

Kajian Kuat Tekan Beton di Lingkungan Laut Tropis Banyuwangi

Syarifah Khirunnisa, Mirza Ghulam Rifqi, dan M. Shofi'ul Amin

**Model Bangkitan Perjalanan pada Kawasan Pinggiran menuju Pusat Kota
(Studi pada Kawasan yang Mengalami Perubahan Spasial)**

Theresia A. Bria, Tedy Wonlele, Onisius Loden

**Kinerja Rambu Lalu Lintas dan Dampaknya Pada Kecelakaan
(Studi Kasus : Jalan Soekarno Hatta Bandung)**

Yusmiati Kusuma, Tatang Sumarna, Dewi Mustika, Melina Demar

**Identifikasi Tingkat Risiko Kawasan Rentan Bencana Alam Banjir Sungai Kayan
Kabupaten Bulungan Berbasis Geografis Informasi Sistem**

Noptri Jumario, Rachel Zandra Singal

**Analisis Daya Dukung Tiang Bor dengan Alat *Pile Driving Analyzer Test*
pada Variasi Diameter Tiang**

Geni Firuliadhim, Rabiya

**Rancang Bangun Tsunami Pods sebagai Tempat Evakuasi Sementara (TES)
untuk Mewujudkan Wilayah Tangguh Bencana**

Mirza Ghulam Rifqi, M. Shofi'ul Amin, Enes Ariyanto Sandi

Potensi: Jurnal Sipil Politeknik terakreditasi sebagai **Jurnal Ilmiah Terakreditasi Peringkat 4** berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia **Nomor: 23/E/KPT/2019**, tanggal 8 Agustus 2019, tentang Hasil Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode 4 Tahun 2019.

Terbit: 2 kali dalam satu tahun (Maret dan Oktober)

POTENSI: Jurnal Sipil Politeknik

Online ISSN: 2580-8133

Print ISSN: 1411-2949

PENERBIT:

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung

PENYUNTING PELAKSANA:

Ketua:

Ambar Susanto, ST., MT.

Anggota:

Dr. Yackob Astor, ST. MT.

Retno Utami, SST., MT.

Aditia Febriansya, SST., M.Tr.T.

PENYUNTING AHLI:

Dr. Ir. Bambang Setio Budianto, M.Sc. (Politeknik Negeri Bandung)

Dr. Mardiana Oesman, BSCE., MT. (Politeknik Negeri Bandung)

Dr. Ir. Riawan Gunadi, MT. (Politeknik Negeri Bandung)

Ir. Suherman Sulaeman, M.Sc., Ph.D (Politeknik Negeri Bandung)

Lindung Zalbuin Mase, ST., M.Eng., Ph.D (Universitas Bengkulu)

ALAMAT PENYUNTING:

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung,
Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung 40012 Kotak Pos 1234

Website: <https://www.polban.ac.id>

Telp/Fax: (022) 2013789 / (022) 2013889

E-mail: potensi@polban.ac.id

Daftar Isi

- ❑ Daftar Isi
- ❑ Pengantar Redaksi
- ❑ Kajian Kuat Tekan Beton di Lingkungan Laut Tropis Banyuwangi
Syarifah Khirunnisa, Mirza Ghulam Rifqi, dan M. Shofi'ul Amin.....47-53
- ❑ Model Bangkitan Perjalanan pada Kawasan Pinggiran menuju Pusat Kota
(Studi pada Kawasan yang Mengalami Perubahan Spasial)
Theresia A. Bria, Tedy Wonlele, Onisius Loden.....54-60
- ❑ Kinerja Rambu Lalu Lintas dan Dampaknya Pada Kecelakaan
(Studi Kasus: Jalan Soekarno Hatta Bandung)
Yusmiati Kusuma, Tatang Sumarna, Dewi Mustika, Melina Demar.....61-64
- ❑ Identifikasi Tingkat Risiko Kawasan Rentan Bencana Alam Banjir
Sungai Kayan Kabupaten Bulungan Berbasis Geografis Informasi Sistem
Rachel Zandra Singal, Noptri Jumario.....65-69
- ❑ Analisis Daya Dukung Tiang Bor dengan Alat *Pile Driving Analyzer Test*
pada Variasi Diameter Tiang
Geni Firuliadhim, Rabiya.....70-73
- ❑ Rancang Bangun Tsunami Pods sebagai Tempat Evakuasi Sementara
(TES) untuk Mewujudkan Wilayah Tangguh Bencana
Mirza Ghulam Rifqi, M. Shofi'ul Amin, Enes Ariyanto Sandi.....74-82
- ❑ Pedoman Penulisan Artikel

Pengantar Redaksi

Puji syukur atas karunia Tuhan Yang Maha Esa dengan rahmat dan berkah-Nya yang melimpah mendatangkan pada kami kemampuan menerbitkan edisi Volume 21 Nomor 2, Oktober 2019 ini. Tradisi keilmiahan di lingkungan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung semoga tetap terjaga dan berkembang dengan hadirnya jurnal ini.

Beragam topik tersaji pada 6 artikel yang kami muat dalam volume ini, semoga bermanfaat bagi para pembaca. Redaksi mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan serta atas terbitnya edisi ini. Kritik dan saran kami akan nantikan, karena akan menjadi modal bagi perbaikan pada edisi berikutnya dan untuk kebaikan di waktu mendatang. Semoga jurnal ini semakin meningkat kualitasnya dan memperkaya khazanah ilmu pengetahuan.

Redaksi Potensi

KAJIAN KUAT TEKAN BETON DI LINGKUNGAN LAUT TROPIS BANYUWANGI

Syarifah Khirunnisa¹, Mirza Ghulam Rifqi², dan M. Shofi'ul Amin³

¹Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi 68461

E-mail : syarifahkhanis@gmail.com

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi 68461

E-mail : mirza@poliwangi.ac.id

³Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi 68461

E-mail : shofiul@poliwangi.ac.id

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan wilayah perairan yang sangat luas. Pembangunan struktur di laut merupakan hal yang tidak dapat dihindarkan. Beton digunakan karena sifatnya yang lebih tahan korosi daripada baja. Tidak dapat diabaikan bahwa beton mengalami kerusakan karena pengaruh lingkungan laut. Mehta (2003) membagi kerusakan beton di laut pada tiga zona, yakni *atmospheric zone*, *tidal zone*, dan *submerged zone*. Penelitian ini membahas tentang kuat tekan beton yang diletakkan di lingkungan laut tropis Banyuwangi. Menggunakan benda uji silinder beton, tipe semen PCC, FAS 0.45 dan kuat tekan rencana 35 MPa. Meski kuat tekan beton di lingkungan laut tidak mencapai kuat tekan rencana, namun di setiap umur kuat tekan beton masih mengalami peningkatan. Semakin besar kontak yang terjadi antara beton dengan air laut maka semakin besar pula penurunan kuat tekan beton yang terjadi. Kuat tekan terendah 28 hari terjadi pada beton *Submerged Zone* sebesar 27.16 MPa. Benda uji yang di-*curing* Air Tawar (BAT) pada umur 28 hari memiliki kuat tekan sebesar 35.05 MPa, benda uji *Atmospheric Zone* (BAZ) sebesar 32.22 MPa, benda uji *Tidal Zone* (BTZ) sebesar 29.80 MPa dan benda uji *Submerged Zone* (BSZ) sebesar 27.16 MPa. Sampel dengan nilai kuat tekan terkecil terdapat pada *Submerged Zone* pada saat umur 28 hari.

Kata Kunci:

beton, kuat tekan, laut Banyuwangi

1. PENDAHULUAN

Pembangunan di wilayah perairan khususnya laut, memerlukan bahan bangunan yang tahan terhadap air laut yang bersifat agresif. Beton menjadi pilihan yang tepat untuk digunakan di wilayah laut dibandingkan dengan baja yang dapat mengalami korosi. Akan tetapi, tidak dapat diabaikan bahwa beton dapat mengalami kerusakan akibat adanya pengaruh lingkungan laut.

Air laut sendiri memiliki kandungan garam yang tinggi yang dapat mengurangi kekuatan dan keawetan beton. Umumnya air laut mengandung garam-garam laut $\pm 3.5\%$ dari beratnya. Konsentrasi ion Na^+ dan Cl^- sekitar 11000 dan 20000 mg/l, sedangkan ion Mg^{+2} dan SO_4^{-2} kurang lebih 1400 dan 2700 mg/l. Air laut mempunyai pH 7.5-8.4. Kerusakan dapat terjadi pada beton akibat reaksi antara air laut yang agresif yang masuk ke dalam beton dengan senyawa-senyawa di dalam beton yang mengakibatkan beton kehilangan sebagian massa, kehilangan kekuatan dan kekakuannya serta mempercepat proses pelapukan [6].

Kerusakan yang dialami beton akan mengakibatkan kerugian, terutama beton yang digunakan dalam infrastruktur laut misalnya pelabuhan. Kerusakan akan mengakibatkan turunnya kekuatan struktur dan memperpendek masa layan bangunan. Jika dibiarkan dan kerusakan yang terjadi semakin parah, maka bangunan tidak dapat dipergunakan kembali.

Di Indonesia sendiri penelitian mengenai pengaruh air laut terhadap beton telah dilakukan. Penggunaan air laut sebagai media perawatan (*curing*) dengan variasi faktor air semen memberikan perbedaan pengaruh terhadap kuat tekan beton. Kuat tekan beton yang menggunakan air bersih lebih tinggi dibandingkan yang menggunakan air laut [7]. Pada beton mutu K-175 yang menggunakan air laut sebagai media perawatan maupun bahan campuran juga menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan beton yang menggunakan air tawar [2]. Dalam penelitian lain, penggunaan air laut sebagai media perawatan beton menunjukkan bahwa beton yang mengalami perawatan dengan air laut memiliki kuat tekan awal yang lebih tinggi dari pada beton yang mengalami perawatan dengan air tawar, namun setelah itu kekuatannya akan lebih rendah [10]. Pada daerah pasang surut penggunaan air laut sebagai air pencampur beton menunjukkan beton dengan *curing* basah memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton dengan *curing* kering-basah (daerah pasang surut) [1]. Intrusi air laut juga memiliki pengaruh terhadap kuat tekan beton. Beton yang mengalami intrusi air laut menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton yang terintrusi air gambut, air kelapa maupun air biasa [3]. Melihat pengaruh air laut yang signifikan pada beton, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh air laut terhadap beton dengan mempertimbangkan bidang kontak beton dengan air laut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tingkat kerusakan yang dialami beton berbeda-beda tergantung dari kondisi paparan atau bidang kontak beton dengan air laut. Tiga kondisi kerusakan beton akibat pengaruh air laut diilustrasikan pada Gambar 1.

1. Submerged zone

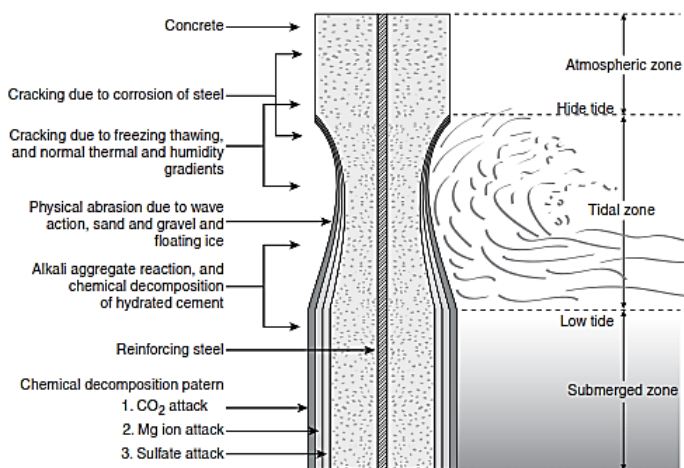
Submerged zone adalah bagian dari struktur yang selalu dan terus-menerus terendam air laut. Laju korosi karena kandungan klorida dalam air laut tergantung pada ketersediaan oksigen. Korosi tulangan jarang terjadi pada bagian ini karena kekurangan oksigen.

2. Tidal zone

Tidal zone adalah bagian dari struktur yang mengalami kondisi kering-basah berulang-ulang oleh air laut. Pada zona ini gelombang mencapai level air tertinggi dan terendah, beton mengalami semua jenis serangan baik fisik maupun kimia, dan tulangan rentan terhadap korosi karena adanya kombinasi antara kelembaban, garam dan oksigen. Pada kondisi ini juga terjadi kerusakan karena kristalisasi garam. Di Negara yang memiliki empat jenis musim maka pada *tidal zone* akan terjadi kerusakan akibat proses pembekuan dan pencairan air laut.

3. Atmospheric zone

Atmospheric zone adalah bagian dari struktur yang berada di atas *tidal zone*. Kerusakan yang terjadi pada bagian ini menyerupai dengan kerusakan yang terjadi pada *tidal zone* tetapi dalam tingkatan yang lebih rendah. Abrasi akibat gelombang dan benda mengambang tidak akan terjadi pada zona ini.



Gambar 1. Skema perusakan beton akibat air laut [6]

Marine growth yang tumbuh pada permukaan beton tidak hanya berupa alga namun juga *barnacle* yang dalam Bahasa Indonesia dikenal sebagai "teritip". Ciri-ciri teritip adalah seluruh tubuhnya diselubungi oleh cangkang. Pada teritip dewasa, cangkang tersebut terbentuk dari zat kapur. Teritip memiliki kelenjar penghasil "cement" dan "antenna" yang berguna untuk mengikatkan tubuh ke suatu substrat saat dimulainya stadium dewasa [4].

Perhitungan standar deviasi dilakukan untuk mencari keseragaman benda uji yang dihasilkan. Semakin kecil nilai standar deviasi maka benda uji yang dibuat semakin

seragam. Klasifikasi standar deviasi mengacu pada SNI 03-6815-2002 tentang Tata Cara Mengevaluasi Hasil Uji Kekuatan Beton yang membagi standar deviasi ke dalam lima kategori, yakni kurang, cukup, baik, sangat baik dan terbaik [9].

3. URAIAN PENELITIAN

3.1 Karakteristik Material

Material campuran beton terdiri dari air, semen *portland* komposit, pasir Lumajang sebagai agregat halus dan batu pecah sebagai agregat kasar. Pengujian material campuran beton dilakukan di Laboratorium Uji Beton Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi. Karakteristik fisik agregat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik fisik agregat yang digunakan

Karakteristik fisik agregat	Kasar	Halus
Ukuran maksimum (mm)	20	2.9
Berat jenis	2.53	2.56
Kadar air resapan (%)		
Asli	0.1	1.40
SSD	1.70	1.56
Berat volume (kg/m ³)		
Rojokan	1455.56	1553.71
Tanpa rojokan	1404.44	1387.36
Angka kehalusan	6.64	2.91

3.2 Mix Design

Proporsi campuran dibuat berdasarkan metode *Development of Environment* (DOE) dengan mengacu pada SNI 03-2834-2000 [8]. Berikut adalah prosedur *Mix Design* yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Kuat tekan rencana = 35 MPa
Kuat tekan target akibat koreksi standar deviasi sebesar 0 MPa = 35 MPa
2. Faktor air semen = 0.45 (ditetapkan)
3. *Slump* = 12 ± 2
4. Kadar air bebas = 225 kg/m³
5. Jumlah semen = 500 kg/m³
6. Gradasi agregat halus = Zona 2
7. Persen agregat halus = 40%
8. Berat jenis relatif (SSD) = 2.544
9. Berat isi beton = 2281.25 kg/m³
10. Kadar agregat gabungan = 1556.25 kg/m³
11. Kadar agregat halus = 622.5 kg/m³
12. Kadar agregat kasar = 933.75 kg/m³

3.3 Pembuatan Benda Uji

Tabel 2. Jumlah benda uji

Tabel 2. Jumlah Benda Uji				
Kode Benda Uji	Jumlah Kuat Tekan Silinder			Jumlah
	Umur			
	7	14	28	
BAT	3	3	3	9
BAZ	3	3	3	9
BTZ	3	3	3	9
BSZ	3	3	3	9
Total				36

Keterangan :

BAT = Beton *curing* Air Tawar

BAZ = Beton diletakkan di *Atmospheric Zone*

BTZ = Beton diletakkan di *Tidal Zone*

BSZ = Beton diletakkan di *Submerged Zone*

Benda uji yang dibuat adalah silinder beton berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 2 dan Proses pembuatan benda uji ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Proses pencampuran material beton



Gambar 3. Proses pencetakan benda uji beton

3.4 Peletakan Benda Uji di Lingkungan Laut

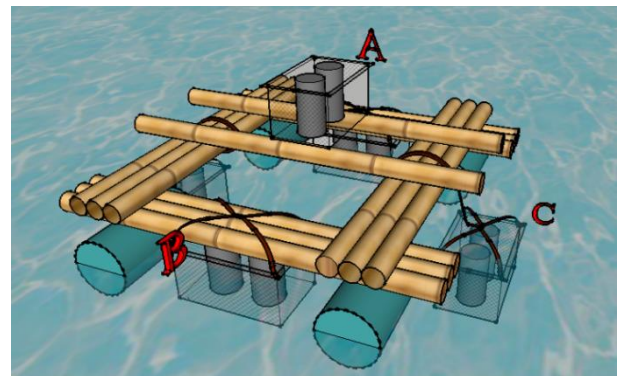
Agar dapat diketahui pengaruh lingkungan laut tropis Banyuwangi pada beton, maka dibuat benda uji yang dirawat dengan cara *curing* air tawar (BAT) sebagai pembanding nilai kuat tekan.



Gambar 4. Proses *curing* pada benda uji beton

Perawatan *curing* beton dilakukan di Laboratorium Uji Beton Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi seperti yang terlihat pada Gambar 4. Benda uji *curing* air tawar diuji tekan ketika mencapai umur 7, 14 dan 28 hari.

Benda uji BAZ, BTZ dan BSZ di letakkan di area wisata Rumah Apung Bangsring *Underwater* yang mewakili laut sisi timur Kabupaten Banyuwangi. Beton diletakkan pada saat beton berumur 6 hari. Hal ini dikarenakan benda uji beton tidak boleh berkontak langsung dengan air laut hingga mencapai umur 5 hari [5]. Sebelum mencapai umur 5 hari, beton diletakkan dalam suhu ruang di Laboratorium Uji Beton Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi. Ilustrasi peletakan benda uji di lingkungan laut disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Ilustrasi peletakan benda uji di lingkungan laut

Keterangan:

A = *Atmospheric Zone*

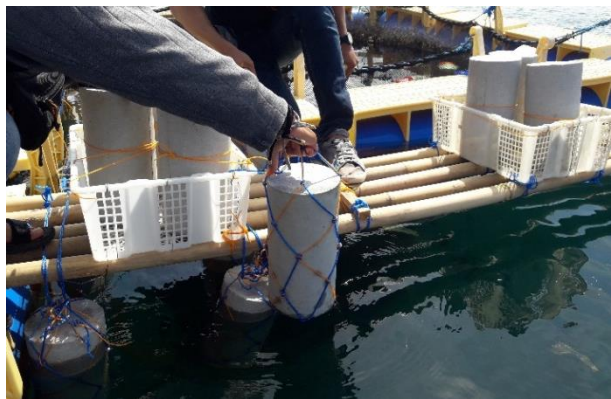
B = *Tidal Zone*

C = *Submerged Zone*

Dalam pelaksanaannya, benda uji di *atmospheric zone* diletakkan pada keranjang plastik yang sisi-sisinya memiliki lubang, hal ini dilakukan agar ketika air laut mengalami penguapan, benda uji tidak terhalang oleh sisi-sisi keranjang. Sedangkan untuk benda uji di *tidal zone* dan *submerged zone* dimasukkan ke dalam keranjang jaring yang terbuat dari tali tambang plastik, kemudian diikat pada keramba apung. Peletakan benda uji di lingkungan laut dapat dilihat pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 8.



Gambar 6. Peletakan benda uji di *atmospheric zone*



Gambar 7. Peletakan benda uji di *tidal zone*

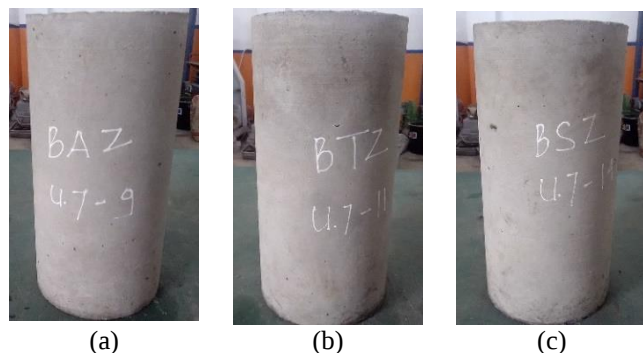


Gambar 8. Peletakan benda uji di *submerged zone*

Sama seperti benda uji BAT, benda uji BAZ, BTZ dan BSZ diuji kuat tekan pada umur 7, 14 dan 28 hari. Dimana benda uji umur 7 hari telah berada di lingkungan laut selama 24 jam, benda uji umur 14 hari selama 192 jam dan benda uji umur 28 hari selama 528 jam.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

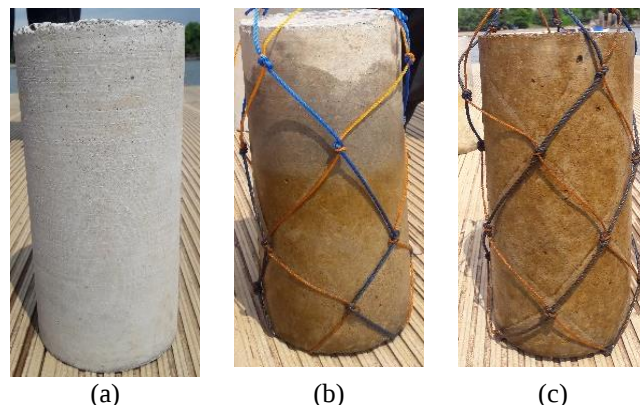
Setelah mencapai umur pengujian benda uji dipindahkan dari lingkungan laut ke laboratorium, untuk selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan. Kondisi benda uji setelah diletakkan di lingkungan laut dapat dilihat pada Gambar 9 sampai dengan Gambar 11.



Gambar 9. Kondisi benda uji umur 7 hari (a) *atmospheric zone* (b) *tidal zone* (c) *submerged zone*

Benda uji umur 7 hari yang telah berada di lingkungan laut selama 24 jam tidak banyak mengalami perubahan pada

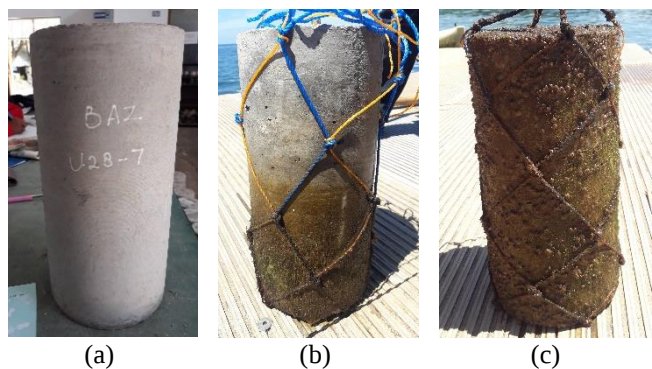
kondisi fisik permukaan beton. Terlihat pada Gambar 9, bahwa baik benda uji yang mengalami kontak langsung dengan air laut maupun yang tidak mengalami kontak langsung dengan air laut, tiap-tiap benda uji memiliki penampilan luar yang sama, yakni berwarna abu-abu terang.



Gambar 10. Kondisi benda uji umur 14 hari (a) *atmospheric zone* (b) *tidal zone* (c) *submerged zone*

Pada benda uji yang telah berada di lingkungan laut selama 192 jam terlihat perbedaan penampakan permukaan beton. Benda uji *atmospheric zone* memiliki warna abu-abu terang pada permukaannya. Benda uji *tidal zone* memiliki 3 warna pada permukaannya, yakni abu-abu terang, abu-abu gelap dan coklat kehijauan.

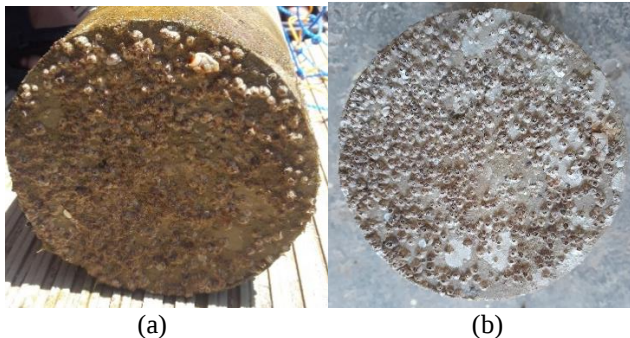
Abu-abu terang menunjukkan bagian yang tidak terkena air laut, abu-abu gelap menunjukkan bagian yang secara berkala terkena air laut dan warna coklat kehijauan menunjukkan bagian yang selalu terendam oleh air laut. Warna coklat kehijauan terjadi karena pada permukaan beton tumbuh *marine growth* berupa alga. Pada benda uji *submerged zone* seluruh permukaannya memiliki warna coklat kehijauan. Sama seperti bagian benda uji *tidal zone* yang terus terendam air laut, permukaan benda uji *submerged zone* ditumbuhi oleh *marine growth* berupa alga.



Gambar 11. Kondisi benda uji umur 28 hari (a) *atmospheric zone* (b) *tidal zone* (c) *submerged zone*

Benda uji umur 28 hari yang telah berada di lingkungan laut selama 528 jam memiliki penampilan yang paling banyak mengalami perubahan, kecuali pada benda uji *atmospheric zone* masih sama dengan warna abu-abu terang karena tidak mengalami kontak langsung dengan air laut.

Marine growth yang tumbuh pada permukaan beton umur 28 hari, tidak hanya berupa alga namun juga *barnacle* yang dalam Bahasa Indonesia dikenal sebagai “teritip”. *Barnacle* yang tumbuh pada permukaan beton dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Barnacle pada permukaan beton (a) kondisi basah (b) kondisi kering

4.1 Berat Volume Beton

Sebelum proses uji kuat tekan, dilakukan pemeriksaan berat volume pada beton. Pemeriksaan berat volume dilakukan dengan cara menimbang masing-masing benda uji. Hasil pengujian berat volume rata-rata dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Berat volume rata-rata beton

Kode benda uji	Berat volume rata-rata umur 7 hari (kg/m ³)	Berat volume rata-rata umur 14 hari (kg/m ³)	Berat volume rata-rata umur 28 hari (kg/m ³)
BAT	2247.91	2249.36	2227.73
BAZ	2234.08	2222.60	2187.27
BTZ	2255.55	2267.69	2209.53
BSZ	2255.02	2261.62	2230.84

Lingkungan laut berpengaruh pada berat volume benda uji. Benda uji yang mengalami kontak langsung dengan air laut memiliki berat volume yang lebih besar dibandingkan dengan benda uji yang tidak berkontak langsung dengan air laut. Namun jika dibandingkan dengan benda uji *curing* air tawar, berat volume benda uji *curing* air laut memiliki nilai berat volume yang lebih besar.

4.2 Uji Kuat Tekan

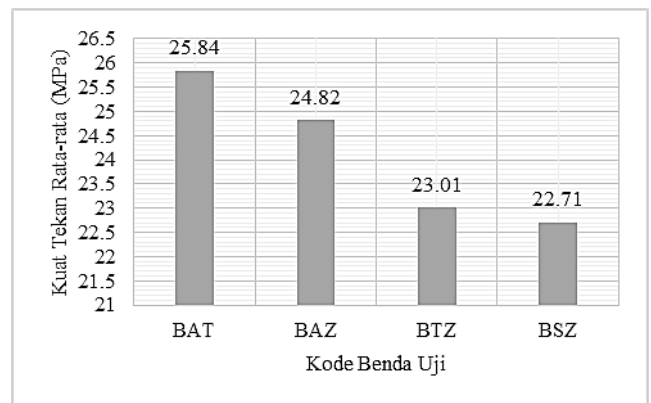
Uji kuat tekan dilakukan pada silinder beton dengan diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Uji Beton Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi. Hasil kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 13 sampai dengan Gambar 15.

Tabel 4. Kuat tekan uji rata-rata beton berdasarkan umur

Kode benda uji	Kuat tekan rata-rata 7 hari (MPa)	Kuat tekan rata-rata 14 hari (MPa)	Kuat tekan rata-rata 28 hari (MPa)
BAT	25.84	32.82	35.05
BAZ	24.82	25.80	32.22
BTZ	23.01	24.67	29.80
BSZ	22.71	24.97	27.16

Pada umur 7 hari benda uji yang telah berada selama 24 jam di lingkungan laut memiliki nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan benda uji *curing* air tawar. Dengan urutan kuat tekan dari yang terbesar ke yang terkecil adalah benda uji BAT (25.84 MPa), benda uji BAZ (24.82 MPa), benda uji BTZ (23.01 MPa), dan yang terakhir benda uji BSZ (22.71 MPa).

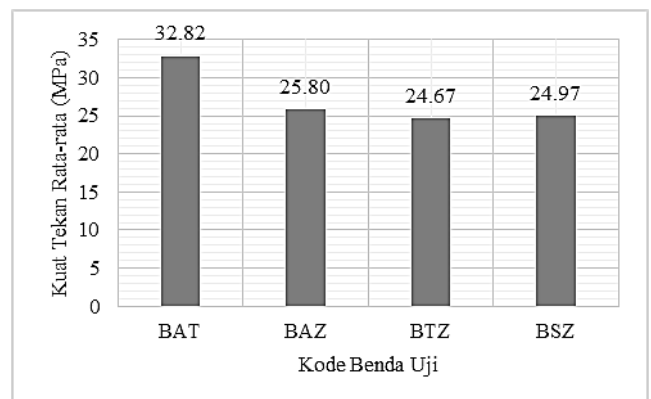
Benda uji BAZ memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan benda uji BTZ dan BSZ dan perbedaan hasil uji kuat tekan menunjukkan penurunan nilai kuat tekan yang signifikan. Hal ini dimungkinkan dapat terjadi dikarenakan adanya intrusi air laut pada beton. Kondisi tersebut ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Kuat tekan rata-rata umur 7 hari

Pada pengujian umur 14 hari urutan kuat tekan dari yang terbesar ke yang terkecil adalah benda uji BAT (32.82 MPa), benda Uji BAZ (25.80 MPa), benda uji BSZ (24.97 MPa), dan yang terakhir benda uji BTZ (24.67 MPa).

Sama seperti umur 7 hari, benda uji yang mengalami kontak langsung dengan air laut selama 192 jam memiliki kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan benda uji yang tidak berkontak langsung dengan air laut. Hasil uji tekan pada sampel beton umur 14 hari untuk BAZ, BTZ dan BSZ, menunjukkan mutu yang tidak berbeda jauh. Namun mutunya jauh lebih rendah dibandingkan dengan sampel BAT. Perilaku benda uji pada umur 14 hari ditunjukkan pada Gambar 14.

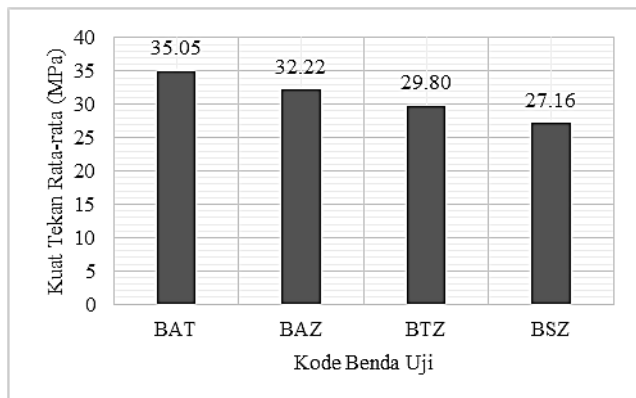


Gambar 14. Kuat tekan rata-rata umur 14 hari

Pada pengujian umur 28 hari urutan kuat tekan dari yang

terbesar ke yang terkecil adalah benda uji BAT (35.05 MPa), benda uji BAZ (32.22 MPa), benda uji BTZ (29.80 MPa), dan yang terakhir benda uji BSZ (27.16 MPa).

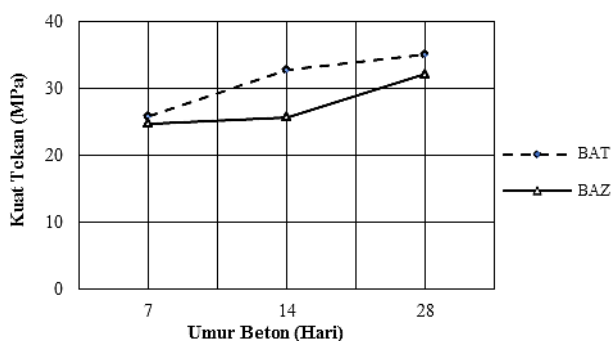
Sama seperti dua umur pengujian sebelumnya, benda uji yang mengalami kontak langsung dengan air laut selama 528 jam memiliki kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan benda uji yang tidak berkontak langsung dengan air laut. Perbedaan mutu beton untuk BAT, BAZ, BTZ dan BSZ rata-rata memiliki nilai yang seragam yaitu sekitar 3 MPa. Mutu benda uji untuk umur 28 hari ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Kuat tekan rata-rata umur 28 hari

Hasil pengujian pada umur 7, 14 dan 28 hari menunjukkan bahwa setiap benda uji yang diletakkan di lingkungan laut mengalami peningkatan kuat tekan di setiap umur pengujian. Dari ketiga kondisi kontak beton dengan air laut, *atmospheric zone* memiliki nilai kuat tekan paling tinggi di setiap pengujian.

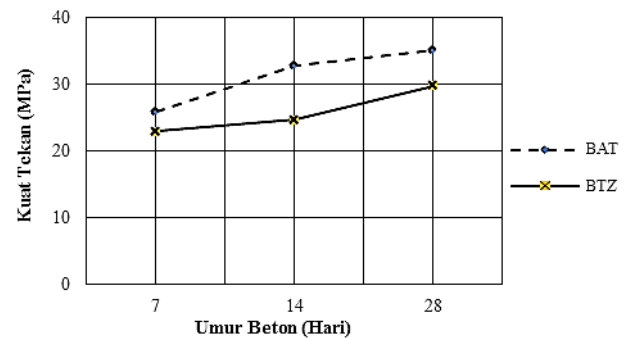
Hasil kuat tekan dengan adanya perbedaan kondisi peletakan menunjukkan terjadinya penurunan mutu beton dibandingkan dengan beton yang dirawat menggunakan air tawar. Hasil pengujian kuat tekan benda uji BAZ dengan benda uji BAT sebagai acuan mengalami penurunan sebesar 4% (umur 7 hari), 21% (umur 14 hari), dan 8% (umur 28 hari) ditunjukkan pada Gambar 16.



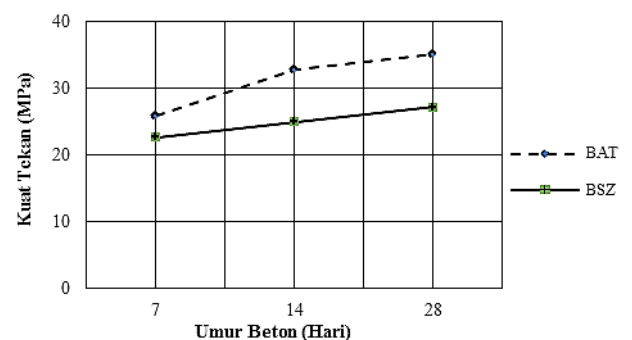
Gambar 16. Penurunan mutu BAZ terhadap mutu BAT

Hasil pengujian kuat tekan benda uji BTZ, seperti yang ditampilkan pada Gambar 17, dengan benda uji BAT sebagai acuan mengalami penurunan sebesar 11% (umur 7 hari), 25% (umur 14 hari), dan 15% (umur 28 hari).

Hasil pengujian kuat tekan benda uji BSZ dengan benda uji BAT sebagai acuan mengalami penurunan sebesar 12% (umur 7 hari), 24% (umur 14 hari), dan 23% (umur 28 hari). Penurunan benda uji BSZ dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 17. Penurunan mutu BTZ terhadap mutu BAT



Gambar 18. Penurunan mutu BAZ terhadap mutu BAT

4.3 Standar Deviasi

Perhitungan standar deviasi dilakukan untuk mencari keseragaman benda uji yang dihasilkan. Semakin kecil nilai standar deviasi maka benda uji yang dibuat semakin seragam. Nilai standar deviasi kuat tekan umur 7, 14 dan 28 hari rata-rata masuk ke dalam kategori terbaik. Di mana kategori ini menunjukkan bahwa keseragaman benda uji yang dibuat cukup tinggi.

Nilai standar deviasi dapat dilihat pada Tabel 5 sampai dengan Tabel 7.

Tabel 5. Standar deviasi hasil kuat tekan umur 7 hari

Kode	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)	Standar deviasi	Klasifikasi standar deviasi
BAT	26.48	25.84	0.92	Terbaik
	24.79			
	26.26			
BAZ	24.45	24.82	1.07	Terbaik
	26.03			
	23.99			
BTZ	23.77	23.01	1.12	Terbaik
	21.73			
	23.54			
BSZ	21.73	22.71	1.02	Terbaik
	23.77			
	22.64			

Tabel 6. Standar deviasi hasil kuat tekan umur 14 hari

Kode	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)	Standar deviasi	Klasifikasi standar deviasi
BAT	32.37	32.82	0.45	Terbaik
	33.82			
	32.27			
BAZ	24.90	25.80	1.04	Terbaik
	25.58			
	26.94			
BTZ	23.99	24.67	0.68	Terbaik
	24.67			
	25.35			
BSZ	24.45	24.97	1.33	Terbaik
	26.48			
	23.99			

Tabel 7. Standar deviasi hasil kuat tekan umur 28 hari

Kode	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)	Standar deviasi	Klasifikasi standar deviasi
BAT	33.84	35.05	1.31	Terbaik
	34.86			
	36.44			
BAZ	30.33	32.22	1.93	Terbaik
	32.14			
	34.18			
BTZ	28.07	29.80	1.81	Baik
	29.65			
	31.69			
BSZ	27.16	27.16	1.81	Baik
	28.97			
	25.35			

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisa kuat tekan beton di lingkungan laut tropis Banyuwangi dapat disimpulkan:

1. Pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari berturut-turut benda uji yang di-curing air tawar (BAT) memiliki kuat tekan sebesar 25.84 MPa; 32.82 MPa; 35.05 MPa, benda uji di *atmospheric zone* (BAZ) sebesar 24.82 MPa; 25.80 MPa; 32.22 MPa, benda uji di *tidal zone* (BTZ) sebesar 23.01 MPa; 24.67 MPa; 29.80 MPa, dan benda uji di *submerged zone* (BSZ) sebesar 22.71 MPa; 24.97 MPa; 27.16 MPa.
2. Hasil pengujian umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan kuat tekan benda uji BAT sebagai acuan, berturut-turut benda uji BAZ 4%, 21%, 8%; benda uji BTZ 11%, 25%, 15%; dan benda uji BSZ 12%, 24%, 23%.
3. Semakin besar kontak yang terjadi antara beton dengan air laut maka semakin besar pula penurunan kuat tekan beton yang terjadi. Dalam penelitian ini *submerged zone* yang merupakan wilayah di mana seluruh bagian beton terendam air laut memiliki nilai kuat tekan yang paling kecil saat umur 28 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Direktorat Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan finansial melalui Beasiswa Bidik Misi tahun 2016-2019.

2. Pengurus area wisata Bangsring *Underwater* yang telah memberikan izin tempat serta fasilitas selama penelitian dilaksanakan.
3. Politeknik Negeri Banyuwangi yang telah memfasilitasi pengujian dan perawatan material uji.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Junaid, M. W. Tjaronge dan R. Irmawaty, "Studi Kekuatan Beton yang Menggunakan Air Laut Sebagai Air Pencampur pada Daerah Pasang Surut," Universitas Hasanuddin Makassar, Makassar, 2014.
- [2] A. Kurniawandy, L. Darmayanti dan U. H. Pulungan, "Pengaruh Intrusi Air Laut, Air Gambut, Air Kelapa, dan Air Biasa terhadap Kuat Tekan Beton Normal," *Jurnal Sains dan Teknologi Vol. 11, No. 2*, pp. 51-58, 2012.
- [3] E. Hunggurami, S. Utomo dan A. Wadu, "Pengaruh Masa Perawatan (Curing) Menggunakan Air Laut terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Beton," *Jurnal Teknik Sipil Vol. III, No.2*, pp. 103-109, 2014.
- [4] Ermaitis, "Beberapa Catatan Tentang Marga Balanus (Cirripedia)," *Oseana*, vol. IX, no. 3, pp. 96-101, 1984.
- [5] JSCE Guidelines for Concrete No. 16, Standard Specification for Concrete Structure-2007 "Materials and Construction", Tokyo: Japan Society of Civil Engineers, 2010.
- [6] P. K. Mehta, *Concrete in the Marine Environment*, Oxfordshire: Taylor & Francis Books, Inc, 2003.
- [7] R. Syamsuddin, A. Wicaksono dan F. F. M., "Pengaruh Air Laut pada Perawatan (Curing) Beton terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Beton dengan Variasi Faktor Air Semen dan Durasi Perawatan," *Jurnal Rekayasa Sipil Vol. 5, No. 2*, pp. 68-75, 2011.
- [8] SNI 03-2834-2000, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2000.
- [9] SNI 03-6815-2002, Tata Cara Mengevaluasi Hasil Uji Kekuatan Beton, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2002.
- [10] Wibowo, "Pengaruh Air Laut Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K-175," Universitas Islam 45 Bekasi, Bekasi, 2013.

MODEL BANGKITAN PERJALANAN PADA KAWASAN PINGGIRAN MENUJU PUSAT KOTA (STUDI PADA KAWASAN YANG MENGALAMI PERUBAHAN SPASIAL)

Theresia A. Bria¹, Tedy Wonlele², Onisius Loden³

¹Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Kupang

Email:briathessa2909@gmail.com

²Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Kupang

Email:twonlele@gmail.com

³Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Kupang

Email:oniloden_2008@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pertumbuhan dan perkembangan kota-kota di Indonesia sangat berpengaruh pada perubahan spasial wilayah-wilayah di sekitarnya. Kawasan pinggiran yang awalnya adalah desa, kini berubah secara fisik menjadi kawasan kota baru yang ditandai dengan berkurangnya penggunaan lahan untuk pertanian di satu sisi penggunaan lahan untuk pemukiman dan kegiatan ekonomi semakin meningkat. Namun demikian, ketergantungan terhadap kota induknya sangat besar terutama untuk kegiatan pendidikan, bekerja dan memenuhi kebutuhan sehari-hari. Hal inilah yang kemudian menjadi salah satu penyebab terjadinya pergerakan. Oleh karena itu sangat penting untuk mengetahui bagaimana model bangkitan perjalanan dari kawasan pinggiran menuju kawasan perkotaan. Studi ini mengambil lokasi di wilayah Kota Kupang dengan wilayah pinggiran terdiri dari kawasan Penfui Timur dan sekitarnya. Model yang dikembangkan adalah menggunakan analisa regresi linier. Hasil menunjukkan bahwa variabel yang berpengaruh terhadap bangkitan perjalanan adalah jumlah anggota keluarga dengan koefisien regresi (0.2832), jumlah anggota keluarga yang bersekolah (0.3763) dan pendapatan (1.8×10^{-7}) serta nilai konstanta sebesar 1.4062. Berdasarkan hasil ini, maka untuk mengurangi perjalanan ke kota salah satu upaya yang perlu dilakukan adalah dengan memperluas akses untuk mendapatkan pendidikan di sekitar kawasan pinggiran sehingga perjalanan dengan tujuan sekolah ke kota dapat dikurangi.

Kata Kunci : Bangkitan, Perjalanan, Kawasan, Pinggiran

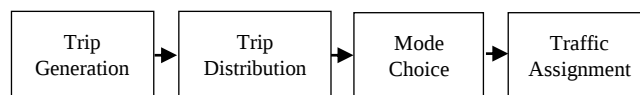
1. PENDAHULUAN

Pada banyak kota sedang berkembang di Indonesia, kecenderungan terjadinya perubahan spasial pada daerah-daerah pinggiran kota merupakan fenomena yang sering terjadi. Hal ini menyebabkan terjadinya perubahan kawasan yang tadinya merupakan desa atau kampung di pinggiran, menjadi kota-kota kecil yang sering disebut sebagai desa-kota. Fenomena ini dipicu oleh adanya tata guna lahan yang umumnya secara tegas memisahkan antara pemukiman dan pusat bisnis atau pusat kegiatan ekonomi ditambah lagi dengan mahalnya akses untuk mendapatkan perumahan di kota sehingga kawasan pinggiran menjadi alternatif sebagai tempat tinggal. Salah satu indikator yang dapat mengukur adanya perubahan spasial ini dilihat dari terjadinya perubahan dalam struktur mata pencaharian pada sektor non pertanian yang meningkat serta di satu sisi terjadi penurunan luas lahan pertanian di desa [1]. Meski kawasan ini mengalami pertumbuhan akan tetapi tetap sangat bergantung pada kota induknya dalam berbagai sektor [2].

Hal inilah yang menyebabkan terjadinya perjalanan dari desa (kawasan pinggiran) menuju ke kota baik untuk tujuan bekerja, sekolah, berbelanja, wisata dan kegiatan sosial. Berkaitan dengan itu, kawasan desa adalah kawasan

bangkitan sedangkan kota adalah tarikan perjalanan. Interaksi antara bangkitan dan tarikan ini, maka terjadilah pergerakan. Namun demikian, pergerakan ini terjadi tidak hanya kedua faktor tersebut di atas akan tetapi pergerakan yang terjadi sangat tergantung pada aksesibilitas dan mobilitas yang tersedia. Aksesibilitas dan mobilitas yang baik akan mendorong terjadinya pergerakan dan dapat mempercepat meningkatnya pertumbuhan suatu kawasan [3].

Secara teoritis, analisis terhadap bangkitan perjalanan merupakan bagian dari konsep perencanaan transportasi perkotaan. Dalam konsep perencanaan transportasi tradisional dikenal dengan konsep model empat tahap (*four step model*-FSM) yang terdiri dari *trip generation* (bangkitan perjalanan), *trip distribution* (distribusi perjalanan), *mode choice* (pemilihan moda) dan *route choice* (pemilihan rute) [4] [5] [6].



Gambar 1. Tahapan dalam model FSM

Dari Gambar 1 terlihat bangkitan perjalanan adalah tahapan awal dalam model untuk memperkirakan jumlah harian perjalanan berbasis zona dan rumah tangga [5] [7]. Dari jumlah perjalanan harian ini kemudian dapat direncanakan distribusi perjalanan menggunakan moda tertentu pada rute tertentu. Melalui analisis dalam konsep perencanaan ini diharapkan dapat diperoleh suatu kondisi pergerakan yang efisien dan efektif. Namun demikian, FSM sebenarnya merupakan pendekatan tradisional yang dipakai untuk memperkirakan kebutuhan akan perjalanan yang dikritik memiliki kelemahan, tidak mampu menjelaskan perilaku perjalanan secara utuh. Untuk itu dipakailah pendekatan generasi baru dalam perencanaan pemodelan kebutuhan transportasi yaitu berdasarkan pada pendekatan aktivitas (*activity based*) [8]. Pendekatan aktivitas dalam pemodelan kebutuhan transportasi ini terdiri dari dua model yaitu pertama model *tour based* dimana setiap perjalanan berawal dan berakhir pada tempat yang sama (umumnya pada *home based*) sedangkan model kedua *activity scheduling* yaitu sebuah perjalanan berdasarkan aktivitas di luar rumah yang sudah terjadwal secara jelas dan dibutuhkan untuk mengakses kegiatan tersebut [9].

Untuk itu, perlu kiranya dipahami faktor-faktor apa saja yang dapat memengaruhi seseorang untuk melakukan perjalanan. Beberapa studi terdahulu, mencoba menjelaskan berbagai faktor yang dapat memengaruhi seseorang dalam melakukan perjalanan. Faktor-faktor yang sering menjadi dasar kajian dalam menganalisis bangkitan adalah pendapatan rumah tangga, kepemilikan kendaraan, jumlah anggota keluarga dalam satu rumah tangga, dan struktur dalam rumah tangga serta yang dianalisis menggunakan pendekatan berbasis aktivitas [7]. Studi lain yang dilakukan di Kota Jember mendapatkan fakta bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi bangkitan perjalanan adalah pendapatan keluarga dalam satu bulan, jumlah anggota keluarga, jumlah anggota keluarga yang bekerja, dan jumlah anggota keluarga yang sekolah [10]. Sementara itu, di Palu, dalam analisis bangkitan terhadap salah satu kecamatan di Kota Palu diketahui bahwa faktor yang memengaruhi bangkitan perjalanan adalah jumlah anggota keluarga, kepemilikan kendaraan roda dua dan pendapatan [11].

Selanjutnya, penelitian lain tentang bangkitan perjalanan pada pusat kegiatan pemukiman dengan tujuan kawasan Telkom Jalan A.P Pettarani Makassar, dipengaruhi oleh kepemilikan mobil, jenis moda dan tujuan meninggalkan rumah, dan model yang paling berpengaruh terhadap pusat kegiatan (perumahan) adalah jenis moda yang digunakan [12].

Dari suatu studi di Bogota Columbia, menunjukkan hasil bahwa pendapatan, struktur dan ukuran rumah tangga, kepemilikan mobil, waktu perjalanan dan tata guna lahan berpengaruh pada bangkitan perjalanan. Hasil menunjukkan bahwa model *trip attraction* merupakan model terbaik untuk melakukan estimasi menggunakan data zona [13].

Dari beberapa studi di atas terlihat bahwa interaksi antara tata guna lahan, faktor rumah tangga dan sistem transportasi melahirkan perjalanan orang dari satu daerah asal ke suatu tujuan tertentu. Oleh karena itu, dalam artikel ini akan dibahas model bangkitan perjalanan dari kawasan pinggiran kota (suburban) sebagai daerah asal menuju ke kawasan kota (urban) sebagai daerah tujuan. Studi ini mengambil lokasi di Kota Kupang NTT, yang secara geografis berbatasan langsung dengan Kabupaten Kupang dimana terdapat beberapa desa yang berbatasan langsung dengan Kota Kupang yaitu kawasan Penfui Timur dan sekitarnya, Tarus dan Taebenu. Desa-desa ini kemudian dalam perkembangannya mengalami perubahan ruang seiring dengan waktu yang ditandai salah satunya dari perubahan fungsi lahan untuk pertanian dan peternakan menjadi kawasan permukiman, sekolah, pusat perbelanjaan dan lainnya.

2. METODE

Penelitian ini dimaksudkan untuk menghasilkan model bangkitan perjalanan dari daerah suburban yang mengalami perubahan spasial ke kawasan perkotaan. Untuk kawasan suburban yang diteliti adalah kawasan Penfui Timur dan sekitarnya yang berbatasan langsung dengan Kota Kupang. Survei menggunakan kuesioner yang diisi langsung maupun lewat media *online*. Jumlah kuesioner yang dapat dianalisis sebanyak 135 kuesioner (responden).

Model yang digunakan untuk meramalkan bangkitan perjalanan adalah model persamaan regresi linier berganda dengan variabel terikat adalah jumlah perjalanan per hari. Secara teoritis faktor –faktor yang dapat memengaruhi bangkitan perjalanan adalah faktor internal dan eksternal. Faktor internal antara lain adalah usia, pekerjaan, penghasilan, jumlah anggota keluarga, kepemilikan kendaraan, dan lainnya. Sedangkan faktor eksternal adalah antara lain jarak dari rumah ke pusat kota, tempat kerja, fasilitas hiburan, sekolah dan lain sebagainya. Selain itu, faktor tata guna lahan juga memengaruhi pergerakan dalam suatu sistem. Atas dasar itu dalam penelitian ini variabel yang digunakan sebagai variabel bebas adalah sebagai berikut : (X_1) Kepemilikan rumah; (X_2) Jumlah anggota keluarga; (X_3) Jumlah anggota keluarga yang bekerja; (X_4) Jumlah anggota keluarga yang sekolah; (X_5) Pendapatan; (X_6) Kepemilikan Mobil; (X_7) Kepemilikan sepeda motor; (X_8) Kepemilikan SIM; (X_9) Jarak tempuh; (X_{10}) Waktu tempuh.

Berdasarkan variabel di atas dapat dibentuk persamaan regresi linier sebagai berikut :

$$Y = C + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \dots + \beta_{10} X_{10} \quad (1)$$

Dengan:

Y = jumlah perjalanan per hari setiap rumah tangga
 X_{1-10} = peubah / variabel bebas
 β_{1-10} = koefisien regresi
 C = konstanta

Selanjutnya, persamaan regresi yang dihasilkan akan diuji normalitas, uji heteroskedastisitas, uji multikolinearitas dan autokorelasi, uji F Regresi dan T Parsial. Selain itu, akan ditentukan juga nilai R^2 dan *Standart Error of Estimate* (SEE) dari persamaan regresi yang menunjukkan semakin baiknya persamaan regresi yang dihasilkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Korelasi

Sebelum melakukan analisis regresi, maka terlebih dahulu dilakukan uji korelasi terhadap variabel independen ($X_1 - X_{10}$) terhadap variabel terikat : jumlah perjalanan rumah tangga per hari (Y) dan korelasi antar variabel. Variabel yang akan digunakan dalam membuat persamaan regresi adalah variabel yang nilai korelasinya $> 4,0$ yang menunjukkan tingkat hubungan dari sedang hingga sangat

kuat berdasarkan pada Tabel 1. Korelasi ini penting karena menunjukkan tingkat hubungan antar variabel. Selanjutnya, menggunakan analisis korelasi akan dicari hubungan antara variabel terikat Y dan variabel bebas X.

Tabel 1 Interval koefisien korelasi dan tingkat hubungan

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0.00-0.199	Sangat Rendah
0.20-0.399	Rendah
0.40-0.599	Sedang
0.60-0.799	Kuat
0.80 – 1.00	Sangat Kuat

Sumber : [14]

Hasil analisis korelasi ditunjukkan dalam Tabel 2. Dari hasil ini diketahui bahwa variabel X_2 (jumlah anggota keluarga), X_4 (jumlah anggota keluarga yang sekolah) dan X_5 (pendapatan) merupakan variabel dengan korelasi yang kuat dengan jumlah perjalanan per hari (Y).

Tabel 2 Koefisien Korelasi antar variabel

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
X1	-0.025 0.770	1								
X2	0.752 0.000	-0.008 0.923	1							
X3	0.212 0.014	0.046 0.600	0.233 0.006	1						
X4	0.752 0.000	0.075 0.389	0.779 0.000	-0.003 0.972	1					
X5	0.575 0.000	0.079 0.359	0.581 0.000	0.505 0.000	0.512 0.000	1				
X6	0.249 0.004	0.147 0.088	0.298 0.000	0.068 0.434	0.329 0.000	0.355 0.000	1			
X7	0.157 0.070	0.187 0.030	0.112 0.197	0.101 0.247	0.160 0.065	0.071 0.415	0.031 0.720	1		
X8	0.137 0.113	0.249 0.004	0.113 0.192	0.175 0.042	0.074 0.392	0.151 0.081	0.169 0.051	0.301 0.000	1	
X9	-0.138 0.111	-0.155 0.073	-0.098 0.257	-0.057 0.509	-0.147 0.089	-0.120 0.167	-0.159 0.066	-0.038 0.665	-0.043 0.621	1
X10	-0.107 0.219	0.122 0.158	-0.160 0.063	0.130 0.132	-0.171 0.049	-0.045 0.606	-0.271 0.001	0.297 0.000	0.216 0.012	0.502 0.000

Dari analisis korelasi di atas juga terlihat bahwa variabel bebas yang dipilih, ternyata semua variabel memiliki korelasi antar variabel yang kuat. Korelasi antara variabel X_2 dan X_4 dimana korelasinya 0.779 dan variabel X_2 dan X_5 memiliki korelasi sebesar 0.581 sedangkan X_4 dan X_5 memiliki korelasi sebesar 0.512. Oleh karena itu, maka pembentukan persamaan regresi dapat dilakukan secara bersama-sama untuk semua variabel di atas, sehingga persamaan yang dapat dibentuk sebagai berikut :

$$Y = C + \beta_2 X_2 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 \quad (2)$$

3.2 Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisa korelasi di atas telah diperoleh tiga variabel yang memiliki hubungan yang kuat dengan variabel Y, yaitu X_2 , X_4 , X_5 . Dari ketiga variabel tersebut kemudian dianalisis untuk mendapatkan suatu model persamaan regresi. Hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil analisa model regresi linier

Predictor	Coef	SE Coef	T	ρ	VIF
Constant	1.4062	0.2429	5.79	0.000	
X ₂	0.2832	0.1086	2.61	0.010	4.872
X ₄	0.3763	0.1105	3.41	0.001	4.389
X ₅	$1.8 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{-7}$	3.17	0.002	1.503

S = 0.785840 R-Sq = 63.5% R-Sq(adj) = 62.6%

Sedangkan hasil uji analisa varians disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Analisa Varians (ANOVA)

Source	DF	SS	MS	F	ρ
Regression	3	139.421	46.474	75.26	0.000
Residual	130	80.281	0,618		
Error					
Total	133	219.701			

Dari hasil analisa juga diperoleh nilai *Durbin-Watson statistic* (D) = 1.79360. Nilai ini nantinya akan digunakan untuk mengetahui ada tidaknya autokorelasi dari persamaan regresi yang dihasilkan. Sedangkan nilai statistik deskriptif dari masing-masing variabel dapat dilihat pada Tabel 5

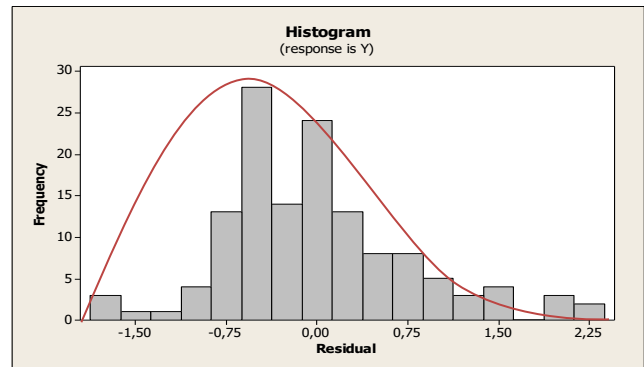
Tabel 5. Statistik Deskriptif

Variabel	N	Mean	SE Mean	StDev	Median
Y	135	3.822	0.110	1.281	4
X ₂	135	3.622	0.119	1.387	4
X ₄	134	1.881	0.112	1.292	2
X ₅	135	2.91	129238	1501605	3500000

3.3 Uji Normalitas

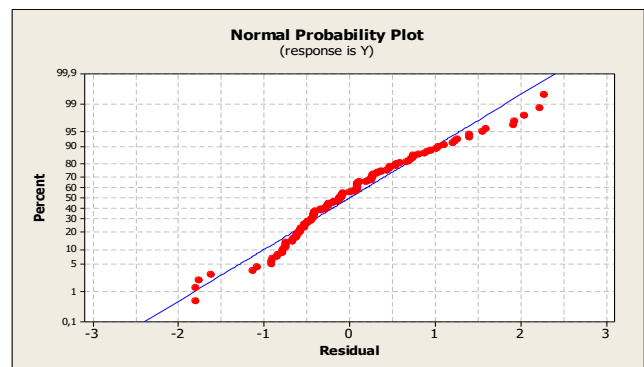
Untuk menguji normalitas dari data yang digunakan dilihat dari tampilan histogram dan grafik probabilitas normal dari data yang diuji. Uji ini dimaksudkan untuk menentukan apakah sebaran data yang ada berdistribusi normal atau tidak juga apakah data yang diperoleh berasal dari populasi yang sama.

Salah satu ukuran yang dipakai adalah menggunakan grafik histogram dimana normalitas ditandai dengan grafik yang menyerupai bel lonceng ke atas yang dihasilkan dari residual yaitu selisih antara variabel dependen atau Y dengan Y prediksi. Yang dimaksud dengan Y prediksi adalah nilai Y berdasarkan hasil persamaan regresi. Gambar 2 menunjukkan residual berdistribusi normal oleh karena histogram menyerupai bel menghadap ke atas.



Gambar 2. Histogram

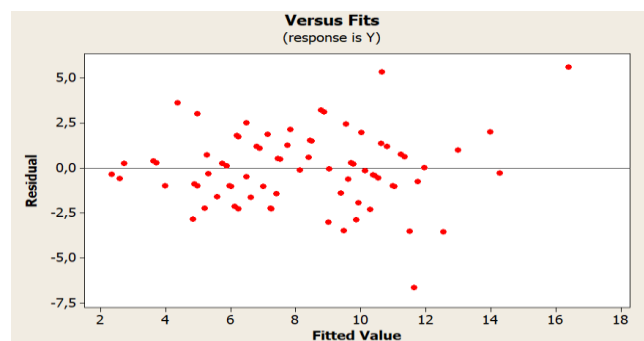
Sedangkan dari grafik *Normal Probability Plot* pada Gambar 3 terlihat bahwa residual berdistribusi pada garis lurus sehingga disimpulkan residual berdistribusi normal.



Gambar 3. Normal Probability Plot

3.4 Uji Heteroskedastisitas

Gejala heteroskedastisitas dapat ditentukan dengan diagram *scatter* antara variabel Y prediksi (Fits) dengan variabel residual.



Gambar 4. Pola sebaran Versus Fits

Dari Gambar 3 di atas dapat terlihat bahwa plot residual menyebar merata di atas dan di bawah sumbu 0 tanpa membentuk sebuah pola tertentu. Diagram di atas dapat menyimpulkan bahwa tidak terdapat gejala heteroskedastisitas.

3.5 Uji Multikolinearitas dan Autokorelasi

Untuk mendeteksi adanya gejala multikolinearitas dapat dilihat dari nilai VIF. Dikatakan tidak ada gejala

multikolinearitas apabila $VIF < 5$. Dari *output* hasil uji data nilai VIF 4.872, 4.389 dan 1.503 (Tabel 3) dimana kurang dari 5 maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada gejala multikolinearitas.

Untuk mendeteksi adanya gejala autokorelasi positif dan negatif didasarkan pada nilai *Durbin-Watson statistics* (D). Pada *output* analisis di atas nilai D sebesar 1.79360. Sedangkan dari tabel Durbin-Watson diperoleh $dL = 1.68894$ dan $dU = 1.7492$. Persyaratan tidak ada autokorelasi positif jika $D > dL$ dan $D > dU$ sedangkan jika maka tolak H_0 ; $d < d_U$ terima H_0 ; dan jika $dL = d = d_U$, pengujian tidak menyakinkan. Dari hasil uji Durbin-Watson diperoleh $D = 1.7936 > dL = 1.68894$ dan $D > dU = 1.7492$. Dengan demikian dapat disimpulkan tidak ada gejala autokorelasi positif.

Selanjutnya jika $4 - D > dL$ dan $4 - D > dU$ maka tidak terdapat autokorelasi negatif serta jika $d_L < (4 - D) < d_U$ maka pengujian tidak meyakinkan. Dari nilai Durbin-Watson $D = 1.79360$ maka $4 - D = 2.2064 > dL = 1.68894$ dan $4 - D > dU = 1.7492$. Dengan demikian dapat dipastikan bahwa tidak ada gejala autokorelasi negatif dan pengujian adalah meyakinkan serta dapat diambil kesimpulan.

3.6 Uji F Regresi dan T Parsial

Untuk memastikan bahwa semua variabel independen yang dimasukkan dalam analisis regresi secara bersama-sama berpengaruh pada variabel terikat maka dilakukan uji F pada regresi. Uji ini merupakan pengujian yang sifatnya sebagai uji simultan dan tingkat pengaruh ditunjukkan dari nilai p value < 0.05 pada tingkat kepercayaan 95%. Disimpulkan ada pengaruh apabila nilai p value kurang dari batas kritis penelitian atau alpha. Pada uji ini, nilai p regression pada *Analysis of Variance* (Anova) sebesar 0,000 di mana < 0.05 (tabel 4) maka disimpulkan bahwa secara simultan variabel independen (X_2 , X_4 , X_5) mempunyai pengaruh bermakna terhadap variabel dependen (Y).

Uji lainnya adalah uji T parsial yang dimaksudkan untuk melihat sejauh mana pengaruh masing-masing variabel bebas dalam model regresi terhadap variabel terikat dan tetap memperhatikan variabel lain dalam model. Nilai hasil pengujian ini (T parsial) dapat dilihat melalui nilai T pada hasil analisis (Tabel 3). Ketentuannya adalah variabel dinyatakan berpengaruh secara parsial jika nilai p value kurang dari batas kesalahan $\alpha = 0.05$. Dari hasil analisis pada Tabel 3, diketahui bahwa semua variabel independen memiliki nilai p value T parsial < 0.05 maka semua variabel bebas berpengaruh secara individu terhadap Y dengan memperhatikan variabel lain.

3.7 Persamaan Regresi

Persamaan regresi dalam analisis ini kemudian dibentuk dari nilai koefisien β pada *output* hasil analisis pada Tabel 3. Secara berurutan dari atas ke bawah:

- a) Constant: 1.4062
- b) β_2 : 0.2832
- c) β_4 : 0.3763
- d) β_5 : 1.8×10^{-7}

Dengan demikian persamaan regresi dapat ditulis sebagai berikut :

$$Y = 1.4062 + 0.2832X_2 + 0.3763X_4 + 1,8 \times 10^{-7} X_5$$

Dari persamaan regresi di atas dapat nyatakan beberapa hal sebagai berikut:

1. Apabila variabel lain bernilai konstan, Nilai Y akan berubah dengan sendirinya sebesar nilai konstanta yaitu 1.4062 atau dapat dikatakan pula jika variabel lain tidak ada maka bangkitan perjalanan akan terjadi sebesar 1.4062 kali per hari.
2. Apabila variabel lain bernilai konstan maka setiap penambahan 1 anggota keluarga akan menyebabkan terjadinya bangkitan sebesar 0,2832 setiap satu satuan X_2 .
3. Apabila variabel lain bernilai konstan maka setiap penambahan 1 orang anggota keluarga yang bersekolah maka akan menyebabkan bangkitan sebesar 0.3763 setiap satu satuan X_4 .
4. Apabila variabel lain bernilai konstan maka penambahan 1 satuan penghasilan keluarga maka akan menyebabkan bangkitan perjalanan sebesar 1.8×10^{-7} setiap satu satuan X_5 .

Selanjutnya, untuk menilai kekuatan model dalam melakukan peramalan perjalanan ini maka nilai R Square dapat dijadikan sebagai rujukan. Nilai ini sering disebut juga sebagai koefisien determinasi berganda. Dari hasil analisa yang termuat dalam Tabel 3 diketahui bahwa R-Sq sebesar 63.5% yang artinya adalah variabel bangkitan perjalanan (Y) dapat dijelaskan oleh sekelompok variabel independen Jumlah anggota keluarga (X_2), jumlah anggota keluarga yang bersekolah (X_4) dan penghasilan keluarga (X_5) secara serentak atau simultan sebesar 63.5% sedangkan sisanya ($100\% - 63.5\% = 36.5\%$) dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang tidak diteliti.

Selain itu, model persamaan regresi juga sering disebut sebagai model prediksi oleh karena adanya variabel terikat dan variabel bebas. Untuk menguji validitas model sebagai model prediksi maka dapat dilihat dari nilai *Standart Error of Estimate* (SEE) yaitu sebesar $S = 0.785840$ (Tabel 3). Nilai SEE ini dibandingkan dengan deviasi standar dari variabel dependen atau $Y = 1.281$ (Tabel 5) sehingga diperoleh $SEE = 0.785840 < StDev Y = 1.281$, maka dapat dinyatakan model regresi di atas adalah valid sebagai model prediksi.

3.8 Diskusi

Telah dijelaskan di atas bahwa variabel yang berpengaruh terhadap bangkitan perjalanan pada kawasan pinggiran kota di Kupang adalah jumlah anggota keluarga, jumlah anggota keluarga yang sekolah dan penghasilan keluarga. Temuan ini sejalan dengan studi yang dilakukan oleh Pidor, Karels dan Bolla [15], yang melakukan studi sebelumnya di dalam kota Kupang bahwa salah satu faktor yang berpengaruh pada bangkitan perjalanan adalah jumlah anggota keluarga yang sekolah.

Sementara studi lainnya juga menunjukkan hasil yang konsisten bahwa variabel yang berpengaruh dalam bangkitan perjalanan adalah variabel jumlah anggota keluarga dan pendapat per bulan dari rumah tangga di samping variabel lainnya yaitu kepemilikan kendaraan dan ukuran rumah tangga [16].

Hasil ini juga menunjukkan bahwa perjalanan yang dilakukan anak sekolah signifikan berpengaruh pada bangkitan perjalanan menuju kawasan perkotaan. Oleh karena itu, pemerintah perlu memberikan akses yang baik dalam mendapatkan layanan pendidikan yang dekat dengan kawasan pinggiran kota, sehingga dapat mengurangi perjalanan ke kawasan perkotaan untuk bersekolah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Puji Hardati, "Transformasi wilayah peri urban. kasus di Kabupaten Semarang," *Jurnal Geografi*, vol. 8, no. 2, pp. 108-177, Juli 2011.
- [2] Nanda Adi Prawatya, "Perkembangan spasial kota-kota kecil di Jawa Tengah," *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, vol. 1, no. 1, pp. 17-31, April 2013.
- [3] La Ode Muhamad Magribi and Aj. Suhardjo, "Aksesibilitas dan pengaruhnya terhadap pembangunan pedesaan; Konsep Model Sustainable Accselibility pada kawasan pedesaan di Propinsi Sulawesi Tenggara," *Jurnal Transportasi*, vol. 4, no. 2, pp. 149-160, Desember 2004.
- [4] Juan de Dios Ortúzar and Luis G Willumsen, *Modelling Transport.*: Wiley, 2001.
- [5] Michael G MacNally, "Four Step Model," in *Hand Book of Transport Modeling.*, 2016, pp. 35-33.
- [6] Ofyar Z Tamin, *Perencanaan, Pemodelan & Rekayasa Transportasi: Teori, contoh soal dan Aplikasi.* Bandung: ITB, 2008.
- [7] Abhishek L Hedau and S S Sanghai, "Development of Generation Model Using Activity Based," *International Journal of Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering Research and Development (IJCSEIERD)*, vol. 4, no. 3, pp. 61-78, Jun 2014.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini dan dari beberapa studi terdahulu, menegaskan bahwa faktor yang terlihat berpengaruh paling dominan dalam melakukan perjalanan adalah faktor rumah tangga seperti jumlah anggota keluarga, pendapatan dan juga kepemilikan kendaraan. Motivasi umumnya untuk melakukan perjalanan adalah untuk tujuan bersekolah dan bekerja. Dengan demikian kebutuhan akan perjalanan akan sangat bergantung pada faktor rumah tangga. Oleh karena itu, dalam merencanakan sistem transportasi perkotaan perlu untuk melakukan kajian terhadap aspek ini secara lebih mendalam dan komprehensif. Studi selanjutnya disarankan untuk melakukan telaah terhadap dampak timbal balik antara kebutuhan perjalanan dengan pertumbuhan dan perkembangan kawasan pinggiran kota serta dampaknya terhadap kawasan pusat kota.

UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini merupakan bagian dari Penelitian Dosen Pemula (PDP). Untuk itu kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang mendanai penelitian ini dan LPPM Politeknik Negeri Kupang atas kerja samanya selama ini.

- [8] William Davidson et al., "Synthesis of first practices and operational research approaches in activity-based travel demand modeling," *Transportation Research Part A*, vol. 41, pp. 464-488, 2007.
- [9] Eric J Miller, James Vaughan, David King, and Matthew Austin, "Implementation of a "Next Generation" Activity-Based Travel Demand Model: The Toronto Case," in *Paper prepared for presentation at the Travel Demand Modelling and Traffic Simulation Session of the 2015 Conference of the Transportation Association of Canada*, Charlottetown, 2015, pp. 1-20.
- [10] Sonya Sulistyono and Wiwik Yunarni Widiarti, "Pemodelan bangkitan perjalanan (Trip Generation) pada kawasan pusat Kota Jember," in *Simposium X FSTPT, Universitas Tarumanagara*, Jakarta, 2007, pp. 1 - 9.
- [11] Jurair Patunrangi, "Model bangkitan pergerakan zona kecamatan palu utara Kota Palu," *Jurnal SMARTek*, vol. 8, no. 3, pp. 191-202, Agustus 2010.
- [12] Adris A. Putra, "Model Bangkitan Pergerakan Penduduk pada kawasan pemukiman," *TEKNO SIPIL*, vol. 11, no. 58, pp. 19-26, April 2013.
- [13] Luis A. Guzman, Ana M. Gomeza, and Carlos Riveraa, "A Strategic Tour Generation Modeling within a Dynamic Land-Use and Transport Framework: A Case Study of Bogota, Colombia," in *World Conference on Transport Research Transportation Research Procedia 25C*, Shanghai,

2017, pp. 2540–2555.

- [14] Sugiyono, *Statistik untuk Penelitian*, X ed., Endang Mulyatiningsih, Ed. Bandung: CV. Alfabeta, 2006.
- [15] Maria S. Pidor, Dolly W. Karels, and Margareth E. Bolla, "Bangkitan perjalanan dan pola pergerakan penduduk Kecamatan Kepala Lima," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. VII, no. 2, pp. 119-132, September 2018.
- [16] Michael Octavianus and Indra Jaya Pandia, "Bangkitan perjalanan pada perumahan Menteng Indah di Kecamatan Medan Denai," *Jurnal Teknik Sipil USU*, vol. 2, no. 2, 2013.

KINERJA RAMBU LALU LINTAS DAN DAMPAKNYA PADA KECELAKAAN (STUDI KASUS : JALAN SOEKARNO HATTA BANDUNG)

Yusmiati Kusuma¹, Tatang Sumarna², Dewi Mustika³, Melina Demar⁴

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : metty@polban.ac.id

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : tatangsumarna1@yahoo.com

³Lulusan Program Studi Teknik Konstruksi Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : dmustika4@gmail.com

⁴Lulusan Program Studi Teknik Konstruksi Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : melindemart98@gmail.com

ABSTRAK

Jalan Soekarno Hatta merupakan jalan arteri primer yang sering terjadi kecelakaan. Lokasi kecelakaan paling tinggi di Jalan Soekarno berdasarkan penelitian sebelumnya (2018) terdapat pada 2 STA. Salah satu upaya untuk menekan jumlah kecelakaan berdasarkan faktor lingkungan dengan memasang rambu lalu lintas pada jalan yang rawan kecelakaan. Sehingga dilakukan terhadap standarisasi identifikasi rambu yang terpasang berdasarkan PM No.13 Tahun 2014 dan pengujian tingkat retroreflektifitas rambu dengan menggunakan alat RetroSign berdasarkan ASTM D4956-04. Rambu yang terpasang di 2 STA tersebut berjumlah 14 buah rambu dengan persentase rambu yang memenuhi standarisasi rambu lalu lintas sebesar 28,57% dan persentase tingkat retroreflektifitas rambu sebesar 7,14%.

Kata Kunci: Rambu Lalu Lintas, Retrosign, Retroreflektifitas

ABSTRACT

The Soekarno Hatta Road is a primary arterial road that often crashes. The highest accident location on Jalan Soekarno based on previous research (2018) is at 2 STA. One effort to reduce the number of accidents based on environmental factors is by installing traffic signs on road that is prone to accidents. So it was carried out on standardization of the identification of attached signs based on PM No. 13 of 2014 and testing the level of retroreflectivity of the signs using RetroSign tools based on ASTM D4956-04. Signs that are installed in the 2 STA are 14 signs with the percentage of signs that meet the traffic sign standardization of 28,57% and the percentage of signs retroreflective level of 7,14%.

1. PENDAHULUAN

Bandung merupakan Ibu Kota Provinsi Jawa Barat yang memiliki populasi cukup padat. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2016 tercatat bahwa penduduk Kota Bandung berjumlah 3.596.623 jiwa. Untuk memfasilitasi penduduk Kota Bandung tersebut, maka disediakanlah sarana transportasi. Dimana sarana transportasi ini sangat dibutuhkan banyak orang untuk melaksanakan aktivitasnya. Kota Bandung memiliki 10 jalan arteri primer salah satu jalan arteri primer yang memenuhi kriteria PP RI No.34/2006 adalah Jalan Soekarno Hatta. Jalan Soekarno Hatta adalah salah satu jalan arteri terpanjang di Kota Bandung. Jalan Soekarno Hatta memiliki panjang 18,46 Km dengan batas dari bundaran Cibereum sampai dengan bundaran Cibiru.

Jalan arteri primer memiliki risiko tingkat kecelakaan yang tinggi. Kecelakaan lalu lintas tersebut terus berubah dan

penyebab kecelakaan disebabkan oleh beberapa faktor seperti manusia, kendaraan itu sendiri, jalan dan lingkungan di sekitarnya. Kecelakaan di Jalan Soekarno Hatta sering terjadi karena faktor manusia dan faktor jalan dan lingkungan. Berdasarkan data yang didapat dari lakalantas Kota Bandung pada tahun 2015 sampai 2017 di jalan Soekarno Hatta telah terjadi kecelakaan lalu lintas sebanyak 254 kejadian. Kecelakaan pada tahun 2015 sebanyak 73 kejadian, tahun 2016 sebanyak 104 kejadian, dan tahun 2017 sebanyak 78 kejadian. Faktor penyebab kecelakaan pada Jalan Soekarno Hatta tahun 2015 sampai tahun 2017 adalah 192 faktor manusia dan 63 faktor jalan dan lingkungan. Dari total jumlah faktor penyebab kecelakaan tersebut, didapatkan persentase faktor manusia sebesar 80,06% dan persentase faktor jalan dan lingkungan sebesar 19,94%.

Kecelakaan tertinggi di Jalan Soekarno Hatta terdapat pada STA 10+000 - 11+000 STA 15+000 - 16+000 dari 18 segmen (Kukuh dan Satria 2018). Pada STA 10+000 –

11+000 dengan jumlah kecelakaan 21 kecelakaan dan STA 15+000 – 16+000 dengan jumlah kecelakaan 20 kecelakaan. Kecelakaan itu terjadi karena kurangnya rambu yang terpasang di tempat yang rawan kecelakaan. Sebelum memasang rambu yang mungkin dibutuhkan, maka terlebih dahulu dilakukan penilaian terhadap kondisi rambu eksisting sesuai dengan standardisasi rambu dan melakukan penilaian terhadap tingkat retroreflektifitas dari rambu yang terpasang di Jalan Soekarno Hatta. Penilaian tersebut dilakukan dengan menggunakan alat *RetroSign*. Sehingga untuk menekan jumlah kecelakaan yang terus meningkat, maka dilakukan penelitian mengenai kinerja rambu lalu lintas tersebut dan dampaknya pada kecelakaan yang terjadi di Jalan Soekarno Hatta Kota Bandung..

2. STUDI PUSTAKA

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No.13 Tahun 2014, Rambu Lalu Lintas adalah bagian perlengkapan Jalan yang berupa lambang, huruf, angka, kalimat, dan/perpanduan yang berfungsi sebagai peringatan, larangan, perintah, atau petunjuk bagi pengguna jalan.

Berdasarkan jenisnya rambu terbagi menjadi empat, yaitu rambu peringatan, rambu larangan, rambu perintah, dan rambu petunjuk.

Persyaratan rambu berdasarkan jarak penempatan sebelah kiri rambu Lalu Lintas ditempatkan di sebelah kiri menurut arah lalu lintas pada jarak tertentu dari tepi paling luar bahu jalan atau jalur lalu lintas kendaraan dan tidak merintang lalu lintas kendaraan atau pejalan kaki. Rambu Lalu Lintas ditempatkan pada jarak paling sedikit 0,6 meter diukur dari bagian terluar daun rambu ke tepi paling luar bahu jalan. Persyaratan rambu lalu lintas sebelah kanan, dalam hal lalu lintas satu arah dan tidak ada ruang pemasangan lain, rambu lalu lintas dapat ditempatkan di sebelah kanan menurut arah lalu lintas. Rambu Lalu Lintas dapat dipasang pada pemisah jalan (median) dan ditempatkan dengan jarak paling sedikit 0,3 meter diukur bagian terluar daun rambu ke tepi paling luar kiri dan kanan dari pemisah jalan.

Persyaratan tinggi rambu-rambu lalu lintas ditempatkan pada sisi jalan paling tinggi 2,65 meter dan paling rendah 1,75 meter diukur dari permukaan jalan tertinggi sampai dengan sisi daun rambu bagian bawah.

Retroreflektif adalah sistem pemantulan cahaya dimana sinar yang datang dipantulkan kembali sejajar ke arah sinar datang, terutama pada malam hari atau cuaca gelap.

Berdasarkan ASTM D4956-04 lembaran retroreflektif ada 10 tipe, yaitu:

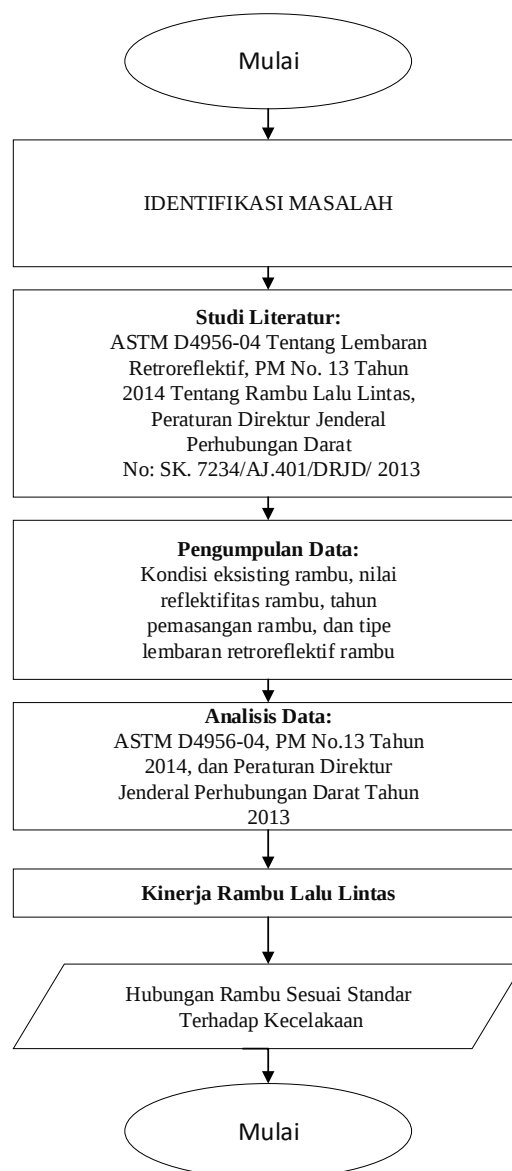
1. Lembaran retroreflektif tipe I
2. Lembaran retroreflektif tipe II
3. Lembaran retroreflektif tipe III

4. Lembaran retroreflektif tipe IV
5. Lembaran retroreflektif tipe V
6. Lembaran retroreflektif tipe VI
7. Lembaran retroreflektif tipe VII
8. Lembaran retroreflektif tipe VIII
9. Lembaran retroreflektif tipe IX
10. Lembaran retroreflektif tipe X

Kecelakaan lalu lintas Menurut Hobbs 1979 kecelakaan disebabkan oleh 3 faktor, yaitu faktor pemakai jalan (manusia), faktor kendaraan, faktor jalan dan lingkungan..

3. METODOLOGI

Metodologi Secara umum tahapan pelaksanaan penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir agar mudah dipahami. Pada diagram alir dijelaskan tahapan-tahapan dalam pelaksanaan yang akan dilakukan mulai dari awal penelitian sampai mendapatkan hasil yang diinginkan seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi Pelaksanaan Penelitian

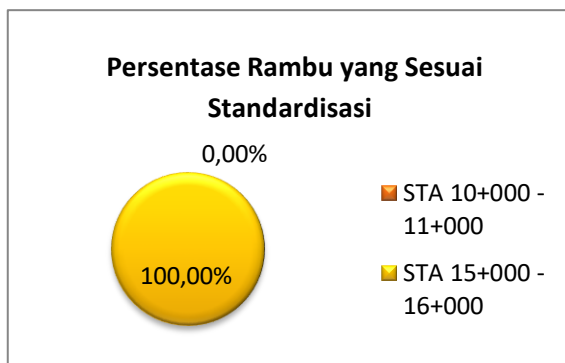
4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Hasil dari analisis rambu dapat diketahui bahwa tidak semua rambu yang terpasang pada lokasi pengujian sesuai dengan standarisasi berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2014. Berikut ini adalah jumlah rambu yang masih layak terpasang di 2 STA pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Rambu Yang Memenuhi Standarisasi di 2 STA

Nama STA	Jumlah Rambu Yang Terpasang	Jumlah Rambu Yang Memenuhi Standarisasi
10+000 – 11+000	3	0
15+000 – 16+000	11	4
Total	14	4

Dari Tabel 1 didapat hanya 4 rambu yang memenuhi standarisasi berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2014 dari jumlah keseluruhan rambu yaitu 14 buah. Perhitungan persentase rambu yang sesuai standarisasi yaitu $(4/14) * 100 = 28,57\%$. Diagram persentase dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Diagram Persentase Rambu yang Sesuai Standarisasi

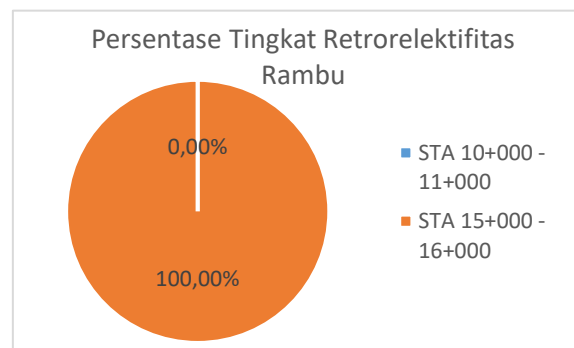
Berdasarkan diagram tersebut persentase paling besar terdapat pada STA 15+000 – 16+000 yaitu 100%. Untuk persentase paling kecil terdapat pada STA 10+000 – 11+000 yaitu 0%.

Hasil dari analisis nilai tingkat retroreflektifitas rambu dapat diketahui bahwa tidak semua rambu yang terpasang pada lokasi pengujian sesuai dengan ASTM D4956-04. Berikut ini adalah jumlah rambu yang masih layak terpasang di 2 STA pada Tabel 2.

Tabel 1. Jumlah Rambu Berdasarkan Tingkat Retroreflektifitas di 5 STA

Nama STA	Jumlah Rambu Yang Terpasang	Jumlah Rambu Yang Memenuhi Tingkat Retroreflektifitas Berdasarkan ASTM D4956-04
10+000 – 11+000	3	0
15+000 – 16+000	11	1
Total	14	1

Dari tabel tersebut didapat hanya 1 rambu yang memenuhi standarisasi tingkat retroreflektifitas berdasarkan ASTM D4956-04 dari jumlah keseluruhan rambu yaitu 14 buah. Untuk Perhitungan persentase tingkat retroreflektifitas rambu yaitu $(1/14) * 100 = 7,14\%$. Persentase tingkat retroreflektifitas rambu yang memenuhi standarisasi yang terpasang pada 2 STA tersebut adalah 7,14%. Diagram persentase dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Diagram Persentase Tingkat Retroreflektifitas Rambu

Berdasarkan diagram tersebut persentase paling tinggi terdapat pada STA 15+000 - 16+000 dengan persentase 100%. Sedangkan persentase paling kecil terdapat pada STA 10+000 – 11+000 dengan persentase 0%.

Berdasarkan hasil klasifikasi rambu yang sesuai dengan standar dihubungkan dengan tingkat kecelakaan dapat dilihat pada Gambar 4.

Dari Gambar 4 jumlah kecelakaan tertinggi mempunyai jumlah rambu terkecil yang sesuai dengan standar terdapat pada STA 10+000 -11+000. Dan pada jumlah kecelakaan terendah mempunyai jumlah rambu yang terbanyak yang sesuai dengan standar terdapat pada STA 15+000 -16+000.

Berdasarkan hasil klasifikasi rambu yang masih reflektif dihubungkan dengan tingkat kecelakaan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Hubungan Rambu yang Sesuai Standar Terhadap Kecelakaan



Gambar 5. Hubungan Rambu yang Masih Reflektif Terhadap Kecelakaan

Dari Gambar 5 jumlah kecelakaan tertinggi dengan rambu yang masih reflektif terkecil yang sesuai dengan standar terdapat pada STA 10+000 -11+000.

Berdasarkan rambu yang sesuai standar dan rambu yang masih reflektif paling kecil dengan jumlah kecelakaan tertinggi terdapat pada STA10+000 -11+000.

5. KESIMPULAN

1. Berdasarkan standarisasi rambu pada 2 STA yang ditinjau pada Jalan Soekarno Hatta Bandung terdapat 4 buah rambu yang memenuhi standarisasi dari 14 buah rambu yang terpasang.
2. Tingkat retroreflektifitas rambu pada Jalan Soekarno Hatta dengan alat RetroSign yang memenuhi ASTM D4956-04 yaitu ada 1 buah rambu dari 14 buah rambu

yang dipasang pada 2 STA yang ditinjau.

3. Dari hasil analisis didapat rambu yang memenuhi standarisasi rambu dari 2 STA tersebut 28,57% dan persentase tingkat retroreflektifitas rambu yang masih memenuhi standarisasi pada 2 STA yaitu 7,14%.
4. Berdasarkan rambu yang sesuai standar dan rambu yang masih reflektif paling kecil dengan jumlah kecelakaan tertinggi terdapat pada STA10+000 -11+000..

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. _____, Kamus Besar Bahasa Indonesia
- [2]. ASTM D4956-04. Standard Specification For Retroreflective Sheeting For Traffic Control.
- [3]. Badan Pusat Statistik (2016): Proyeksi Jumlah Penduduk Provinsi Jawa Barat, <https://jabar.bps.go.id/dynamic/table/2016/10/06/15/proyeksi-jumlah-penduduk-provinsi-jawa-barat-2010-2016.html>. Download (diturunkan/diunduh) pada 21 Februari 2019.
- [4]. Budiarsi, Kukuh dan Muhamad Satria Maulana. 2018. Pengkajian Karakteristik Kecelakaan Pada Jalan Soekarno Hatta Kota Bandung. Bandung: Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung.
- [5]. Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Direktorat Bina Sistem Transportasi Perkotaan. Panduan Penempatan Fasilitas Perlengkapan Jalan.
- [6]. Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Direktorat Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. 2013. Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Nomor. SK.7234/AJ.401/DRJD/2013 Tentang Petunjuk Teknis Perlengkapan Jalan.
- [7]. Hobbs, F., D. 1973. Traffic Engineering: Theory & Practice, Pentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- [8]. Oktaviani, Haryati Dwi dan Marina Eka Wulandari. 2018. Identifikasi Faktor Penyebab Kecelakaan Pada Ruas Jalan Arteri Primer Kota Bandung. Bandung: Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung.
- [9]. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2014 Tentang Rambu Lalu Lintas.
- [10]. Pemerintah Republik Indonesia Nomor 43. 1993. Peraturan Pemerintah Nomor Tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan. Jakarta.
- [11]. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34. 2006. Jalan. Jakarta
- [12]. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration. https://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/night_visib/retrotoolkits/pdfs/measurement.pdf. Download (diturunkan/diunduh) pada 23 Februari 2019.

IDENTIFIKASI TINGKAT RISIKO KAWASAN RENTAN BENCANA ALAM BANJIR SUNGAI KAYAN KABUPATEN BULUNGAN BERBASIS GEOGRAFIS INFORMASI SISTEM

Rachel Zandra Singal¹, Noptri Jumario²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kaltara, Tanjung Selor 77212
E-mail : jumario20@gmail.com

ABSTRAK

Kabupaten Bulungan merupakan Daerah Aliran Sungai yang dialiri sungai utama yaitu Sungai Kayan dan sub-sub sungai lainnya, dan salah satu fungsi sungai ialah sebagai penampung alami aliran hujan jika musim penghujan tiba. Selain itu serangkaian bencana alam terjadi di wilayah Indonesia akibat dari perubahan iklim, Kabupaten Bulungan pun tak terhindar dari bencana banjir yang banyak menenggelamkan desa-desa yang berada di sepanjang sungai Kayan. Tujuan penelitian ini ialah untuk mengidentifikasi kawasan yang rentan terhadap banjir di Kabupaten Bulungan dan yang tervisualisasi dalam peta rentang bencana banjir. Penelitian ini menggunakan metode *overlay* dengan *scoring* antara parameter-parameter yang ada. Parameter yang digunakan untuk mengidentifikasi kerentanan terhadap banjir adalah curah hujan, kemiringan lereng dan ketinggian lahan. Selanjutnya setiap parameter dilakukan proses *scoring* dengan pemberian bobot dan nilai yang sesuai dengan pengklasifikasiannya masing-masing yang kemudian dilakukan *overlay* menggunakan *software* ArcGIS 10.5. Penggunaan *software* ini memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) yang dapat menjelaskan dan menampilkan objek kawasan rentan banjir dalam bentuk digital. Hasil dari penelitian ini ialah teridentifikasinya tiga kawasan dengan katagori berbeda yaitu katagori tidak rentan yang berada pada Kecamatan Tanjung Palas, Tanjung palas; katagori rentan yang berada pada Kecamatan Tanjung Selor, Sekatak, Peso Hilir, Peso; katagori sangat rentan yaitu Kecamatan Tanjung Palas Tengah, dan Kecamatan Bunyu.

Kata Kunci: Kerentanan banjir, *scoring*, *overlay*, Kabupaten Bulungan

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana alam paling sering terjadi ialah banjir di antara bencana alam yang lain baik dilihat dari tingkat keseringannya pada suatu daerah maupun jumlah lokasi kejadian (Suherlan, 2001). Banjir merupakan peristiwa terjadinya genangan pada daerah datar sekitar sungai akibat meluapnya air sungai yang tidak mampu di tampung oleh sungai (Purnama. A, 2008).

Kabupaten Bulungan secara administrasi sebagai ibukota provinsi termudah yaitu Provinsi Kalimantan Utara, Kabupaten Bulungan juga merupakan Daerah Aliran Sungai yang beberapa tahun belakangan ini mengalami musibah banjir. Meluapnya sungai kayan dengan intensitas hujan yang tinggi, dan rentang banjir yang cukup lama yaitu lima sampai tujuh hari mengakibatkan kerugian ekonomi pada masyarakat di kota maupun di desa. Dampak banjir pada kawasan perkotaan pada umumnya adalah permukiman dan dampak banjir di pedesaan selain permukiman terendam banjir berdampak juga pada lahan pertanian, dan hewan ternak (Suhardiman, 2012).

Dalam upaya untuk mengantisipasi banjir tersebut, perlu adanya kajian mengenai kerentanan daerah yang sering terkena banjir dan juga mengetahui berapa besar besarnya curah hujan yang terjadi di kawasan - kawasan tersebut

sehingga setiap tahunnya masyarakat dapat lebih mempersiapkan diri untuk menghadapi fenomena banjir ini. Pemetaan kawasan terdampak banjir dan juga pemetaan terhadap curah hujan di kabupaten Bulungan perlu dilakukan pemerintah agar dapat mengambil kebijakan yang tepat dalam menanggulangi banjir serta mengurangi kerugian yang dialami.

Berawal dari uraian tersebut dengan melalui Sistem Informasi Geografis diharapkan akan mempermudah penyajian informasi spasial khususnya yang terkait dengan penentuan tingkat kerentanan banjir serta dapat menganalisis dan memperoleh informasi baru dalam mengidentifikasi kawasan-kawasan yang sering menjadi sasaran banjir di Kabupaten Bulungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang coba diteliti ialah:

- Berdasarkan parameter yang ada, apa parameter yang paling dominan terhadap penyebab banjir di Kabupaten Bulungan?
- Bagaimana persebaran lokasi kawasan rentan banjir di Kabupaten Bulungan?

1.3 Tujuan Khusus Penelitian

- Memetakan kawasan rentan bencana banjir dengan SIG
- Mengetahui tingkat kerentanan banjir berdasarkan parameter geografis dan hidrologis yang terjadi di Kabupaten Bulungan.

2. METODE

Metode yang digunakan pada pengolahan data penelitian ini menggunakan metode *overlay* dengan *scoring* antara parameter-parameter yang ada, yaitu kemiringan lereng, elevasi, jenis tanah, curah hujan, penggunaan lahan. Dari semua parameter ini nantinya akan di *scoring* dengan pemberian bobot dan nilai sesuai dengan pengklasifikasiannya masing-masing yang kemudian dilakukan *overlay* menggunakan *software* ArcGIS 10.5 (Matondang, J.P., 2013).

2.1 Tahapan Penelitian

Metode Penentuan Tingkat Rentan Banjir dalam penelitian ini meliputi tahapan langkah sebagai berikut :

- Penentuan Bobot untuk masing-masing data parameter banjir
- Penentuan Skor dengan perkalian antara bobot dan skor pada parameter banjir untuk mendapatkan urutan tingkatan pengaruh parameter
- Klasifikasi parameter rentan banjir
- Perhitungan penentuan Kerentanan Banjir

2.2 Teknik Analisis Tingkat Kerawanan

Untuk menentukan nilai dari parameter yang baru maka diperlukan suatu persamaan matematis dengan cara persamaan matematis dengan cara pembobotan yang telah dilakukan sebelumnya (Wismarini Dwiaty, dkk. 2015). Persamaannya adalah :

$$X = \sum_{i=1}^n (W_i \times X_i)$$

Rumus Tingkat Kerawanan Banjir

Keterangan:

X = Nilai kerawanan

W_i = Bobot untuk parameter ke-i

X_i = Skor kelas pada parameter ke-i

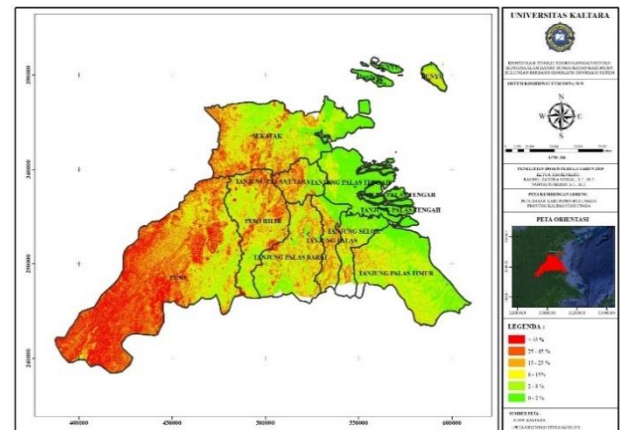
Sehingga dari hasil persamaan tersebut kita bisa menentukan nilai standar untuk memberi skor pada peta yang baru. Dalam peta baru ini nilai skor ditentukan berdasarkan dimana wilayah dengan potensi banjir yang tinggi akan memiliki nilai yang tinggi. Tabel nilai untuk skor yang baru dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Skor Untuk Kerentanan Banjir

No.	Kelas	Total Skor
1	Tidak Rentan	1,05 – 2,1
2	Rentan	2,1 - 3,15
3	Sangat Rentan	3,16 – 4,2

Sumber: Sholahuddin (2015)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

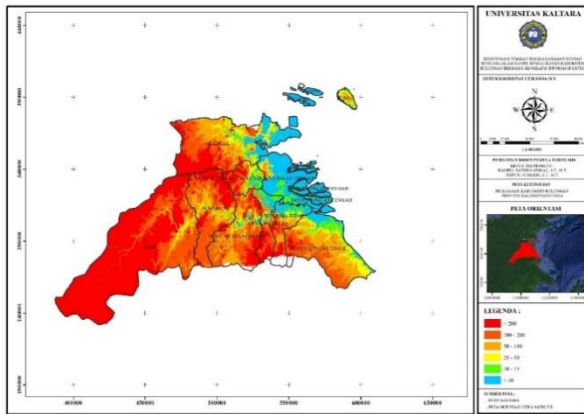


Gambar 1. Hasil klasifikasi kemiringan lereng

Tabel 2. Skor klasifikasi kemiringan lereng

%	Deskripsi	Nilai	Bobot	Skor
0-8	Datar	5	0,2	1
8-15	Landai	4	0,2	0,8
15-25	Agak Cram	3	0,2	0,6
25-45	Curam	2	0,2	0,4
45-100	Sangat Curam	1	0,2	0,2

Berdasarkan gambar 1. bagian hilir Sungai Kayan di Kabupaten Bulungan mempunyai kemiringan lereng yang didominasi datar dan landai dalam persentase kemiringan 0 – 15 % yaitu Kecamatan Tanjung Selor, Tanjung Palas, bahkan Tanjung Palas Timur berkategori landai. Hal ini sangat berpotensi terjadi banjir karena wilayah ini cenderung datar yang bisa menjadi daerah tampungan air ketika hujan. Sedangkan daerah yang memiliki wilayah curam berada di Kabupaten Bulungan bagian hulu Sungai Kayan seperti pada sebagian besar Daerah Kecamatan Peso yang mempunyai persentase kemiringan 25-45% sehingga daerah ini bisa di kategorikan sangat aman dari bencana banjir. Walaupun Kecamatan Peso juga terendam banjir pada 4 (empat) tahun belakang ini. Hal ini dikarenakan tidak seluruhnya Kecamatan Peso memiliki kategori kelerengan 45% di peta menunjukkan bahwa ada sebagian wilayah Kecamatan Peso memiliki kelerengan 0 – 8 % yang artinya terkategori datar dan landai ini yang menyebabkan Kecamatan Peso ikut terdampak banjir pada musim penghujan.

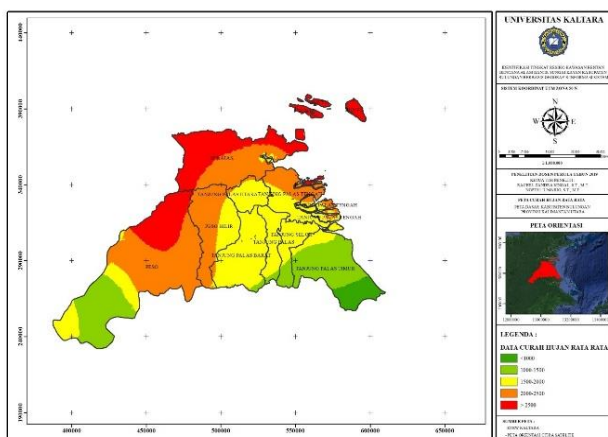


Gambar 2. Hasil klasifikasi kemiringan lereng

Tabel 3. Skor klasifikasi kemiringan lereng

Elevasi	Nilai	Bobot	Skor
<10	5	0,35	1,75
10-15	4	0,35	1,4
50-100	3	0,35	1,05
100-200	2	0,35	0,7
>200	1	0,35	0,35

Berdasarkan gambar 2. menunjukkan bahwa yang terkategori mempunyai elevasi kurang dari 10 meter di atas permukaan air laut itu tersebar di Kecamatan Bunyu, Tanjung Selor, Tanjung Palas, dan Tanjung Palas Tengah. Hal ini sangat berpotensi terjadi banjir karena semakin rendah elevasi suatu daerah, semakin rawan pula daerah tersebut untuk terjadi banjir, begitu pula sebaliknya. Namun tidak hanya bagian utara dan timur saja yang mempunyai elevasi sangat rendah, misalnya pada sebagian kecil Kecamatan Tanjung Palas Barat, dan Tanjung Palas Utara juga mempunyai elevasi sangat rendah yaitu kurang dari 10 meter di atas permukaan air laut. Sedangkan daerah yang mempunyai elevasi tinggi terletak pada sebagian besar Kecamatan Peso Kecamatan Peso Hilir, Kecamatan Sekatak, dan Kecamatan Tanjung Palas Barat dengan ketinggian antara 100 - > 200 meter di atas permukaan laut.



Gambar 3. Hasil klasifikasi curah hujan

Tabel 4. Skor klasifikasi kemiringan lereng

Kelas	Deskripsi	Nilai	Bobot	Skor
>2500	Sangat Basah	5	0,4	2
2001-2500	Basah	4	0,4	1,6
1501-2000	Sedang	3	0,4	1,2
1000-1500	Ringan	2	0,4	0,8
<1000	Sangat Ringan	1	0,4	0,4

Berdasarkan hasil klasifikasi curah hujan rata – rata tahun 2016 Kabupaten Bulungan hasil Poligon Thiessen bersumber dari BAPPEDA tahun 2016, rata-rata curah hujan tahunan Kabupaten Bulungan adalah 2000 - 2500 mm/tahun yang tergolong dalam kategori basah. Curah hujan dengan katagori sangat basah dan basah berada di sebagian Kecamatan Peso, Kecamatan Sekatak, sedangkan wilayah Kecamatan Bunyu katagori sangat basah. Kategori sedang dan basah berada di Kecamatan Peso Hilir, Kecamatan Tanjung Palas Tengah katagori sedang berada di Kecamatan Tanjung Palas Barat, Tanjung Selor, Tanjung Palas, Tanjung Palas Utara. Berbeda dengan Kecamatan Tanjung Palas Timur dengan katagori ringan dan sangat ringan.

Berdasarkan parameter dan bobot yang sudah ditentukan dalam penelitian ini, maka parameter curah hujan dengan bobot 0,40 menjadi parameter yang paling dominan terhadap terjadinya banjir dimana > 2500 mm/tahun pada tahun 2016 dengan katagori sangat basah berada di Kecamatan Sekatak dan sebagian di Kecamatan Peso, Kemudian Parameter yang berpengaruh selanjutnya yaitu ketinggian lahan dengan bobot 0,35, dimana elevasi terendah memiliki skor paling tinggi yang berada di Kecamatan Sekatak dengan elevasi kurang dari < 10 meter di atas permukaan air laut. Dan parameter terakhir yang dominan yaitu parameter kemiringan lereng dengan bobot 0,20. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel penskoran dari parameter di bawah ini.

Tabel 5. Hasil Penskoran Klasifikasi Kelerengan

Klasifikasi Kelerengan			
Deskripsi	Nilai	Bobot	Skor
Datar	5	0,20	1,00
Curam	2	0,20	0,40
Datar	5	0,20	1,00
Landai	4	0,20	0,80
Sangat curam	1	0,20	0,20
Curam	2	0,20	0,40
Curam	2	0,20	0,40
Datar	5	0,20	1,00
Landai	4	0,20	0,80
Sangat curam	1	0,20	0,20

Tabel 6. Hasil Penskoran Klasifikasi Ketinggian

Klasifikasi Ketinggian			
Elevasi	Nilai	Bobot	Skor
100-200	2	0,35	0,70
10 -15	1	0,35	0,35
<10	5	0,35	1,75
100-200	2	0,35	0,70
>200	1	0,35	0,35
>201	1	0,35	0,35
>200	1	0,35	0,35
<10	5	0,35	1,75
>200	1	0,35	0,35
>200	1	0,35	0,35

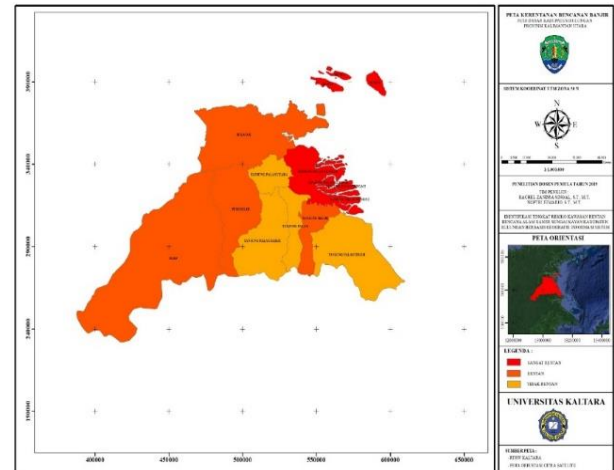
Tabel 7. Hasil Penskoran Klasifikasi Curah Hujan

Klasifikasi Curah Hujan			
Deskripsi	Nilai	Bobot	Skor
Sedang	3	0,4	1,2
Sedang	3	0,4	1,2
Sedang	3	0,4	1,2
Sangat ringan	1	0,4	0,4
Sedang	3	0,4	1,2
Sedang	3	0,4	1,2
Sangat basah	5	0,4	2
Sangat basah	5	0,4	2
Basah	4	0,4	1,6
Sangat basah	5	0,4	2

Tabel 8. Hasil Jumlah Penskoran Kawasan Rentan Bencana Banjir di Kabupaten Bulungan

Kecamatan	Jumlah Skor	Tingkat Kerawanan
Tanjung Selor	2,90	Rentan
Tanjung Palas	1,95	Tidak Rentan
Tanjung Palas Tengah	3,95	Sangat Rentan
Tanjung Palas Timur	1,90	Tidak Rentan
Tanjung Palas Utara	1,75	Tidak Rentan
Tanjung Palas Barat	1,95	Tidak Rentan
Sekatak	2,75	Rentan
Bunyu	4,75	Sangat Rentan
Peso Hilir	2,75	Rentan
Peso	2,55	Rentan

Berdasarkan Tabel 8, tentang hasil penskoran kawasan rentan bencana banjir Kabupaten Bulungan dengan 10 (sepuluh) Kecamatan, yaitu di, Tanjung Selor, Tanjung Palas, Tanjung Palas Tengah, Tanjung Palas Timur, Tanjung Palas Utara, Tanjung Palas Barat, Sekatak, Bunyu, Peso Hilir, dan Peso, maka ada tiga kategori bencana banjir yaitu tidak rentan, rentan dan sangat rentan bencana banjir. Lebih jelasnya dapat di lihat pada peta hasil *overlay* dari parameter yang ditentukan.



Gambar 4. Hasil klasifikasi curah hujan

Wilayah yang mempunyai kategori tidak rentan adalah wilayah Kecamatan Tanjung Palas, Kecamatan Tanjung Palas Timur, Tanjung Palas Utara, Tanjung Palas Barat. Wilayah ini mendapatkan katagori tidak rentan karena memiliki jumlah skor dengan rentang 1,05 – 2,1. Pada Tabel 5 menunjukkan bahwa Kecamatan Tanjung Palas, Tanjung Palas Barat memiliki kelerengn curam, dan Kecamatan Tanjung Palas Utara memiliki kelerengn sangat curam, berbeda dengan Tanjung Palas Timur yang memiliki kelerengn landai, walaupun demikian Kecamatan tanjung Palas di dukung dengan parameter curah hujan rata – rata tahunan yang sangat ringan, hal ini dikarenakan parameter curah hujan rata – rata tahunan adalah parameter dominan sehingga Kecamatan Tanjung Palas Timur Memiliki Katagori tidak rentang.

Kemudian wilayah yang mendapat katagori rentan adalah Kecamatan Tanjung selor, Sekatak, Peso Hilir, dan Peso yang memiliki jumlah skor dengan rentang 2,1 – 3,15. Hal ini di sebabkan karena, Kecamatan Tanjung Selor memiliki kelerengn datar dengan elevasi berkisar 100 – 200 meter di atas permukaan laut, dan curah hujan sedang. Dari parameter kelerengn Kecamatan Peso mempunyai kelerengn sangat curam, lalu Kecamatan Sekatak katagori curam dengan parameter curah hujan dengan katagori sangat basah, yang berbeda dengan Kecamatan Peso Hilir mempunyai katagori landai dengan curah hujan katagori basah., hal ini yang menyebabkan Kecamatan Sekatak, Kecamatan Peso, Peso Hilir, dan Kecamatan Tanjung Selor memiliki katagori rentan banjir.

Selanjutnya, wilayah yang mendapat katagori sangat rentan ialah Kecamatan Tanjung Palas Tengah, dan Kecamatan Bunyu yang memiliki jumlah skor terbanyak yaitu antara 3,16 – 4,2. Kedua Kecamatan ini memiliki skor parameter kelerengan dan parameter elevasi yang sama yaitu datar dan ketinggian di bawah <10 meter di atas permukaan air laut, sedangkan skor parameter curah hujan rata-rata tahunan yang berbeda tipis, yaitu katagori sedang ada pada Kecamatan Tanjung Palas Tengan sedangkan Kecamatan Bunyu berkategori sangat basah dengan jumlah skor tertinggi yaitu 4,75.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian di atas, maka dapat di tarik kesimpulan dan saran sebagai berikut :

1. Kabupaten Bulungan memiliki 3 (tiga) kategori tingkat kerentanan banjir. Pertama katagori tidak rentan yang berada pada Kecamatan Tanjung Palas, Tanjung palas Timur, Tanjung Palas Utara, Tanjung Palas Barat. Kedua Katagori rentan yang berada pada Kecamatan Tanjung Selor, Sekatak, Peso Hilir, Peso. Ketiga Katagori sangat rentan yaitu Kecamatan Tanjung Palas Tengah, dan Kecamatan Bunyu.
2. Parameter dominan terhadap banjir adalah Parameter curah hujan rata – rata data tahun 2016, selanjutnya parameter ketinggian lahan/elevasi, dan diikuti kemiringan lereng.
3. Sebaran lokasi kawasan rentan banjir tersebar di seluruh Kecamatan di Kabupaten Bulungan, dengan tingkatan kerentanan yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas anggaran dana penelitian hibah RISTEKDIKTI sesuai surat perjanjian pelaksanaan penelitian nomor: SK/7/E/KPT/2019 tanggal 8 April 2019. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suherlan, 2001. Zonasi Tingkat Kerentanan Banjir Kabupaten Bandung Menggunakan Sistem Informasi Geografis. Bogor.
- [2] Wismarini Dwiati, dkk. 2015. Penentuan Tingkat Kerentanan Banjir Secara Geospasial. Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK. Universitas Stikubank Semarang.
- [3] Matondang, J.P., 2013. Analisis Zonasi Daerah Rentan Banjir Dengan Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- [4] Sholahuddin, Muhamad. 2015. “SIG Untuk Memetakan Daerah Banjir Dengan Metode Skoring dan Pembobotan (Studi Kasus Kabupaten Jepara).
- [5] Purnama, A. 2008. Pemetaan Kawasan Rawan Banjir di Daerah Aliran Sungai Cisadane Menggunakan Sistem Informasi Geografis. Institut Pertanian Bogor.
- [6] Suhardiman, 2012. Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) pada Sub DAS Walanae Hilir. Universitas Hasanuddin Makassar.

ANALISIS DAYA DUKUNG TIANG BOR DENGAN ALAT *PILE DRIVING ANALYZER TEST* PADA VARIASI DIAMETER TIANG

Geni Firuliadhim¹, Rabiya²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : rabiya86@yahoo.co.id

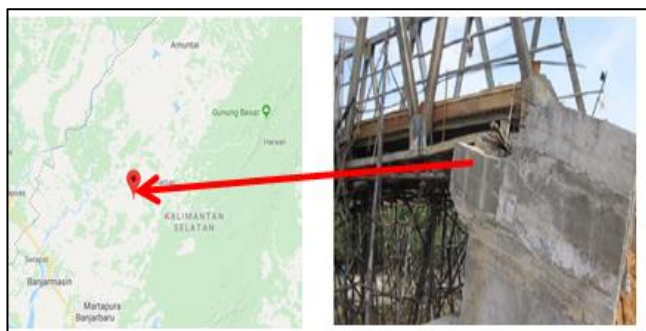
ABSTRAK

Pile driving analyzer test atau disebut juga pengujian tiang dinamik, merupakan alat untuk mengetahui kapasitas daya dukung fondasi tiang pancang maupun fondasi *bore pile*. Dalam hal ini, penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui parameter daya dukung pada fondasi *bore pile* dengan menggunakan alat *pile driving analyzer test*. Dari hasil pengujian fondasi tiang berukuran 25 cm mencapai titik ultimit daya dukungnya sebesar 28.3 kN atau setara dengan 2885.751 kg dengan beban yang diberikan adalah 63.5 kg. Mutu beton yang digunakan adalah K225 atau setara dengan 225 kg/cm². Untuk fondasi tiang berukuran 20 cm memiliki nilai daya dukung ultimit sebesar 13 kN atau setara dengan 1325.61 kg dengan beban yang diberikan adalah 63.5 kg. Mutu beton yang digunakan adalah K225 atau setara dengan 225 kg/cm². Sedangkan fondasi yang berdiameter 15 cm mencapai titik ultimit sebesar 2.5 kN atau setara dengan 254.925 kg dengan beban yang diberikan adalah 63.5 kg. Mutu beton campurannya adalah K225 atau 225 kg/cm². Sehingga dari hasil tersebut membuktikan bahwa penampang fondasi tiang yang berbeda berpengaruh besar terhadap nilai daya dukung fondasi tiang tersebut.

Kata Kunci: Daya Dukung, Fondasi Tiang, Fondasi *Bore Pile*, *Pile Driving Analyzer Test*

1. PENDAHULUAN

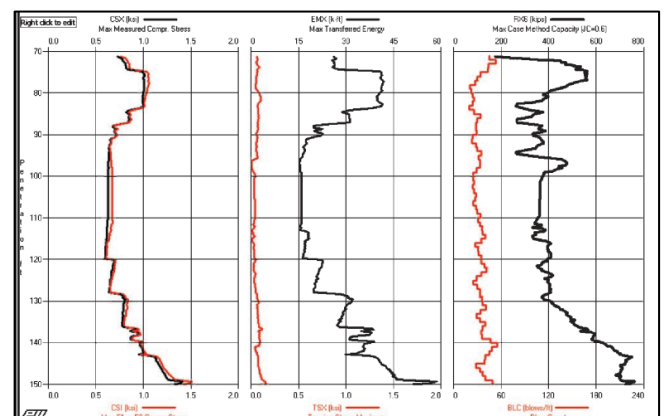
Fondasi adalah bagian yang paling penting dari bangunan bawah struktur jembatan yang harus meneruskan beban kendaraan serta bagian di atasnya. Apabila fondasi yang direncanakan tidak mampu memikul beban fondasi, maka akan terjadi keruntuhan (*failure*) dan penurunan yang dapat mengakibatkan kerusakan fatal pada bangunan. Untuk menghindari kegagalan yang terjadi, perlu ada pengujian fondasi yang telah terpasang di lapangan secara langsung salah satunya dengan *pile driving analyzer test*.



Gambar 1. Contoh kerusakan jembatan akibat kegagalan daya dukung tanah/fondasi; (a) Lokasi kerusakan jembatan; (b) Kerusakan jembatan akibat kegagalan daya dukung tanah/fondasi (Hidayat, 2011)

Alat tersebut merupakan pengujian dari fondasi tiang pancang maupun *bore pile* pada saat diberi beban dinamis perilaku dari fondasi tersebut bisa dilihat melalui hasil

kerapatan gelombang dari alat *pile driving analysis test* tersebut (dilihat gambar 2).



Gambar 2. Contoh bentuk kerapatan gelombang dari hasil pemantauan instalasi penekanan, integritas, perlawanan, energi (Rusche, 2014)

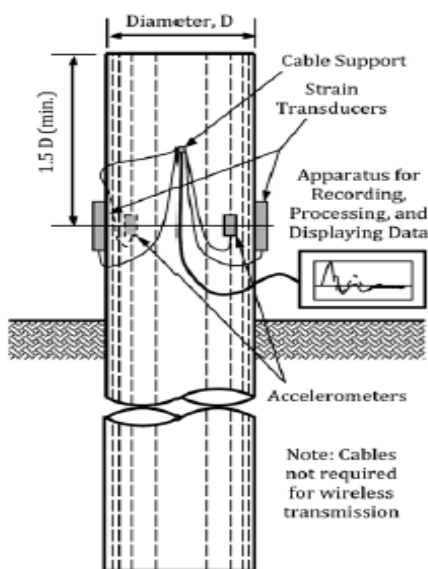
Alat ini dirancang untuk mempermudah dalam mendeteksi daya dukung dari fondasi yang sudah dipancang dalam waktu singkat. Perbedaan daya dukung dapat disebabkan karena jenis dan sifat tanah yang berbeda pada jarak yang terdekat sekalipun pada lokasi bisa menyebabkan perbedaan kepadatan tanah sehingga mempengaruhi daya dukung tiang (Husain, 2017). Maka dari itu, penelitian yang akan dilakukan dengan menganalisis daya dukung tiang pancang dan *bore pile* hasil *pile driving analyzer test* pada tanah yang berbeda.

2. STUDI LITERATUR

Pengujian tiang dengan alat *pile driving analyzer* dikenal dengan pengujian tiang dinamik yang merupakan salah satu metode pengujian untuk mengevaluasi daya dukung tiang (Maizir dkk, 2015). Menggunakan *pile driving analyzer test* hasil *pile driving analyzer test* tersebut bisa dianalisis untuk mendapatkan daya dukung aktual (Likins. G dan Rausche. F, 2013). Alat ini dirancang untuk mempermudah dalam mendeteksi daya dukung dari fondasi yang sudah dipancang dalam waktu singkat (Efatama, 2012) Perbedaan daya dukung dapat disebabkan karena jenis dan sifat tanah yang berbeda pada jarak yang terdekat sekalipun pada lokasi bisa menyebabkan perbedaan kepadatan tanah sehingga mempengaruhi daya dukung tiang (Husain, 2017). Adapun pengujian lain yang bisa dilakukan dengan metode pengujian beban statis (Budi dkk., 2015), Dari hasil yang disimpulkan bahwa hasil tersebut dari pengujian beban statis terdapat hasil yang lebih besar daya dukungnya dari pada menggunakan PDA. Johan (2017), menganalisis daya dukung fondasi tiang menggunakan *software* CAPWAP. Dari hasil yang didapat pada pengujian PDA di daerah tersebut dapat terkontrol daya dukungnya. Moayed H (2017), mendapatkan perbandingan pengukuran daya dukung fondasi tiang beton dengan *Maintained Load Test* (MLT) dan *Pile Driving Analyzer* (PDA). Penelitian *pile driving analyzer test* sudah banyak dilakukan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil daya dukung tanah berdasarkan uji variasi diameter fondasi di lapangan.

2.1 Standar Pengujian

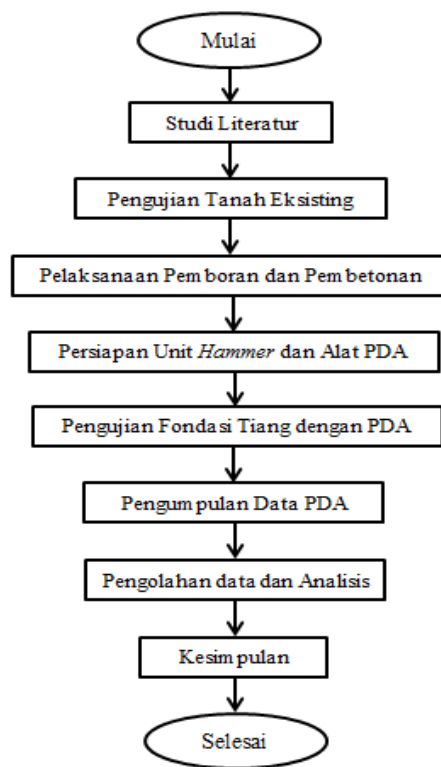
Pelaksanaan pengujian *pile driving analyzer* berdasarkan ASTM D4945 – 08 (*High – Strain Dynamic Testing*). Di dalam acuan terdapat pengaturan untuk perletakan pemasangan akselerometer dan transduser dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Contoh pengaturan perletakan akselerometer dan transduser pada fondasi tiang

3. METODE PENELITIAN

Ada beberapa tahap pengujian, tahap pertama yaitu menguji parameter tanah (pengujian tanah eksisting di lapangan dan di laboratorium). Dari pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jenis tanah yang akan digunakan dalam pengujian fondasi tiang. Setelah itu melakukan tahap kedua yaitu melubangi tanah dengan pengeboran dan membuat fondasi tiang beton. Ukuran pengeboran terdiri dari 15 cm, 20 cm, dan 25 cm untuk pengecoran tiang beton. Proses *curing* beton di lapangan selama 28 hari. Selama proses menunggu 28 hari, menyiapkan unit *hammer* untuk peninjauan beban. Setelah 28 hari melakukan pengujian *pile driving analyzer test*. Setelah 28 hari dilakukan pengujian kuat tekan silinder beton untuk mengetahui mutu beton yang digunakan. Gambar 4. menunjukkan diagram alir tahap penyelesaian penelitian.



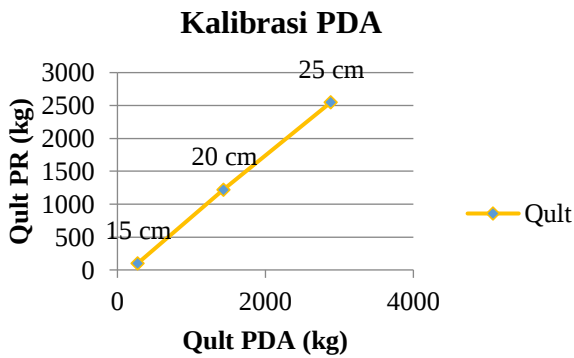
Gambar 4. Diagram alir Umum Penelitian

4. HASIL PENGUJIAN

4.1 Kalibrasi Alat *Pile Driving Analyzer Test*

Tabel 1. Pembacaan PDA untuk Fondasi Tiang Kayu Bulat

Elevasi	Diameter Tiang (cm)	Beban (kg)	Pembacaan <i>Pile Driving Analyzer</i> (kN)
1	15	63,5	275,318
2	20	63,5	1437,777
3	25	63,5	2885,751

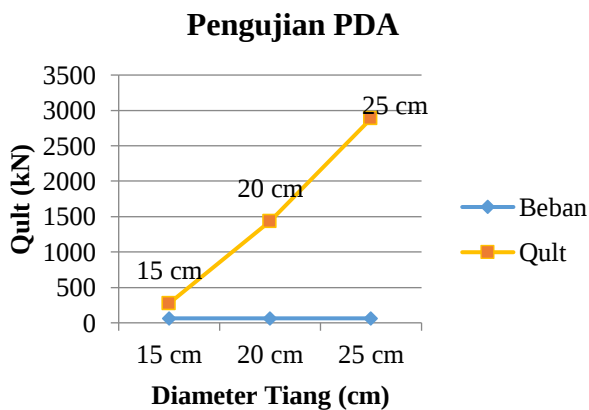


Gambar 5. Kalibrasi PDA

4.2 Pengujian *Pile Driving Analyzer Test*

Tabel 2. Pembacaan Data PDA dengan CAPWAP pada Fondasi Tiang Beton

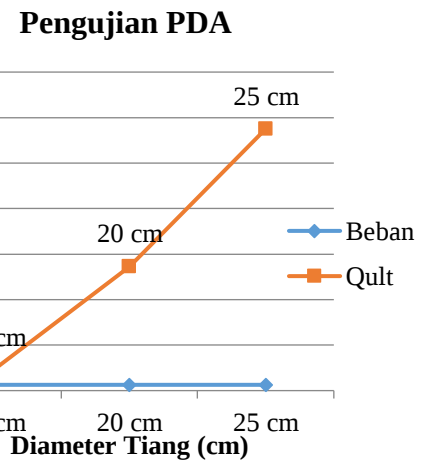
Elevasi	Diameter Tiang (cm)	Beban (kg)	Pembacaan <i>Pile Driving Analyzer</i> (kN)
1	15	63,5	275,318
2	20	63,5	1437,777
3	25	63,5	2885,751



Gambar 6. Grafik Pengujian PDA dengan Analisis CAPWAP

Tabel 3. Pembacaan Data PDA dengan *Analysis Case Method*

Elevasi	Diameter Tiang (cm)	Beban (kg)	Pembacaan <i>Pile Driving Analyzer</i> (kN)
1	15	63,5	224,334
2	20	63,5	1364,004
3	25	63,5	2875,554



Gambar 7. Grafik Pengujian PDA dengan *Analysis Case Method*



Gambar 8. Tata Letak Pemasangan Akselerometer dan Transduser alat *Pile Driving Analyzer*



Gambar 9. Pengujian *Pile Driving Analyzer Test*



Gambar 10. Alat *Pile Driving Analyzer Test*

5. ANALISIS HASIL PENGUJIAN

Dari hasil pengujian fondasi tiang berukuran 15 cm, 20 cm, dan 25 cm. Fondasi tiang berukuran 25 cm mencapai titik ultimit daya dukungnya sebesar 28.3 kN atau setara dengan 2885,751 kg dengan beban yang diberikan adalah 63,5 kg. Mutu beton yang digunakan adalah K225 atau setara dengan 225 kg/cm². Untuk fondasi tiang berukuran 20 cm memiliki nilai daya dukung ultimit sebesar 13 kN atau setara dengan 1325,61 kg dengan beban yang diberikan adalah 63,5 kg. Mutu beton yang digunakan adalah K225 atau setara dengan 225 kg/cm². Sedangkan fondasi yang berdiameter 15 cm mencapai titik ultimit sebesar 2,5 kN atau setara dengan 254,925 kg dengan beban yang diberikan adalah 63,5 kg. Mutu beton campurannya adalah K225 atau 225 kg/cm². Sehingga dari hasil tersebut membuktikan bahwa penampang fondasi tiang yang berbeda berpengaruh besar terhadap nilai daya dukung fondasi tiang tersebut.

6. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

- Pemakaian *pile driving analyzer test* akan mencapai hasil maksimal untuk uji tiang berukuran diameter >15 cm.
- Untuk tiang-tiang berukuran < 15 cm, nilai daya dukung aktual < daya dukung *pile driving analyzer test* berselisih 10 %.
- Simulasi daya dukung dengan CAPWAP *compression stress* setinggi-tingginya f_c .

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada TIM UPPM (Unit Pelayanan Pengabdian Kepada Masyarakat) Politeknik Negeri

Bandung, Teknisi Laboratorium Mekanika tanah Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung dan rekan-rekan yang terkait yang telah membantu proses kelancaran penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D4945-08 (High Strain Dynamic Testing).
- Budi, G S., Kosasi, M., and Wijaya, D. H. (2015). Bearing Capacity of Pile Foundation Embbeded in Clays and Sands Layer Predicted using PDA Test and Static Load Test. *Procedia Engineering ELSEVIER*. Page 406-410.
- Geotech Efatama, Pile Driving Analyzer (PDA) of Dynamic Load Testing and Dynamic Pile Monitoring. (2012). page 3.
- Hidayat, Gawit. (2011). "Studi Kasus Analisis Kerusakan Abutmen Jembatan Sungai Bahalang". Kalimantan Tengah. *Jurnal Teknologi Berkelanjutan* Vol.1, Ed.1, April 2011. p. 1.
- Husain. (2017). Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang pada Efek Pembangunan Pondasi Tissue Block 5 & 6. *Research Gate*.
- Johan O, S dan Diana, S. (2017). Analysis of Bearing Capacity Pile Foundation with using CAPWAP Software for Testing Pile Driving Analyzer (PDA) at Fasfel Sikara-Kara Mandailing Natal District (North Sumatera. *International Conference on Information and Communication Technology (IconICT)*. Doi:10.1088/1742-6596/930/1/01/2010. Pages 1-4.
- Maizir dkk. (2015). Artificial Neural Network Model for Prediction of Bearing Capacity of Driven Pile. *Jurnal Teknik Sipil*. ISSN 0853-2982. Vol. 22 No. 1. Pages 49-56.
- Moayedi, H., Mosallanezhad M., and Nazir, R. (2017). Evaluation of Maintained Load Test (MLT) and Pile Driving Analyzer (PDA) in Measuring Bearing Capacity of Driven Reinforced Concrete Piles, *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. Vol 54 No 3. Doi 10.1007/s11204-017-9449-1. Pages 9-13.
- Rausche, F. (2013). Pile Driving Analyzer (PDA) and CAPWAP. *Lousiana Transportation Conference*, (hal. 1-48).
- Rusche, F. (2014). The Case Method and the Pile Driving Analyzer (PDA).

RANCANG BANGUN TSUNAMI PODS SEBAGAI TEMPAT EVAKUASI SEMENTARA (TES) UNTUK MEWUJUDKAN WILAYAH TANGGUH BENCANA

Mirza Ghulam Rifqi¹, M. Shofi'ul Amin², Enes Ariyanto Sandi³

¹Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi 68461

E-mail : mirza@poliwangi.ac.id

²Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi 68461

E-mail : shofiul@poliwangi.ac.id

³Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi 68461

E-mail : ennesariyanto.sandi@gmail.com

ABSTRAK

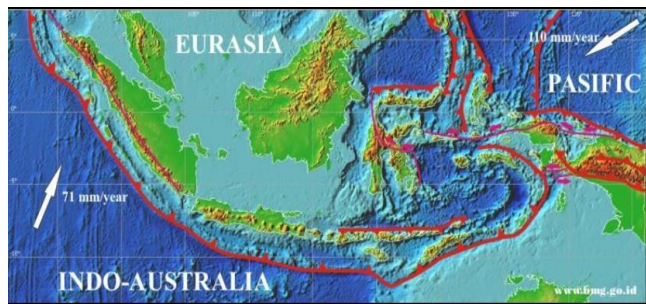
Indonesia merupakan negara kepulauan yang berada pada pertemuan 3 lempeng besar dunia, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng eurasia dan lempeng Pasifik. Selain pergerakan lempeng bumi, aktivitas gunung berapi juga menjadi penyebab bencana gempa bumi. Hal-hal tersebut menjadikan sebagian wilayah Indonesia sebagai wilayah rawan gempa dan tsunami. Dalam kejadian tsunami, jatuhnya korban dikarenakan terlambat menyelamatkan diri yang disebabkan terlambatnya *early warning* yang diinformasikan pihak terkait dan ketersediaan infrastruktur Tempat Evakuasi Sementara (TES) yang minim. Rancang bangun dimulai dari penentuan desain dan bentuk awal tsunami pods. Rancangan bentuk awal pods adalah persegi panjang dengan akses masuk diletakkan di atap pods. Selanjutnya adalah dengan melakukan penentuan material yang digunakan sebagai rangka utama dan penutup atau dinding tsunami pods. Evaluasi kekuatan struktur dari kombinasi material dan kombinasi beban dilakukan dengan menganalisis pembebanan dan struktur serta pemodelan konstruksi tsunami pods menggunakan software bantu. Berdasarkan hasil analisis struktur, konstruksi struktur tsunami pods dimodelkan dengan menggunakan material struktur menggunakan baja WF 250.125.6.9 sebagai rangka utama dan baja UNP 100.50.5 sebagai bracing dan pelat baja corrugated SS 400 t.6 mm untuk dinding dan atap, tebal 12 mm untuk deck lantai. Hasil analisis menyatakan, rangka dan pelat yang digunakan mampu menahan beban rencana dan desain pods mampu menampung 24 orang.

Kata Kunci:

Lempeng, tsunami, evakuasi, pods, baja

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang berada pada lempeng bumi yang berdekatan yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng eurasia dan lempeng Pasifik. Hal ini menjadi salah satu penyebab sering terjadinya bencana gempa bumi. Jalur pertemuan lempeng tektonik (zona subduksi) merupakan daerah potensi gempa yang cukup tinggi. Posisi Indonesia pada lempeng dunia ditunjukkan pada Gambar 1.



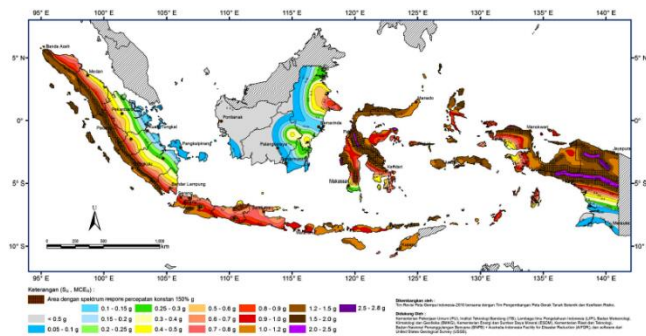
Gambar 1 Posisi Indonesia pada lempeng dunia [1]

Selain pergerakan lempeng bumi, aktivitas gunung berapi juga menjadi penyebab bencana gempa bumi. Indonesia memiliki 127 gunung aktif [4] dimana beberapa diantaranya berada di bawah laut. Hal-hal tersebut menjadikan sebagian wilayah Indonesia sebagai wilayah rawan bencana gempa dan tsunami. Tsunami sendiri mengancam kawasan pesisir

Indonesia terutama yang berhadapan dengan Samudera Hindia.

Tsunami merupakan gelombang besar yang terjadi akibat gangguan yang terjadi didasar laut [2]. Gangguan tersebut bisa terjadi akibat gempa, erupsi dasar laut, longsoran dan lain sebagainya. Tercatat beberapa tsunami di Indonesia antara lain : tsunami di Banyuwangi (1994), tsunami Aceh (2004), tsunami di Banten (2018) dan lain sebagainya. Seringnya gempa yang terjadi terutama yang terjadi di tengah laut, mengharuskan tiap daerah rawan tsunami harus siap dengan mekanisme mitigasi bencana. Kejadian gempa yang terjadi di Indonesia ditunjukkan pada Gambar 2.

Dalam kejadian tsunami, jatuhnya korban dikarenakan terlambat menyelamatkan diri. Hal ini disebabkan terlambatnya *early warning* yang diinformasikan pihak terkait dan ketersediaan infrastruktur tempat evakuasi sementara yang minim. Kecepatan masyarakat dalam menyelamatkan diri tidak sepadan dengan kecepatan gelombang tsunami. Kecepatan tsunami dilaut dalam berkisar antara 500-1000 km/jam dengan ketinggian gelombang sekitar 1 m. ketika mendekati pantai, kecepatan tsunami menurun hingga 30 km/jam dengan ketinggian yang semakin bertambah hingga puluhan meter [2].



Gambar 2 Peta Gempa Indonesia [5]

Permasalahan yang terjadi adalah, mayoritas daerah rawan bencana tsunami belum siap dalam menghadapi bencana tsunami. Hal ini disebabkan oleh belum siapnya daerah rawan bencana dalam menghadapi bencana tsunami baik dalam hal infrastruktur evakuasi maupun rencana tanggap darurat. Untuk itu, diperlukan penelitian tentang Tempat Evakuasi Sementara (TES) untuk mewujudkan daerah tangguh bencana.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mewujudkan daerah tangguh bencana, yaitu dengan menghadirkan solusi alternatif dalam desain bangunan evakuasi sementara. Penelitian ini difokuskan pada desain arsitektur dan desain struktur atas bangunan evakuasi sementara. Selanjutnya, hasil penelitian akan digunakan untuk pengembangan infrastruktur mitigasi bencana.

Penelitian difokuskan pada struktur atas *shelter*. Perhitungan struktur bawah dilakukan pada penelitian selanjutnya. Lokasi penelitian dilakukan di kawasan pesisir Kabupaten Banyuwangi dengan kondisi tanah lunak.

2. STUDI PUSTAKA

Tsunami

Setiap tempat memiliki waktu evakuasi yang berbeda tergantung pada kuatnya gempa bumi yang terjadi dan lokasi gempa bumi. Sumber terjadinya *tsunami* yang jauh, memberikan waktu evakuasi yang cukup. Sebaliknya sumber terjadinya *tsunami* yang dekat tidak memberikan waktu evakuasi yang cukup. Dalam hal ini penyusunan rencana mitigasi dan rencana respons tanggap darurat membutuhkan Tempat Evakuasi Sementara (TES). Keberadaan *early warning system* sangat dibutuhkan masyarakat sebagai tanda peringatan perlunya segera evakuasi. Hal ini diperlukan mengingat tidak semua fenomena *tsunami* mempunyai tanda-tanda alam yang sama. Demikian pula untuk fenomena *tele-tsunami* yaitu *tsunami* yang terjadi dengan sumber *tsunami* yang berada di sisi lain samudera seperti Samudera Hindia dan/atau Samudera Pasifik, keberadaan sistem peringatan dini sangat dibutuhkan untuk peringatan tanda evakuasi.

Tempat Evakuasi Sementara (TES)

Strategi penyelamatan sebelum gelombang *tsunami* tiba adalah mengevakuasi manusia dari zona bencana baik secara horizontal ataupun vertikal. Di beberapa daerah, evakuasi vertikal kemungkinan merupakan satu-satunya cara evakuasi dari bahaya *tsunami* setempat dengan waktu peringatan yang singkat. Proses evakuasi merupakan cara tanggap darurat dan persiapan darurat, sehingga pertimbangan mitigasi yang utama adalah menentukan lokasi, mendesain, dan membangun bangunan yang dapat menahan gaya-gaya *tsunami* yang diperkirakan dan guncangan tanah akibat gempa.

Menurut [3] kemampuan rata-rata orang sehat dapat berjalan dengan kecepatan 6,44 km per jam atau setara dengan 107 m per menit. Untuk memfasilitasi lokasi evakuasi, diperlukan TES yang dapat dijangkau oleh masyarakat. Referensi [3] sudah merumuskan mengenai jarak maksimum TES berdasarkan waktu peringatan. Rumusan tersebut dijabarkan pada Tabel 1

Tabel 1 Jarak maksimum TES berdasarkan waktu peringatan [3]

Waktu Kedatangan/ Waktu Tiba Tsunami (ETA)	Kecepatan Orang Berjalan (Lemah)	Jarak Perubahan Menuju TES	Jarak Maksimum antara 2 Lokasi TES
2 jam	3,22 km/jam	6,44 km	12,87 km
30 menit	3,22 km/jam	1,61 km	3,22 km
15 menit	3,22 km/jam	804,5 km	1,61 km

Jarak TES yang sesuai untuk wilayah Indonesia adalah kurang dari 1 km atau kurang lebih 699 m dari garis pantai. Dengan jarak ini, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai TES kurang lebih 12,15 menit [12]. Untuk mencapai TES dengan kecepatan yang sudah diprediksikan, maka fasilitas pendukung seperti jalan dan jalur evakuasi dari rumah menuju TES harus disiapkan dengan kondisi baik [13].

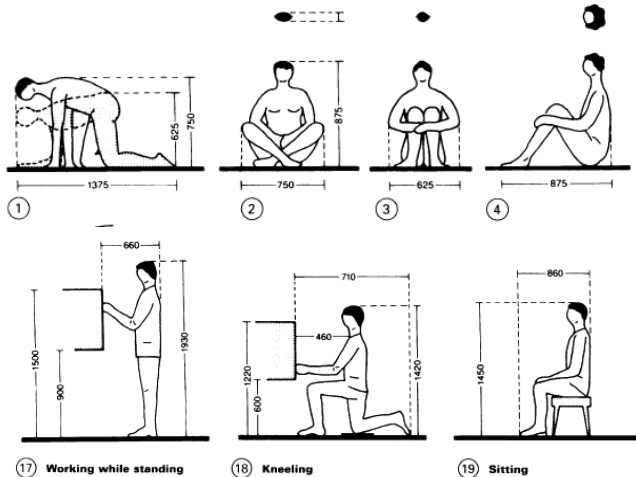
Kebutuhan TES di Indonesia sebagai tempat evakuasi masih sangat kurang. Kabupaten Padang sendiri memiliki 13 TES dan jumlah tersebut masih sangat kurang untuk mencakup luasan wilayah Kabupaten Padang [8]. Untuk beberapa daerah dengan potensi bahaya khusus di daerah tersebut, diperkenalkan tempat evakuasi untuk tiap orang, atau lebih dikenal lubang evakuasi [15].

Penentuan Tata Ruang

Dengan mempertimbangkan efektivitas penggunaan ruang dan kenyamanan pengguna *Pods*, maka diperlukan dasar perhitungan kebutuhan ruangan untuk tiap orang beserta *space* yang dibutuhkan oleh masing-masing orang.

Standar ukuran manusia dan kebutuhan ruang untuk manusia dengan posisi duduk, menggunakan standar *universal* dan ukuran manusia serta kebutuhan ruang manusia [9] sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.

Dengan mempertimbangkan efektivitas penggunaan ruang dan kenyamanan pengungsi di tempat evakuasi tsunami maka dipilih standar kebutuhan ruang dari “Architects’ Data” seperti pada [9] dimana pengungsi diasumsikan duduk di atas kursi selama menunggu waktu kritis gelombang tsunami mereda.



Gambar 3 Kebutuhan ruang manusia dengan posisi duduk di kursi [9]

Perhitungan Struktur

Dalam hal ini, pembebanan struktur baja didasarkan pada [6] tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.. Analisis pembebanan dan kombinasi pembebanan dilakukan dengan bantuan *software* bantu.

Beban Mati (Dead Load)

Merupakan beban yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap [2]. Termasuk di dalamnya adalah berat kolom, balok, pelat dan komponen-komponen di dalam bangunan yang membebani struktur bangunan. Beban mati pada struktur bangunan *tsunami pods* adalah rangka baja.

Tabel 2 Data berat material rangka baja

Beban	Profil	Berat Kg/m
Kolom	WF 250.125.6.9	29,60 kg
Balok Memanjang	WF 250.125.6.9	29,60 kg
Balok Melintang	WF 250.125.6.9	29,60 kg
Balok Pembagi	UNP 100.50.5	9,37 kg

Tabel 3 Data berat material pelat penutup

Beban	Profil	Berat Kg/m
Pelat CSP dinding	SS 400 t. 6 mm	14,60 kg
Pelat CSP atap	SS 400 t. 6 mm	14,60 kg
Pelat CSP lantai	SS 400 t. 12 mm	14,60 kg
Pelat datar lantai	SS 400 t. 12 mm	14,60 kg

Beban mati *tsunami pods* terdiri dari beban mati kolom, balok, *bracing* dan pelat baja penutup *tsunami pods*. Beban struktur utama rangka baja yang digunakan disajikan pada Tabel 2 dan beban pelat penutup *tsunami pods* ditunjukkan pada Tabel 3.

Beban Hidup (Live Load)

Merupakan beban yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain [6]. Di dalamnya termasuk manusia yang beraktivitas pada bangunan tersebut, barang-barang yang dapat dipindahkan dan membebani lantai dan komponen struktur bangunan.

Beban Gempa (Earthquake Load)

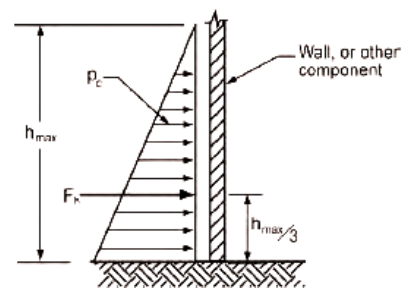
Merupakan beban yang ditimbulkan oleh gempa [6]. Analisis beban gempa bisa dilakukan menggunakan analisis gempa dinamik dan analisis gempa statik ekuivalen. Beban gempa dan mekanisme perhitungan struktur terhadap beban gempa menggunakan referensi [5].

Beban Tsunami (Tsunami Load)

Beban tsunami merupakan beban yang terjadi akibat pergerakan *tsunami*, yang diakibatkan oleh gaya hidrostatik, gaya apung, gaya hidrodinamik, gaya impulsif, gaya tumbukan debris atau hanyutan puing, gaya tahanan debris atau hanyutan puing, gaya *uplift* dan beban gravitasi tambahan oleh genangan air di atap atau lantai atas [3]. Dalam menghitung beban-beban *tsunami*

Gaya hidrostatik dan gaya apung harus dihitung ketika lantai dasar bangunan cukup kedap air dan cukup terisolasi dari masuknya air [3]. Distribusi gaya hidrostatik dan lokasi resultan ditunjukkan pada Gambar 4. Gaya hidrostatik dan gaya apung dapat dihitung menggunakan persamaan (1).

$$F_h = p_c \cdot A_w = \frac{1}{2} \rho_s \cdot g \cdot b \cdot h_{max}^2 \quad (1)$$

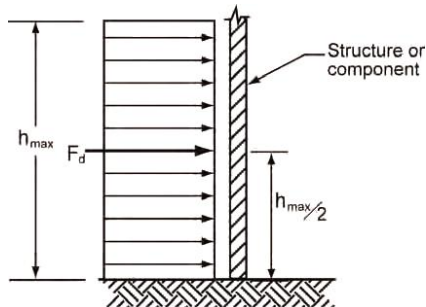


Gambar 4 Distribusi gaya hidrostatik dan lokasi resultan [3]

Gaya apung akan bekerja secara vertikal ke atas. Gaya apung sebanding dengan berat air yang memasuki bangunan [4]. Untuk struktur yang kedap air, gaya apung total dapat dihitung menggunakan persamaan (2).

$$F_b = \rho_s \cdot g \cdot V \quad (2)$$

Ketika air mengalir di sekitar struktur bangunan, hal tersebut mengakibatkan tiap komponen struktur akan mengalami gaya hidrodinamik [3]. Distribusi gaya hidrodinamik dan lokasi resultannya ditunjukkan pada Gambar 5. Gaya hidrodinamik dapat dihitung menggunakan persamaan (3)



Gambar 5 Distribusi gaya hidrodinamik dan lokasi resultan [3]

$$F_d = \frac{1}{2} \rho_s \cdot C_d \cdot B \cdot (hu^2)_{max} \quad (3)$$

Gaya impulsif terjadi pada struktur yang pertama kali dihantam gelombang. Hampir di setiap struktur bangunan mengalami hantaman gelombang pada saat gelombang pertama datang. Menurut data uji laboratorium, kekuatan impulsif maksimum kurang lebih 1,5 kali dari gaya hidrodinamik [3]. Untuk mengetahui kekuatan gaya impulsif, bisa menggunakan persamaan (4).

$$F_s = 1,5 \cdot F_d \quad (4)$$

Dampak dari gaya hempasan gelombang yang membawa serpihan atau puing-puing (*debris*) atau bongkahan material (kayu, perahu, kapal, material, mobil dll.) dapat mengakibatkan kerusakan yang dominan pada bangunan [3]. Gaya pukulan *debris* dapat dihitung menggunakan persamaan (5).

$$F_i = C_m \cdot u_{max} \cdot \sqrt{k \cdot m} \quad (5)$$

Kombinasi Pembebanan

Dalam perhitungan pembebanan, kombinasi pembebanan mengikuti standar yang dijelaskan pada [3]. Kombinasi pembebanan untuk *tsunami pods* adalah :

Kombinasi 1 : $1,2 D + 1,0 T_s + 1,0 L_{REF} + 0,25 L$

Kombinasi 2 : $0,9 D + 1,0 T_s$

Dimana D adalah beban mati, T_s adalah beban tsunami, L_{REF} adalah beban pelaksanaan dan L adalah beban hidup selain beban pelaksanaan [3].

3. METODOLOGI

Penentuan Desain Awal *Tsunami Pods*

Penelitian ini dimulai dari penyusunan pradesain, desain konstruksi Desain awal bangunan *tsunami pods* ditentukan, yaitu dengan sistem *pod* berbentuk persegi panjang.

Dimensi ditentukan berdasarkan kebutuhan ruang sebagaimana dijelaskan pada [9].

Analisis Struktur dan Pembebanan

Setelah dilakukan penentuan bentuk dan desain *tsunami pods*, selanjutnya dilakukan analisis pembebanan dan struktur terhadap desain secara 3D menggunakan bantuan *software*. Analisis dilakukan untuk material penyusun *tsunami pods*, beban rencana dan konstruksi bangunan. Beban rencana disesuaikan dengan pedoman seperti pada [3].

Pemodelan dan Desain Konstruksi *Tsunami Pods*

Hasil analisis terhadap desain *tsunami pods*, dijadikan dasar pemodelan dan desain akhir konstruksi struktur *tsunami pods*. Material yang sudah dianalisis ditetapkan sebagai material struktur untuk *tsunami pods*.

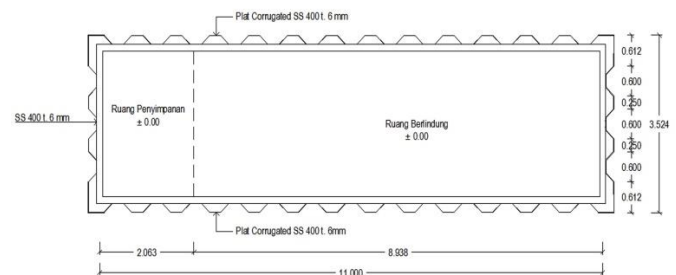
Analisis dan Kesimpulan

Hasil analisis material penyusun *tsunami pods* dan hasil gambar perencanaan *tsunami pods* disusun dan dianalisis serta dilakukan pembahasan. Hasil dari analisis dan pembahasan menjadi pertimbangan dan kesimpulan mengenai konsep *tsunami pods*.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Penentuan Desain Awal *Tsunami Pods*

Penentuan desain awal *tsunami pods* menggunakan bentuk persegi panjang dengan 11 m x 3.025 m. Material konstruksi yang digunakan adalah baja WF 250.125.6.9 sebagai rangka utama dan baja UNP 100.50.5 sebagai *bracing* serta pelat *corrugated* SS 400 sebagai penutup *tsunami pods*. Kebutuhan ruang duduk tiap orang dengan menggunakan kursi adalah 0,54 m² yaitu 0,86 m x 0,625 m. Tata ruang utama *tsunami pods* terbagi dalam 2 (dua) ruang utama, yaitu ruang penyimpanan dan ruang berlindung. Dimensi ruang penyimpanan adalah 3.025 m x 2.063 m sedangkan dimensi ruang berlindung adalah 8,938 m x 3.025 m. Denah *tsunami pods* ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Denah *tsunami pods*

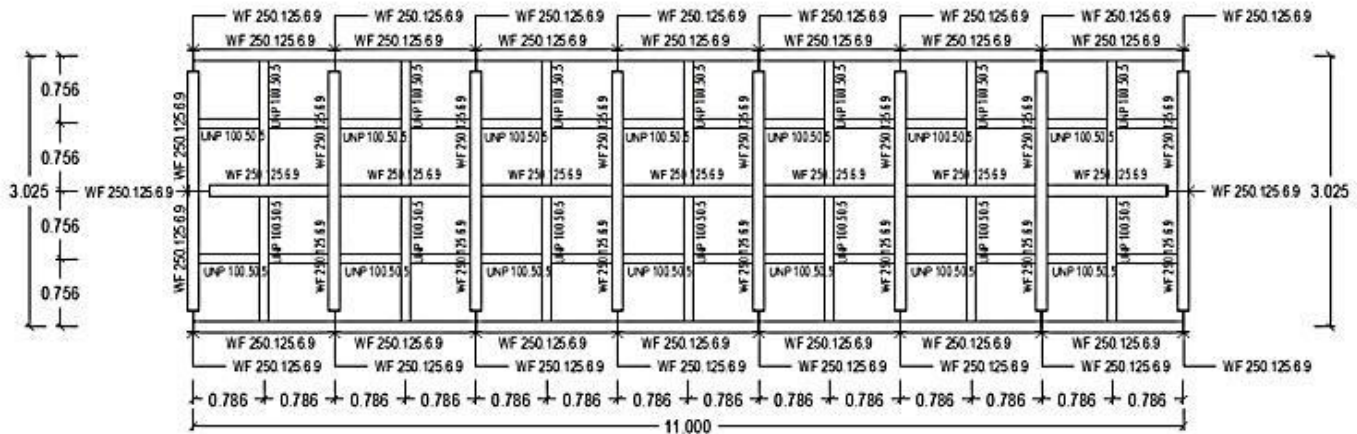
Analisis Struktur dan Pembebanan

Material yang digunakan pada desain *tsunami pods* Perencanaan rangka utama menggunakan baja WF 250.125.6.9 sebagai rangka utama dan baja UNP 100.50.5

sebagai *bracing* serta pelat *corrugated* SS 400 sebagai penutup *tsunami pods*. Mutu material yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 4. Hasil analisis struktur dituangkan ke dalam gambar rencana struktur *tsunami pods*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

Tabel 4 Mutu material

Material	f_y	f_u
WF 250.125.6.9	2400 kg/cm ²	3700 kg/cm ²
UNP 100.50.5	2400 kg/cm ²	3700 kg/cm ²
SS 400	2400 kg/cm ²	3700 kg/cm ²

Gambar 7 Rencana struktur *tsunami pods*

Berat konstruksi rangka utama WF 250.125.6.9 adalah 3.065,080 kg dan *bracing* UNP 100.50.5 adalah 371,570 kg. Berat pelat penutup rangka CSP t = 6 mm adalah 1.401,235 kg, CSP t = 12 mm adalah 485,815 kg, pelat datar t = 6 mm adalah 485,815 kg. Berat total konstruksi baja *tsunami pods* adalah 6.408,461 kg.

Beban tsunami

Beban *tsunami* yang diperhitungkan dalam desain struktur *tsunami pods* adalah gaya hidrodinamik, gaya impulsif, gaya tahanan terhadap tumbukan puing atau hanyutan puing dan gaya tumbukan puing. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan data beban *tsunami*, antara lain :

Gaya hidrodinamik (F_h)	=	725,528 kN/m
Gaya impuls (F_s)	=	8,800 kN/m
Gaya tumbukan puing (F_i)	=	5,867 kN/m
Gaya Uplift (F_b)	=	39,171 kN/m

Beban Gempa

Berdasarkan kombinasi pembebanan yang dijelaskan pada referensi [3], komponen beban gempa tidak terdapat dalam kombinasi pembebanan. Komponen pembebanan yang terdapat pada kombinasi pembebanan adalah beban mati (D), beban tsunami (T_s), beban pelaksanaan (L_{REFF}) dan beban hidup selain beban pelaksanaan (L). Meskipun demikian, perlu dilakukan pemeriksaan kekuatan terhadap beban gempa.

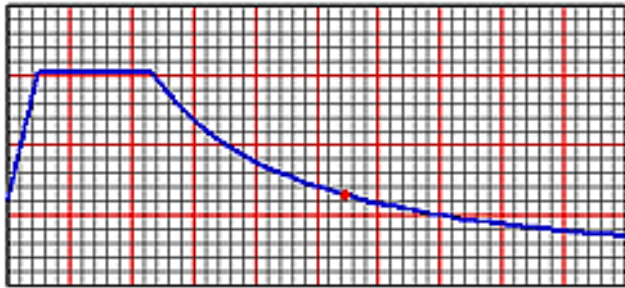
Beban gempa yang dipakai yaitu menggunakan beban gempa respons *spectrum* yang mengacu referensi dan mempertimbangkan dengan hasil dari aplikasi Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman Kementerian PUPR. Setelah dikroscek dengan peta gempa pada aplikasi Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman Kementerian PUPR hasilnya

sama. Sehingga nilai tersebut digunakan dalam menentukan grafik respons spektrumnya. Nilai Respons Spektrum Desain disajikan pada Tabel 5 dan grafik respons spektrum ditunjukkan pada Gambar 8.

Tabel 5 Perhitungan Respons Spektrum Desain

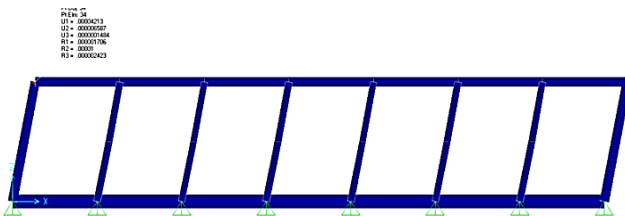
Simbol Waktu Getar (T)	Waktu Getar (T)	Percepatan Respons Spektra (S_a)
(0,4 x SDS)	0	0.2444
T_0	0.186	0.611
T_s	0.928	0.6110
$T_s + 0,1$	1.028	0.551556
$T_s + 0,2$	1.128	0.50266
$T_s + 0,3$	1.228	0.461726
$T_s + 0,4$	1.328	0.426958
$T_s + 0,5$	1.428	0.397059
$T_s + 0,6$	1.528	0.371073
$T_s + 0,7$	1.628	0.34828
$T_s + 0,8$	1.728	0.328125
$T_s + 0,9$	1.828	0.310175
$T_s + 1,0$	1.928	0.294087
$T_s + 1,1$	2.028	0.279586
$T_s + 1,2$	2.128	0.266447
$T_s + 1,3$	2.228	0.254488
$T_s + 1,4$	2.328	0.243557
$T_s + 1,5$	2.428	0.233526
$T_s + 1,6$	2.528	0.224288
$T_s + 1,7$	2.628	0.215753
$T_s + 1,8$	2.728	0.207845
$T_s + 1,9$	2.828	0.200495
$T_s + 2,0$	2.928	0.193648
$T_s + 2,1$	3.028	0.187252
$T_s + 2,2$	3.128	0.181266
$T_s + 2,3$	3.228	0.175651
$T_s + 2,4$	3.328	0.170373

Simbol Waktu Getar (T)	Waktu Getar (T)	Percepatan Respons Spektra (Sa)
$T_s + 2,5$	3.428	0.165403
$T_s + 2,6$	3.528	0.160714
$T_s + 2,7$	3.628	0.156284
$T_s + 2,8$	3.728	0.152092
$T_s + 2,9$	3.828	0.148119
$T_s + 3,0$	3.928	0.144348
3.1	4	0.14175

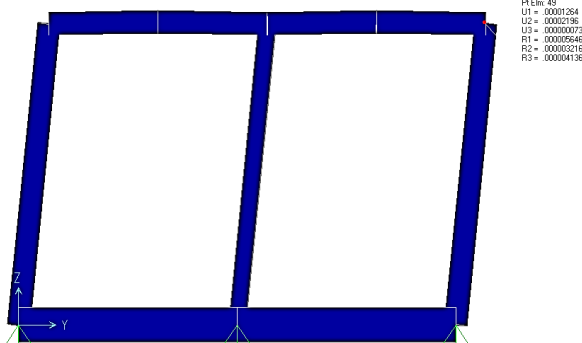


Gambar 8 Respons spectrum Desain

Hasil simpangan yang terjadi akibat gempa arah X menunjukkan nilai mendekati 0. Hal tersebut bernilai sangat kecil sekali, sehingga dipastikan akibat gempa konstruksi tersebut masih aman. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Hasil Simpangan yang terjadi akibat gempa arah X



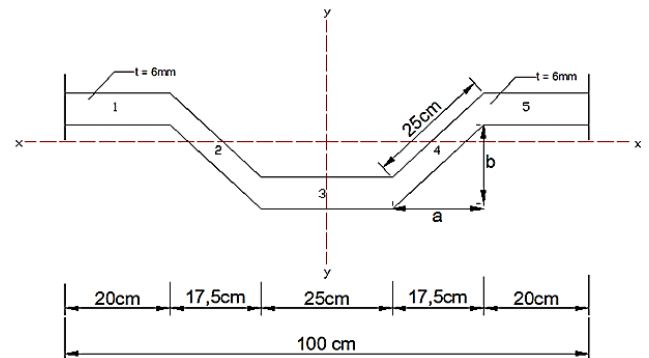
Gambar 10 Hasil Simpangan yang terjadi akibat gempa arah Y

Hasil simpangan yang terjadi akibat gempa arah Y menunjukkan nilai mendekati 0. Hal tersebut bernilai sangat kecil sekali, sehingga dipastikan akibat gempa konstruksi tersebut masih aman. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 10.

Analisis pelat CSP

Analisis pelat CSP dan pelat datar digunakan untuk mengetahui karakteristik material pelat yang digunakan. Ilustrasi analisis CSP 6 mm ditunjukkan pada Gambar 11. Dari analisis perhitungan, diperoleh :
Nilai $a = 17,5$ cm, $b = 17,5$ cm

Luas penampang 1 dan 5 adalah 12 cm^2 , sedangkan luas penampang 2 dan 3 dan 4 adalah 15 cm^2 . Perhitungan titik berat terhadap x diperoleh nilai 10 cm dan perhitungan titik berat terhadap y diperoleh nilai 50 cm.



Gambar 11 Analisis CSP 6 mm pelat dinding

Perhitungan momen inersia untuk penampang 1 dan 5 adalah :

$$I_x = 0,36 \text{ cm}^4, I_y = 400 \text{ cm}^4$$

Momen inersia untuk penampang 2 dan 4 adalah :

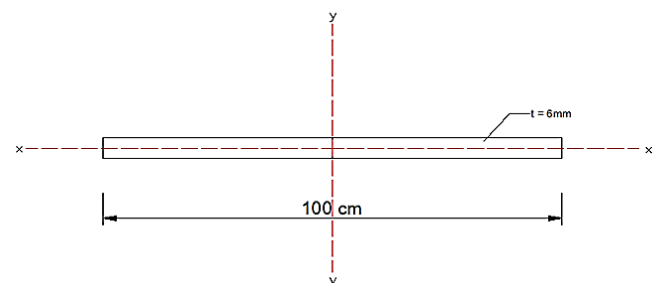
$$I_x = 0,45 \text{ cm}^4, I_y = 781,25 \text{ cm}^4$$

Analisis pelat datar

Perhitungan titik berat terhadap x diperoleh nilai 0,3 cm dan perhitungan titik berat terhadap y diperoleh nilai 50 cm. Perhitungan momen inersia adalah :

$$I_x = 1,8 \text{ cm}^4, I_y = 50000 \text{ cm}^4$$

Ilustrasi analisis pelat datar 6 mm ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Analisis pelat datar 6 mm pelat dinding

Dapat disimpulkan bahwa untuk mengetahui modulus penampang dengan mengambil alternatif paling menentukan pada CSP :

– modulus penampang (pelat biasa $t = 6$ mm)

$$Z_{x1} = \frac{I_x}{y} = \frac{1,8}{0,3} = 6 \text{ cm}^3$$

- modulus penampang (CSP $t = 6 \text{ mm}$)

$$Z_{x1} = \frac{I_x}{y} = \frac{1,8}{0,3} = 6 \text{ cm}^3$$

$$\text{Nilai perbandingan} = \frac{154,51}{6} = 25,75 \text{ kali}$$

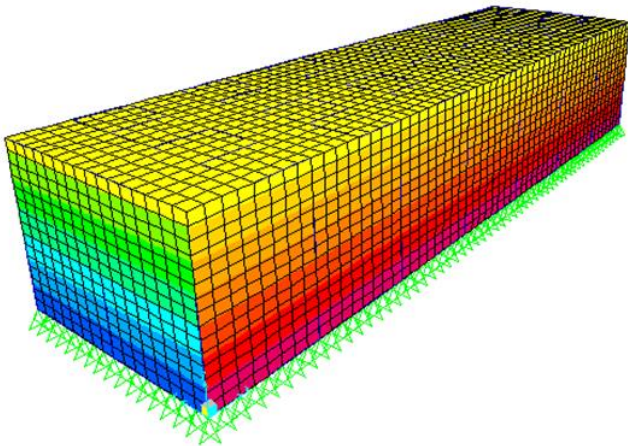
Dalam permodelan perhitungan “kontrol desain” untuk mengetahui tegangan-tegangan maksimum pada pelat/shell digunakan tebal pelat biasa pada dinding :

$$\frac{1}{10} \times 6 \times 25,75 = 15,45 \text{ mm} = 15 \text{ mm}$$

Selanjutnya, kontrol desain dilakukan dengan menggunakan aplikasi program bantu komputer struktur.

Analisis dan Pemodelan 3D Tsunami Pods

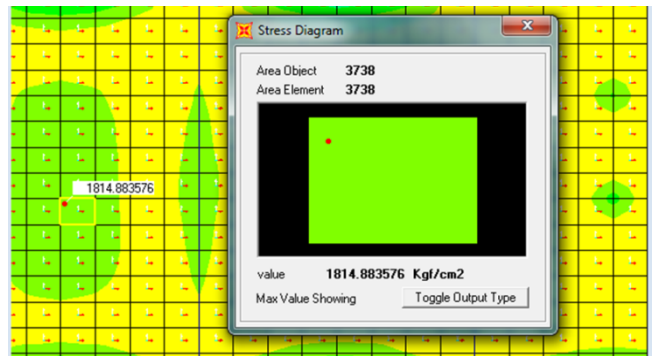
Hasil analisis disimulasikan secara 3D menggunakan *software* bantu komputer. Simulasi dilakukan untuk mengetahui tegangan-tegangan yang terjadi pada rencana *tsunami pods*. Komponen struktur yang mengalami tegangan dan beban luar seperti beban tsunami, beban/gaya debris dsb adalah pelat pembungkus *shelter*. Berdasarkan hasil pemodelan, menunjukkan bahwa tegangan maksimum terjadi pada area bawah *tsunami pods*. Sebagaimana rumusan pada perhitungan beban *tsunami*, dimana 1/3 tinggi dinding menerima beban tumbukan puing (*debris*). Permodelan tegangan *tsunami pods* ditunjukkan pada Gambar 13.



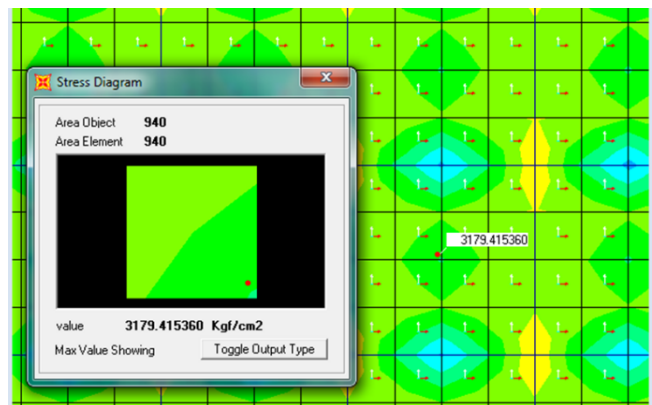
Gambar 13 Permodelan tegangan *tsunami pods*

Tegangan maksimum yang terjadi pada pelat dinding *tsunami pods* sebesar $1.814,88 \text{ kg/cm}^2$. Nilai tegangan yang terjadi pada pelat dinding *tsunami pods* masih di bawah nilai tegangan maksimum material, yaitu 3.700 kg/cm^2 . Ilustrasi tegangan yang terjadi pada pelat dinding *tsunami pods* ditunjukkan pada Gambar 14.

Gambar 15 menunjukkan nilai tegangan maksimum yang terjadi pada pelat atap *tsunami pods* yaitu sebesar $3.179,41 \text{ kg/cm}^2$. Nilai ini masih berada di bawah nilai tegangan maksimum material pelat atap, yaitu sebesar 3.700 kg/cm^2 . Beban yang diterima oleh atap adalah beban mati dan gravitasi tambahan akibat terjadinya penambahan air di atap *tsunami pods*.

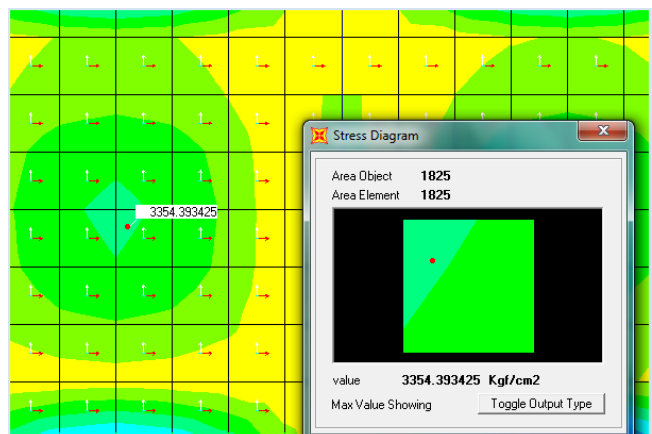


Gambar 14 Tegangan maksimum *wall plate* pada *tsunami pods*



Gambar 15 Tegangan maksimum *top plate* pada *tsunami pods*

Bottom plate merupakan penutup bawah *tsunami pods* atau lantai dari *tsunami pods*. Beban yang diterima adalah beban hidup penumpang atau penghuni *tsunami pods*. Tegangan maksimum yang terjadi pada bagian ini sebesar $3.354,39 \text{ kg/cm}^2$. Nilai tersebut masih berada di bawah nilai tegangan material penutup dasar *tsunami pods* yaitu 3.700 kg/cm^2 . Ilustrasi tegangan maksimum pada *bottom plate* ditunjukkan pada Gambar 16.

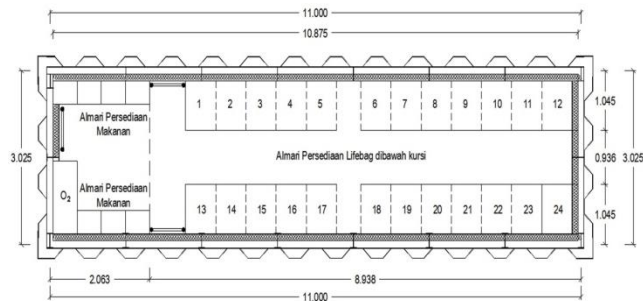


Gambar 16 Tegangan maksimum *bottom plate* pada *tsunami pods*

Berdasarkan hasil analisis dan pemodelan 3D terhadap *tsunami pods*, dapat disimpulkan bahwa material yang digunakan pada rencana awal desain *tsunami pods* aman digunakan.

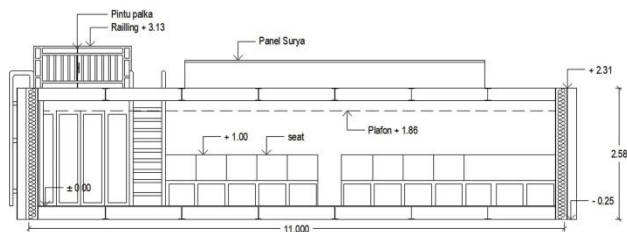
Desain Konstruksi *Tsunami Pods*

Desain *tsunami pods* menggunakan desain persegi panjang. Dimensi *exterior pods* panjang 11.00 m lebar 3.025 m dan tinggi 2.58 m. Dimensi *interior* panjang 10.63 m, lebar 2.65 m dan tinggi 2.08 m. *Tsunami pods* melayani 24 orang dengan dimensi tiap kursi 0.625 m x 0.86 m dengan *space* sirkulasi 0.936 m. pembagian ruang *tsunami pods* ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17 Pembagian ruang dan komponen *tsunami pods*

Ruang penyimpanan menampung keperluan pendukung kehidupan, seperti makanan, cadangan oksigen dan obat-obatan standar. Terdapat 3 (tiga) akses masuk ke dalam *tsunami pods*, yaitu 2 (dua) akses masuk penghuni dan 1 (satu) akses masuk *maintenance*. Ilustrasi kondisi *tsunami pods* ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18 Potongan memanjang *tsunami pods*

Dalam mendukung keselamatan *tsunami pods*, *exterior tsunami pods* dilengkapi dengan lampu *obstruction* yang memberi informasi mengenai posisi dan kondisi penghuni *tsunami pods*. Instruksi dan panduan disampaikan melalui *speaker* yang terdapat disisi luar *tsunami pods*. Suplai energi listrik diperoleh dari panel tenaga surya yang terdapat diatas *tsunami pods*. Input energi listrik yang diperoleh akan disimpan dalam baterai yang ada di dalam *tsunami pods*. Pengaman atap *tsunami pods* dilengkapi dengan railing untuk melindungi operator pada saat proses *maintenance*. Ilustrasi kondisi *exterior* ditunjukkan pada Gambar 19.

Energi listrik diperoleh dari panel surya pada atap dan energi cadangan listrik disimpan pada baterai yang tersimpan di bawah dek lantai. Tiap kursi dilengkapi dengan sabuk pengaman untuk menghindari cedera pada saat kemungkinan *tsunami pods* terguling. Di bawah kursi dilengkapi dengan jaket pelampung dan *life bag* yang harus

dikenakan pada saat dilakukan perpindahan atau evakuasi lanjutan. Di atas kursi terdapat masker oksigen yang wajib dikenakan jika kondisi oksigen di dalam kabin terjadi penurunan. Ilustrasi kondisi kabin *tsunami pods* ditunjukkan pada Gambar 20 dan Gambar 21.



Gambar 19 Perspektif *tsunami pods*



Gambar 20 Potongan melintang interior



Gambar 21 Potongan memanjang interior

Sistem mekanikal elektrik tersimpan di dalam plafon dan dinding *tsunami pods*. Jalur oksigen dari tabung oksigen ke masker oksigen ditiap kursi tersimpan di dalam plafon. Informasi kondisi luar disampaikan melalui monitor yang disediakan di dalam kabin *tsunami pods*. Suplai oksigen, pencahayaan dan tata udara tersimpan di dalam dinding dan plafon atau di bawah atap *pods*. Material pelapis dinding dan atap menggunakan material fiber semen yang di dalamnya terdapat sistem elektrik untuk pencahayaan, komunikasi dan tata udara. Ilustrasi kabin disampaikan pada Gambar 21.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan perencanaan atau rancang bangun *tsunami pods* sebagai Tempat Evakuasi Sementara (TES), dapat disimpulkan bahwa *Tsunami pods* didesain menggunakan pelat *corrugated* (CSP) dengan dimensi *exterior pods* panjang 11.00 m lebar 3.025 m dan tinggi 2.58 m. Dimensi *interior* panjang 10.63 m, lebar 2.65 m dan tinggi 2.08 m. *Deck* lantai menggunakan plat datar 12 mm.

Hasil perhitungan struktur menunjukkan bahwa rangka baja WF 250.125.6.9 sebagai kolom dan balok, UNP 100.50.5 sebagai *bracing* dan pelat *corrugated* SS 400 aman digunakan sebagai material konstruksi *tsunami pods*.

Sistem mekanikal dan elektrik tersimpan di dalam *deck* lantai, dinding dan plafon *pods*. Baterai sebagai *power supply* disimpan di bawah *deck* lantai. Suplai oksigen, pencahayaan dan tata udara tersimpan di dalam dinding dan plafon atau di bawah atap *pods*. Sedangkan dinding dan atap dilapisi dengan material fiber semen yang di dalamnya terdapat sistem elektrik untuk pencahayaan, komunikasi dan tata udara.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Banyuwangi dan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi atas semua fasilitas dan dukungan yang telah diberikan dalam pelaksanaan kegiatan Penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. <http://balai3.denpasar.bmkg.go.id/tentang-gempa>. (1999, Januari 23). Dipetik Oktober 11, 2019, dari <http://balai3.denpasar.bmkg.go.id/>
- [2]. <http://p2mb.geografi.upi.edu/>. (2010). Dipetik Oktober 4, 2019, dari <http://p2mb.geografi.upi.edu/Tsunami.html>
- [3]. FEMA P-646 *tentang Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis*. (2012). California: Federal Emergency Management Agency.
- [4]. <http://lipi.go.id/>. (2012, Mei 2). Dipetik Oktober 4, 2019, dari <http://lipi.go.id/berita/single/Indonesia-Miliki-127-Gunung-Api-Aktif/7448>
- [5]. SNI 1726 : 2012 *tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. (2012). Jakarta: BSN Indonesia.
- [6]. SNI 1729 : 2015 *tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. (2015). Jakarta: BSN Indonesia.
- [7]. Ashar, F., & dkk. (2014). The analysis of tsunami vertical shelter in Padang city. *4th International Conference on Building Resilience* (hal. 916-923). Salford Quays: Procedia Economics and Finance.
- [8]. Ashar, F., Amaratunga, D., & Haigh, R. (2014). The analysis of tsunami vertical shelter in Padang city. *4th International Conference on Building Resilience* (hal. 916-923). Salford Quays: Procedia Economics and Finance.
- [9]. Ernst, & Neufert, P. (1996). *Architects' Data*. Jakarta: PT. Penerbit Erlangga.
- [10]. Pimanmas, A. &. (2011). Structural Design Guideline For Tsunami Evacuation Shelter. *Journal of Earthquake and Tsunami*.
- [11]. Rita, E., & dkk. (2017). Tsunami Shelter in Padang City: Location Suitability and Management Issue. *3rd International Conference on Construction and Building Engineering (ICONBUILD)* (hal. 110003-1 - 110003-6). AIP Publishing.
- [12]. Rita, E., Permata, R., Yonne, H., & Carlo, N. (2017). Tsunami Shelter in Padang City: Location Suitability and Management Issue. *3rd International Conference on Construction and Building Engineering (ICONBUILD)* (hal. 110003-1 - 110003-6). AIP Publishing.
- [13]. Suharyanto, A., & dkk. (2012). Predicting Tsunami Inundated Area and Evacuation Road Based On Local Condition Using GIS. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 5-11.
- [14]. Suharyanto, A., Pujiraharjo, A., Usman, F., & Murakami, K. (2012). Predicting Tsunami Inundated Area and Evacuation Road Based On Local Condition Using GIS. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 5-11.
- [15]. Sun, Y., Yamori, K., Tanisawa, R., & Kondo, S. (2013). Consciousness of Disaster Risk and Tsunami Evacuation: A Questionnaire Survey in Okitsu, Kochi Prefecture. *Journal of Natural Disaster Science*, 127-141.

Pedoman Penulisan Jurnal POTENSI 2019

Font: Times
Size: 12pt
Style: Bold

Penulis A¹, Penulis B²

¹Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : authora@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung 40116
E-mail : authorb@itb.ac.id

Title
Font: Times
Size: 16pt
Style: Bold

Font: Times
Size: 9pt
Style: Italic

ABSTRACT

Font: Times
Size: 10pt
Style: Normal

Abstrak makalah menyampaikan pentingnya publikasi/penelitian yang dilakukan secara ringkas dan logis. Abstrak adalah sinopsis dari studi asli yang membahas masalah penelitian, informasi dan metode yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut, hasil, diskusi, dan kesimpulan. Jumlah kata dalam abstrak tidak melebihi 200 kata. Perujukan referensi harus dilakukan pada naskah dan tidak ada kutipan referensi pada abstrak.

Font: Times
Size: 10pt
Style: Italic

Kata Kunci: maks. 6 kata

1. PENDAHULUAN

Panduan ini memberikan penjelasan untuk membantu penulis dalam mempersiapkan makalah untuk dipublikasikan pada Jurnal POTENSI 2019, sehingga terdapat konsistensi penulisan antar makalah. Instruksi ini memberikan panduan tentang tata letak, gaya selingkung, ilustrasi, dan referensi serta berfungsi sebagai model bagi penulis untuk meniru. Tanpa mengikuti spesifikasi ini, makalah yang tidak memenuhi standar yang ditetapkan tidak akan dipublikasikan.

2. GAYA NASKAH

Naskah harus dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris dan tersaji pada kertas berukuran A4 (210 mm x 297 mm) yang ditulis dalam format 2 kolom dengan margin 2,5 cm dari atas dan bawah, dan 1,5 cm dari kiri dan kanan serta jarak antar kolom 1 cm.

Judul lengkap naskah harus dituliskan pada tengah-tengah halaman pertama. Hal tersebut diikuti oleh abstrak yang dituliskan **ABSTRAK**, kata kunci yang dituliskan **Kata Kunci** dan tidak lebih dari enam kata. Teks harus diketik dengan spasi tunggal, menggunakan font yang sama dengan yang digunakan dalam teks (Times, 10 point). Paragraf harus dipisahkan dengan spasi tunggal. Setiap naskah tidak boleh melebihi SEPULUH (10) HALAMAN termasuk ilustrasi, tabel, dan referensi. Makalah harus diserahkan sebagai dokumen WORD.

2.1 Bagian dan Sub-bagian

Bagian dan sub-bagian harus diberi nomor dan judul, sebagai berikut 1, 2, ...dll dan 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 2.2.1, dst. Huruf besar harus digunakan untuk judul bagian. Untuk sub-bagian, huruf pertama dari setiap kata harus dalam huruf kapital dan diikuti dengan huruf kecil.

2.1.1 Identifikasi

Harap dihindari penggunaan *header*, *footer* atau nomor halaman dalam makalah yang diajukan. Hal tersebut akan ditambahkan pada publikasi akhir dalam jurnal oleh Panitia.

2.2 Singkatan dan Akronim

Tentukan penggunaan singkatan dan akronim pertama kali digunakan dalam teks, bahkan setelah didefinisikan dalam Abstrak. Singkatan seperti IEEE, SI, MKS, CGS, ac, dc, dan rms tidak perlu didefinisikan. Singkatan yang menggabungkan periode seharusnya tidak menggunakan spasi: menulis "CNRS." Tidak "C.NRS". Jangan gunakan singkatan pada judul kecuali apabila tidak dapat dihindari.

3. TABEL DAN GAMBAR

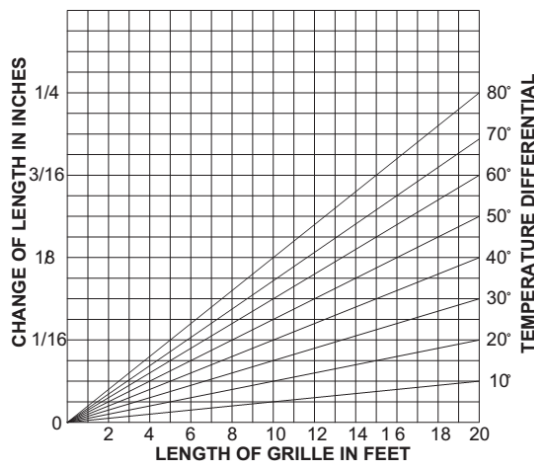
Penomoran harus diberikan pada "Gambar" dan "Tabel", misalnya, Gambar 1, Gambar 2, dst. Nomor gambar dan judul harus ditempatkan dibawah gambar, dan nomor tabel serta judulnya ditempatkan pada bagian atas tabel. Huruf pertama dari judul harus ditempatkan dibagian tengah

halaman antara margin kiri dan kanan. Tabel, ilustrasi dan teks yang sesuai sedapat mungkin ditempatkan pada halaman yang sama. Apabila tidak, maka dapat ditempatkan langsung pada halaman berikutnya. Ukurannya harus lebih kecil dari area yang tersedia.

Tabel 1. Center table captions above the tables.

solvent	T (°C)	K ₂ (L mol ⁻¹)
CDCl ₃	5	21
CDCl ₃	10	57
CHCl ₃	20	74
CHCl ₃	40	58

Font: Times
Size: 8-10 pt



Gambar 1. Penjelasan ditempatkan tepat dibawah gambar

4. PERSAMAAN

Ketika penomoran persamaan, tempatkan nomor yang sesuai dalam tanda kurung dan posisikan nomor tersebut di kanan kolom penulisan. Persamaan harus diketik dan bukannya berupa *copy* gambar disisipkan.

Contoh:

$$Z = c_0 + c_1 X_1 + c_2 X_2 + c_3 X_3 + c_4 X_4 \quad (1)$$

5. KUTIPAN DAN REFERENSI

Nomor kutipan secara berurutan dituliskan dalam kurung siku [1]. Kalimat baca diikuti kurung [2]. Lihat hanya untuk nomor referensi, seperti pada [3]. Jangan gunakan “Ref. [3]” atau “referensi [3]”. Kecuali pada awal kalimat “Referensi [3] menunjukkan”. Secara umum, referensi ditulis dengan menggunakan gaya atau *style IEEE*.

Harap dicatat bahwa referensi pada akhir dokumen ini adalah gaya perujukan yang diharapkan. Berikan semua nama penulis, jangan menggunakan “et.al.”. Kecuali ada enam penulis atau lebih. Gunakan spasi

setelah inisial penulis. Makalah yang tidak diterbitkan, bahkan apabila telah diajukan untuk publikasi, harus disebut “unpublished” [4]. Makalah yang diterima untuk publikasi harus disebut sebagai “in press” [5].

Huruf besar hanya kalimat pertama dalam judul makalah, kecuali untuk kata benda dan simbol elemen. Untuk makalah yang diterbitkan dalam jurnal terjemahan, harapdiberi kutipan Inggris lebih dahulu, diikuti dengan kutipan asli bahasa asing [6].

6. DISKUSI

Gunakan angka nol sebelum titik desimal: “0.25,” bukan “.25.” Gunakan “cm³,” bukan “cc.” Mengindikasikan dimensi sampel sebagai “0.1 cm x 0.2 cm”, tidak “0.1 x 0.2 cm”. Singkatan untuk “detik” adalah “s” dan bukan “sec”. Ketika mengekspresikan berbagai nilai, menulis “7 sampai 9” atau “7-9”, tidak “7~9”. Mengeja unit ketika terdapat dalam teks “.... a few henries,” bukan “.... a few H”.

7. KESIMPULAN

Akhirnya, andalah yang bertanggung jawab terhadap bahasa pada makalah, editor tidak akan memeriksanya. Lakukanlah pemeriksaan pada ejaan dan tata bahasa. Hal tersebut sudah tersedia dalam perangkat lunak Word. Karena bahasa Indonesia adalah bahasa asli anda, maka HARUS sudah tidak ada masalah, sehingga perlu dilakukan cek dan recek.

Awalan seperti “non,” “sub,” “mikro,” “multi,” dan “ultra” bukanlah kata-kata independen, kata tersebut haruslah bergabung dengan kata-kata yang dimodifikasi, biasanya tanpa tanda hubung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan secara jelas, kepada siapa ditujukannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulharis, R., Djunarsjah, E., dan Hernandi, A. (2008): Stakeholder Analysis on Implementation of Marine Cadastre in Indonesia, *Proceedings FIG Working Week*, Stockholm, Swedia.
- Binns, A. (2004): Defining a Marine Cadastre: Legal and Institutional Aspects. *Thesis*. Departemen of Geomatics, The University of Melbourne, Australia.

Hernandi, A., Abdulharis, R., Hendriatiningsih, S., dan Ling, M. (2012): An Institutional Analysis of Customary Marine Tenure in Maluku: Towards Implementation Marine Cadastre in Indonesia, *Proceedings FIG Working Week*, Roma, Italia.

- [1] D. J. Beebe, "Signal conversion (Book style with paper title and editor)," in *Biomedical Digital Signal Processing*, W. J. Tompkins, Ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1993, ch. 3, pp. 61–74.
- [2] M. Akay, *Time Frequency and Wavelets in Biomedical Signal Processing* (Book style). Piscataway, NJ: IEEE Press, 1998, pp. 123–135.
- [3] G. B. Gentili, V. Tesi, M. Linari, and M. Marsili, "A versatile microwave plethysmograph for the monitoring of physiological parameters (Periodical style)," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 49, no. 10, pp. 1204–1210, Oct. 2002.
- [4] V. Medina, R. Valdes, J. Azpiroz, and E. Sacristan, "Title of paper if known," unpublished.
- [5] E. H. Miller, "A note on reflector arrays (Periodical style—Accepted for publication)," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, in press.
- [6] T. Menendez, S. Achenbach, W. Moshage, M. Flug, E. Beinder, A. Kollert, A. Bittel, and K. Bachmann, "Prenatal recording of fetal heart action with magnetocardiography" (in German), *Zeitschrift für Kardiologie*, vol. 87, no. 2, pp. 111–8, 1998.

HAK CIPTA

Semua makalah yang diajukan haruslah asli, karya yang dipublikasikan tidak dalam pertimbangan untuk dipublikasikan di prosiding atau jurnal ilmiah lainnya. Penulis bertanggung jawab untuk mendapatkan semua izin yang diperlukan untuk menampilkan kembali tabel, gambar dan citra. Makalah tidak berisi fitnahan, dan tidak melanggar hak-hak lainnya dari pihak ketiga.

Para penulis setuju bahwa keputusan dewan redaksi terkait kesempatan pemaparan makalah adalah final. Para penulis dilarang melakukan bujukan pada tim teknis dalam usaha untuk menerbitkan makalahnya.

Sebelum penerimaan akhir makalah, penulis diminta untuk mengkonfirmasi secara tertulis bahwa penulis adalah pemegang semua hak cipta makalahnya dan menyerahkan hak cipta tersebut pada *organizer* pelaksana seminar.



JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI BANDUNG (POLBAN)



<https://jurnal.polban.ac.id/potensi>