (1980) bahwa tata guna lahan dapat dijabarkan sebagai berikut :

#### a. Untuk saluran Jalan Merdeka

Sta 0.700 –Sta 1.300

**Tabel 7. Data Tata Guna Lahan**

No	Jenis Tata Guna Lahan	C <sub>i</sub>	A <sub>i</sub> (km) <sup>2</sup>	C <sub>i</sub> -A <sub>i</sub>
1	Daerah Kota Lama	0,95	0,0130	0,009370
2	Jalan beraspal	0,95	0,0810	0.009434
			Σ=0,0940	Σ=0,01880

Dari data tata guna lahan di atas dapat diperoleh nilai koefisien pengaliran (C)

$$C = \frac{\sum C_i - A_i}{\sum A_i}$$

$$C = \frac{0,01880}{0,0940}$$

$$C = 0,20$$

### Menghitung Terhadap Intensitas Curah Hujan

dihitung panjang saluran L = 600 m = 0,600 km. Beda tinggi elevasi muka tanah saluran,

$$\Delta H = 2,505 \text{ m} - 2,380 \text{ m} = 0,125 \text{ m}$$

Maka diperoleh :

$$i = \frac{\Delta H}{0,9 \cdot L}$$

$$= \frac{0,125}{0,9 \cdot 600}$$

$$i = 0,0023$$

Maka waktu konsentrasi dapat dihitung

$$t_c = 0,0133 L \cdot i^{-0.6}$$

$$= 0,0133 \times 0,600 \times 0,0023^{-0.6}$$

$$= 0,3055 \text{ jam}$$

Maka intensitas curah hujan dapat dihitung

$$I = \frac{R_s}{24} \cdot \left( \frac{24}{t_c} \right)^{2/3}$$

$$= \frac{609,552}{24} \times \left( \frac{24}{0,3055} \right)^{2/3}$$

$$= 25,398 \times 25,766$$

$$= 654,405 \text{ mm/jam}$$

Menghitung Terhadap Debit Banjir Rencana

Untuk saluran Jalan Merdeka

Panjang saluran,  $L = 600 \text{ m} = 0,600 \text{ km}$

Luas daerah aliran,  $A = 0,0940 \text{ km}^2$

Koefisien pengaliran,  $C = 0,20$

Intensitas curah hujan,  $I = 654,405 \text{ mm/jam}$

Maka debit banjir rencana dapat dihitung

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$= 0,278 \times 0,20 \times 654,405 \times 0,0940$$

$$= 3,4200 \text{ m}^3/\text{det}$$

Menghitung Terhadap Dimensi Drainase (Saluran)

Luas tampang basah :  $A = B \cdot Y$

Keliling basah :  $P = B + 2Y$

$$P = \frac{A}{Y} + 2Y$$

dan jari-jari hidrolis :

$$R = \frac{A}{P} = \frac{BY}{B + 2Y}$$

untuk tampang ekonomis berbentuk segi empat.

Dimensi saluran Jalan Merdeka

Angka kekasaran Manning,

(n) = 0,013 (Plesteran halus tabel 2.6)

Kemiringan dasar saluran,

(i) = (S) = 0,0023

Kemiringan dinding saluran, (m) = 0

Lebar dasar saluran

(B) = 2 Y (untuk tampang ekonomis)

Maka :

- Luas tampang (A) = B x Y

$$2Y \times Y = 2Y^2$$

- Keliling basah (P) = B + 2Y

$$P = 2Y + 2Y = 4Y$$

- Jari-jari hidrolis (R) =  $\frac{A}{P}$

$$R = \frac{2Y^2}{4Y} = 0,50 Y$$

Dengan menggunakan persamaan Manning maka :

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,013} (0,50 Y)^{2/3} \times (0,0023)^{1/2} \\ &= 76,923 \cdot (0,50)^{2/3} \times (0,0023)^{1/2} \\ &= 76,923 \times (0,0302) \\ &= 2,323 Y^{1/3} \end{aligned}$$

Debit banjir rencana

$$Q = 3,4202 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q = A \cdot V$$

$$Q = 3,5 h^2 \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$3,4202 = 3,5 h^2 \times \frac{1}{0,012} \times (0,63 h)^{2/3} \times (0,0042)^{1/2}$$

$$3,4202 = 1,19069 h^{8/3}$$

$$h^{8/3} = \frac{3,4202}{1,19069}$$

$$\begin{aligned}
 h^{8/3} &= 2,072 \\
 h &= 1,077 \text{ meter} \\
 b &= 2 \times h \\
 &= 2 \times 1,077 \\
 &= 2,754 \text{ meter} \\
 F &= 25 \% \times h \\
 &= 0,25 \times 1,077 \\
 &= 0,270 \text{ meter} \\
 H &= F + h \\
 &= 0,270 + 1,077 \\
 &= 1,347 \text{ meter.}
 \end{aligned}$$

**b. Untuk saluran jalan HOS  
Cokroaminoto Sta 0.900 –Sta 1.100**

**Tabel 8. Data Tata Guna Lahan**

No	Jenis Tata Guna Lahan	Ci	Ai (km)2	Ci-Ai
1	Daerah Kota Lama	0.95	0,0130	0,009498
2	Jalan beraspal	0,95	0,0240	0,009494
			$\Sigma=0,0370$	$\Sigma=0,01899$

Dari data tata guna lahan di atas dapat diperoleh nilai koefisien pengaliran (C)

$$C = \frac{\sum C_i - A_i}{\sum A_i}$$

$$C = \frac{0,01899}{0,0370}$$

$$C = 0,51$$

Menghitung Terhadap Intensitas Curah Hujan

Panjang saluran L = 200 m = 0,200 km

Beda tinggi elevasi muka tanah saluran,

$$\Delta H = 2,680 \text{ m} - 2,505 \text{ m} = 0,175 \text{ m}$$

Maka diperoleh :

$$i = \frac{\Delta H}{0,9 \cdot L}$$

$$= \frac{0,175}{0,9 \cdot 200}$$



$$i = 0,0097$$

Maka waktu konsentrasi dapat dihitung

$$\begin{aligned} t_c &= 0,0133 L \cdot i^{-0.6} \\ &= 0,0133 \times 0,200 \times 0,0097^{-0.6} \\ &= 0,0429 \text{ jam} \end{aligned}$$

Maka intensitas curah hujan dapat dihitung

$$\begin{aligned} I &= \frac{R_s}{24} \cdot \left( \frac{24}{t_c} \right)^{2.5} \\ &= \frac{609,552}{24} \times \left( \frac{24}{0,0249} \right)^{2.5} \\ &= 25,398 \times 21,096 \\ &= 535,796 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

Menghitung Terhadap Debit Banjir Rencana

Untuk saluran Jalan HOS Cokroaminoto

Panjang saluran,  $L = 200 \text{ m} = 0,200 \text{ km}$

Luas daerah aliran,  $A = 0,0370 \text{ km}^2$

Koefisien pengaliran,  $C = 0,51$

Intensitas curah hujan,  $I = 535,796 \text{ mm/jam}$

Maka debit banjir rencana dapat dihitung

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \\ &= 0,278 \times 0,51 \times 535,796 \times 0,0370 \\ &= 2,8100 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Menghitung Terhadap Dimensi Drainase (Saluran)

Luas tampang basah :  $A = B \cdot Y$

Keliling basah :  $P = B + 2Y$

$$\text{atau } P = \frac{A}{Y} + 2Y$$

dan jari-jari hidrolis :

$$R = \frac{A}{P} = \frac{BY}{B + 2Y}$$

untuk tampang ekonomis berbentuk segi empat.

Dimensi saluran Jalan HOS Cokroaminoto

Angka kekasaran Manning,

$(n) = 0,013$  (Plesteran halus)

Kemiringan dasar saluran,

$$(i) = (S) = 0,0092$$

Kemiringan dinding saluran,  $(m) = 0$

Lebar dasar saluran

$$(B) = 2 Y \text{ (untuk tampang ekonomis)}$$

Maka :

$$\text{- Luas tampang (A) = B x Y}$$

$$2Y \times Y = 2Y^2$$

$$\text{- Keliling basah (P) = B + 2Y}$$

$$P = 2Y + 2 Y = 4Y$$

$$\text{- Jari-jari hidrolis (R) = } \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{2Y^2}{4Y} = 0,50 Y$$

Dengan menggunakan persamaan Manning maka :

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,013} (0,50 Y)^{2/3} \times (0,0092)^{1/2} \\ &= 76,923 \cdot (0,50)^{2/3} \times (0,0092)^{1/2} \\ &= 76,923 \times (0,060) \\ &= 4,615 Y^{1/3} \end{aligned}$$

Debit banjir rencana

$$Q = 2,8100 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q = A \cdot V$$

$$Q = 3,5 h^2 \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$2,8100 = 3,5 h^2 \times \frac{1}{0,012} \times (0,63 h)^{2/3} \times (0,0042)^{1/2}$$

$$2,8100 = 1,19069 h^{8/3}$$

$$h^{8/3} = \frac{2,8100}{1,19069}$$

$$h^{8/3} = 2,360$$

$$h = 0,885 \text{ meter}$$

$$b = 2 \times h$$

$$= 2 \times 0,885$$

$$= 1,770 \text{ meter}$$

$$F = 25 \% \times h$$

$$= 0,25 \times 0,885$$

$$= 0,221 \text{ meter}$$

$$H = F + h$$

$$= 0,221 + 0,885$$

$$= 1,106 \text{ meter.}$$

Hasil perhitungan dimensi dari drainase dapat dilihat pada tabel 9.

**Tabel 9. Hasil Perhitungan dimensi dari drainase**

Nama Jalan	Debit Q (m <sup>3</sup> /det)	Volume V (m <sup>3</sup> /det)	Kedalaman Saluran h (m)	Lebar Dasar B (m)	Jagaan F (m)
Merdeka	3,4202	2,323	1,077	2,154	0,270
HOS Cokrominoto	2,8100	4,615	0,885	1,770	0,221

#### **Menganalisa Hasil Survei Lapangan Dari Dimensi Terhadap Debit Bajir Rencana**

Hasil dari Data stasiun SMPK PPKS (2011) dan disesuaikan dengan data dari Dirjen Dikti (1997) maka perhitungan tersebut disesuaikan dengan perhitungan Suripin (2003) dan Robert J. Kodoatie. (2012) yang menghasilkan penampang saluran yang ada dilapangan dimana berbentuk segi empat dengan data-data dapat dilihat pada tabel 10 serta perhitungan sebagai berikut antara lain :

**Tabel 10. Hasil Survei dimensi drainase**

Nama Jalan	Kedalaman Saluran Y (m)	Lebar Dasar B (m)	Jagaan F (m)	Panjang Drainase L (m)
Merdeka	0,75	1,00	0,30	600
HOS Cokrominoto	0,82	0,60	0,18	200

#### 1. Dimensi saluran Jalan Jalan Merdeka

Sta 0.700 –Sta 1300

Angka kekasaran Manning,

$$(n) = 0,013 \text{ (Plesteran halus)}$$

Kemiringan dasar saluran,

$$(i) = (S) = 0,0023$$

Kemiringan dinding saluran, (m) = 0

Maka :

- Luas tampang (A) = B x Y
  - = 1,00 x 0,75
  - = 0,75 m<sup>2</sup>
- Keliling basah (P) = B + 2Y
  - = 1,00 + 2 x 0,750
  - = 2,50 m
- Jari-jari hidrolis (R) =  $\frac{A}{P}$ 
  - = 0,75 / 2,50
  - = 0,300 m

Dengan menggunakan persamaan Manning maka :

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\
 &= \frac{1}{0,013} (0,300)^{2/3} \times (0,0023)^{1/2} \\
 &= 76,923 \times (0,200) \times (0,00115) \\
 &= 0,2308 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

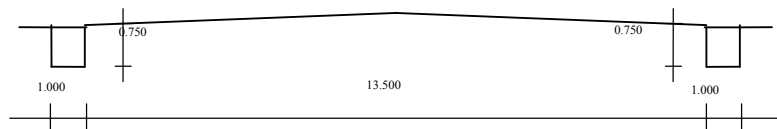
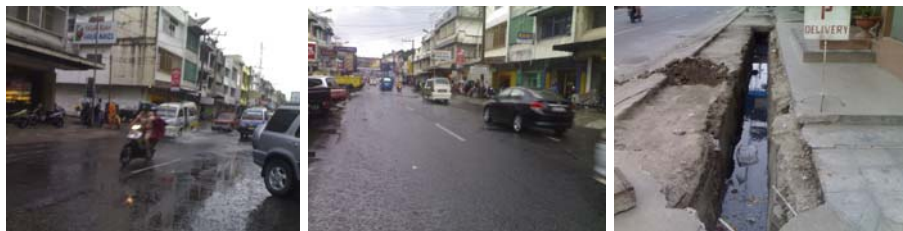
Debit banjir rencana

$$Q = 3,4200 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q = A \cdot V$$

$$3,4200 = 0,75 \times 0,2308$$

$$3,4200 \neq 1,7310 \quad (\text{Tidak OK})$$



**Gambar 4. Saluran segi empat Jalan Merdeka**

2. Dimensi saluran Jalan HOS

Cokroaminoto

Sta 0.500 –Sta 0.700

Angka kekasaran Manning,

$$(n) = 0,013 \text{ (Plesteran halus)}$$

Kemiringan dasar saluran,

$$(i) = (S) = 0,0092$$

Kemiringan dinding saluran,  $(m) = 0$

Maka :

- Luas tampang  $(A) = B \times Y$   
 $= 0,60 \times 0,82$   
 $= 0,49 \text{ m}^2$
- Keliling basah  $(P) = B + 2Y$   
 $= 0,60 + 2 \times 0,82$   
 $= 2,24 \text{ m}$
- Jari-jari hidrolis  $(R) = \frac{A}{P}$   
 $= 0,49 / 2,24$   
 $= 0,220 \text{ m}$

Dengan menggunakan persamaan Manning maka :

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,013} (0,220)^{2/3} \times (0,0092)^{1/2} \\ &= 76,923 \times (0,147) \times (0,0046) \\ &= 0,5201 \text{ m/det} \end{aligned}$$

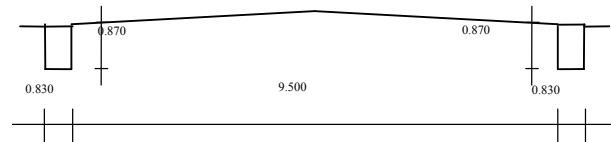
Debit banjir rencana

$$Q = 2,8130 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q = A \cdot V$$

$$2,8130 = 0,49 \times 0,5201$$

$$2,8130 \neq 2,5485 \quad (\text{Tidak OK})$$



**Gambar 5. Saluran segi empat Jalan HOS Cokroaminoto**

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan maka dapat disimpulkan antara lain :

1. Dimensi drainase berdasarkan perhitungan dengan metode EJ. Gumbel dapat diketahui besarnya curah hujan rencana untuk saluran sekunder dengan periode ulang 5 tahun ( $R_5$ ) = 609,552 mm, periode ulang 10 tahun ( $R_{10}$ ) = 669,490 mm, periode ulang 25 tahun ( $R_{25}$ ) = 824,378 mm dan perlu ditinjau atau diperbaiki ukuran drainase di Jalan Merdeka dan Jalan HOS Cokroaminoto agar sesuai dengan rencana perhitungan, maka untuk itu saluran tersebut harus jaga serta dirawat dengan cara setiap 4 bulan sekali saluran harus dibersihkan apabila dimensi drainase sudah sesuai dengan hasil rencana yang diperhitungkan.
2. Intensitas curah hujan yang di dapat bahwa debit banjir rencana lebih besar dibandingkan dengan debit hasil survei di lapangan untuk itu perlu dilakukan perbaikan atau perubahan terhadap dimensi saluran yang ada di lapangan, untuk menjaga agar jangan terjadi banjir pada lokasi yang di survei karena drainase tersebut tidak mampu untuk menampung air.
3. Debit banjir rencana yang dihitung dengan menggunakan metode Rasional bahwa drainase di Jalan Jalan Merdeka,  $Q$  rencana = 3,4202 m<sup>3</sup>/det dan Jalan HOS Cokroaminoto  $Q$  rencana = 2,8100 m<sup>3</sup>/det dan lebih besar dari debit drainase yang ada di lapangan. Atau tidak layak berdasarkan hasil perhitungan

rencana sehingga perhitungan penampang ekonomis dan dimensi drainase yang ada dilapangan sudah tidak mampu lagi untuk menampung debit banjir rencana.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Chow, Ven Te (1992). Hidrolika Saluran Terbuka, Jakarta: Erlangga.
2. Dirjen Dikti. (1997). Drainase Perkotaan, Jakarta.
3. Imam Subarkah. (1980), Hidrologi Untuk Bangunan Air, Bandung: Idea Dharma.
4. K.G. Ranga Raju. (1986). Aliran Melalui Saluran Terbuka, Jakarta: Erlangga.
5. N.M. Sianturi (2013), Evaluasi
6. Sistem Drainase Di Jalan Dr.Sutomo, Yogyakarta, M.H.Thamrin dan Iman Bonjol Kelurahan Dwikora Pematangsiantar, Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah 2013, Surabaya : Program Diploma Teknik Sipil FTSP ITS.
7. Robert J. Kodoatie. (2012). Tata Ruang Air Tanah, Yogyakarta: Penerbit Andi.
8. Suripin. (2003). Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan, Yogyakarta: Andi
9. Stasiun SMPK PPKS Unit Usaha MARIHAT (2011). Pematangsiantar
10. Suyono Sosrodarsono, Kensaku Takeda. (1987). Hidrologi Untuk Pengairan. Edisi IV, Jakarta: Pradnya Paramita.
11. Todd, D.K. (1980). Groundwater Hydrology.2<sup>nd</sup>, New York: John Wiley & Sons.
12. Wesli. (2008). Drainase Perkotaan, Yogyakarta: Graha Ilmu.

**PENELITIAN AIR BERSIH MENJADI AIR MINUM  
PT.SUMMIT PLAST JL.KRUIANG 3 DELTA SILIKON–CIKARANG**

**Maria Christine Sutandi**

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha

Email: mrxtine@gmail.com

**ABSTRAK**

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya dan telah dipublikasikan pada *Jurnal Teknik Sipil volume 8 no 2, Oktober 2012*, dengan Judul Air Bersih PT.SUMMIT PLAST Jl.Kruing 3,Delta Silikon – Cikarang dimana penelitian yang lalu membahas air permukaan pada suatu lokasi padat perindustrian dimana air baku bukan merupakan air bersih dan terlihat agak berwarna keputihan serta banyak mengandung zat-zat berbahaya sehingga air bersih tersebut tidak dapat dikonsumsi bagi karyawan dan masyarakat sekitar, agar air baku yang sudah dijadikan air bersih ini dapat dikonsumsi, maka dilakukan penelitian lanjut dengan menambahkan carbon aktif sebesar 20 % volume bak penampungan, dan hasilnya cukup menggembirakan dengan menurunnya zat-zat kimia berbahaya, sehingga air bersih tersebut sudah layak untuk dikonsumsi masyarakat sekitar maupun karyawan. Untuk hasil yang lebih akurat penelitian ini masih dapat dilanjutkan dengan merubah persentase baik dari penambahan maupun pengurangan Carbon Aktif.

**Kata kunci :** Air Minum.

## **1. PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Penelitian ini merupakan tindak lanjut dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, dimana pada laporan yang lalu air baku yang ada pada daerah ini dan telah mengalami penyaringan sederhana masih banyak mengandung Mangan, Besi, dan Timbal, serta konduktivitasnya cenderung tinggi.

Air merupakan kebutuhan dasar manusia, terutama sebagai air minum. Tingginya modernisasi menyebabkan menurunnya kualitas air. Setiap tahun kondisi lingkungan hidup cenderung menurun. Selain krisis air bersih maupun air minum, negeri ini juga menjadi langganan bencana alam, seperti banjir, letusan gunung berapi, maupun tsunami. Untuk menghindari adanya kerusakan lingkungan yang semakin parah akibat dari berbagai bencana, maka diadakan penelitian lanjutan pada kondisi air yang telah bersih pada lokasi yang sama. Apakah air tanah lokasi ini sudah bersih serta sudah dapat diminum secara langsung maupun melalui proses perebusan terlebih dahulu.

Data Dinas Pekerjaan Umum menunjukkan sudah hampir mencapai 70 % populasi Indonesia mengkonsumsi air yang sudah terkontaminasi zat-zat berbahaya, seperti Besi, Mangan dan lain sebagainya. Hanya sekitar 75% penduduk Indonesia yang baru mempunyai akses untuk mendapatkan air bersih, dan hanya sekitar 4,5 % penduduk Pulau Jawa, dimana 65 % penduduk Indonesia tinggal di pulau tersebut.



Dari tahun ke tahun kesadaran masyarakat Indonesia akan kondisi Lingkungan Hidup dirasakan juga agak menurun, terlihat dengan semakin banyaknya penduduk yang membuang sampah di sungai dan di berbagai tempat umum, seperti pinggir - pinggir jalan serta mulut - mulut gang, pemandangan ini sudah sering terlihat.

Air bersih didefinisikan sebagai air yang memenuhi persyaratan kesehatan, baik itu untuk minum, mandi, cuci dan lain sebagainya. Air yang bersih sangat dibutuhkan bagi kehidupan manusia.

Air dikatakan Bersih bila :

1. Terlihat jernih
2. Tidak berbau
3. Tidak mempunyai rasa

Air Minum adalah air yang dipergunakan untuk konsumsi manusia. Menurut Departemen Kesehatan syarat<sup>2</sup> air minum adalah :

1. Tidak berasa
2. Tidak berbau
3. Tidak berwarna
4. Tidak mengandung mikroorganisma yang berbahaya
5. Tidak mengandung logam berat
6. Memenuhi syarat air minum

Walaupun air dari sumber dapat diminum oleh manusia, terdapat resiko bahwa air ini telah tercemar oleh bakteri (*Escherichia coli*) atau zat<sup>2</sup> berbahaya seperti logam berat. Bakteri dapat dibunuh dengan memasak air hingga suhy 100<sup>0</sup>C, nanum logam tidak dapat dihilangkan dengan cara ini.

Adapun dibangunnya sarana air bersih antara lain adalah untuk meningkatkan kesehatan masyarakat, kesehatan lingkungan, meningkatkan efisiensi waktu dan efektifitas pemanfaatan air bersih. Dalam hal disini sumber air bersih yang dapat dimanfaatkan secara murah dan tersedia adalah air tanah. Sedangkan air tanah yang boleh dipakai adalah air permukaan. Air tanah pada lokasi ini antara kedalaman 10 - 14 m

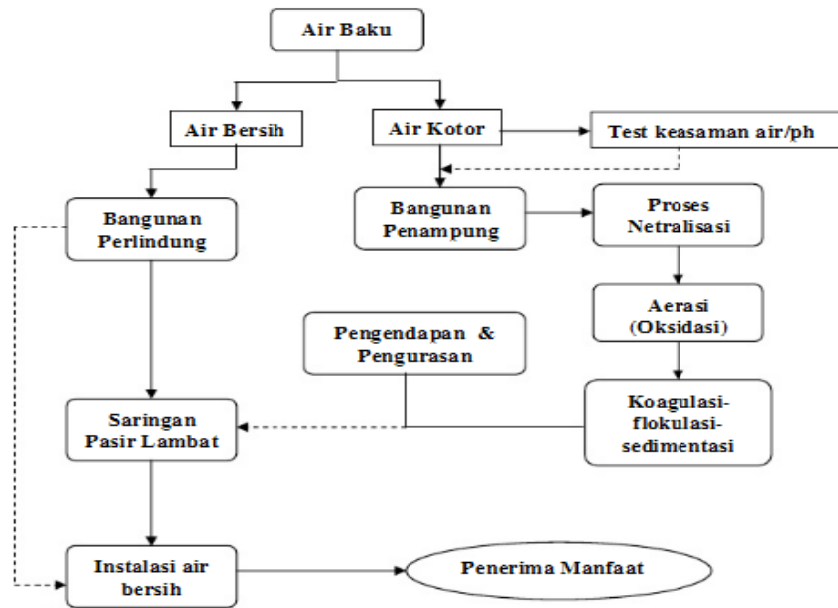
Air tanah ini akan diolah dengan cara sumur gali yang diberi pompa, apakah itu jenis dari pompa mesin maupun pompa tangan atau di timba.

### **Tujuan Penelitian**

Memanfaatkan air tanah permukaan, sehingga dapat dijadikan Air Minum.

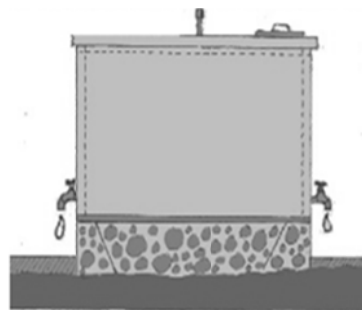
### Pembatasan Masalah

- Air permukaan
- Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel pada lokasi dan lokasi sekitar dengan memanfaatkan penambahan Carbon Aktif sebesar 20% dari volume bak penampungan.



Gambar 1. Bagan Pengolahan Air Baku [www.wordpress.com](http://www.wordpress.com)

Air yang diambil pada awalnya akan ditampung pada tempat penampungan yang memenuhi syarat - syarat tertentu, antara lain sebagai pelepas tekanan, tempat pengendapan, dinding tidak bersudut dengan tujuan mudah untuk dibersihkan, di bagian atas mempunyai lubang untuk orang masuk guna perbaikan maupun pembersihan dll.



Gambar 2. Contoh Bak Penampungan sederhana [www.wordpress.com](http://www.wordpress.com)

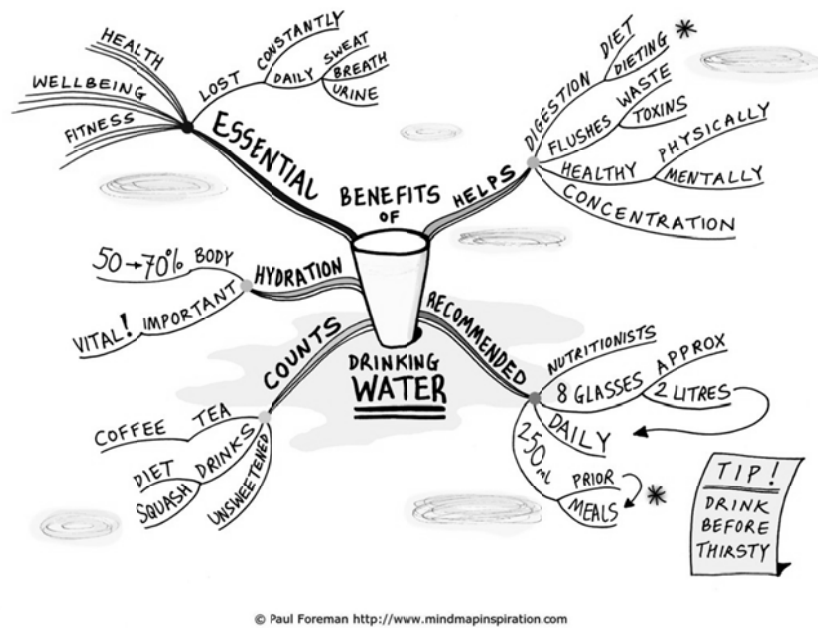
## 2. METODE PENELITIAN

Proses Pengolahan Air menjadi Air Siap Minum (LeChevallier dan Au, 2004), disini dipakai penambahan Carbon Aktif sebanyak 20% dari volume penampungan.

## 3. TINJAUAN LITERATUR

Carbon Active adalah nama lain dari arang, baik itu terbuat dari batok kepala, kayu, batu bara dan lain-lain. Carbon active sering digunakan untuk penjernihan air, dikarenakan oleh sifatnya yang memiliki iodine number yang tinggi. Persyaratan iodine number minimal 700mg/g (penyaringan air kotor.wordpress.com). Carbon Active ini selain menyerap warna, ia juga baik untuk menyerap bau.

Kita tinjau mind mapping di bawah ini, akan terlihat banyak keuntungan yang dapat kita peroleh dari air minum, oleh sebab itu sangatlah diperlukan pengolahan yang baik agar didapat manfaat yang maksimal.



Gambar 3. Manfaat Air Minum [www.mindmapinspiration.com](http://www.mindmapinspiration.com)

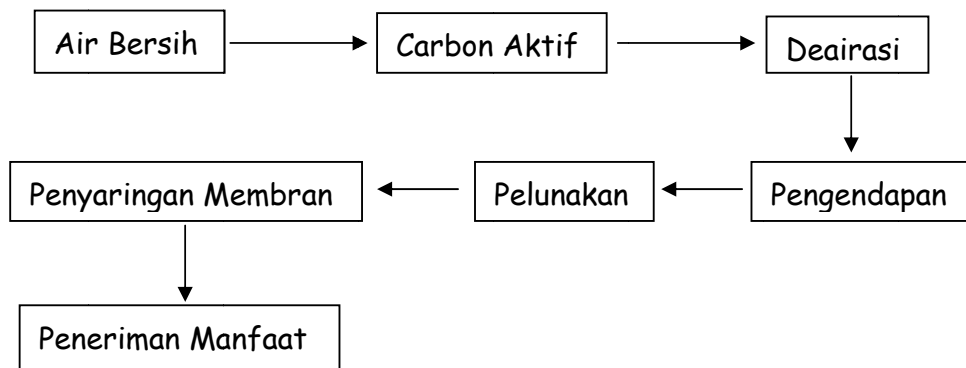


**Gambar 4a. Air yang dapat diminum langsung** [www.pelangidrama.net](http://www.pelangidrama.net)



**Gambar 4b. Air untuk mencuci** [www.rahasiaair.blogspot.com](http://www.rahasiaair.blogspot.com)

Sistem pengolahan air bersih dari sumber air, disini dipakai sumber air permukaan sebagai air baku, memerlukan beberapa proses. Proses yang perlu diterapkan tergantung dari kualitas air baku tersebut. Secara umum proses pengolahan air bersih menjadi air minum adalah melalui tahapan: penyaringan, deaerasi, pengendapan, pelunakan, dan penyaringan 157embrane.



**Gambar 5. Skema Pengolahan Air** [pengolahanairbaku.blogspot.com](http://pengolahanairbaku.blogspot.com)

Air bersih yang telah melalui Carbon aktif, deaerasi, pengendapan, pelunakan, penyaringan 158embrane harus melalui satu rangkaian uji mutu kualitas, disini pengujian mutu kualitas dilakukan di Laboratorium Kesehatan Masyarakat di Jl Sederhana, Bandung.

Yang dimaksud dengan **Deaerasi** adalah proses menghilangkan gas-gas berbahaya terlarut dalam air, Proses deaerasi ini berdasarkan Hukum Henry yang menyatakan bahwa kelarutan gas di dalam larutan akan berkurang seiring dengan berkurangnya tekanan parsial gas di atas permukaan larutan. Kelarutan gas juga dipengaruhi oleh temperatur. Jika temperature meningkat maka kelarutan gas akan berkurang, dan sebaliknya.

Gas oksigen yang terdapat dalam air juga dapat merugikan dalam dunia industri. Gas oksigen terlarut dalam air dapat mengakibatkan korosi pada alat-alat yang digunakan. Proses deoksigenasi dilakukan dengan menambahkan zat sodium sulfit ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) yang akan menangkap gas  $\text{O}_2$ . Selain itu, dapat juga ditambahkan hidrazin hidrat ( $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) yang dapat menangkap oksigen, sekaligus mereduksi zat besi oksida atau tembaga oksida yang merupakan hasil korosi.

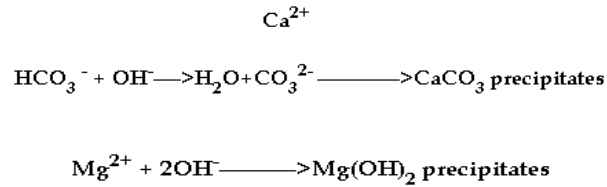
Dikarenakan dalam proses deaerasi menimbulkan sedimen/endapan, maka sebelum proses dilanjutkan diperlukan proses pengendapan terlebih dahulu.

Adapun proses **pengendapan /koagulasi** bisa dilakukan dengan menggunakan penambah bahan kimia seperti bahan koagulan (Hipoklorite/PAC). Penambahan oksidator kuat seperti klorin, klorin dioksida atau ozon atau  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  atau yang sering disebut tawas dapat berfungsi selain sebagai disinfektan, menonaktifkan sel mikroba karena klorin menyebabkan kerusakan fisik pada membran sel bakteri, juga dapat mempercepat proses penggumpalan serta pengendapan.

Zat oksidan disini juga ditambahkan ke dalam air dengan maksud untuk menghilangkan rasa dan bau, menghilangkan kadar besi dan mangan, dan penghilangan partikel-partikel lain. Hal penting yang harus diperhatikan dalam efisiensi disinfektan adalah konsentrasi, waktu kontak, temperatur, dan pH. Sinar ultraviolet (UV) juga dapat membunuh mikroba melalui reaksi dengan inti sel mikroba dan sangat efektif untuk menghilangkan Cryptosporidium.

Hal yang perlu diperhatikan adalah keragaman dalam proses dan pengukuran untuk menentukan efektifitas total untuk pengendalian mikroba. Alat-alat ukur tersebut akan memastikan apakah mutu mikroba dalam air yang telah diolah telah memenuhi standar air minum.

Sedangkan **Pelunakan** air yang mengandung bikarbonat  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  dan  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  dapat dilakukan dengan proses memberikan kapur. Reaksi kimia sederhana yang terjadi adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Rumus Kimia dari Pelunakan Air pengolahanairbaku.blogspot.com

Dan berikutnya adalah **Penyaringan Membran**, yaitu proses untuk menghilangkan bakteri dari dalam air bersih yang terakhir adalah filtrasi (penyaringan). Dalam proses penyaringan, mikroba dihilangkan dengan kombinasi dari perlakuan fisika-hidrodinamika dengan larutan kimia. Penyaringan pasir lambat dapat mengurangi jumlah mikroba melalui interaksi biologis dan fisika-kimia. Penyaringan membran juga dapat dilakukan untuk menghilangkan mikroba berdasarkan ukurannya. Penyaringan membran sangat efektif untuk menghilangkan mikroba yang lebih besar daripada ukuran pori-pori membran. Seluruh proses pengolahan air ini dapat menghilangkan patogen hingga 4 log atau lebih.

Penyaringan 159 embrane dilakukan dengan menggunakan metode “reverse osmosis” dengan menggunakan media penyaring *cellulose acetate*, poliamida, atau polipropilen.

#### 4. HASIL SETELAH PENAMBAHAN 20 % CARBON AKTIF

Tabel 4.1

No	Parameter	Satuan	Batas max air bersih	Batas max air minum	Hasil Penelitian			
					A awal	A akhir	B awal	B akhir
	FISIKA							
1	Warna	TCU	50	15	18	10	2	0
2	Rasa	-	x	x	x	x	x	x
3	Bau	-	x	x	x	x	x	x
4	Kekeruhan	NTU	25	5	2.7	1,7	0	0
5	Konduktivitiy	Ms	-	-	80	20	99	19

Tabel 4.1 Lanjutan.								
	KIMIA							
6	pH	mg/L	6.5-9.0	6.5 - 8.5	7.27	6.27	5.24	4.17
7	Besi	mg/L	1	0.3	0.38	0.23	0.03	0.03
8	Kalsium	mg/L	200	200	12.15	18,8	151	197,5
9	Kholida	mg/L	600	250	5.3	3.3	7.7	5.2
10	Kesadahan	mg/L	500	500	49.55	48,77	456.88	356.88
11	Magnesium	mg/L	150	150	4.38	3,13	18.6	14,3
12	Mangan	mg/L	0.5	0.1	0.28	0.08	9.44	5,3
13	Nitrat	mg/L	50	50	16.8	13,2	5.9	5.9
14	Nitrit	mg/L	3	3	0.578	0,51	0.041	0,02
15	Sulfat	mg/L	400	250	7.5	7,4	348.49	337
16	Zat Padat Terlarut	mg/L	1500	100	62	55	734	650
17	Zat Organik	mg/L	-	10	8.1	4,1	2.3	1,5
18	Timbal	mg/L	0.05	0.01	0.02	-	0.67	0.006
19	Kronium	mg/L	0.05	0.05	0	0	0.03	0.03
	BIOLOGI							
20	Bakteri Coliform		-	-	-	-	-	-

Tabel 4.2

No	Parameter	Satuan	Batas max air bersih	Batas max air minum	Hasil Penelitian			
					C awal	C akhir	D awal	D akhir
	FISIKA							
1	Warna	TCU	50	15	1	1	3	3
2	Rasa	-	x	x	x	x	x	x
3	Bau	-	x	x	x	x	x	x
4	Kekeruhan	NTU	25	5	0	0	2.9	2.9
5	Konduktiviti	Ms	-	-	205	88	578	123
	KIMIA							
6	pH	mg/L	6.5-9.0	6.5 - 8.5	4.48	6.55	6.65	6,75
7	Besi	mg/L	1	0.3	0.04	0.02	0.03	0.00

8	Kalsium	mg/L	200	200	29	23	45	44
9	Kholida	mg/L	600	250	15	16	17	19
10	Kesadahan	mg/L	500	500	103.88	84	105.91	75
11	Magnesium	mg/L	150	150	11.1	9,2	7,3	6,6
12	Mangan	mg/L	0.5	0.1	13.29	4,51	1.81	0,15
13	Nitrat	mg/L	50	50	10.2	88	19.6	14
14	Nitrit	mg/L	3	3	0.237	0.237	0.389	0.389
15	Sulfat	mg/L	400	250	121.67	99	75.93	53
16	Zat Padat Terlarut	mg/L	1500	100	250	176	381	201
17	Zat Organik	mg/L	-	10	1.9	1.9	0.2	0.2
18	Timbal	mg/L	0.05	0.01	0.18	0.01	0.001	0.001
19	Kronium	mg/L	0.05	0.05	0.02	0.02	0	0
	BIOLOGI							
20	Bakteri Coliform		-	-	-	-	-	-

Tabel 4.3

No	Parameter	Satuan	Batas max air bersih	Batas max air minum	Hasil Penelitian			
					E awal	E akhir	F awal	F akhir
	FISIKA							
1	Warna	TCU	50	15	28	15	13	6
2	Rasa	-	x	x	x	x	x	x
3	Bau	-	x	x	x	x	x	x
4	Kekeruhan	NTU	25	5	2.7	2.7	0	0
5	Konduktiviti	Ms	-		75	51	79	45
	KIMIA							
6	pH	mg/L	6.5-9.0	6.5 - 8.5	8.27	7.27	7.24	7.24
7	Besi	mg/L	1	0.3	0.93	0,30	0.83	0,27



8	Kalsium	mg/L	200	200	212.15	154	151	130
9	Kholida	mg/L	600	250	9.8	7,7	4.9	3,5
10	Kesadahan	mg/L	500	500	39.55	35	46.81	39
11	Magnesium	mg/L	150	150	7.3	5,8	9.44	6,9
12	Mangan	mg/L	0.5	0.1	0.88	0.08	9.14	0.44
13	Nitrat	mg/L	50	50	7.27	5,6	8.4	5,7
14	Nitrit	mg/L	3	3	0.99	0,46	0.11	0,10
15	Sulfat	mg/L	400	250	7.5	6,5	48.49	39
16	Zat Padat Terlarut	mg/L	1500	100	162	155	334	256
17	Zat Organik	mg/L	-	10	-	-	-	-
18	Timbal	mg/L	0.05	0.01	0.02	0.002	0.07	0.003
19	Kronium	mg/L	0.05	0.05	0.03	0.03	-	-
	BIOLOGI							
20	Bakteri Coliform		-	-	-	-	-	-

Tabel 4.4

No	Parameter	Satuan	Batas max air bersih	Batas max air minum	Hasil Penelitian			
					G awal	G akhir	H awal	H akhir
	FISIKA							
1	Warna	TCU	50	15	32	16	5	3
2	Rasa	-	x	x	x	x	x	x
3	Bau	-	x	x	x	x	x	x
4	Kekeruhan	NTU	25	5	0	0	2.9	2.9
5	Konduktivitiy	Ms	-		105	76	58	42
	KIMIA							
6	pH	mg/L	6.5-9.0	6.5 - 8.5	4.68	6.55	4.65	6.78
7	Besi	mg/L	1	0.3	0.94	0,25	0.88	0,23
8	Kalsium	mg/L	200	200	229	119	145	124
9	Kholida	mg/L	600	250	21	15	11	9
10	Kesadahan	mg/L	500	500	103.88	75	105.98	78

11	Magnesium	mg/L	150	150	10.2	9	14.1	7,8
12	Mangan	mg/L	0.5	0.1	13.21	0.05	1.41	0.41
13	Nitrat	mg/L	50	50	4.48	2	5.62	3
14	Nitrit	mg/L	3	3	0.13	0,05	0.74	0,07
15	Sulfat	mg/L	400	250	11.67	12	75.93	45
16	Zat Padat Terlarut	mg/L	1500	100	259	220	138	99
17	Zat Organik	mg/L	-	10	0.04	0,02	0.02	0,00
18	Timbal	mg/L	0.05	0.01	0.108	0.008	0.001	0.001
19	Kronium	mg/L	0.05	0.05	-	-	0.012	0.012
	BIOLOGI							
20	Bakteri Coliform		-	-	-	-	-	-

Tabel 4.5

No	Parameter	Satuan	Batas max air bersih	Batas max air minum	Hasil Penelitian			
					I awal	I akhir	J awal	J akhir
	FISIKA							
1	Warna	TCU	50	15	18	7	22	11
2	Rasa	-	x	x	x	x	x	x
3	Bau	-	x	x	x	x	x	x
4	Kekeruhan	NTU	25	5	2.7	2.7	0	0
5	Konduktivitiy	Ms	-		89	55	99	25
	KIMIA							
6	pH	mg/L	6.5-9.0	6.5 - 8.5	7.27	6,9	8.4	6,8
7	Besi	mg/L	1	0.3	1.30	0.30	1.13	0.15
8	Kalsium	mg/L	200	200	12.55	11,8	133	85
9	Kholida	mg/L	600	250	5.3	4,6	5.7	4,8
10	Kesadahan	mg/L	500	500	29.51	22	66.18	48
11	Magnesium	mg/L	150	150	4.82	2,29	18.1	12,33
12	Mangan	mg/L	0.5	0.1	14.7	0.6	9.44	4.22

No	Parameter	Satuan	Batas max air bersih	Batas max air minum	K awal	K akhir	L awal	L akhir
13	Nitrat	mg/L	50	50	3.3	3.3	2.9	2.9
14	Nitrit	mg/L	3	3	0.237	0.237	0.389	0.389
15	Sulfat	mg/L	400	250	62	44	134	65
16	Zat Padat Terlarut	mg/L	1500	100	233	199	338	225
17	Zat Organik	mg/L	-	10	1.1	1.1	-	-
18	Timbal	mg/L	0.05	0.01	0.021	0.001	0.07	0.01
19	Kromium	mg/L	0.05	0.05	0.01	0.01	-	-
BIOLOGI								
20	Bakteri Coliform		-	-	-	-	-	-

Tabel 4.6

No	Parameter	Satuan	Batas max air bersih	Batas max air minum	Hasil Penelitian			
					K awal	K akhir	L awal	L akhir
FISIKA								
1	Warna	TCU	50	15	12	4	8	2
2	Rasa	-	x	x	x	x	x	x
3	Bau	-	x	x	x	x	x	x
4	Kekeruhan	NTU	25	5	0	0	2.9	2.9
5	Konduktiviy	Ms	-		225	187	277	96
KIMIA								
6	pH	mg/L	6.5-9.0	6.5 - 8.5	4.48	7.11	5.62	6.72
7	Besi	mg/L	1	0.3	1.0	0.2	0.95	0,28
8	Kalsium	mg/L	200	200	29	23	55	45
9	Kholida	mg/L	600	250	18	13	15	11
10	Kesadahan	mg/L	500	500	43.88	34,72	55.11	37,11
11	Magnesium	mg/L	150	150	31.5	21,01	7.32	5,11
12	Mangan	mg/L	0.5	0.1	13.11	0.91	4.78	0,32
13	Nitrat	mg/L	50	50	14.2	14.2	13.1	13.1
14	Nitrit	mg/L	3	3	0.051	-	0.117	-
15	Sulfat	mg/L	400	250	150	124	181	133

16	Zat Padat Terlarut	mg/L	1500	100	277	221	189	132
17	Zat Organik	mg/L	-	10	0.09	0.05	0.21	0,12
18	Timbal	mg/L	0.05	0.01	0.03	0.01	0.001	0.001
19	Kronium	mg/L	0.05	0.05	0.01	-	0.031	-
	BIOLOGI							
20	Bakteri Coliform		-	-	-	-	-	-

Tabel 4.7

No	Parameter	Satuan	Batas max air bersih	Batas max air minum	Hasil Penelitian			
					M awal	M akhir	N awal	N akhir
	FISIKA							
1	Warna	TCU	50	15	8	4	11	7
2	Rasa	-	x	x	x	x	x	x
3	Bau	-	x	x	x	x	x	x
4	Kekeruhan	NTU	25	5	2.7	2.7	0	0
5	Konduktiviy	Ms	-		180	76	199	83
	KIMIA							
6	pH	mg/L	6.5-9.0	6.5 - 8.5	7.29	6,71	7.27	6,62
7	Besi	mg/L	1	0.3	0.88	0,40	0.93	0.55
8	Kalsium	mg/L	200	200	122.15	100,01	57	45
9	Kholida	mg/L	600	250	3.0	2,5	7.5	5.7
10	Kesadahan	mg/L	500	500	49.55	39.15	45.88	25.99
11	Magnesium	mg/L	150	150	4.11	3.01	18.1	12.1
12	Mangan	mg/L	0.5	0.1	0.28	0.11	9.14	4.11
13	Nitrat	mg/L	50	50	1.8	1.1	5.2	3.2
14	Nitrit	mg/L	3	3	0.24	0.06	0.14	0.04
15	Sulfat	mg/L	400	250	7.5	5,5	149.32	88,12
16	Zat Padat Terlarut	mg/L	1500	100	621	563	339	276

17	Zat Organik	mg/L	-	10	-	-	0.3	0,02
18	Timbal	mg/L	0.05	0.01	0.02	-	0.02	-
19	Kronium	mg/L	0.05	0.05	-	-	0.03	-
	BIOLOGI							
20	Bakteri Coliform		-	-	-	-	-	-

Tabel 4.8

No	Parameter	Satuan	Batas max air bersih	Batas max air minum	Hasil Penelitian			
					O awal	O akhir	P awal	P akhir
	FISIKA							
1	Warna	TCU	50	15	14	9	10	6
2	Rasa	-	x	x	x	x	x	x
3	Bau	-	x	x	x	x	x	x
4	Kekeruhan	NTU	25	5	0	0	2.9	2.9
5	Konduktivitiy	Ms	-		205	128	468	321
	KIMIA							
6	pH	mg/L	6.5-9.0	6.5 - 8.5	5.47	6.87	5.15	6.32
7	Besi	mg/L	1	0.3	0.94	0,47	0.93	0,45
8	Kalsium	mg/L	200	200	94	62	54	38
9	Kholida	mg/L	600	250	25	15	19	11
10	Kesadahan	mg/L	500	500	53.84	35,21	65.11	42,91
11	Magnesium	mg/L	150	150	21.8	10,01	17.3	8,95
12	Mangan	mg/L	0.5	0.1	12.22	7,8	1.99	-
13	Nitrat	mg/L	50	50	12.2	8,1	11.8	4,2
14	Nitrit	mg/L	3	3	0.009	-	0.18	-
15	Sulfat	mg/L	400	250	121.67	66,69	35.71	23,41
16	Zat Padat Terlarut	mg/L	1500	100	152	121	152	102
17	Zat Organik	mg/L	-	10	1.1	1.1	0.2	0.2
18	Timbal	mg/L	0.05	0.01	0.03	-	0.002	-
19	Kronium	mg/L	0.05	0.05	0.02	-	-	-

Tabel 4.8 lanjutan.								
	BIOLOGI							
20	Bakteri Coliform		-	-	-	-	-	-

Tabel 4.9

No	Parameter	Satuan	Batas max air bersih	Batas max air minum	Hasil Penelitian			
					Q awal	Q akhir	R awal	R akhir
	FISIKA							
1	Warna	TCU	50	15	10	5	3	2
2	Rasa	-	x	x	x	x	x	x
3	Bau	-	x	x	x	x	x	x
4	Kekeruhan	NTU	25	5	2.7	1,2	0	0
5	Konduktiviy	Ms	-		298	123	490	262
	KIMIA							
6	pH	mg/L	6.5-9.0	6.5 - 8.5	4.48	6,98	7.33	6,7
7	Besi	mg/L	1	0.3	1.38	0,92	1.03	0.35
8	Kalsium	mg/L	200	200	22.55	15,76	128	98
9	Kholida	mg/L	600	250	5.8	3,7	70.7	50,53
10	Kesadahan	mg/L	500	500	19.51	12,21	76.32	49,98
11	Magnesium	mg/L	150	150	11.1	8,3	7.3	6,2
12	Mangan	mg/L	0.5	0.1	0.28	0,11	9.44	4,21
13	Nitrat	mg/L	50	50	7.29	4,69	7.27	5,51
14	Nitrit	mg/L	3	3	0.578	0,32	0.041	0,021
15	Sulfat	mg/L	400	250	7.5	5,5	348.49	223
16	Zat Padat Terlarut	mg/L	1500	100	62	43	734	535
17	Zat Organik	mg/L	-	10	8.1	7,2	2.3	15
18	Timbal	mg/L	0.05	0.01	0.02	-	0.67	-
19	Kronium	mg/L	0.05	0.05	0	0	0.03	-
	BIOLOGI							

20	Bakteri Coliform		-	-	-	-	-	-
----	------------------	--	---	---	---	---	---	---

Tabel 4.10

No	Parameter	Satuan	Batas max air bersih	Batas max air minum	Hasil Penelitian			
					S awal	S akhir	T awal	T akhir
	FISIKA							
1	Warna	TCU	50	15	5	3	9	5
2	Rasa	-	x	x	x	x	x	x
3	Bau	-	x	x	x	x	x	x
4	Kekeruhan	NTU	25	5	0	0	2.9	2.9
5	Konduktiviy	Ms	-		205	173	512	398
	KIMIA							
6	pH	mg/L	6.5-9.0	6.5 - 8.5	6.65	6.88	5.24	6,91
7	Besi	mg/L	1	0.3	1.04	0,77	1.03	0,65
8	Kalsium	mg/L	200	200	129	96	64	45
9	Kholida	mg/L	600	250	15	11	27	21
10	Kesadahan	mg/L	500	500	63.38	44,62	19.13	12,5 1
11	Magnesium	mg/L	150	150	18.6	15,72	15.53	12,3 2
12	Mangan	mg/L	0.5	0.1	13.29	7,31	1.81	0,63
13	Nitrat	mg/L	50	50	5.47	3,52	5.15	3,21
14	Nitrit	mg/L	3	3	0.237	0,15	0.389	0,17
15	Sulfat	mg/L	400	250	121.67	84,21	75.93	57,9 9
16	Zat Padat Terlarut	mg/L	1500	100	250	198	381	279
17	Zat Organik	mg/L	-	10	1.9	1,1	0.2	0,12
18	Timbal	mg/L	0.05	0.01	0.18	0,09	0.001	0.00 1
19	Kronium	mg/L	0.05	0.05	0.02	-	0	0
	BIOLOGI							

Tabel 4.10								
20	Bakteri Coliform		-	-	-	-	-	-

Dari hasil uji coba dengan penambahan bahan Carbon Aktif sebesar, 20 % volume penampungan terlihat hampir semua mengalami penurunan nilai, tetapi penurunan yang cukup signifikan terlihat pada kandungan Besi, Timbal dan Mangan, juga pH masih dalam batas toleransi, walaupun masih ada beberapa titik yang belum mampu menjadi pasokan untuk air minum.

## 5. KESIMPULAN

Setelah dilakukan Pengolahan air dengan penambahan Carbon Aktif, maka air bersih pada daerah tersebut sudah dapat dianggap layak untuk dikonsumsi dengan catatan sebaiknya dilakukan pematangan terlebih dahulu. Untuk beberapa sample yang masih banyak mengandung Besi maupun Mangan, disarankan tidak dilakukan pengambilan/pegeboran sumur pada daerah tersebut, juga disarankan sebaiknya dilakukan penelitian yang lebih mendetail dengan metode coba - coba untuk penambahan maupun pengurangan persentase Carbon Aktifnya, agar didapatkan hasil yang optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anwar, Alizar (2004). "Pelayanan Air Minum Wilayah Perkotaan di Indonesia". *Journalist Workshop on Water Issues*.
2. Bob Ewing (2008). "Nanotechnology Used to Clean Water". [http://www.digitaljournal.com/article/250604/Nanotechnology\\_Used\\_to\\_Clean\\_Water](http://www.digitaljournal.com/article/250604/Nanotechnology_Used_to_Clean_Water)
3. Fajar Indonesia (26 Maret 2009). "Indonesia Diambang Krisis Air Bersih". <http://www.fajar.co.id/index.php?act=news&id=58718>
4. LeChevallier, Mark W. dan Au, Kwok-Keung (2004). *Process Efficiency in Achieving Safe Drinking Water*. World Health Organization (WHO).
5. McMahan, James P. "Are you worried about What's in Your Water? You Should Be.". <http://www.cleanairpurewater.com/>
6. McMullan, Bob (2009). "AusAID: Water Report Highlights Need For Improved Sanitation and Water". M2 Communications Ltd.



<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=1665500131&sid=1&Fmt=3&clientId=67249&RQT=309&VName=PQD>

7. Sutandi, Maria Christine, "Penelitian Air Bersih di P.T. Summit Plast Cikarang, Jurnal Teknik Sipil Volume 8, No.2, Oktober 2012
8. Westjavawater (2005). "Cekungan Bandung Kritis (*Bandung Basin Critical*)". [http://westjavawater.blogspot.com/2005\\_03\\_01\\_archive.html](http://westjavawater.blogspot.com/2005_03_01_archive.html)
9. Westjavawater (2005). "168 Juta Penduduk belum Dapat Akses Air Bersih, Indonesia akan Krisis Air pada 2025 (*No Clean Water Access, Water Crisis by 2025*)". [http://westjavawater.blogspot.com/2005\\_03\\_01\\_archive.html](http://westjavawater.blogspot.com/2005_03_01_archive.html)
10. <http://zeofilt.wordpress.com/2008/01/31/sistem-pengolahan-air-bersih/>
11. <http://pengolahanairbaku.blogspot.com/2011/06/proses-pengolahan-air-baku-menjadi-air.html>.

## PEDOMAN PENULISAN JURNAL TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA

1. Jurnal Teknik Sipil UKM merupakan jurnal ilmiah, hasil penelitian, atau studi literatur disertai analisis ilmiah dalam bidang teknik sipil.
2. Tulisan harus asli dan belum pernah dipublikasikan sebelumnya, dikirim dengan mencantumkan kelompok bidang keahlian dalam teknik sipil.
3. Apabila pernah dipresentasikan dalam seminar, agar diberi keterangan lengkap.
4. Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris yang benar, singkat, jelas dilengkapi dengan abstrak dan kata kunci dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris.
5. Naskah ditulis pada kertas A4, menggunakan Microsoft® Word dengan ketentuan sebagai berikut :
  - a. Judul ditulis dengan huruf kapital, **TIMES NEW ROMAN**, ukuran 13, huruf tebal.
  - b. Abstrak ditulis dengan huruf biasa, Times New Roman, ukuran 10, spasi 1, demikian juga dengan kata kunci.
  - c. Isi naskah ditulis dengan huruf biasa, Times New Roman, ukuran 11, spasi 1.5.
  - d. Jumlah halaman beserta lampiran minimal 20 halaman, maksimal 30 halaman.
  - e. Jumlah halaman untuk lampiran maksimal 20% dari jumlah halaman total.
  - f. Nama penulis ditulis tanpa pencantuman gelar akademik.
  - g. Penulisan sub bab disertai nomor, contoh :
    - 1. HURUF KAPITAL**
    - 1.1 Huruf Biasa**
  - h. Gambar diberi nomor dan keterangan gambar ditulis dibawah gambar.
  - i. Tabel diberi nomor dan keterangan tabel ditulis diatas tabel.
  - j. Daftar pustaka ditulis dengan format sebagai berikut :
    1. Timoshenko, S.P, Young, D.H., (1995). *Theory of Structures*, McGraw Hill Book Co, New York.
  - k. Kata-kata asing ( jika naskah ditulis dalam bahasa Indonesia ) dicetak *miring*.
6. Menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut :
  - a. Judul Naskah.
  - b. Nama penulis utama, penulis pembantu.
  - c. Abstrak dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris.
  - d. Kata kunci.
  - e. Pendahuluan ( berisi latar belakang, tujuan, ruang lingkup, dan metodologi ).
  - f. Isi ( tinjauan pustaka ).
  - g. Studi Kasus ( data, studi kasus, dan pembahasan )
  - h. Penutup ( kesimpulan, saran, dan daftar pustaka ).
7. Naskah dikirim dalam bentuk *file* via E-mail.
8. Naskah yang masuk redaksi akan ditinjau oleh penelaah ahli dalam bidangnya sebelum diterbitkan.
9. Jurnal terbit 2x dalam setahun pada bulan April dan Oktober.